DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

QUÍMICA Y COMBUSTIBLES

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE

INGENIEROS DE MINAS

APROXIMACIÓN A LA MINERÍA Y METALURGIA DE MINAS DE RIOTINTO DESDE LA ANTIGÜEDAD AL SIGLO XIX

AUTOR

MIGUEL ORTIZ MATEO
(INGENIERO DE MINAS)

DIRECTOR DE TESIS

EMILIO M. ROMERO MACÍAS
(DOCTOR EN CIENCIAS GEOLÓGICAS)

A la memoria de mis padres

Tribunal nombrado por el Mgfco. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día de de 200

Presidente D._____

Vocal D._____

Vocal D._____

Vocal D._____

Secretario D._____

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día de 200 , en

Calificación:

EL PRESIDENTE LOS VOCALES

EL SECRETARIO

AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis Doctoral ha sido realizada en el Departamento de Ingeniería Química y Combustibles de la Universidad Politécnica de Madrid, llevándose a cabo gracias a la colaboración de muchas personas y es por lo que quiero aprovechar esta ocasión para manifestar mi más sincero agradecimiento a todos ellos.

En primer lugar, deseo mostrar mi más profunda gratitud tanto al Director de esta Tesis, Profesor Dr. D. Emilio M. Romero Macías como al Tutor de la misma Dr. D. Ángel Cámara Rascón. Así mismo, al profesor de la Universidad de Huelva Dr. D. Jesús Monteagudo López-Menchero por haberme brindado, en todo momento, su orientación, consejo y apoyo para la realización de este trabajo, y especialmente al Dr. D. Félix García Palomero por su aportación de datos y ayuda sobre las escorias antiguas.

Al personal de la Fundación Río Tinto, D. Juan Manuel Pérez López archivero y Dª. Guiomar Fernández Troncoso arqueóloga; a los responsables de las bibliotecas de la Excma. Diputación Provincial y de la Universidad de Huelva, de la Escuela de Minas de Madrid, Instituto Geológico y Minero de España y Archivo Histórico Provincial de Huelva.

También quisiera dar las gracias a la empresa Minas de Río Tinto S.A. personificando en su director facultativo D. Ramón César Martínez Buschek; a mi Departamento de Ingeniería Minera, Mecánica y Energética y a D. Vicente Romero Macías por el apoyo y ayuda prestada en la realización de esta tesis.

A mi esposa que, con sus siempre sabias y oportunas palabras de estímulo, me dio aliento para salir de atascos y crisis de ánimo durante el

periodo de redacción, compartiendo con gusto las privaciones que llevó consigo la entrega total de nuestro tiempo libre a este largo trabajo *"extra"* por espacio superior a tres años.

Y, en general, a cuantos han confiado y me han animado a la realización del presente trabajo.

Gracias a Todos

INDICE

Página

Resumen I
Abstract IV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN
1.1. Justificación del estudio 2
1.2. Objetivos 3
1.3. Metodología 4
CAPÍTULO 2: ENCUADRE GEOGRÁFICO
2.1. Situación de la faja pirítica ibérica 8
2.2. Localización de la comarca de la cuenca minera de Riotinto 11
2.2.1. Caracterización medio ambiental 14
2.2.2. Explotaciones agrícolas y forestales 17
2.2.3. Explotaciones ganaderas 22
2.3. El término municipal de Riotinto 23
2.3.1. La población 29
CAPÍTULO 3: GEOLOGÍA E HISTORIA DE LA CUENCA MINERA DE RIOTINTO
3.1. Geología 34
3.1.1. Introducción 34
3.1.2. Formación de los depósitos minerales existentes en la Cuenca de Riotinto 36
3.1.3. Mineralizaciones 38
3.1.4. Minerales de la Cuenca Minera de Riotinto 46
3.1.5. Geología Estructural 48
3.1.6. Yacimientos de Pirita de Riotinto 49
3.1.7. "Stockworks" Cupríferos 50
3.1.8. Alteración supergénica de los yacimientos 50
3.1.8.1. Gossan 50
3.1.8.2. Zona de Lixiviación 51
3.1.8.3. Zona de oxidación 51
3.1.8.4. Zona de cementación 51
3.1.8.5. Zona Primaria 51
3.2. Historia 52
3.2.1. Síntesis Histórica de la Minería Andaluza hasta finales del siglo XIX 52
3.2.1.1. Época Pre-romana 52
3.2.1.2. Época Romana 55
3.2.1.3. Los visigodos y los musulmanes 57
3.2.1.4. La España Cristiana hasta el siglo XVIII 58

3.2.1.5. Siglos XVIII y XIX 60
3.2.2. Breve descripción histórica de las Minas de Riotinto 61
CAPÍTULO 4: MINERÍA
4.1. **Introducción** 90
4.1.1. Masa San Dionisio 92
4.1.2. Filón Sur o Nerva 94
4.1.3. Masa Planes 95
4.1.4. Masas del Grupo Norte 97
4.1.5. Mal Año, Argamasilla y Quebrantahuesos 98
4.1.6. Masa Valle 99
4.2. **La minería durante la época antigua** 100
4.2.1. Los sistemas de desagüe romanos y su funcionamiento 114
4.2.1.1. La bomba de CTESIBIO 114
4.2.1.2. La galería inclinada 114
4.2.1.3. El tornillo hidráulico 115
4.2.1.4. La noria romana o rueda hidráulica 116
4.3. **La minería desde la rehabilitación (1725) de las minas a 1783** 121
4.4. **La minería durante la primera etapa del estado (1783-1829)** 131
4.5. **La explotación por el marqués de Remisa (1829-1849)** 153
4.6. **La minería durante la segunda etapa del estado (1849-1873)** 158
4.7. **La minería durante la etapa inglesa** 193
4.7.1. Filón Sur 194
4.7.2. Filón San Dionisio 195
4.7.3. Filón Norte 202
4.7.3.1. Criadero de la Cueva del Lago 202
4.7.3.2. Criadero Salomón 205
4.7.3.3. Criadero Dehesa o Balcón del Moro 205
4.7.4. Otros Filones 206
4.7.4.1. Filón Planes 206
4.7.4.2. Filón Valle 208
CAPÍTULO 5: METALURGIA
5.1. **Introducción** 210
5.2. **La etapa antigua** 211
5.2.1. El problema de las escorias 212
5.2.2. Tipos de escorias 235
5.2.3. Volumen de escorias 248
5.2.4. Posible ubicación de las áreas de extracción minera 250
5.2.5. Lixiviación de las escorias 253
5.2.6. Resultados de la campaña de sondeos mecánicos de 1984 254
5.2.7. Metalurgia de la plata 254
5.2.7.1. El proceso metalúrgico 257
5.2.8. Metalurgia del cobre 261
5.2.9. Metalurgia del hierro 262

5.3. **La etapa moderna** 262
5.3.1. El periodo de los Asentistas (1725-1783) 263
5.3.2. La primera explotación por el Estado (1783-1829) 272
5.3.3. El alquiler al marqués de Remisa (1829-1849) 291
5.3.4. Segunda etapa del beneficio de las minas por el Estado (1849-1873) 327
CAPÍTULO 6: EL MEDIO AMBIENTE
6.1. **Introducción** 398
6.2. **La etapa romana de las minas** 399
6.3. **El periodo de los Asentistas (1725-1783)** 400
6.4. **La primera etapa del Estado al frente de las minas** 402
6.5. **La explotación de las minas por Remisa** 403
6.6. **La segunda etapa del Estado al frente de las minas** 408
6.7. **Los gases emitidos a la atmósfera** 414
6.7.1. Emisiones de gases de efecto invernadero 414
6.7.2. Emisiones de gases causantes de la lluvia ácida 416
6.8. La contaminación de las aguas 418
6.9. **Obtención de los indicadores ambientales de consumo de combustible en los procesos metalúrgicos** 422
6.9.1. La vía seca 422
6.9.2. La vía húmeda 424
6.9.3. Resultados 425
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES
7.1. **Conclusiones sobre la minería de Riotinto desde la antigüedad a 1873** 434
7.2. **Conclusiones sobre la metalurgia en Riotinto desde la antigüedad a 1873** 446
7.3. **Conclusiones sobre el medio ambiente** 468
BIBLIOGRAFÍA 476
EQUIVALENCIAS 489
GLOSARIO 491
ANEXOS 495

INDICE DE TABLAS

Página

1. Datos de los ensayos de las muestras de los sondeos..... 225

2. Estadísticas generales de las muestras de escorias..... 234

3. Datos de los ensayos de las muestras de sondeos en el bedrock, debajo de los montones de escorias..... 238

4. Estadísticas de los dos grupos de escorias..... 249

INDICE DE PLANOS

Página

1. Situación de las principales minas de Sevilla y Huelva 10
2. Geológico 40
3. Puerto de Huelva con la situación del muelle de la R.T.C.L 84
4. Riotinto. Masa San Dionisio. Sección transversal con la distribución de las menas de cobre 93
5. Masa Planes. Sección horizontal al nivel de 40 metros 96
6. Masa Planes. Sección horizontal al nivel de 90 metros 96
7. Curvas de distribución del cobre en la Masa Valle 99
8. Perímetro del terreno perteneciente al establecimiento Nacional de Minas de Riotinto 183
9. Sección transversal del depósito de Cerro Colorado 222
10. Escoriales y localización de sondeos 223
11. Topografía original antes de realizar los sondeos 224
12. Cu. Contenido debajo de las escorias 236
13. Grupos de escoriales 237
14. Montones de escorias de plata y cobre, relacionadas con los principales depósitos de minerales explotados en la antigüedad y en tiempos modernos (basado en datos de un mapa de 1924) 253
15. Canal de cementación natural 340

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Página

1. Barrio de Bella Vista a finales del siglo XIX..... 3
2. Los pueblos..... 13
3. Campos de naranjos..... 17
4. Manifiesto del asiento de las minas por Wolters..... 71
5. Noria romana hallada en Filón Norte..... 111
6. Corta Filón Sur a principios del siglo XX..... 195
7. Estado actual de Corta Atalaya..... 198
8. Excavadora Bucyrus a principios del siglo XX..... 199
9. Locomotora eléctrica con troler..... 201
10. Vista de las Cortas..... 203
11. Estalactitas de vitriolos en Cueva del Lago (década de 1880)..... 294
12. Restos actuales de un horno de fundición de la época de Remisa..... 304
13. Casiano de Prado..... 328
14. Cementación LA CERDA, a finales del siglo XIX..... 337
14. Cementación Los Planes en la actualidad..... 338
16. Teleras calcinadas en Los Planes..... 338
17. Calcinación de minerales..... 354
18. Detalle de la estructura de las teleras..... 355
19. Terreros..... 366
20. Calcinaciones al aire libre, finales del siglo XIX..... 385
21. Fausto de Elhuyar..... 439
22. Marqués de Remisa..... 440
23. Teleras calcinadas..... 452
24. Luis de la Escosura..... 454

25. Calcinaciones al aire libre, década de 1880..... 458

26. Teleras calcinadas..... 464

INDICE DE CUADROS

Página

I. Temperaturas de la Cuenca Minera (1887-1986)..... 16

II. Precipitaciones de la Cuenca Minera (medias mensuales) (1887-1986)..... 16

III. Inventario de 1871 sobre especies, cantidad de existencias leñosas y superficie ocupada..... 20

IV. Variación del número de pies y de la superficie arbolada 1829-1871.... 20

V. Superficie de los municipios de la Cuenca Minera de Riotinto y porcentaje que supone la explotación forestal..... 22

VI. Temperaturas medias mínimas de Riotinto..... 26

VII. Temperaturas medias máximas de Riotinto..... 26

VIII. Pluviometrías medias de Riotinto..... 27

IX. Humedades medias de Riotinto..... 27

X. Climograma de Riotinto. Periodo 1917-2001..... 28

XI. Crecimiento estimado de la población 1859-1873..... 31

XII. Características de los criaderos de Riotinto..... 92

XIII. Producciones de las minas y fábricas de Riotinto (1779-1783) en kg..... 124

XIV. Recuperación de cobre por fundición y mineral extraído de mina durante el Real Asiento de SAMUEL TIQUET (1727-1758)..... 125

XV. Recuperación de cobre por fundición y mineral extraído de mina por FRANCISCO TOMÁS SANZ (1758-1783)..... 130

XVI. Recuperación de cobre por fundición y mineral extraído de mina durante la administración por el Estado (1783-1829)..... 147

XVII. Recuperación de cobre por fundición y mineral extraído de mina durante la explotación por TIQUET (1727-1758), SANZ, (1758-1783) y el Estado (1783-1829)..... 148

XVIII. Análisis de varias muestras de mineral de Riotinto realizados en 1830 por el profesor DURO..... 155
XIX. Cálculo de 1855 del volumen de la masa de mineral, expresada en m^3..... 165
XX. Cálculo de las excavaciones realizadas en el Filón Sur hasta 1855. Expresado en varas y metros cúbicos..... 166
XXI. Clasificación de los minerales de la masa estudiada según sus leyes, para su tratamiento..... 166
XXII. Leyes del mineral y proporción de la masa a que corresponde..... 168
XXIII. Variación de la ley del mineral con el avance..... 169
XXIV. Clases de minerales y su composición química..... 170
XXV. Ley media del mineral según los diversos autores (1845-1867)..... 171
XXVI. Composición media del yacimiento según la Comisión de Visitas de 1867..... 185
XXVII. Sondeos realizados por la Comisión de Visita de 1867..... 187
XXVIII. Producción de mineral y cobre durante la Administración del Estado (1849-1872)..... 191
XXIX. Producción de piritas por la RTCL en toneladas..... 208
XXX. Metales contenidos en las escorias de Riotinto, según el aforo y análisis realizados por la RTCL en 1924..... 215
XXXI. Aforo y análisis de metales de las escorias de Riotinto, realizados por la RTCL en 1924..... 216
XXXII. Gama de variación de contenidos de las jarositas de Riotinto..... 217
XXXIII. Análisis medio de las jarositas de Riotinto..... 217
XXXIV. Análisis de las tierras auro-argentíferas (jarositas) de la Corta Salomón (expresado en %)..... 218
XXXV. Análisis de dos muestras de metal blanquillo..... 252
XXXVI. Análisis de un clavo y un trozo de cobre bruto de época romana 262
XXXVII. Hierro depositado en los canales de cementación del 9 al 19 de Mayo de 1852..... 266
XXXVIII. Producción de cobre fino de fundición durante el asiento de TIQUET (14/11/1727 a 11/9/1758)..... 269

XXXIX. Producción de cobre fino de fundición, durante la administración de SANZ (12/9/1758 a 31/1/1783)..... 271
XL. Cobre de cementación fabricado en las minas de Riotinto en el periodo comprendido desde 1789 hasta 1795..... 277
XLI. Producción de cobre fino durante la administración del Estado (1/2/1783 a 24/4/1829)..... 290
XLII. Análisis de la cantidad de cobre y plata contenida en los minerales de Riotinto..... 293
XLIII. Contenido de plata por quintal de cobre afinado procedente de las piritas de Riotinto..... 293
XLIV. Carga de horno cónico y de una telera..... 300
XLV. Cobre producido (kg.) durante el alquiler del marqués de REMISA (1829-1849)..... 327
XLVI. Análisis de la cáscara de cementación artificial..... 339
XLVII. Análisis de la cáscara de cementación natural..... 339
XLVIII. Análisis de las aguas de cementación natural..... 340
XLIX. Contenido medio en cobre de los minerales calcinados en disolución ácida y acuosa, y su relación..... 356
L. Contenido en cobre por beneficio y tiempo de saturación..... 358
LI. Promedio de cobre en disolución por beneficio..... 359
LII. Análisis de una muestra de cáscara de cobre, 1863..... 361
LIII. Análisis de una muestra de papucha..... 361
LIV. Lejías de tierras vitriólicas..... 363
LV. Análisis de la cáscara de cementación del beneficio de tierras (sin calcinar)..... 364
LVI. Análisis de mineral lavado destinado a los terreros..... 366
LVII. Análisis de las lejías de los terreros..... 367
LVIII. Análisis de cobre negro..... 374
LVIX. Análisis de la escoria del derretido..... 375
LVX. Análisis del polvo de la chimenea del horno de derretido..... 375
LXI. Análisis de cobre negro procedente de matas y escorias calcinadas... 377
LXII. Producciones de mineral, cobre fino y recuperaciones de cobre del periodo 1849-1872..... 383

LXIII. Recuperaciones metalúrgicas del primer fundido de matas calcinadas..... 388
LXIV. Recuperaciones metalúrgicas del segundo fundido de matas calcinadas..... 390
LXV. Recuperaciones metalúrgicas del afino..... 391
LXVI. Residuos metalúrgicos recuperables de la fundición..... 392
LXVII. Cobre fino recuperado por el sistema de fundición por matas..... 392
LXVIII. Recuperaciones técnicas por fundición..... 392
LXIX. Análisis comparativo de la recuperación del cobre por cementación artificial y fundición..... 393
LXX. Arboleda entregada a REMISA y su valor..... 404
LXXI. Emisiones de anhídrido carbónico (efecto invernadero) a la atmósfera por los diversos explotadores de Riotinto hasta 1845..... 415
LXXII. Mineral beneficiado por vía seca, emisiones a la atmósfera de anhídrido sulfuroso y potencial ácido sulfúrico generado, desde la antigüedad a 1849..... 417
LXXIII. Mineral beneficiado por cementación artificial, emisiones a la atmósfera de anhídrido sulfuroso y potencial ácido sulfúrico producido desde 1845 a 1872..... 418
LXXIV. Mineral extraído de mina, emisiones a la atmósfera de anhídrido sulfuroso y potencial ácido sulfúrico producido según el método metalúrgico desde la antigüedad a 1872..... 419
LXXV. Emisiones a la atmósfera de anhídrido sulfuroso y potencial ácido sulfúrico generado por explotador, desde la antigüedad a 1872..... 419
LXXVI. Cobre obtenido por vía húmeda e hierro consumido por los diversos explotadores..... 421
LXXVII. Cuadro comparativo de los consumos de combustibles en kg. Por Kg. de cobre fino obtenido en función del sistema metalúrgico utilizado (desde la antigüedad a 1849)..... 426
LXXVIII. Producción de cobre fino, consumo de madera y masa forestal en kg. por los diversos explotadores desde la antigüedad a 1849..... 427

LXXIX. Producción de cobre y consumo de madera en kg. para cada uno de los periodos analizados..... 428
LXXX. Posible superficie deforestada (en caso de no haberse realizado repoblaciones) y número de pies de pinar, por la metalurgia del cobre (vía seca y húmeda) de Riotinto desde la antigüedad a 1849..... 430
LXXXI. Posible superficie deforestada (en caso de no haberse realizado repoblaciones) y número de pies de encina consumidos, por la metalurgia del cobre (vía seca) de Riotinto en época romana..... 431
LXXXII. Producciones de mineral de los diversos explotadores desde la antigüedad a la venta de las minas a los ingleses en 1873..... 445
LXXXIII. Producciones de mineral de cobre y las recuperaciones por los diversos explotadores de Riotinto desde la antigüedad a 1873..... 465
LXXXIV. Resumen de emisiones a la atmósfera de azufre, anhídrido sulfuroso, y anhídrido carbónico, potencial generación de ácido sulfúrico, hierro de cementación que pasó a las aguas como sulfato, madera y número de pies consumidos, y posible superficie deforestada por los diversos explotadores de Riotinto para el periodo estudiado..... 474

INDICE DE GRÁFICOS

Página

1. Climograma de Riotinto (1917-2001)..... 28
2. Evolución de la población de hecho de Minas de Riotinto desde la restauración de las minas al final del alquiler de REMISA..... 32
3. Producción de mineral del periodo 1747-1758 (Real Asiento de SAMUEL TIQUET)..... 125
4. Mineral extraído de mina por FRANCISCO TOMÁS SANZ (1758-1783)..... 131
5. Mineral extraído de mina por el Estado (1783-1829)..... 148
6. Porcentajes de mineral extraído de mina por los diferentes explotadores durante el periodo 1727-1829..... 148
7. Mineral extraído de mina por el Estado (1849-1872)..... 192
8. Participación en la producción de mineral de los diversos explotadores desde la rehabilitación de las Minas en 1725 a su venta a los ingleses en 1873..... 192
9. Métodos propuestos para el beneficio de la plata en la antigüedad en Riotinto..... 255
10. Procesos metalúrgicos de Riotinto desde la rehabilitación de las minas (1725) al marqués de REMISA (1849)..... 329
11. Diagrama de flujos en el proceso productivo de 1849..... 333
12. Plan de beneficios de los minerales de Riotinto propuesto por A. L. ANCIOLA y E. DE COSSÍO..... 350
13. Propuesta de recuperación industrial de los minerales de Riotinto de la Comisión de Valoración y Tasación de 1870..... 353
14. Esquema de la fundición experimentada por RUA FIGUEROA..... 387
15. Plan de beneficios de los minerales de Riotinto propuesto por RUA FIGUEROA..... 396

16. Porcentaje de consumo de madera por explotador desde la antigüedad a 1849 428
17. Participación en la producción de mineral de los diversos explotadores desde la antigüedad a la venta de las minas a los ingleses en 1873 445
18. Participación en la producción de cobre de los diversos explotadores de Riotinto desde la antigüedad a 1873 465

INDICE DE FIGURAS

Página

1. Situación de la Faja Pirítica Ibérica dentro de la subdivisión del Macizo Hercínico Ibérico 8
2. Mapa de la Cuenca Minera de Riotinto 12
3. Mapa mostrando los límites de las minas según el amojonamiento de 1790 24
4. Mapa geológico y sección transversal de la zona de Riotinto 39
5. Bloque-diagrama de las estructuras de Riotinto 42
6. Secuencia estratigráfica de Riotinto 43
7. Localización de la minería pre-romana andaluza 53
8. Localización de la minería romana andaluza 56
9. Localización de la minería musulmana andaluza 57
10. Localización de la minería andaluza siglos XVI-XVII 59
11. Localización de la minería andaluza siglo XVIII 60
12. Camino romano que enlazaba las minas de Riotinto con Itálica 66
13. Final del trazado del ferrocarril de Huelva a Riotinto, construido en 1875 81
14. Masa Planes. Sección vertical 95
15. Representación de algunas herramientas protohistóricas halladas en diferentes parajes de la provincia de Huelva 100
16. Localización de yacimientos de cobre en el Distrito de Huelva trabajados en el período calcolítico (Edad del Cobre I). IV-III milenio a.C 101
17. Sistemas de desagüe en una mina romana 107
18. Tornillo de ARQUÍMEDES 108
19. Minas de Tharsis. Ruedas romanas encontradas en el criadero del Norte 109
20. Minas de Tharsis. Plano de rueda romana 110

21. Varias secciones de pozos y socavones romanos descubiertos en Riotinto..... 112
22. Trabajos antiguos en las minas de Riotinto..... 113
23. Alzado y planta explicando el funcionamiento y colocación de las parejas de ruedas hidráulicas encontradas en la cota 309 m. sobre Huelva (Riotinto)..... 116
24. Esquema de la colocación de norias romanas descubiertas de 1919 a 1921, en el Filón Sur (Riotinto)..... 117
25. Conjunto de norias romanas encontradas en el interior de las Minas de Santo Domingo (Portugal)..... 117
26. Rueda romana establecida en las Minas de Santo Domingo (Portugal)..... 118
27. Rueda hidráulica romana encontrada en el Filón Norte en el mes de Junio de 1886..... 118
28. Reproducción de la rueda hidráulica romana, encontrada en 1928 en las excavaciones de la Masa Planes, con diámetro exterior de 14 pies..... 120
29. Plano topográfico levantado en 1828..... 151
30. Plano con la situación de los pozos y socavón superior o entrada de los romanos dedicada a la cementación natural..... 152
31. Plano del primer piso..... 162
32. Plano del segundo piso..... 162
33. Plano del tercer piso..... 163
34. Plano del cuarto piso..... 163
35. Plano del quinto piso..... 164
36. Plano del sexto piso..... 164
37. Sección afectada por el hundimiento de 1863..... 174
38. Esquema del plan industrial y proyecto de ferrocarril de la Comisión de Visitas de 1867..... 184
39. Sección de un pozo "Glory Hole"..... 201
40. Criaderos del Norte..... 204
41. Escoriales antiguos..... 214

42. Sección transversal mostrando la tipología mineral..... 251
43. Restos de un horno romano..... 260
44. Horno de fundición..... 303
45. Horno de fundición utilizado por REMISA en la década de 1840..... 303
46. Horno de reverbero utilizado para el afino del cobre..... 308
47. Horno de reverbero utilizado en el afino en la década de 1840..... 310
48. Flujos en el proceso productivo en 1849..... 332

INDICE DE ANEXOS

Página

I. Datos climatológicos de Minas de Riotinto (1876-2001)..... 496

II. Lámina de cobre romana hallada el 31 de Julio de 1762..... 539

III. Informe del Clérigo DIEGO DELGADO sobre las Minas de Riotinto, fechado en Aracena el 15 de Agosto de 1556..... 541

IV. Real Asiento a favor de D. LIEBERT WOLTERS, para el beneficio de las Minas de Guadalcanal, Rio-Tinto, Cazalla, Aracena y Galarosa..... 546

V. Manifiesto por D. LIEBERT WOLTERS VONSIOHIELM, Caballero de Nación Sueco..... 555

VI. Informe de ROBERTO SHEE de 23 de Marzo de 1726 sobre las minas de Riotinto, elaborado para la Junta de la compañía creada por LIEBERT WOLTERS para su explotación..... 563

VII. Asiento de las Reales Minas de Rio-Tinto y Aracena, concedido por su Majestad, a DON SAMUEL TIQUET JUNIOR, Caballero de Nación Sueco..... 570

VIII. Nuevo Asiento de las Minas de Rio-Tinto, extendido a favor de D. SAMUEL TIQUET..... 579

IX. Real Resolución, comunicada al Señor DON BERNARDO DE LUQUE, Teniente Segundo de la Ciudad de Sevilla y Juez Subdelegado de Minas, sobre los recursos y quejas dadas por Las Justicias, Capitulares y Síndico Procurador de la Villa de Zalamea la Real, contra DON FRANCISCO T. SANZ, Administrador Director de las Reales Minas de Rio-Tinto y Aracena, sobre los particulares que contiene..... 588

X. Real Orden de 29 de Diciembre de 1786, por la que se enviaba a D. FRANCISCO ANGULO a las minas de Riotinto en Comisión de Servicio..... 592

XI. Real Cédula de su Magestad y Señores del Consejo por la cual se declaran exentos de sorteos para el servicio militar a diferentes sugetos empleados en las Reales Minas de Cobre de Rio-Tinto y Aracena con lo demás que contiene..... 594

XII. Representación que hizo el Ayuntamiento de la villa de Zalamea la Real, para que se le incorporase la población de las Minas de Rio-Tinto..... 598

XIII. Real Orden de 1 de Enero de 1825 para la restauración y fomento de las Reales Minas de Rio-Tinto..... 607

XIV. Condiciones para el arriendo de las Minas de Riotinto de fecha 5 de Marzo de 1828..... 624

XV. Instrucciones aprobadas por S. M. para el desempeño de la Comisaría Regia, mandada pasar a las Minas de Rio-Tinto por Real Orden de 19 de Enero de 1854..... 629

Resumen

Las minas de Riotinto se vienen explotando desde hace más de 5000 años, destacando históricamente la época romana como así lo atestiguan los nueve millones de toneladas de escorias generadas (71,13% del mineral extraído durante el periodo estudiado).

La extracción de metales por los romanos, sobre todo la plata, la realizaron en el contacto entre el mineral de gossan de las monteras y los sulfuros masivos, donde existía una capa de mineral de jarosita con una potencia de un metro, alcanzando sus reservas los tres millones de toneladas de las que habrían extraído unas 800.000, obteniendo cerca de mil toneladas de plata.

La minería de los sulfuros masivos la realizaron mediante grandes huecos, donde la ley en cobre era elevada, rellenando donde era necesario, con minerales pobres y materiales estériles. La producción de mineral de cobre debió de alcanzar las 3.600.000 tm, de las que obtuvieron 288.000 tm de cobre.

El análisis de los escoriales muestra que los metalurgistas antiguos conocían el procedimiento de fundición de los minerales cupro-argentíferos con agregados plomizos, así como la copelación del plomo argentífero obtenido por este tratamiento.

Hasta la fecha no se han encontrado mata de cobre en los escoriales antiguos, por lo que el proceso metalúrgico empleado para su obtención debió de ser semejante a la vía seca utilizada durante el siglo XVIII y primera mitad del XIX, consistente en una calcinación "a muerte" al aire libre, una fundición con carbón vegetal que daría cobre negro y un posterior afino.

Finalizada la época romana, siguen trece siglos de inactividad en los que se pierden los conocimientos mineros y metalúrgicos necesarios, hasta que son rehabilitadas en 1725 por el sueco WOLTERS, al que sucedió su sobrino TIQUET, que implantó el método de explotación por "huecos y pilares", el cual se mantuvo por los diversos explotadores que le sucedieron hasta su venta a los ingleses en 1873.

WOLTERS, comenzó con el desagüe de la mina extrayéndole a las aguas ácidas pequeñas cantidades de cobre, obteniendo por desecación de las mismas, una vez recuperado el cobre, pequeñas cantidades de caparrosa verde, actividad que continuó TIQUET, que en 1747 logró establecer el beneficio por vía seca, sistema que se mantuvo hasta 1845 en que se sustituye por la cementación artificial.

A partir de este momento se abandona el procedimiento por vía seca, coexistiendo la cementación natural y artificial hasta el final del periodo estudiado.

El fenómeno medioambiental existía ya desde antes de la explotación por los romanos, donde se deduce una cierta contaminación natural o geoquímica que se producía al pasar las aguas de escorrentía sobre los afloramientos de los filones y las de manantial atravesando mineralizaciones, con ellos se inicia un fuerte impacto ambiental que posteriormente se vio aumentado cuando los bosques quedaron totalmente arrasados como consecuencia de la utilización de su madera para la entibación de las labores mineras y como combustible para los hornos metalúrgicos y, sobre todo por la lluvia ácida, con los consiguientes problemas de pérdida de nutrientes del suelo.

El fenómeno de contaminación atmosférica comienza como consecuencia de las calcinaciones al aire libre del mineral, su posterior fundición y afino, dando lugar a la aparición de la mencionada lluvia ácida, que arrasaba los

campos, contaminaba los suelos y las aguas, tanto superficiales como subterráneas.

Con la rehabilitación de las minas vuelven a reproducirse los episodios contaminantes, sobre todo cuando en 1845 se sustituye la vía seca por la cementación artificial, lo que se traduce en una menor presión sobre el bosque, que pronto quedó compensada con el aumento de las producciones de cobre que generaban un mayor volumen de lluvia ácida.

En la presente Tesis Doctoral se analiza la minería, metalurgia y el impacto ambiental producido en la Comarca de Riotinto desde la antigüedad hasta 1873 en que se produce un cambio radical en las minas debido a su compra por la compañía inglesa *"The Rio Tinto Company Limited"*.

Abstract

The Riotinto mines have been exploited for over 5000 years, emphasizing above all, the Roman period in which nine million tons of slag was generated, 71.13% of mineral was extracted during this period.

The extraction of metals by the Romans, above all silver was accomplished by contact between gossans mineral of the upper part of the mountain and the sulphate, where a layer of jarosite mineral with a thickness of one metre overtaking it's reserves of up to three million tons, of which had been extracted 800.000, obtaining nearly one thousand tons of silver.

The mining of sulphide was carried out through great cavities where fine copper was high, refilling where necessary with poor minerals and sterile materials. The production of copper mineral should have reached 3.600.000 tons, of which 288.000 tons of copper was obtained.

The analysis of the scoria shows that the ancient metallurgists knew the procedure of melting down cupric-argentiferous minerals with aggregate leaden, like the cupellation of lead- argentiferous obtained by this treatment.

Up until now matte of copper hasn't been found in the ancient slag, the metallurgy process employed during the XVIII century and the first half of the XIX century consisted of *"a muerte"* calcinations in open air a foundry of vegetable carbon which gives a black copper and a subsequent pureness.

At the end of the Roman period thirteen centuries followed of inactivity of which information from miners and metallurgists was lost until it was recovered by a Swede named WOLTERS who was succeeded by his nephew TIQUET who implanted the method of exploitation by "rooms and pillars" of which was maintained by several exploiters that followed, until it was sold to the English in 1873.

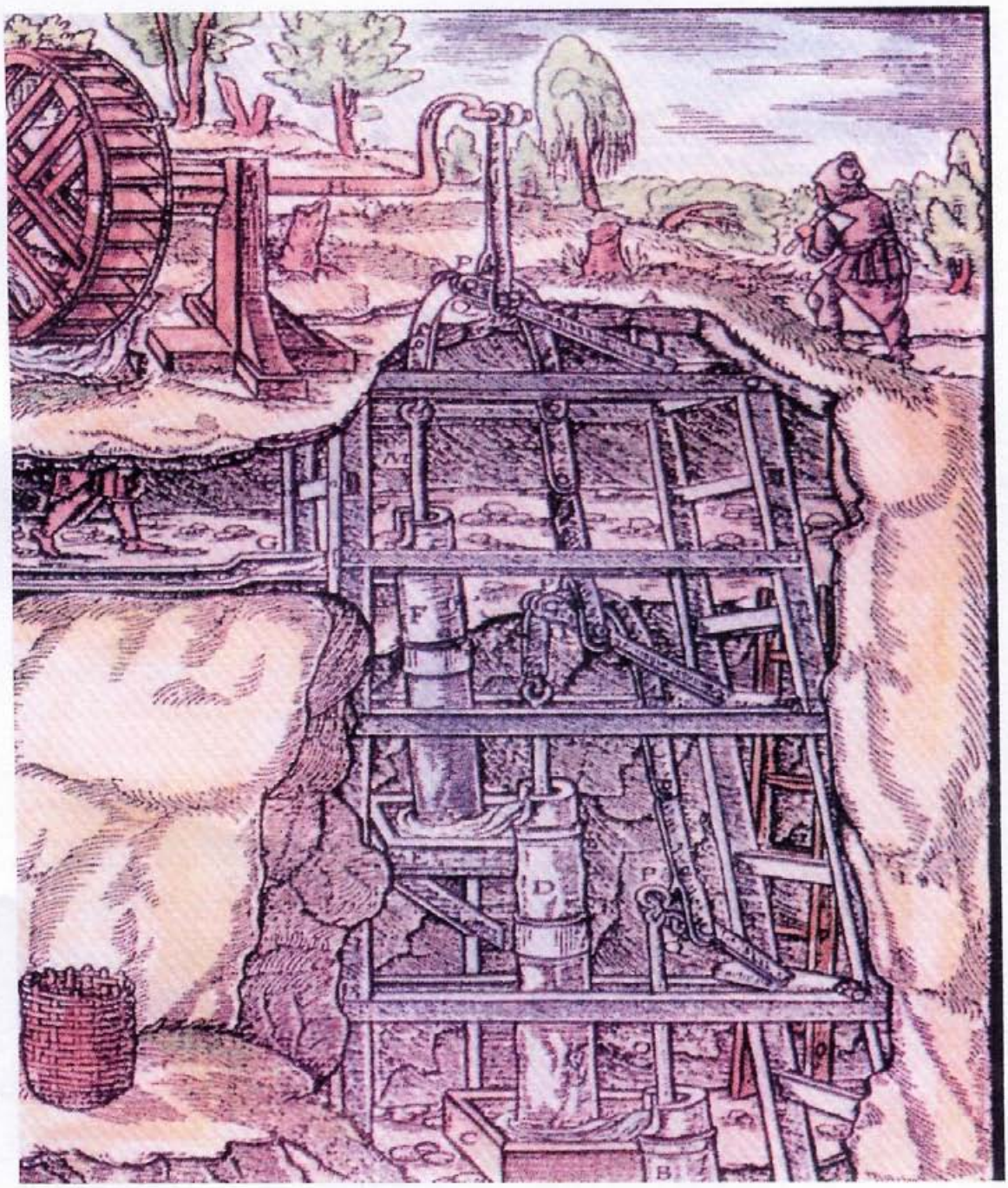
WOLTERS began with the drainage in the mines extracting from the acid waters small amounts of copper, which were obtained by drying, once the copper and small amounts of copperas were recovered TIQUET continued this activity in 1747 establishing it's benefits by the drying out system of which was maintained until 1845, and then substituted by artificial cementation. From this moment on, the drying procedure was abandoned co-existing the artificial and natural cementation until the end of the studied period.

The environmental phenomenon already existed before the exploitation by the Romans, where a certain natural or geo-chemical contamination was deduced, this was produced when the scoria waters passed over the edges of the outcrops crossing springs and mineralization, with this began a strong environmental impact which was seen increasing when the forests were totally flattened by consequence of its wood for timbering for miners labour and combustible for the metallurgic ovens ,above all acid rain with the following problem the lose of nutrients in the ground.

The phenomenon of atmospheric contamination began by consequence of the open air calcinations of minerals its posterior foundry and pureness giving way to the appearance of the mentioned acid rain, which destroyed the fields contaminating the grounds and the waters both superficial and underground. These contamination episodes reproduced again with the rehabilitation of the mines above all 1845 the drying out system was replaced by the artificial cementation which meant less pressure on the forest, which was soon after compensated with the increase of copper productions generating a major volume of acid rain.

In this doctoral thesis mining metallurgic and the environmental impact have been analysed all of which produced in the Riotinto Region from ancient

times until 1873 in which a radical change in the mines was produced due to its purchase by the English company *"The Rio Tinto Company Limited"*



Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación del estudio

La Cuenca minera de Riotinto viene explotándose desde hace más de 5.000 años, constituyendo un importante patrimonio geológico-minero y metalúrgico que no debe perderse y una fascinación para quienes la visitan, especialmente los profesionales de las ciencias de la tierra. Durante tan largo periodo de vida ha pasado por diferentes crisis que han sido temporalmente superadas por el hallazgo de nuevos minerales y filones, demanda de nuevos productos e innovaciones tecnológicas.

En la actualidad se encuentra en uno de sus peores momentos, como consecuencia del agotamiento del mineral de gossan (oro y plata) y de las diversas crisis de la minería del cobre, que se viene arrastrando desde la década de los años ochenta, encontrándose en el momento presente prácticamente paralizada, siendo muy pocos los que creen en la continuación de la actividad minera, por lo menos a corto y medio plazo. Esperemos que las circunstancias de mercado o bien la innovación tecnológica hagan que de nuevo vuelvan a tener futuro y sean fuente de vida para la comarca.

Las imágenes gráficas de finales del siglo XIX, muestran un pueblo de Minas de Riotinto (Barrio de Bellavista,...) y alrededores completamente deforestados (foto nº 1), tan diferente a como es hoy en día, lo que justifica un estudio detallado que analice la participación que había tenido en ello los sistemas de explotación y dentro de los métodos metalúrgicos la vía húmeda y la seca y qué importancia tuvo cada época histórica.

El presente trabajo intenta dar respuesta a estas cuestiones, analizando los métodos de explotación, sistemas metalúrgicos utilizados y su influencia en la deforestación por gases y tala de madera, así como los vertidos de aguas ácidas a los ríos, desde la antigüedad a la venta de las minas a los ingleses en 1873.

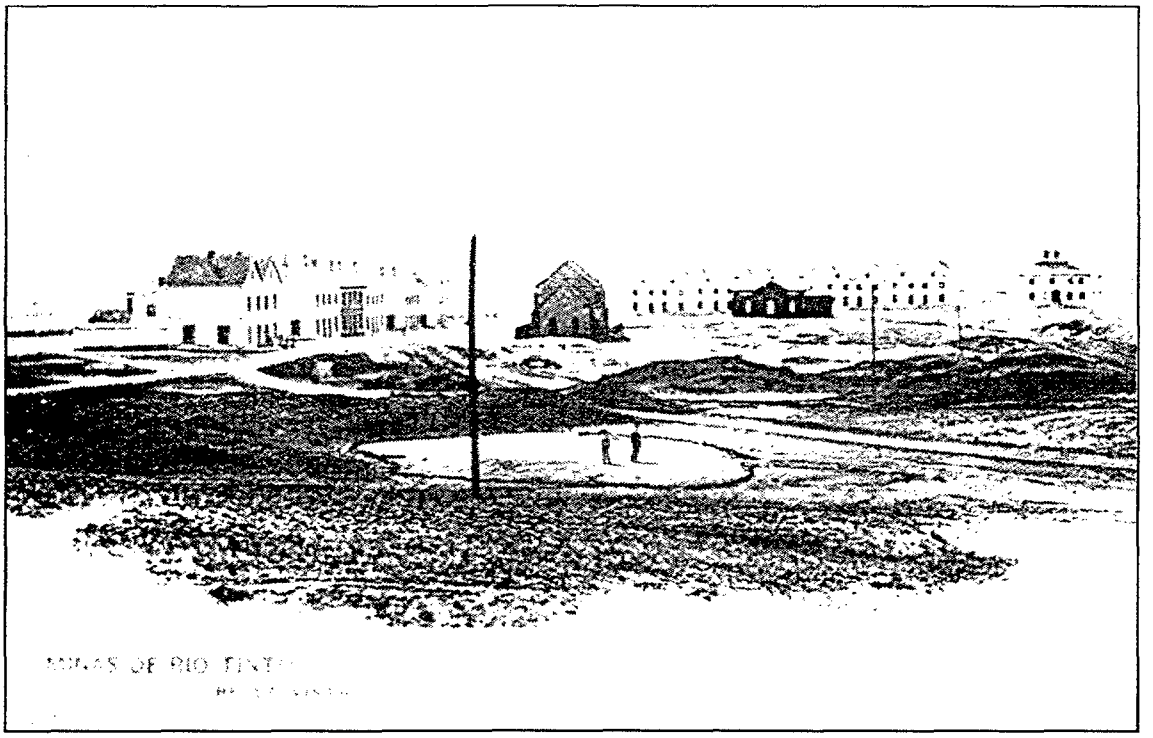


Foto nº 1: Barrio de Bella Vista a finales del siglo XIX. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

1.2 Objetivos

Partiendo del conocimiento de la geología de la zona y los yacimientos mineros, se realizará un estudio de las diferentes mineralizaciones explotadas, los métodos de laboreo minero y los sistemas metalúrgicos empleados, a lo largo de la historia de las minas, calculando unos indicadores de consumo de madera por kilogramo de cobre fino producido para la metalurgia por vía seca y húmeda (cementación natural y artificial), tratando de obtener un volumen de madera consumida y superficie deforestada para los diferentes explotadores de las minas.

También se deducirán las emisiones a la atmósfera de azufre, anhídrido sulfuroso y volumen de lluvia ácida generada por los diferentes explotadores, y al río la cantidad de hierro, procedentes de la vía húmeda, como sulfato por explotador.

Finalmente analizaremos si los métodos de explotación minera y metalúrgica fueron aplicados racionalmente, desde el punto de vista económico y medioambiental.

Diversos autores como SALKIELD, L. U. (metalúrgico), PÉREZ MACÍAS, J. A. (arqueólogo), PINEDO VARA, I. (minero-metalúrgico), GONZALO TARÍN, J. (geólogo y minero), FLORES CABALLERO, M. (economista), hablan en sus trabajos de la deforestación sufrida debida a la tala, los daños sufridos por la agricultura y bosque debido a la lluvia ácida, vertido de aguas ácidas a los ríos, pero en ninguno de ellos se ha cuantificado qué necesidades de madera tenían los hornos, cuánto se deforestó y a qué superficie afectó. Tampoco se han cuantificado las emisiones de anhídrido sulfuroso a la atmósfera, a qué cantidades de lluvia ácida dieron lugar y la superficie afectada, ni qué vertidos de aguas ácidas se realizaron al río, ni qué contaminantes llevaban. La gran originalidad de este trabajo estriba en estudiar a Riotinto desde el punto de vista minero, metalúrgico y medioambiental a lo largo de sus 5.000 años de historia.

1.3 Metodología

El ámbito del estudio comprende un doble espacio: físico y temporal.

En cuanto a su aspecto físico se estudiarán las explotaciones mineras, métodos metalúrgicos y su agresión al medio ambiente en el término municipal de Minas de Riotinto.

El aspecto temporal se analizará a través de las diferentes épocas, estructuradas según los acontecimientos que han afectado a las explotaciones mineras tales como: antigua, rehabilitación por WOLTERS, explotación por SAMUEL TIQUET, FRANCISCO TOMÁS SANZ, por la Real Hacienda, GASPAR DE REMISA, de nuevo por la Real Hacienda con las subcontratas de la empresa Los Planes, y MARIANO LA CERDA, abarcando desde la antigüedad a 1873.

El estudio se estructura en siete capítulos y en ellos analizaremos:

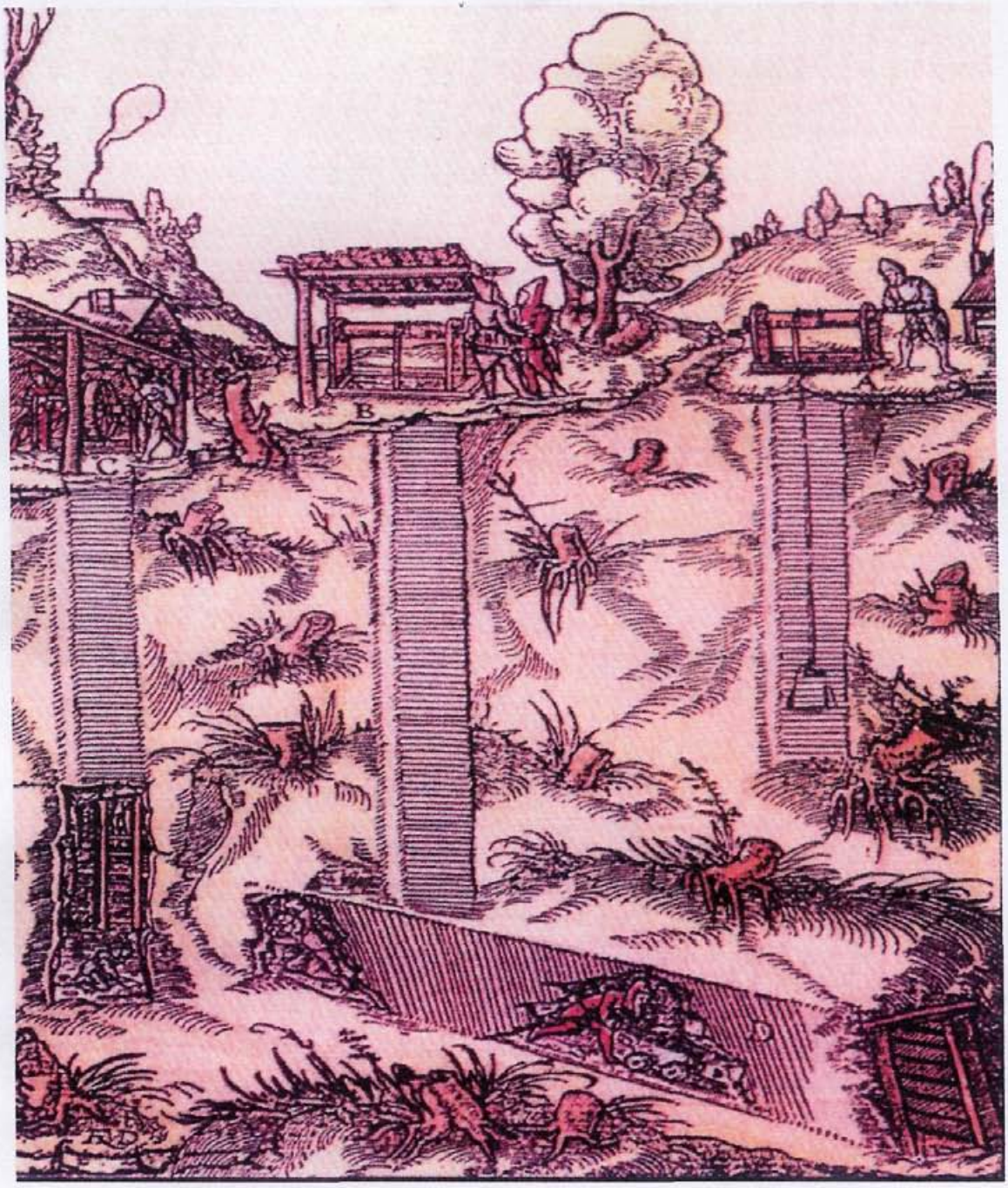
a) **Encuadre geográfico, geológico e histórico de la zona.** Haremos una descripción de la geografía, climatología, evolución de los conocimientos geológicos y de la historia de las minas.

b) **Descripción y evolución del laboreo de las minas.** Comenzaremos en la Edad del Cobre, pasando por los romanos hasta llegar al siglo XIX, describiendo los métodos de explotación, herramientas empleadas, sistemas de desagüe, de transporte, de ventilación e iluminación de las minas.

c) **Descripción y evolución de los métodos metalúrgicos.** Realizaremos un recorrido por los sistemas de fundición, describiendo las calcinaciones al aire libre, las fundiciones en hornos para la obtención de cobre negro y los tratamientos de afino del cobre negro; y en cuanto a la vía húmeda se describirá la cementación natural y artificial, el tratamiento de los vitriolos, tierras vitriólicas y la obtención de caparrosa.

d) **Deforestación de la zona.** Para la realización de este apartado, procederemos a la determinación de indicadores de consumo de madera por kilogramo de cobre fino producido, así como la precipitación de ácido sulfúrico (lluvia ácida), como ya dijimos anteriormente.

e) **Vertidos al río Tinto.** Las aguas utilizadas en los procesos metalúrgicos procedían del socavón de desagüe de la mina y de la Cueva del Lago, que después de obtener de ellas el cobre por cementación natural, pasaban a mover las ruedas hidráulicas que hacían de motor de los fuelles de los hornos, para finalmente llevarse a los pilones disolvedores de la cementación artificial, donde una vez recuperado el cobre se vertían al río Tinto. En el presente trabajo se calcularán los caudales vertidos, así como su contenido en cobre y hierro procedente de la cementación.



CAPÍTULO 2. ENCUADRE GEOGRÁFICO

2.1 Situación de la Faja Pirítica Ibérica

La Faja Pirítica se encuentra situada en el Suroeste de la Península Ibérica, formando una provincia metalogenética de 230 kms. de longitud y 30 kms. de anchura, de dirección Noreste-Suroeste. Comienza en la provincia de Sevilla, con el yacimiento de las Cruces, continúa en las Minas de Aznalcóllar y Castillo de Las Guardas, cruza la provincia de Huelva y penetra en Portugal por el Alentejo, terminando a 25 kms. del Atlántico, en la Mina Caveira, comprendiendo más de 60 explotaciones de minerales piríticos y unas 300 de manganeso. En la figura nº 1 se representa la situación de la Faja Pirítica Ibérica dentro de la subdivisión del Macizo Hercínico Ibérico.

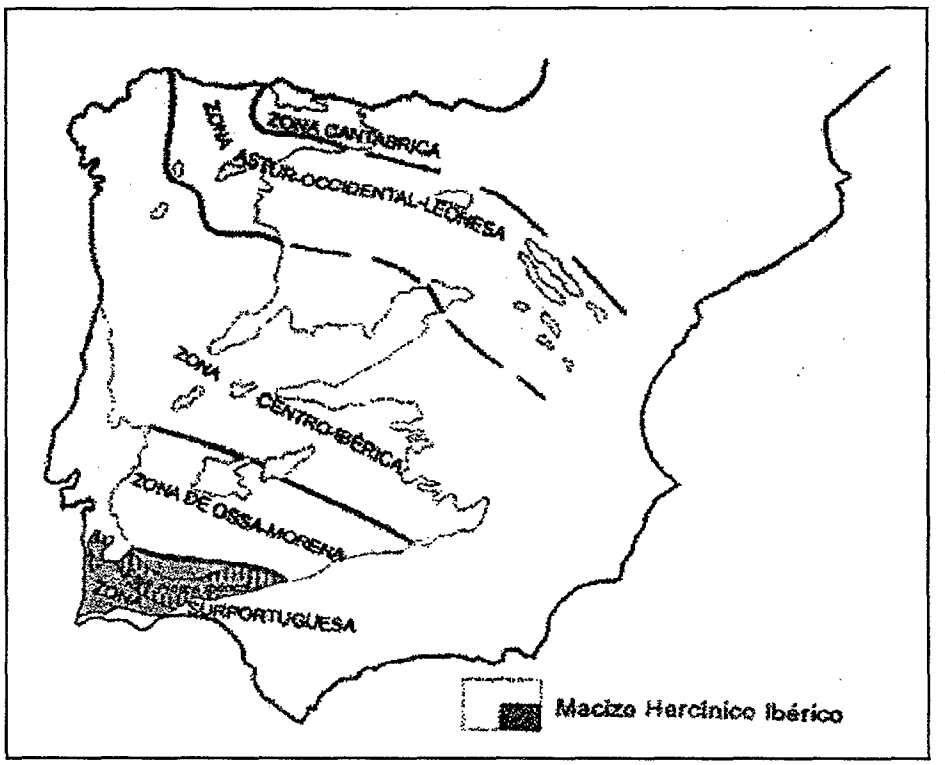


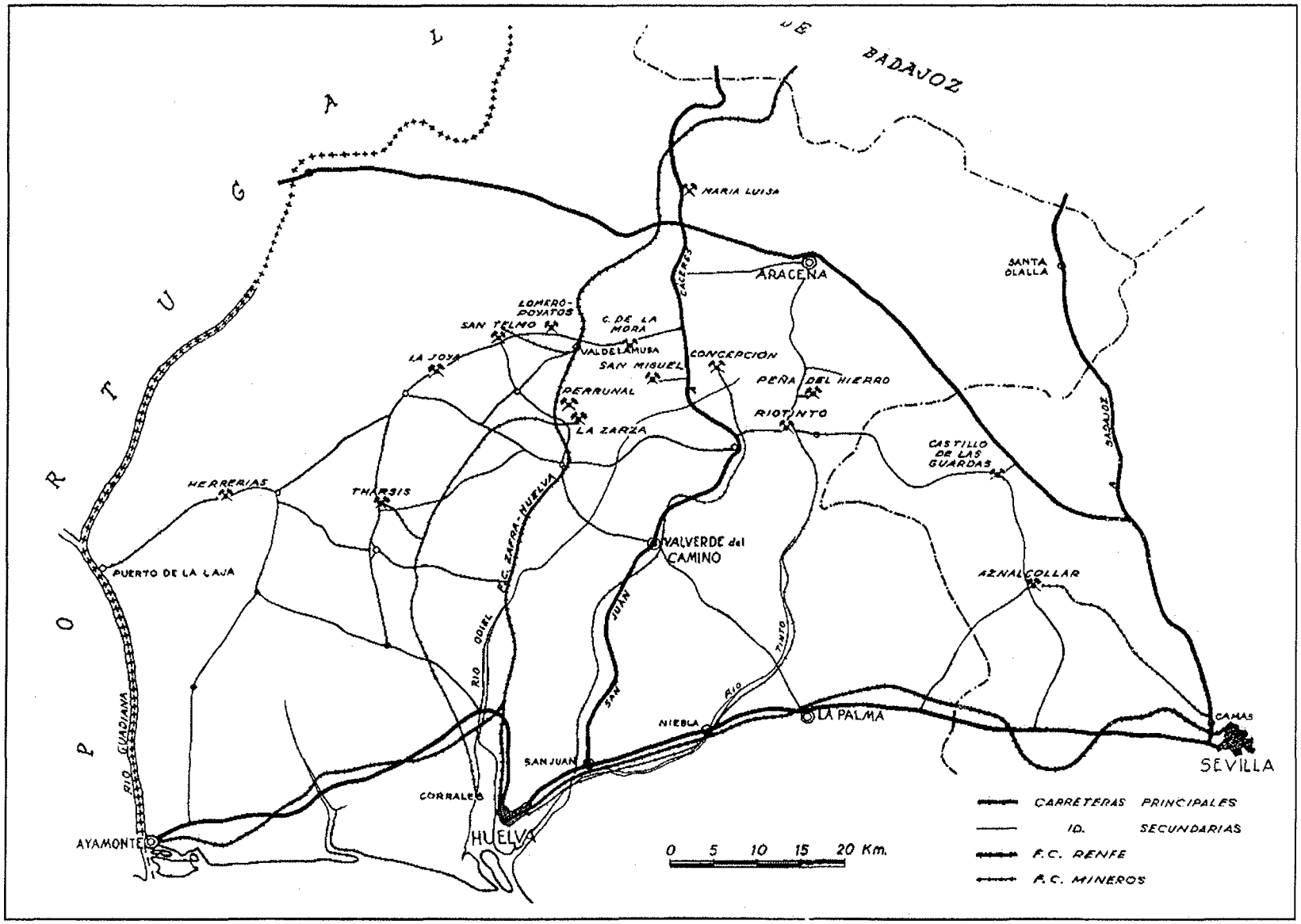
Fig. 1: Situación de la Faja Pirítica Ibérica dentro de la subdivisión del Macizo Hercínico Ibérico. Según JULIVERT et al, 1972

Casi todos los depósitos se hayan en la provincia de Huelva, donde existen tres bandas metalizadas de dirección Noreste-Suroeste. En la banda septentrional se encuentran las minas de Concepción, San Miguel, Cueva de la Mora, Aguas Teñidas, Lomero Poyatos, San Telmo y la Joya en España y en Portugal las de Santo Domingo, Aljustrel, Lousal y Caveira. En la banda intermedia existen los yacimientos de Castillo de Las Guardas, Riotinto, Peña de Hierro y El Perrunal-La Zarza y en la meridional los de Las Cruces, Aznalcóllar, Buitrón, Sotiel, La Torerera, Tharsis, Lagunazo, Herrerías y Cabezas del Pasto. En el plano nº 1 se establece la situación de las principales minas de Sevilla y Huelva.

La pirita, con mayor o menor proporción de cobre, es el mineral principal, obteniéndose concentrado de este metal e incluso metales preciosos de la zona de oxidación y de cementación de los depósitos.

Las piritas contienen por término medio 46-49% de azufre; 40-45% de hierro; 0,6-1% de cobre (la ley ha ido disminuyendo conforme se van agotando los filones más ricos); 0,5-1,5% de plomo; 1-3% de zinc; 0,1-0,6% de arsénico y otros metales no tan comunes.

Las metalizaciones suelen tener forma tabular o lentejonar y son concordantes con la estructura de la roca de caja. Es frecuente que se presenten lentejas sucesivas, alineadas según el rumbo, su longitud varía de 10 a 3.000 metros, la potencia de 1 a 200 metros y la profundidad de 10 a 500 metros.



Plano nº 1: Situación de las principales minas de Sevilla y Huelva. Fuente: PINEDO VARA, 1963

2.2 Localización de la comarca de la Cuenca Minera de Riotinto

Situado a medio camino entre la Sierra de Huelva (al norte de la provincia) y la Campiña, localizamos una de las dieciséis comarcas naturales que componen el mosaico naturalístico andaluz, nos referimos al "Andévalo Onubense".

El Andévalo es la comarca más externa y uniforme de las cuatro que aparecen en Andalucía Occidental que a modo de penillanura y con una ligerísima inclinación Norte-Sur, le hace la transición como si se derramara la Sierra de Huelva. Sus escasas altitudes, donde raramente se superan los 500 metros, y sus formas nuevas y degradadas con el paso de los siglos por la acción antrópica, la convierten en uno de los espacios naturales más singulares de Andalucía caracterizado por una fuerte pluralidad cultural y natural otorgada por sus características topográficas, climáticas, naturales, geológicas y culturales.

Dentro de este característico espacio geográfico en el flanco Nororiental, se localiza la Cuenca Minera de Riotinto que, aunque participa ampliamente de las características del Andévalo, cuenta con unas peculiaridades y particularidades intrínsecas que la individualiza del resto del Andévalo Onubense.

La Cuenca Minera de Riotinto cuenta con una extensión de aproximadamente 640 km^2 (fig. 2), lo que supone casi el 6,5% de la extensión provincial y ocupa una posición centrada respecto al sistema vial de comunicaciones. Desde el punto de vista administrativo la componen siete municipios: Berrocal, El Campillo, Campofrío, La Granada de Riotinto, Minas de Riotinto, Nerva y Zalamea la Real (foto nº 2), entre los que se distribuyen sus aproximadamente 19.000 habitantes.

A estos 7 municipios pertenecen también 7 pedanías: El Villar, El Pozuelo, El Buitrón, Las Delgadas, Monte Sorromero, Membrillo, Ventas de Arriba y Marigenta.

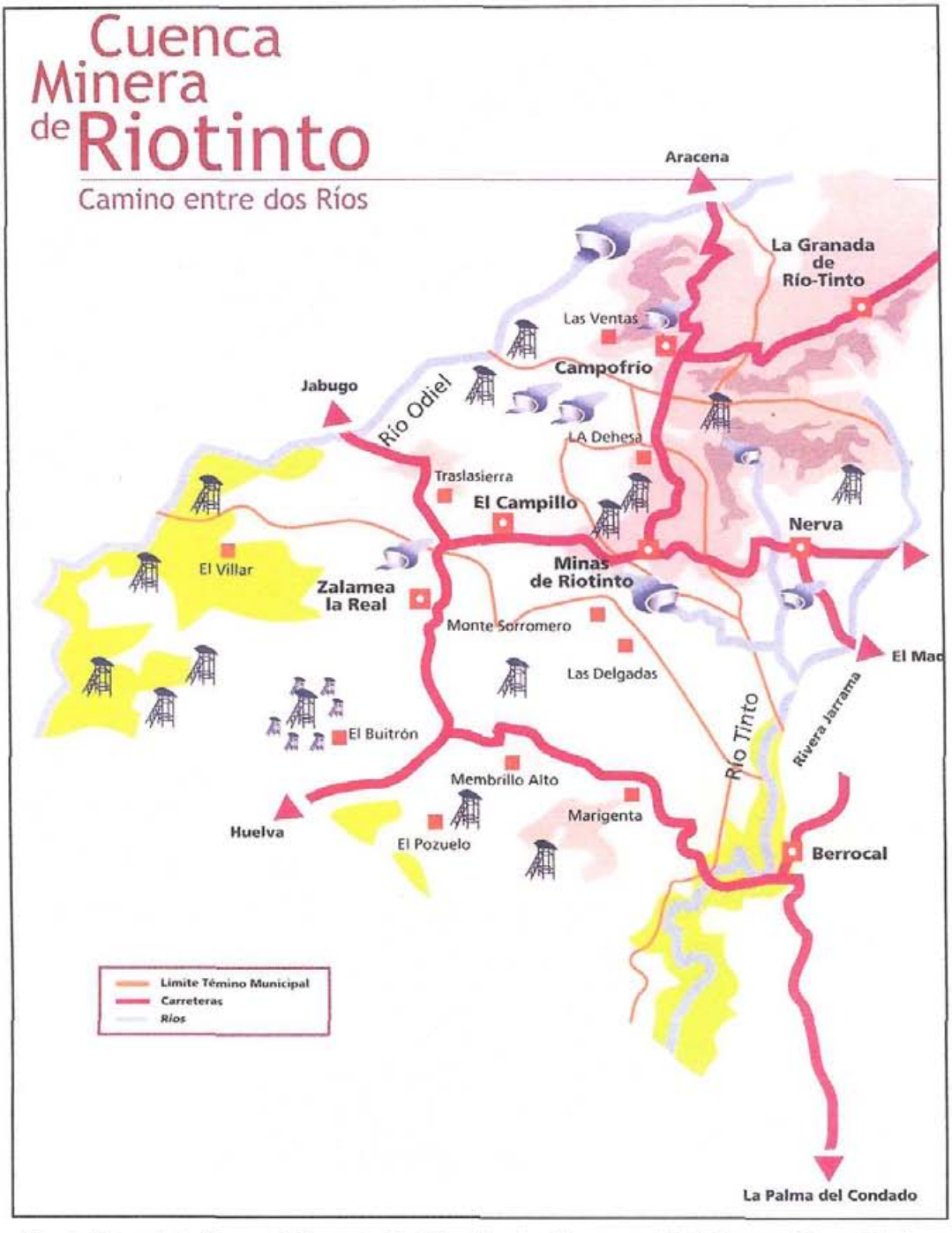


Fig. 2: Mapa de la Cuenca Minera de Riotinto. Fuente: Mancomunidad Cuenca Minera Riotinto

Posee una minería y metalurgia milenaria a la vez que una reserva de minerales que son casi inagotables. Cuando en cualquier época de la historia las Minas de Riotinto han sido abandonadas por aparente agotamiento, se han vuelto a descubrir nuevos criaderos gracias a los avances tecnológicos, que han permitido una mejor extracción de los minerales y un mayor aprovechamiento.

El yacimiento minero de Riotinto abarca una superficie de aproximadamente cinco kilómetros cuadrados y ha sido uno de los depósitos de sulfuros masivos más grandes del mundo. Anteriormente a su larga historia de meteorización y minería se estima que contenía al menos 500 millones de toneladas, correspondiendo la mayoría a capas de pirita estratiforme o como un "stockwork" altamente piritizado.

Un viajero que llega a la Cuenca Minera, se encuentra con un duro paisaje minero, modelado tras cinco mil años de extraerle las riquezas a las entrañas de la tierra, pero sin duda muy diferente al que pudo encontrar quien la visitase en la segunda mitad del siglo XIX, como por ejemplo el inglés LEE THOMAS (1865) que la recorrió entre los años 1859 y 1862, describía el paisaje como una serie de cerros carentes de toda vegetación en varias millas de distancia; actualmente junto a las cortas y escombreras, existen hermosos campos sembrados de naranjos, junto con repoblaciones de pinares y eucaliptos.

Los criaderos piríticos-cobrizos de la Cuenca Minera están enclavados en la Faja mineralizada que recorre la provincia de Huelva en dirección Noreste-Suroeste.

Foto nº 2: Los Pueblos. Fuente: Mancomunidad Cuenca Minera Riotinto

El relieve de esta zona está condicionado por varias alineaciones de cerros en dirección Este-Oeste; los cuales dejan entre sí unos valles que vierten por la parte oriental al río Tinto y por la occidental al Agrio o Tintillo (afluente del Odiel).

El Tinto y el Odiel que recorren la zona producen en sus cursos gargantas o rápidos y sus aguas arrastran impurezas minerales que le dan esa coloración inconfundible. Entre ambas corrientes se halla el criadero de Riotinto.

Tradicionalmente, estos municipios, han presentado un conjunto homogéneo en cuanto a su economía, ya que a lo largo de toda su historia han venido explotando los minerales de Riotinto, sobre todo, cobre, hierro, plata y oro. Simultaneado en algunos pueblos como Zalamea La Real, con una economía más tradicional agroganadera. Todos ellos han evolucionado conjuntamente a la actual organización administrativa supramunicipal, denominada Mancomunidad Cuenca Minera de Riotinto.

El lugar exacto de su localización espacial se sitúa en el occidente andaluz, en pleno centro de la provincia de Huelva. Más concretamente en el sector oriental del Andévalo onubense, entre Sierra de Aracena y la Campiña del Condado.

2.2.1 Caracterización medio ambiental

Desde el punto de vista morfotopográfico, en la comarca, podemos individualizar tres zonas, marcadas únicamente por el factor altitud:

1. La Sierra del Riscal y la Sierra de la Picota, situadas en la parte norte y en el curso alto del río Odiel (entre los términos de Campofrío y la Granada de Riotinto), conforman el techo altitudinal de la comarca, caracterizada por la sinuosidad del terreno y por la presencia de numerosos riscos con importantes pendientes sobre todo en los encajamientos fluviales.

2. La zona central presenta pendientes más suaves y formas menos pronunciadas, siendo lo verdaderamente destacable la propia homogeneidad del terreno, tan sólo rota por las labores mineras.
3. La tercera de las zonas a la que hacíamos referencia se localiza al Sur de la Cuenca Minera. Cuenta con una altitud de menos de 500 m y las formas más agresivas del terreno se encuentran en los aledaños de los ríos Tinto y Odiel.

Desde el punto de vista climático, la Cuenca Minera participa de un clima mediterráneo en general, con matices continentales desde la posición de centralidad que ocupa frente a la zona Sur, netamente costera, y con respecto a la zona Norte donde el factor relieve, altitud y posición, le confiere diferencias significativas pluviométricas y termométricas.

Las temperaturas medias rondan los 18º C con inviernos muy suaves y cálidos y veranos extremadamente calurosos con temperaturas absolutas que en los meses de estío y en horas de máxima radiación pueden alcanzar los 45º C (gracias a un estudio realizado sobre los 100 últimos años la temperatura media de las máximas más elevadas fueron de 38,9º C en Agosto de 1919) durante los meses de Julio y Agosto (PÉREZ LÓPEZ, 2002, 4). Por el contrario, la época de frío o de mayor rigor invernal se centra entre los meses de Diciembre a Febrero, con unas temperaturas medias que rara vez bajan de los 10,5º C y donde la media de mínimas nunca baja de 5,5º C. En este sentido, tiene un especial interés el bajo riesgo de heladas del 0,16% entre los meses de Diciembre y Febrero y donde la duración de las mismas, al producirse, escasamente superan las tres horas.

En los cuadros I y II se dan las temperaturas y precipitaciones medias de la Cuenca Minera de Riotinto para el periodo 1887-1986.

CUADRO I

Temperaturas (ºC)de la Cuenca Minera (1887-1986)

Meses	E	F	M	A	MY	J	JL	AG	S	O	N	D
Max	13,1	14,5	16,8	19,6	23,6	28,6	33	32,8	28,8	22,7	13,4	13,6
Med	9,5	10,6	12,5	14,9	18,2	22,6	26,1	26,1	23,0	18,2	10,9	10,1
Min	5,9	6,7	8,2	10,3	12,9	16,6	19,3	19,4	17,3	13,7	9,9	6,6

- Media de las máximas: 22 - Media de las medias: 17,1

- Media de las mínimas: 12,3 - O. Térmica anual = 17,3 (1887/1986)

Pluviométricamente, la zona la encuadraríamos dentro de la isoyeta de los 750 mm., variando el régimen de precipitaciones de Sur a Norte entre los 500 y los 750 mm., concentrados fundamentalmente en los meses de otoño y primavera, recogiéndose los mínimos absolutos en Julio y Agosto (con precipitaciones medias mensuales de entre 2 y 4 mm.) y unas máximas (entre 90 y 100 mm. de media mensual) en los meses más lluviosos de Noviembre y Marzo.

CUADRO II

Precipitaciones (mm)de la Cuenca Minera (medias mensuales) (1887-1986)

Mes	E	F	M	A	MY	J	JL	AG	S	O	N	D
P (mm)	94	90	100	68	48	22	2	4	33	88	100	93

Los vientos dominantes son de componentes Sur-Suroeste y Norte-Noroeste asociados a distintos tipos de tiempos respectivamente.

En lo referente a la flora, la comarca potencialmente forma parte de la Durifructiceta o bosque esclerófilo mediterráneo, participando de algunas de sus características. La vegetación es pobre, la constituye pinos con zona de monte bajo; en los últimos años se han hecho importantes repoblaciones de eucaliptos y también se encuentra una especie endémica de brezo la "*erica andevalensis*" que sólo crece en las inmediaciones de escoriales y aguas ácidas y que por su singularidad se han abierto estudios en la Universidad de Huelva.

2.2.2 Explotaciones agrícolas y forestales

El sector agrícola en la Comarca Minera ha sido a lo largo de la historia (si exceptuamos el periodo comprendido entre el 425 y 1725 de inactividad de las minas) un sector marginal debido a la preferencia de la minería e industrias derivadas de la misma.

La crisis en el sector minero registrada en los últimos años motiva que se preste una atención especial al sector agrícola como fuente alternativa de recursos económicos.

Al ser clima de tipo mediterráneo, con inviernos suaves, sin heladas, es óptimo para la plantación de cítricos, como se viene haciendo desde hace una década por la empresa Riotinto Fruit S.A., que con la realización de la presa del Jarrama alcanzará más de 3.000 hectáreas de plantación, siendo de destacar que se encuentra sobre monte roturado de pizarra, sin apenas tierra vegetal, suministrándose el alimento (abonos) a la planta mediante el riego por goteo (foto nº 3).

Foto nº 3: Campos de naranjos (Riotinto Fruit, S.A.). Fuente: Archivo Fundación Riotinto

El resto del terreno, a excepción de algunos huertos pequeños, es forestal (con plantaciones de eucaliptal y pinar), y minero (cielos abiertos, escombreras, presas, etc.).

En el periodo de tiempo que estudiamos, el paisaje ha ido cambiando continuamente, pues anteriormente a la llegada de los romanos, existió una minería a pequeña escala, por lo que su efecto sobre el paisaje debió ser pequeño; viviendo parte de la población, de las minas y otra parte de la economía agraria basada en la explotación del bosque por el ganado porcino y caprino, y la venta de madera.

Con la llegada de los romanos, la minería alcanzó un auge jamás anteriormente conocido, convirtiéndose en la única actividad económica destacable, abandonada ésta en el año 425, tras haber generado nueve millones de toneladas de escoria, el bosque quedó totalmente arrasado, por el uso como madera de entibación de las minas, y como madera y carbón para los hornos metalúrgicos, con los consiguientes problemas de pérdida de suelo.

Transcurren 13 siglos de inactividad minera, lo que permite que se regenere el bosque de forma natural y también ayudado por los habitantes de la zona, aunque sin alcanzar los niveles anteriores a la etapa romana debido a la pérdida de suelo, ocupación de espacio por las escombreras, y contaminación de los suelos, y acuíferos superficiales y subterráneos por las aguas que percolaban por las escombreras o salían de los socavones mineros.

Se había vuelto a la economía agraria en la zona. En 1535, se aprobaron las ordenanzas de Zalamea la Real, que son un modelo de normativa ecológica para el uso sostenible de unos recursos escasos y que fueron el germen de los continuos conflictos entre los habitantes de esta localidad y los diferentes explotadores mineros, conflictos que culminaron, el sábado 4 de febrero de 1888, ya en los tiempos de la Río Tinto Company Limited (RTCL).

Como consecuencia de la rehabilitación de las minas en 1725, comienza de nuevo la tala de arboleda, por lo que en el último tercio de este siglo, FRANCISCO TOMAS SANZ, que continuó el asiento de TIQUET, previendo la paralización de las actividades mineras por falta de madera, realizó una

repoblación con pinos, en el paraje denominado Alto de la Mesa o Mesa de los Pinos, y así lo constataron los franciscanos padre GABRIEL y el hermano PEDRO MOHEDANO (SALKIELD, 1987, 89) que visitaron las minas en 1780, que comunicaron que anteriormente a SANZ, sólo había algunas encinas, jaras y maleza, pero que gracias a la reforestación efectuada por éste, se podía ver crecer un hermoso pinar, que 50 años después (1829) fue contabilizado en el alquiler de las minas a GASPAR REMISA. La arboleda (ALDANA, 1875, 333) existente en 1829 era la siguiente:

- Pinos: 444.000 unidades.
- Encinas: 1.700 unidades.
- Chopos: 300 unidades.

En 1837 EZQUERRA DEL BAYO denunció la tala indiscriminada de árboles, sin que se realizara repoblación alguna, así en un recuento efectuado en 1840, el número de pinos existentes era de 178.950.

El establecimiento de la cementación artificial en 1845, supuso una fuerte disminución de la presión sobre el bosque, debido a que este método metalúrgico sólo consumía en las calcinaciones jara o monte bajo, también denominado chasca por los mineros, y carbón en el afino del cobre.

A la finalización del contrato de REMISA la arboleda se había reducido a 1/5 de la inicial. Este continuó la tala de arboleda hasta el final de su alquiler en 1849, como así se constata en el recuento realizado por CASIANO DE PRADO cuando fueron recepcionadas de nuevo por el Estado.

El Estado continuó con la explotación de las minas y el beneficio por las empresas "Los Planes", la de MARIANO LA CERDA y el Estado, hasta que en 1873 son vendidas las minas. Durante este periodo de 1849-1873 se abandonó la vía seca empleándose exclusivamente la cementación artificial y natural.

En el Boletín de Ventas de Bienes Nacionales de 1871 aparece un inventario de las masas forestales detallándose "la especie y cantidad de existencias leñosas que vegetan en los montes y terrenos anejos a las minas nacionales de Riotinto" que son las siguientes (cuadro III):

CUADRO III

Inventario de 1871 sobre especies, cantidad de existencias leñosas y superficie ocupada

Especies	Nº de pies	Volumen leñoso (m^3)	Superficie (ha)
Pinos	113.641	4.252,391	437,5995
Encinas y alcornoques	12.409	1.874,709	508,2983
Chopos, álamos y acacias	3.243	133,708	10,2122
Huertos y cercados			666,2463
Monte bajo		670,419	277,5954
Total	**129.293**	**6.931.227**	**1.899,9517**

En el cuadro IV se ha calculado la variación del número de pies y de superficie de arbolado para el periodo comprendido entre 1829 y 1871.

CUADRO IV

Variación del número de pies y de la superficie arbolada 1829-1871

	1829	1849	1871	Variación 1829-1871	Variación superficie arboleda (ha)
Pinos	444.000	95.784	113.641	-330.359	-794,1322*
Encinas y alcornoques	1.700	-	12.409	+10.709	+509,9523**
Chopos, olmos y acacias	300	-	3.243	+2.943	-

Fuentes: Boletín de Ventas de Bienes Nacionales. 11 de Mayo de 1871
(ALDANA, 1875, 333; GONZALO TARÍN, 1888, T. II. 284)

* Se han considerado 416 pies por hectárea (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 128).

** Se han considerado 21 pies por hectárea (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 87).

Una vez compradas las minas por la RTCL en 1873, se incrementó enormemente la cementación artificial llegándose a calcinar más de un millón de toneladas al año, lo que supuso que resultase arrasado el poco bosque que quedaba y gran parte de las tierras agrícolas del término de Zalamea la Real, Nerva, La Granada de Riotinto, Campofrío, El Berrocal y El Madroño, por la lluvia ácida.

En 1907 se paralizaron las teleras, comenzando la repoblación forestal por parte de la RTCL, así en 1908 se comenzó a plantar eucaliptos (SALKIELD, 1987, 100) en la zona del pantano del Zumajo, la variedad introducida fue la denominada *Eucalyptus Globulus*, en el año 1914 se plantaron en el Valle y en 1921 en Bella Vista.

Dada la limitada capa de suelo, generalmente ácida, los ingenieros de montes del Estado recomendaron en 1908 que se plantase *Pinus Pinea,* dejándose los eucaliptos para pequeñas áreas donde hubiese suelo adecuado.

En 1920 se realizó una intensa plantación de diversas variedades de eucaliptos, que crecieron bien, contrariamente a lo manifestado por los ingenieros de montes, cuando recomendaron que se sembrasen *Pinus Pinea.* En 1925 ya se habían repoblado 3.900 hectáreas[1] y otras 3.085 hectáreas se dedicaban a pastos de cabra, ovejas y ganado vacuno.

En 1935 como medida económica, la empresa prescindió del técnico forestal, no ocupándose el puesto de nuevo hasta 1949, sufriendo las plantaciones un retroceso durante estos 14 años, repoblándose entre 1950 y 1955 unas 1.500 hectáreas con *Eucalyptus Rostrara* y *Globulus.*

Las explotaciones forestales constituyen, por su extensión en hectáreas un importante aprovechamiento de los 640 km^2 que aproximadamente forman la superficie de la Cuenca Minera.

Los datos referentes al número de hectáreas forestales en la Cuenca Minera, el peso específico en % de las mismas respecto a la totalidad de la superficie municipal se reflejan en el cuadro V.

Por último, es obligado hacer mención a las dehesas y superficies destinadas a encinares y alcornocales, con serias dificultades en su mantenimiento.

A grandes rasgos éstas han sido las fases que han conformado el paisaje agrícola y forestal, actualmente existente en la cuenca minera.

CUADRO V

Superficie de los municipios de la Cuenca Minera de Riotinto y porcentaje que supone la explotación forestal

Extensión total municipio		% que supone la explotación forestal
Berrocal	126, 00 km² = 12.600 Has	98%
Campofrío	46,98 km² = 4.698 Has	68%
Campillo	90,72 km² = 9.072 Has	89%
Nerva	55,40 km² = 5.540 Has	72%
Riotinto	23,31 km² = 2.331 Has	76%
La Granada	44,70 km² = 4.470 Has	95%
Zalamea	238,86 km² = 23.860 Has	91%

Fuente: PÉREZ LÓPEZ, 2002, 20

2.2.3 Explotaciones ganaderas

Es el porcino el sector más representativo por su mayor número de cabezas, así como por su potencial aprovechamiento para el desarrollo de las industrias cárnicas tradicionalmente establecidas en la comarca. Un análisis de dicho sector obliga a resaltar su potencial ganadero en los municipios de La Granada de Riotinto y Campofrío dentro de la denominación de origen Jamón de Huelva, además de Zalamea la Real y El Berrocal, con 9.183, 4.087 y 10.409 cabezas de porcino respectivamente alcanzándose en total 23.679 cabezas, de éstas el 80-85% aproximadamente corresponden al cerdo ibérico y el resto a cerdos engordados con pienso.

Mencionar la especial significación de la cabaña caprina en los municipios de Campofrío y La Granada de Riotinto, con un volumen de 87 cabezas de ganado por explotación y que, independientemente de su posible venta a mataderos comarcales, la producción lechera es adquirida por las empresas lácteas de la zona con el objeto de la fabricación de queso fresco.

[1] La venta de las minas incluía 1.890 hectáreas de terreno, que la compañía fue progresivamente ampliando al objeto de evitar el pago de indemnizaciones a los agricultores, por los daños producidos por los humos de las teleras.

En el caso del ganado bovino y ovino cabría destacar el municipio de Zalamea la Real que cuenta con 1.274 y 1.937 cabezas, respectivamente, y con una media de entre 35 y 36 animales por explotación.

2.3 El término municipal de Riotinto

Se encuentra entre los 6º 31' 30" y los 6º 37' 00" de longitud Oeste y los 37º 37' 30" y los 37º 43' 40" de latitud Norte (origen de longitudes, Meridiano de Greenwich), dentro de la comarca del Andévalo, al Noroeste de Sevilla y a 75 kms. al Noreste de Huelva, en ella se encuentran las minas más importantes de la faja pirítica. La figura nº 3 muestra un mapa con los límites según el amojonamiento de 1790.

El sistema orográfico, como describe GONZALO TARÍN (1888, T. I. 70), de la comarca del Andévalo consiste principalmente en varias cadenas poco elevadas, casi paralelas y aisladas entre sí, cuya dirección es lo más general que se separe algo de la del Este a Oeste, desviándose al Oeste-Noroeste.

Fuera de las zonas de esas cadenas, el paisaje es monótono, suavemente ondulado, únicamente se rompe por algunos cerros cónicos o cumbres de poca extensión y altura, en las que se señalan las rocas ferruginosas, de color rojo más o menos intenso, bajo las cuales se hayan importantes criaderos piritosos, dando además cierta variedad cromática al paisaje las crestas de jaspe que generalmente indican yacimientos de manganeso.

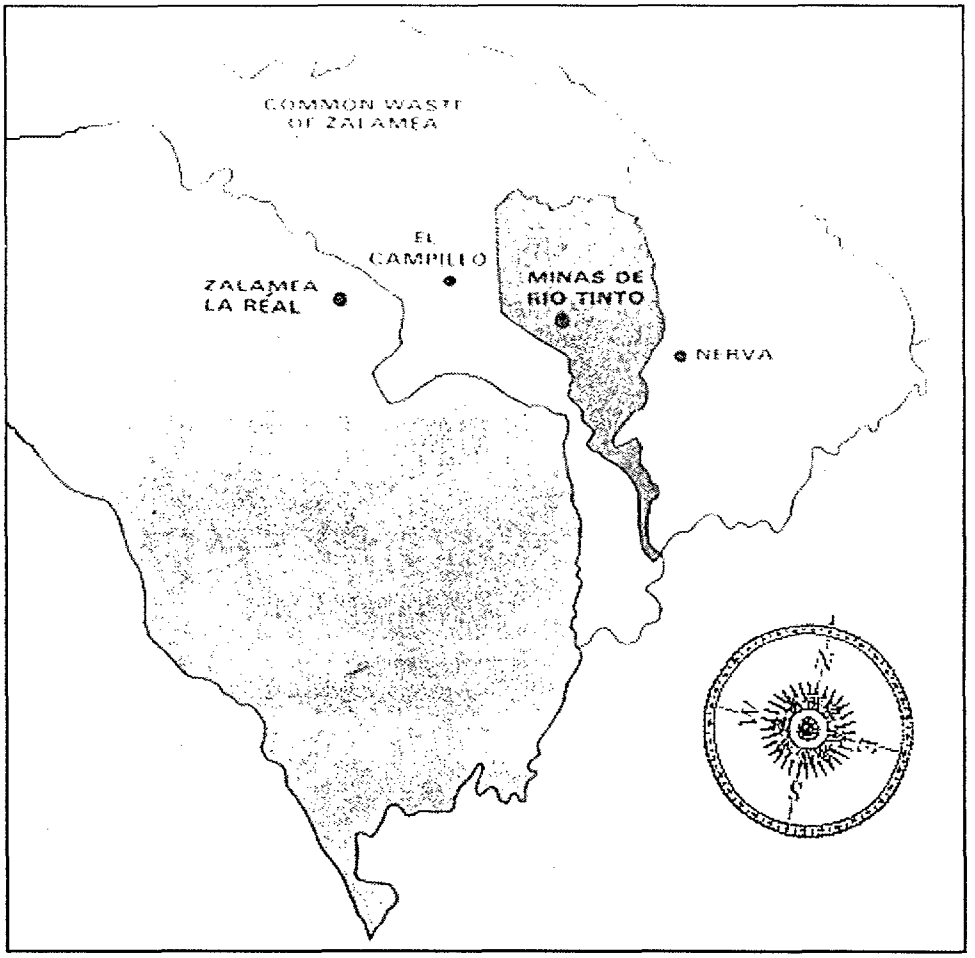


Fig. 3: Mapa mostrando los límites de las minas según el amojonamiento de 1790
Fuente: FLORES CABALLERO, 1981 b, 52

La cadena de Riotinto, originada en la provincia de Sevilla penetra en Huelva por la Sierra Javata, que deja paso a la rivera del Jarrama por una garganta abierta en su falda oriental; continúa, desviando su arrumbamiento al Suroeste, por la cumbre de la Noria, que corre al Sur del ventoso; y envía al Sur-Sureste una derivación, en la cual destaca la cumbre del Palmar, sobre las escabrosas orillas del Jarrama, que cierra una hoyada donde la encina es frondosa.

A la terminación de la Sierra del Ventoso o de la cumbre de la Noria, se dobla un poco la cadena hacia el Oeste-Noroeste para comprender, pasado el cauce del río Tinto, los cerrejones llamados Pie de la Sierra, continuando por la cumbre del Campillo y la Sierra del Monago, desde cuyas faldas orientales toma arrumbamiento al Oeste, que conserva en las cumbres de La Lapa y

Masegoso, que siguen después, las cuales envían hacia el sur diferentes derivaciones o contrafuertes de una importancia tan secundaria que no llega siquiera a la Sierra del Arenal, que situada al Oeste de la aldea Tras la Sierra, es a su vez una derivación meridional de la del Monago.

Entre las dos cadenas descritas, se levanta, en cierto modo aislada, a poniente del río Tinto, entre el Tintillo y el barranco Rejondillo, la loma cuyas principales prominencias se denominan Cerro de Salomón, el más oriental, el Colorado, intermedio y el de San Dionisio, al Oeste; cuya loma, que lleva una dirección de Este a Oeste aproximadamente, contiene los principales yacimientos piríticos.

Los afloramientos que se presentan son aproximadamente de un 20% de rocas básicas, un 30% de metamórficas y un 50% de rocas ácidas.

En los terrenos de rocas básicas, si las pendientes son suaves, se dan los suelos de mejores características por la abundancia de ferromagnesianos y la profunda desagregación de las rocas. En las zonas de pizarras, los suelos son generalmente pobres, debido a los efectos de la erosión; tan sólo se forman terrenos cultivables en algunos aluviones arcillosos del fondo de los barrancos; en las rocas ácidas, los suelos son muy pobres o inexistentes, apareciendo la roca viva en la mayor parte de la superficie.

El Cerro Colorado (nombre que recibe por el color de su tierra) se prolonga al Este con el Cerro de Salomón y al Oeste con los de Retamar, Mal Año y San Dionisio. El conjunto de todos ellos forma la médula espinal de las minas, dado que en sus faldas Norte y Sur se han localizado las principales masas de mineral.

Las alineaciones de cerros dejan entre sí unos valles que vierten por la parte oriental en el río Tinto y por la occidental en el río Agrio o Tintillo; ambos cruzan la zona en dirección Norte a Sur, el río Agrio por el Oeste y el Tinto por el Este, con una distancia entre ellos de unos ocho kilómetros.

Un rasgo observable al estudiar la dirección de los principales ríos (Odiel y Tinto) que bañan la zona, es su independencia respecto a las alineaciones tectónicas, el rompimiento de las cordilleras hercinianas que corren en dirección

Este-Oeste, la que produce en el curso de estos ríos, al cruzar las alineaciones montañosas, gargantas o rápidos.

El Odiel recibe como afluente al río Agrio o Tintillo, engrosado por el arroyo Rejondillo. Estos dos tienen su nacimiento en afloraciones mineras. El Agrio nace en la masa de San Dionisio y el Rejondillo en la mina La Chaparrita; ello explica que sus aguas lleguen contaminadas al río Odiel.

El Tinto tiene una doble fuente: el Filón Norte, al Norte del Cerro Salomón; y la mina Peña de Hierro, al Norte de la zona y al pie de la Sierra de San Cristóbal. Desde siempre, se conoce que sus aguas están totalmente contaminadas; recientemente se ha descubierto en estas aguas ferruginosas ácidas la existencia de bacterias, lo que las hace objeto de investigación por parte de científicos de la NASA, pues sus condiciones deben de ser similares a las que existieron en el planeta rojo. Es un caso de contaminación natural, a causa de su nacimiento como desagüe de los yacimientos ferro-cobrizos.

El clima es de tipo mediterráneo, caracterizado por inviernos suaves y relativamente lluviosos seguidos de un período seco estival, las temperaturas son muy suaves a lo largo del año, no existiendo heladas, como se comprueba en el gráfico, cuadros adjuntos y Anexo I.

Las temperaturas medias de las mínimas fueron (cuadro VI):

CUADRO VI

Temperaturas medias mínimas de Riotinto (ºC)

	Enero
1917-1946	6,2º C
1947-1976	6,3º C
1977-2000	6,1º C
Media Global	6,2º C

Las temperaturas medias de las máximas fueron (cuadro VII):

CUADRO VII

Temperaturas medias máximas de Riotinto (ºC)

	Julio	**Agosto**
1917-1946	34,1º C	34,4º C
1947-1976	32,6º C	32,5º C
1977-2000	34, 9º C	34, 9º C
Media Global	33,86º C	33,93º C

La temperatura mínima correspondió a un día del mes de Enero de 1945 con 2,2º C y la máxima fue un día del mes de Agosto de 1919 con 38,9º C.

Como se deduce del climograma la época húmeda (las precipitaciones superan a la evaporación) va desde Noviembre a Marzo y por el contrario la época seca desde Marzo a Noviembre.

CUADRO VIII
Pluviometrías medias de Riotinto (mm)

	mm
1876-1886	697
1887-1936	727,9
1937-1986	760
1987-2001	857,9
Media Global	760,7

Las precipitaciones también se distinguen por su irregularidad tanto anual, como interanual, produciéndose normalmente de forma torrencial, concentrándose las precipitaciones de un mes en un número escaso de días, produciéndose alternancia entre años hiperhúmedos y periodos de sequía pronunciada (cuadro VIII). La precipitación máxima diaria para el periodo 1938-2000 correspondió al día 7 de noviembre de 1988 con 168,2 mm.

Los valores de evapotranspiración en la zona son muy elevados, por lo general superiores al 50% de las precipitaciones medias anuales, siendo el balance hídrico deficitario. La evaporación media para el periodo 1945-2001 fue de 1497,5 mm. Las humedades medias tomadas a las 8h., figuran en el cuadro IX:

CUADRO IX
Humedades medias de Riotinto

	Valores en %
1918-1947	63
1958-1977	67
1978-2000	79
Media Global	69,7

En cuanto a los vientos (Anexo I), las intensidades máximas suelen oscilar entre 30 y 45 km/h, aunque el día 7 de febrero de 1987 alcanzó los 60 km/h, siendo su dirección S 45º E.

Para el estudio del clima local de Minas de Riotinto hemos contado con los datos de la estación meteorológica de la empresa Minas de Río Tinto S.A. (MRTSA) que nos han sido facilitados amablemente.

El cuadro X y gráfico nº 1 corresponden al climograma de Riotinto del periodo 1917-2001.

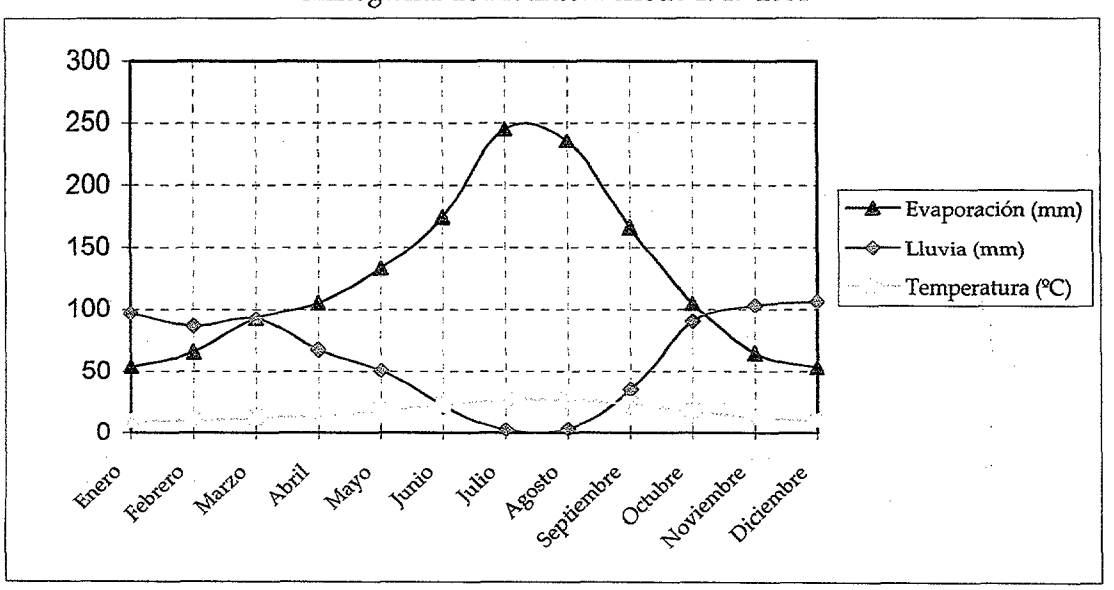
CUADRO X

Datos para el Climograma de Riotinto. Periodo 1917-2001

Mes	Evaporación (mm)	Lluvia (mm)	Temperatura (ºC)
Enero	54,1	96,9	10
Febrero	65,8	85,9	11,1
Marzo	92,3	92,1	13,2
Abril	105,7	67,7	15,2
Mayo	132,4	50,9	18,6
Junio	173,9	22,3	23
Julio	245,1	2,7	26,6
Agosto	235,2	3,7	26,7
Septiembre	165,9	34,5	23,4
Octubre	105,2	89,8	18,5
Noviembre	65,3	103,6	13,7
Diciembre	53,6	106,9	10,7

GRÁFICO Nº 1

Climograma de Riotinto. Periodo 1917-2001



2.3.1 La población

La histografía onubense antigua ha venido marcando la existencia de minerales, como responsable de las fases de ocupación del territorio, lo que constituye un error, sí no se considera que esos minerales pudieron no ser beneficiables por sus bajas leyes, su profundidad para la ingeniería minera del momento, la imposibilidad de su fundición con la tecnología metalúrgica de la época, o la falta de comunicaciones.

En este apartado analizaremos la evolución de la población de Minas de Riotinto desde la rehabilitación de las minas a 1873. Esta evolución está directamente relacionada con el grado de actividad minera, la evolución tecnológica y las diversas crisis producidas debidas a los precios de los metales (PÉREZ MACÍAS, 1996, 12).

La Cuenca Minera de Riotinto está formada por los municipios de Berrocal, Campofrío, El Campillo, Nerva, Riotinto, La Granada y Zalamea la Real. De Zalamea se han ido desgajando, en poco menos de un siglo; Minas de Riotinto en 1841, Nerva en 1885 y El Campillo en 1931.

La evolución de estas poblaciones ha estado ligada al desarrollo de las explotaciones mineras, por lo que analizaremos solamente el caso de Minas de Riotinto.

Minas de Riotinto, nace como consecuencia de la rehabilitación de las minas por WOLTERS en 1725 y sobre todo a partir de 1746, en que vencidas las dificultades de herencia, administrativas y de puesta a punto del método metalúrgico por SAMUEL TIQUET, pone en explotación las minas y comienza el beneficio por vía seca.

Inicialmente no había censo de población por lo que la evolución de la misma la analizaremos por datos indirectos como el número de viviendas, reflejadas en diversos inventarios de las minas o la contestación dada por el cura párroco de Zalamea la Real a las preguntas formuladas por TOMÁS LÓPEZ para su proyecto de Diccionario Geográfico o el informe realizado por FAUSTO DE ELHUYAR en 1823, indudablemente estos datos nos van a llevar a

cifras de población no totalmente exactas, pero que nos darán una idea bastante aproximada.

En el año 1758, según el testamento de SAMUEL TIQUET, existían 12 casas considerando que cada una de ellas estuviese habitada por seis personas, cifra que no creemos descabellada, entre padres, hijos y abuelos, nos dan 72 habitantes.

En el inventario realizado por FCO. TOMAS SANZ, mediante declaración jurada de los bienes existentes en las minas, solicitado por la Junta General de Comercio, Moneda y Minas por acuerdo de 1 de junio de 1769, ante su solicitud de un nuevo asiento, este indica que existen 34 viviendas, considerando que cada una de ellas estuviese habitada por 6 personas, tal como hicimos anteriormente, dan 204 habitantes.

En 1785, como hemos indicado, el cura párroco de Zalamea la Real, FELIPE SERRANO, en contestación dada a una de las preguntas formuladas por TOMÁS LÓPEZ para su proyecto de Diccionario Geográfico, indica que existen en las Reales Minas de Riotinto 72 casitas, lo que nos da un total de 432 habitantes.

Conforme al informe elaborado por el Contador Director interino de las Minas con fecha tres de julio de 1821, dirigido al Jefe Superior Político de la provincia de Sevilla con motivo de querer anexionarse el término de las Minas el Ayuntamiento de Zalamea, indica que la población es de 474 habitantes y no de 70 como dice el citado Ayuntamiento (Anexo XII). En 1823 FAUSTO DE ELHUYAR (1854, 8) decía:

> *"Da compasión ver un establecimiento (recuérdese que las minas se habían paralizado en 1810, como consecuencia de la guerra de la independencia y las penurias por las que pasaba el Erario Público) que había llegado a un estado tan floreciente con esperanzas seguras de progresar, tanto edificio construido con grandes costos, y una población de 500 almas, formada a su sombra y único amparo, reducido todo a la inacción, desmanteladas muchas de sus principales fábricas, libradas las últimas a su mayor miseria, y disminuido considerablemente su*

número en la mayor parte por haber tenido que dedicarse en otros parajes a distinto ejercicio, quedando muy pocos en actitud de continuar en el de las minas".

Por lo que dice ELHUYAR, hacia 1800 la población de hecho era de 500 habitantes, indicando que en 1823 había disminuido, pero sin indicar la cifra.

En el inventario realizado en abril de 1829, con motivo del alquiler otorgado a REMISA, se indica que existen 152 viviendas, lo que nos da una población de 912 personas.

En 1845 se atribuye a Minas de Riotinto una población de 844 habitantes. MADOZ (1847, 120) describe que el pueblo *"se compone de 153 casas modernas, de buena construcción..."*, lo que daría una población de 918 personas.

En 1877, la población se había casi multiplicado por seis respecto de la de 1845, en este año ya estaba puesta en producción la mina por los ingleses, que con la introducción del vapor, maquinaria moderna y puesta en servicio del ferrocarril a Huelva, se extrajeron 771.751 Tm. de mineral.

El cuadro XI recoge el crecimiento estimado de la población para el periodo 1859-1873.

CUADRO XI

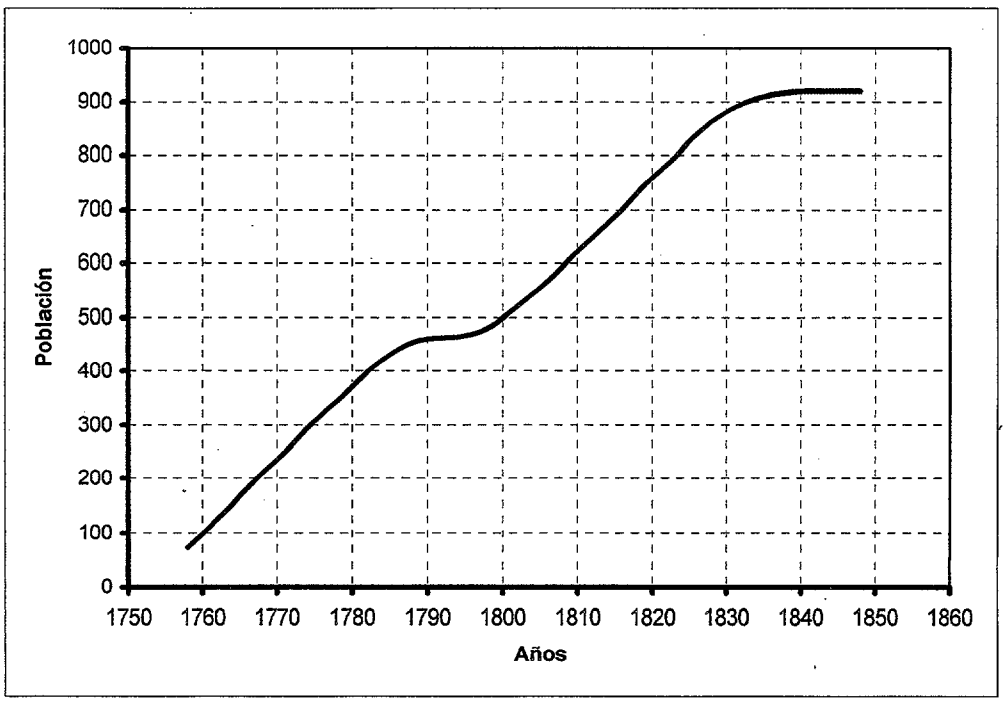
Crecimiento estimado de la población 1859-1873

Año	Habitantes	Muertos
1859	1.936	45
1860	1.970	27
1861	2.016	64
1862	2.050	80
1863	2.096	87
1864	2.136	80
1865	2.176	51
1866	2.216	54
1867	2.256	87
1868	2.296	81
1873	2.500	56

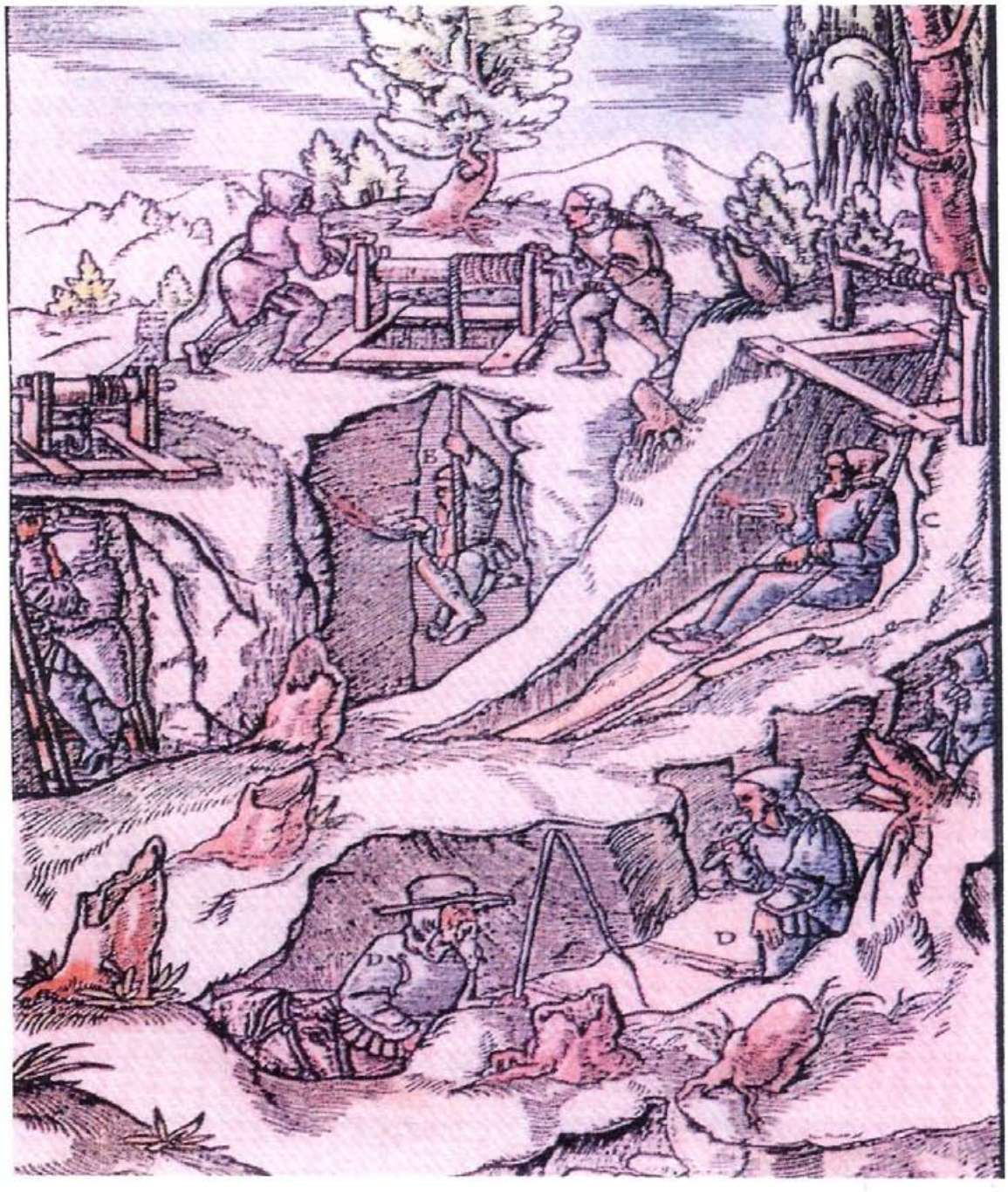
Fuente: GIL VARÓN, 1988, 790

GRÁFICO Nº 2

Evolución de la Población de Hecho de Minas de Riotinto desde la restauración de las minas al final del alquiler de REMISA



La población desde la llegada de los ingleses fue creciendo hasta 1910, a partir de esta fecha (excepto en 1930 en que volvió a subir) fue decreciendo debido principalmente a la mejora tecnológica de los métodos de explotación mineros y de beneficio de los minerales, y de las diversas crisis de la minería.



CAPÍTULO 3. GEOLOGÍA E HISTORIA DE LA CUENCA MINERA DE RIOTINTO

3.1 Geología

3.1.1 Introducción

El conocimiento de la Cuenca Minera de Riotinto, podemos decir que se va desarrollando en 4 etapas principales, que en orden cronológico podemos denominarlas romana, española desde la rehabilitación de las minas por WOLTERS en 1725 hasta su venta a los ingleses en 1873, inglesa y española de nuevo[2].

Durante la etapa romana, los trabajos en el Distrito de Huelva fueron esencialmente mineros, y los estudios geológicos se limitaron al reconocimiento de las monteras limoníticas, de las que se obtenía, además del hierro, cobre, oro y plata.

Durante la etapa española, comprendida entre 1725 a 1873, los trabajos fueron igualmente mineros, explotándose el Filón Sur, y los reconocimientos básicamente superficiales de las monteras de hierro, y los pozos y socavones romanos.

De esta época son los trabajos de A. L. ANCIOLA y L. DE COSSÍO (1856) y el de los ingenieros de la Comisión de Visitas de 1867.

En la etapa inglesa, entre los años 1873 y 1954, los trabajos fueron también esencialmente mineros, y consistieron especialmente en la continuación de la explotación del Filón Sur y la puesta en explotación del Filón Norte (Subfilones Cueva del Lago, Salomón y Dehesa), Filón San Dionisio, Masa Planes y Filón Valle, para la obtención de cobre y azufre.

Datan de esta época los primeros estudios, efectuados por extranjeros y españoles, sobre la génesis de estos yacimientos, estudios que en muchos casos sirvieron de base para la explotación de los contactos entre las rocas ígneas ácidas y las pizarras del Carbonífero, los niveles con jaspes hematíticos, y las zonas profundas de las monteras de hierro.

---

[2] ARRIBAS, ANTONIO. Prologo al libro de FÉLIX GARCÍA PALOMERO *Caracteres geológicos y relaciones morfológicas y genéticas de los yacimientos del Anticlinal de Riotinto.* Huelva 1980. pp 21.

Destacan los trabajos efectuados para la realización del mapa geológico de la provincia de Huelva por JOAQUÍN GONZALO TARÍN (1888), en cuya Memoria recoge las teorías que se habían construido sobre la geología de la zona. Posteriormente destacan las investigaciones de DAVID WILLIAMS que desde 1934, ha venido estudiando la formación geológica de los criaderos de Riotinto y la provincia de Huelva, de lo que ha dejado constancia en numerosas publicaciones.

Finalmente, en la segunda época española, es decir, a partir de la nacionalización de las minas de Riotinto en 1954, y coincidiendo con el auge de los estudios geológicos en España, se multiplicaron las investigaciones estratigráficas, petrográficas y tectónicas para conocer la posición y el origen de las mineralizaciones. Se organizaron entonces numerosos equipos, tanto de prospección geológica como exploración minera, que incrementaron de forma notable los estudios metalogenéticos.

De esta etapa es el trabajo realizado por ISIDRO PINEDO VARA (1963), actualizando las teorías sobre el origen de los yacimientos, también GONTER K. STRAUSS ha realizado notables trabajos sobre la geología de la provincia piritífera del Suroeste de la península Ibérica y sus yacimientos (1970); y el propio GONTER K. STRAUSS, con J. MADEL, han estudiado la faja pirítica hispano portuguesa y el papel de la geología en su prospección minera (1974).

Específicamente sobre Riotinto, cabe citar la magnífica tesis doctoral de FERNANDO RAMBAUD, acerca del Sinclinal Carbonífero de Riotinto, con el levantamiento de un plano geológico completo de Riotinto (1969); y la actualización del mapa geológico de los criaderos de Riotinto que realizó FÉLIX GARCÍA PALOMERO (1975) en sus tesis doctoral "Caracteres Geológicos y relaciones morfológicas y genéticas de los yacimientos del Anticlinal de Riotinto", donde se aprecian los sucesivos afloramientos de las siguientes rocas: pizarras del Carbonífero; rocas volcánicas ácidas (riolitas o pórfidos); rocas volcánicas básicas (espelitas o doleritas); y pizarras del Devónico.

3.1.2 Formación de los depósitos minerales existentes en la Cuenca de Riotinto

En este punto seguiremos a PÉREZ MACÍAS (1996, 15-24) que realiza una excelente síntesis de la génesis geológica de Riotinto.

A partir de mediados del siglo XX, se empezó a considerar que las masas de piritas eran concordantes en estratificación y edad con las rocas que las envolvían. De tal forma, la génesis de las masas de piritas y filones se habría producido en momentos prehercinianos según el siguiente esquema:

- Formación de pizarras en edades precarboníferas.
- Los pórfidos son rocas volcánicas efusivas que se depositaron con anterioridad al plegamiento herciniano.
- Después seguiría una actividad volcánica más atenuada que dio lugar a rocas piroclásticas de diversos tipos, andesitas, y a las masas de piritas.
- Deposición de las pizarras carboníferas.
- Finalmente, toda la zona sería plegada por el movimiento herciniano.

Así tomó cuerpo la teoría vulcano-sedimentaria. Según esta teoría las masas de piritas debieron producirse por las emanaciones volcánicas a través de las fracturas en un medio submarino y en condiciones favorables para la precipitación de los sulfuros. Junto al proceso de metamorfismo sufrido por el plegamiento herciniano, se originarían fracturaciones y removilizaciones, y la consiguiente transformación de los depósitos de pirita, especialmente en cuanto a su disposición inicial.

De forma esquemática, la evolución geológica de la franja pirítica podría simplificarse en los siguientes apartados:

- Vulcanismo que deposita riolitas en el fondo marino.
- Por las fracturas salen al mar rocas piroclásticas y gran cantidad de sulfuros.
- Deposición de lodos o sedimentos ferrígenos (pizarras).

- Plegamiento que afecta a toda la zona durante la orogenia hercínica.
- Erosión que desmantela el macizo y da lugar al afloramiento de algunas masas de sulfuros y, probablemente, a la desaparición de algunas otras.

Para RAMBAUD (1969) y GARCÍA PALOMERO (1980) los sulfuros masivos están asociados a un vulcanismo de edad Fameniense-Viseense.

Dentro de las rocas volcánicas se diferencia un tramo superior ácido y otro inferior menos ácido, en el que predominan lavas básicas de composición andesítica y tobas. Las rocas ácidas son principalmente lavas y brechas de composición variable de riolita a dacita.

Las mineralizaciones se sitúan dentro del paquete de rocas volcánicas. Todas las masas de sulfuros están asociadas a un horizonte piroclástico (Serie de Transición), situado en el techo de las emisiones ácidas y bajo la deposición pizarrosa del Culm (Carbonífero Inferior). Sin embargo, pueden existir otros horizontes de mineralizaciones dentro de las rocas volcánicas.

Las masas de sulfuros reconocidas en Riotinto están conectadas directamente a zonas de Stockwork, que son vías de acceso de soluciones hidrotermales con aportes que precipitaron en el fondo marino en forma de sulfuros. A través de estos stockworks los metales y el azufre provenían del mismo magma basáltico que las rocas volcánicas, como lo indica la presencia de stannina dentro de las formaciones mineralógicas. La concentración de azufre y metales se realizaría, pues, gracias a soluciones hidrotermales conectadas a los focos volcánicos, de tal modo que el agua estaría en continua recirculación, actuando como medio de transporte desde el foco volcánico hasta el fondo del mar. Aunque en el área de Riotinto no se han encontrado conexiones entre los focos volcánicos y los stockwork, a través del cual fluían las soluciones hidrotermales, GARCÍA PALOMERO cree que esta falta de relación se debe a que el stockwork desaparece en profundidad y su formación depende de causas tales como la presión y la temperatura que afecta a las soluciones hidrotermales en su recorrido hasta el fondo marino.

Encima del stockwork se depositaron los lentejones de sulfuros masivos, pues están conectados con estas chimeneas piríticas.

Fuera de los stockwork, aunque relacionados con él, los sulfuros pueden depositarse en depresiones próximas de cotas inferiores, corno el caso de la Masa de San Antonio en Riotinto, donde confluyen además sulfuros sedimentarios deslizados desde la masa principal situada sobre el stockwork.

En la figura nº 4 se representa el mapa geológico y una sección transversal de la zona de Riotinto.

En la figura nº 5 se representa un bloque-diagrama de las estructuras del área de Riotinto.

En el plano nº 2 Geológico, figura la situación de los diferentes yacimientos explotados en Riotinto.

En la figura nº 6 se refleja la secuencia estratigráfica de Riotinto.

3.1.3 Mineralizaciones

Las mineralizaciones están íntimamente ligadas con el vulcanismo. En este vulcanismo se producen manifestaciones finales de tipo fumarólico que emiten azufre y metales en el fondo marino, donde precipitarían en forma de sulfuros, que son el origen de los sulfuros masivos. En las grietas de acceso fumarólico también precipitaron sulfuros produciendo mineralizaciones de tipo stockwork. Tanto las emisiones fumarólicas (sulfuros masivos) como la precipitación de sulfuros en los canales fumarólicos (sulfuros de Stockwork) son contemporáneos, y existe relación estratigráfica entre ambas mineralizaciones; los sulfuros masivos presentan una posición suprayacente con respecto a los stockwork. La mineralización de tipo stockwork sufrió alteraciones relacionadas con el proceso fumarólico: cloritización, silicificación y sericitización. Cuando una masa de sulfuros masivos no se encuentra sobre una mineralización de tipo stockwork, se supone que la deposición de los sulfuros masivos se produjo en taludes submarinos con cierta pendiente, donde pudo sufrir desplazamientos por gravedad que los alejó de su relación genética con el stockwork.

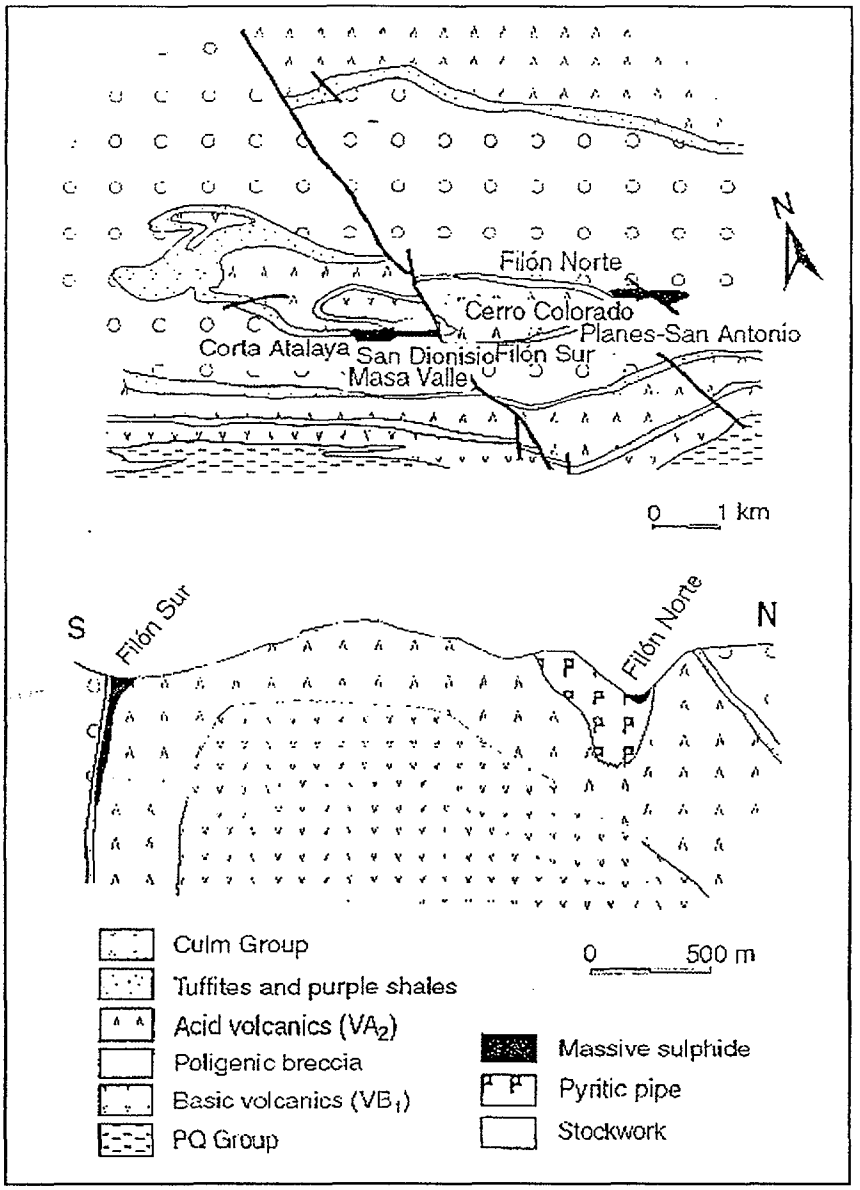


Fig. 4: Mapa geológico y sección transversal de la zona de Riotinto. Fuente: SÁEZ et al, 1999, 556

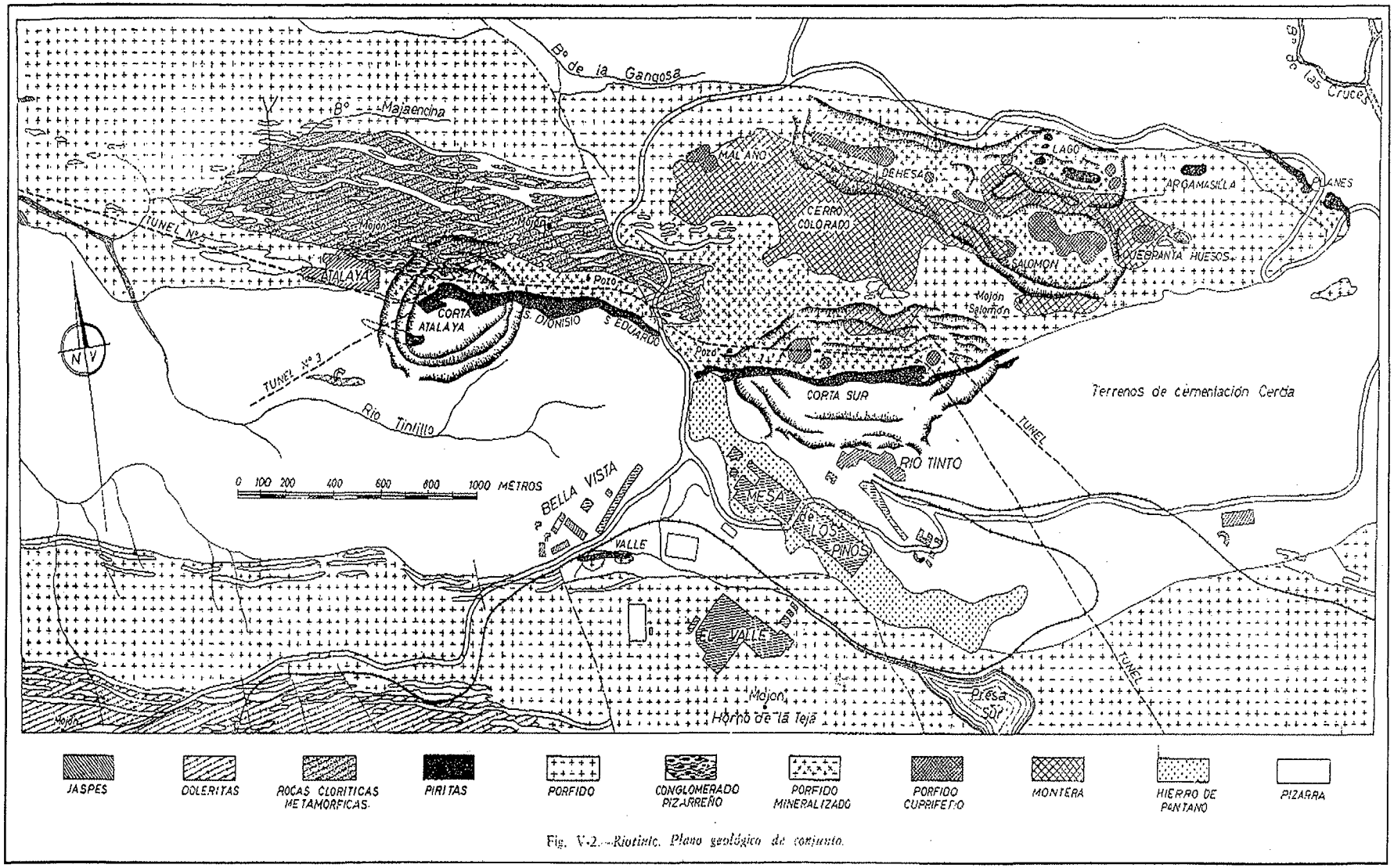


Fig. V-2.—*Riotinto. Plano geológico de conjunto.*

Plano nº 2: Geológico. Fuente: PINEDO VARA, 1963

Las mineralizaciones a que dieron lugar las emisiones fumarólicas son las siguientes:

- **Mineralización diseminada.** Está formada por cristales de sulfuro dentro de las lavas ácidas y básicas. Se interpreta como formada a partir de los fluidos que acompañan a las lavas y que quedaron retenidos en ellas durante la consolidación.
- **Mineralización en vetas (stockwork).** Consiste en una trama de vetas de sulfuros relacionados con los centros de actividad fumarólica. Es muy irregular ya que puede ser desde mineralización diseminada hasta una falta total de la roca encajante y sólo sulfuros.
- **Mineralización sedimentaria (sulfuros masivos).** Se forma en el fondo marino por la cristalización de los componentes minerales existentes en ellas. Tienen estructura estratiforme y se presentan bajo la forma de grandes lentejones o en forma de niveles poco potentes. La cristalización no siempre se produjo de manera paralela con la deposición de las rocas volcánicas y pudo originarse posteriormente a partir de los elementos contenidos en las aguas y los sedimentos, ocasionando de esa forma una mineralización diseminada.
- **Mineralización en fracturas tectónicas.** Se produce cuando una mineralización ya formada sufre las consecuencias del plegamiento con removilización hacia zonas de fractura. Esta removilización puede determinar microremovilizaciones en las vetas ya formadas y recristalizaciones, particularmente en el cuarzo, galena, calcopirita, barita, calcita, cobres grises y arsenopirita.

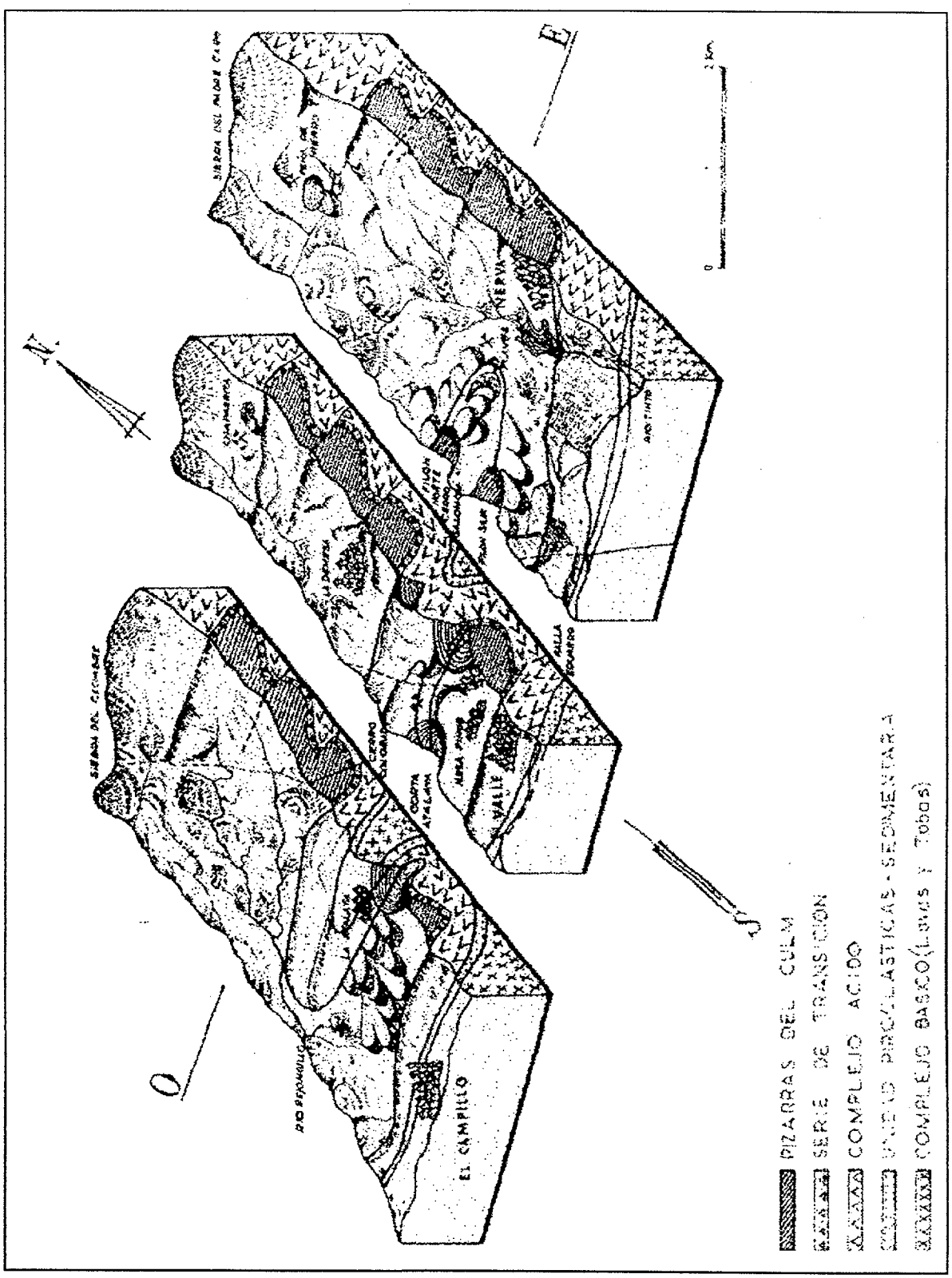


Fig. 5: Bloque-diagrama de las estructuras de Riotinto, según GARCÍA PALOMERO, 1980, fig. 5

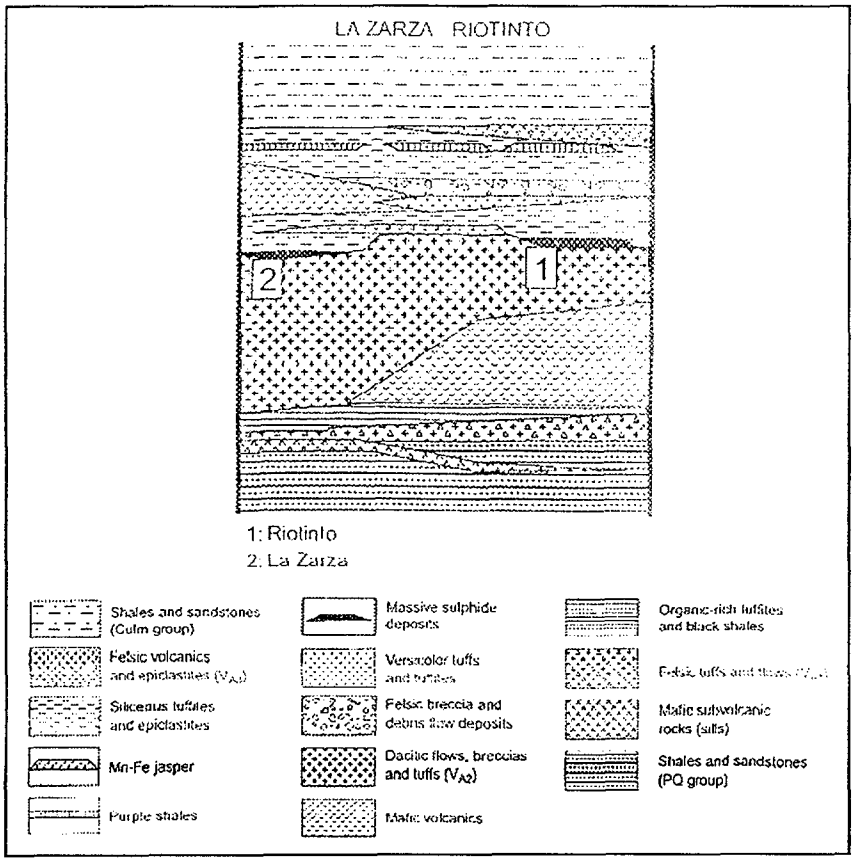


Fig. 6: Secuencia estratigráfica de Riotinto. Fuente: SÁEZ et al, 1999, 555

Dentro de las minas de piritas se encuentran también mineralizaciones con proporciones importantes de galena, blenda o calcopirita. Estos son los sulfuros complejos.

La característica más notoria al llegar a estos yacimientos es la montera ferruginosa de gossan. Se entiende como gossan una roca formada por óxidos e hidróxidos de hierro, solos o mezclados con otras rocas, y que directa o indirectamente proceden de la meteorización de yacimientos próximos de sulfuros. La gossanización es un proceso de meteorización que, en función de que afecte a un tipo determinado de roca u otro, originará distintas variedades de gossan:

- **Gossan masivo**. Originado en las masas de sulfuros masivos. Normalmente ha sido desmantelado con objeto de extraer los sulfuros masivos que se encuentran por debajo.

- **Pórfido gossanizado**. Se produce con la gossanización de stockworks de sulfuros. En el gossan de stockworks la roca de caja es material volcánico (tobas, lavas brechadas, etc).
- **Rocas piroclásticas y pizarras gossanizadas**. Se origina por la impregnación de óxidos de hierro en las rocas piroclásticas y pizarras, sin contenidos iniciales de azufre.
- **Gossan transportado**. Consiste en la precipitación de óxidos de hierro a partir de aguas superficiales.

El gossan masivo está constituido por concreciones limoníticas, incluidas también en una matriz limonítica, mientras en el gossan a partir de stockworks, aun presentando iguales características que el gossan masivo, sus proporciones respecto a las rocas de caja son pequeñas.

Teniendo en cuenta que nos estamos refiriendo a una zona con cierta actividad química y que esta actividad puede favorecer procesos mineralógicos de interés, describiremos a continuación el comportamiento de algunos metales originales en esta zona de oxidación (MARTÍN GONZÁLEZ, 1981):

- **Hierro**. La pirita en estas condiciones y en presencia de oxígeno y humedad, reaccionará y dará finalmente hidróxido de hierro. Este hidróxido de hierro formado es poco soluble y se separa en forma de gel, que se deshidrata y se transforma en limonita. La mayor parte de la limonita de estos afloramientos es hematites y goethita junto a cantidades variables de jarosita.
- **Cobre**. Al contrario de lo que sucede con el hierro, el contenido de cobre desciende en la zona de oxidación. La calcopirita se oxida y da sulfato de cobre, que es soluble y emigra hacía abajo, y el sulfato de hierro pasa a limonita y a azufre, que a su vez puede pasar a formar ácido sulfúrico.
- **Zinc**. El sulfato de zinc también se disuelve fácilmente y emigra con facilidad.
- **Plomo**. El sulfuro de plomo, sin embargo, reacciona con gran dificultad con las aguas de superficie, haciéndolo muy lentamente. Pero presenta

cierta tendencia a pasar a carbonato de plomo. Por esto y por la baja capacidad de reacción se puede encontrar, a veces, algo de galena en la zona de oxidación, ya que los sulfatos o los carbonatos que se forman ofrecen una película que impide la penetración del oxígeno hacia el resto del mineral.

- **Bario**. Su comportamiento es similar al del plomo. El sulfato de bario (baritina) es poco soluble, y se puede acumular en ciertas cantidades en la zona de oxidación.
- **Oro**. El oro resiste la disolución y permanece en la zona de oxidación, induciendo una concentración residual por pérdida de otros elementos más móviles. De todas formas, algo de oro es lentamente transportado a través de la zona de oxidación, llegando a concentrarse relativamente en los lugares más bajos.
- **Plata**. Se presenta más abundante que el oro, y también manifiesta un enriquecimiento relativo en la zona de oxidación por eliminación de otros elementos.

El sulfato de plata, e incluso la plata, son muy inestables en la zona de oxidación, lo que permite que ésta sea a veces extraída de las soluciones y depositada como Cl Ag, o bien como plata nativa. Sin embargo, son más frecuentes las acumulaciones terrosas de color amarillento de argentojarosita - $(SO_4)_2$ Ag Fe_3 $(OH)_6$.

WILLIAMS (1950) investigó una capa de tierras que, con variado colorido y poca potencia, se hallaba en la base del gossan de Cerro Salomón.

Los análisis de composición realizados detectaron entre otros minerales, la presencia de:

- Jarosita. K Fe_3 $(OH)_6$ $(SO_4)_2$.
- Plumbojarosita.
- Querargirita. Cl Ag
- Argentojarosita. Ag Fe_3 $(OH)_6$ $(SO_4)_2$
- Argentita. S Ag_2

- Estembergita. $S_3 Fe_2 Ag$
- Estromeyerita. $S (Cu, Ag)_2$
- Proustita. $As S_3 Ag_3$
- Plata nativa.
- Oro nativo.

Esta capa genéricamente llamada jarosita, que puede llegar al metro de espesor, muy rica en oro y plata, fue intensamente explotada por los romanos, que de unas reservas de tres millones de toneladas extrajeron dos millones. No es uniforme presentando vetas o fajas de diversa coloración, siendo las de color gris y negro (rica en cobre, calcosina) las menos ricas y las rojas y amarillas las más ricas en oro y plata.

3.1.4 Minerales de la Cuenca Minera de Riotinto

Los depósitos de sulfuros del Suroeste Ibérico están compuestos por menas complejas formadas por una agrupación de minerales entre los que predomina el bisulfuro de hierro (pirita). Entre estos minerales se han destacado:

- **Pirita**. Bisulfuro de hierro. Sus porcentajes teóricos pueden llegar al 53% de S y 47% de Fe.
- **Marcasita**. Es otra variedad de bisulfuro de hierro, con proporciones de 53% de S y 46% de Fe.
- **Pirrotita**. Sulfuro de hierro con porcentajes de 56-61% de Fe y 39-44% de S. Se le conoce también como pirita magnética.
- **Pentlandita**. Sulfuro de hierro y níquel, con 36% de S, 42% de Fe y 22% de Ni. Es frecuente encontrarla en los sulfuros masivos asociada a la calcopirita.
- **Cobre nativo**. Se presenta generalmente en láminas, filamentos o dendritas. Tiene color rojo característico, que por oxidación puede pasar a pardo, rojo oscuro o verde.

- **Calcopirita**. Ferrosulfuro de cobre, con porcentajes de 34% de Cu, 30% de Fe y 35% de S. Es frecuentemente aurífera, argentífera y cobaltífera. Tiene tendencia a convertirse en calcosina, covelina, malaquita, azurita y vitriolo.
- **Bornita**. Ferrosulfuro de cobre, con 55% de Cu, 16% de Fe y 28% de S.
- **Mispíquel**. Es un Ferroarseniuro de hierro, con 34% de Fe, 45% de As y 19% de S.
- **Galena**. Sulfuro de plomo, con 86% de Pb y 13% de S. En las masas de pirita se suele presentar en forma de fajas estrechas en alternancia con otras de blenda y calcopirita. A veces se transforma en cerusita (carbonato de plomo). Puede ser argentífera, especialmente cuanto más fino es el grano.
- **Blenda**. Sulfuro de zinc, con 67% de Zn y 33% de S. En la masa de sulfuros se halla especialmente en forma de fajas con galena y a veces con calcopirita.
- **Tetraedrita**. Sulfoantimoniuro de cobre, también conocido como "cobre gris", con 52% de Cu, 24% de Sb y 23% de S.
- **Cuprita**. Óxido cuproso, con 88% de Cu y 12% de O.
- **Melaconita**. Óxido cúprico, con 79% de Cu y 21% de O. Se encuentra con frecuencia en las zonas altas de los yacimientos de sulfuros, con color negro, por lo que se le denomina con el nombre de "negrillos" o "cobre negro".
- **Malaquita**. Carbonato de cobre, con 71% de Cu, 19% de CO_2 y 8% de H_2O. Tiene color verde esmeralda. Es fácilmente fusible y procede de la carbonatación de los óxidos de cobre y se encuentra en las zonas más altas de las masas y filones de pirita.
- **Azurita**. Carbonato de cobre, con 69% de Cu, 25% de CO_2 y 5% H_2O. Su color es azul oscuro. Se suele presentar asociada con la malaquita.
- **Vitriolo**. Sulfato cúprico, con 31% de Cu, 32% de SO_3 y 36% de H_2O. Procede de la descomposición de la calcopirita y de otros minerales de cobre.

- **Caparrosa**. Sulfato ferroso que procede de la descomposición de la pirita o de la marcasita. Aparece en las aguas que salen de las minas de piritas o de cementaciones antiguas de mineral.
- **Calcosina**. Sulfuro de cobre, con 80% de Cu y 20% de S. Es frecuente en los "negrillos" de las minas del Cinturón Ibérico de Piritas, en la zona de oxidación y dentro del área de enriquecimiento secundario. Procede de la descomposición de otros sulfuros y puede transformarse en covellina o erubescita.
- **Magnetita**. Óxido de hierro, que abunda en forma de nódulos en las rocas básicas asociadas al fenómeno vulcano-sedimentario submarino que dio origen a los yacimientos de sulfuros metálicos y en algunas masas de piritas.
- **Limonita**. Sexquióxido de hierro hidratado, con 70% de Fe y 30% de O. Las limonitas aparecen en los afloramientos de las masas de piritas.
- **Goethita**. Hidróxido de hierro, con 62,9% de Fe, 27% de O y 10,1% de H_2O. Son abundantes en algunas monteras, como las de Riotinto y Tharsis.
- **Hematites**. Sexquióxido de hierro, con 70% de Fe y 30% de O. Es el mineral que predomina en los afloramientos de piritas y procede de la oxidación del bisulfuro.
- **Siderita**. Carbonato de hierro, con 62% de FeO y 37% de CO_2. Se transforma fácilmente en limonita, hematites y magnetita.
- **Baritina**. Sulfato de bario, con 65% de BaO y 34% de S. Suele encontrarse asociado a otros sulfatos en la zona de enriquecimiento secundario y es difícil eliminarlo en las fundiciones.

3.1.5 Geología Estructural

La zona de Riotinto está formada por un sinclinorio del nivel volcánico, uno de cuyos flancos aflora al Sur de Bella Vista y el otro cerca de Peña del Hierro, que forma un anticlinal intermedio en los cerros Colorado y Salomón.

Las dos cubetas originadas a uno y otro lado están rellenas de pizarras carboníferas.

El anticlinal de Riotinto queda dividido por la falla Eduardo en 2 partes, la zona Este constituye el Cerro Colorado y la Oeste el Cerro San Dionisio.

Los flancos del anticlinal están formados por pizarras y la zona central por rocas volcánicas cuyo espesor no ha podido determinarse. La zona más profunda conocida corresponde a la formación Túnel Central, de gran importancia por presentar mineralización cuprífera diseminada uniformemente.

Todo este paquete volcánico está formado por tobas y lavas las cuales se encuentran a veces fuertemente cloritizadas.

La mineralización actual consiste en "stockworks" cupríferos, ya que las masas de pirita de los flancos han sido extraídas.

Se han visto los siguientes tipos de "stockworks":

- Azufrón.
- Relleno de fracturas.
- Diseminaciones.

Los minerales son pirita y calcopirita, y menos frecuentemente blenda y galena.

3.1.6 Yacimientos de Pirita de Riotinto

Las masas de pirita masiva están asociadas a rocas volcánicas ácidas, tienen forma lenticular y son conformes a la estratificación.

Masas de este tipo son:

- Masa de San Dionisio.
- Masas de Filón Norte.

- Masa Planes.
- Masa del Valle.
-

3.1.7 "Stockworks" Cupríferos

Los "stockworks" cupríferos consisten en sulfuros, que en este caso se formaron algún tiempo después de la pirita, que se caracterizan por mineralizar grandes zonas pero con leyes bajas. Se encuentran rellenando fracturas de poco espesor o diseminados en la roca.

Masas de este tipo más o menos extensas existen en Mal Año, Túnel Central, Dehesa Salomón, Lago, Filón Sur, Alfredo, etc.

3.1.8 Alteración supergénica de los yacimientos

Las rocas superficiales del Cerro pueden clasificarse con arreglo a la profundidad y a la alteración, del modo siguiente:

1. Gossan.
2. Zona de lixiviación.
3. Zona de oxidación.
4. Zona de cementación.
5. Zona primaria.

3.1.8.1 Gossan

Producto de oxidación de sulfuros de hierro. Está formado por concreciones hematíticas y una matriz de limonita. Se beneficia para oro y plata (2,3 gr/Tm. de Au y 45 gr/Tm. de Ag). Estos elementos estaban presentes en la pirita original y alcanzaron estas proporciones por concentración residual.

El oro aparece diseminado por toda la zona aunque normalmente existe mayor concentración en las concreciones.

La plata aunque aparece también diseminada suele ser más variable y debido a su mayor solubilidad tendió a concentrarse en las capas más bajas,

sobre todo en el límite inferior del gossan, donde existió una fina capa de alta ley que fue extraída casi totalmente por los mineros romanos.

3.1.8.2 Zona de Lixiviación

Formada por rocas volcánicas blandas descompuestas, fuertemente caolinizadas donde todos los sulfuros han sido lavados.

3.1.8.3 Zona de oxidación

Contiene óxidos de cobre y es visible localmente y se caracteriza por la presencia de malaquita, azurita, cuprita, tenorita y excepcionalmente cobre nativo.

3.1.8.4 Zona de cementación

Las disoluciones que descienden de la zona de oxidación al penetrar en esta zona entran en reacción con sulfuros y tiene lugar un enriquecimiento en cobre.

La serie de sustituciones es:

Pirita	- Calcopirita	- Bornita	- Covellina	- Calcosina
	34,5% Cu	63,3% Cu	66,5% Cu	79,9% Cu

Siendo los más frecuentes los dos últimos. El límite inferior es transicional hasta el primario.

3.1.8.5 Zona Primaria

Constituida por sulfuros masivos, asociados a rocas volcánicas ácidas, formaba los flancos del anticlinal, estando actualmente explotados.

3.2 Historia

3.2.1 Síntesis Histórica de la Minería Andaluza hasta finales del siglo XIX

Resulta difícil situar en el tiempo el comienzo de la actividad minera como tal industria; sus orígenes están en los más remotos tiempos de las culturas prehistóricas paleolíticas y sus primeras aplicaciones habría que ligarlas a las primitivas estructuras arquitectónicas (utilización de piedras y argamasa), así como en la fabricación de útiles y herramientas pétreas. También marca una tímida industria minera la elaboración de objetos cerámicos y diversos productos minerales utilizados como pigmentos y colorantes.

Las huellas y vestigios de un importante pasado minero de Andalucía son abundantes. Para muchos autores, los trabajos mineros más antiguos de Andalucía se localizan en la zona del suroeste (cobre y metales preciosos de Huelva) y en el sureste (plata de Almería), remontándose su antigüedad al tercer milenio a.C. También se citan explotaciones en Cerro Muriano en Córdoba y en el Valle de los Pedroches en la misma provincia.

3.2.1.1 Época Pre-romana

Los tartesos constituyen los primeros explotadores de los recursos del subsuelo andaluz sobre los que existen referencias escritas. Se reconocen labores mineras correspondientes a esta época en los filones cupríferos de Cerro Muriano y del valle de los Pedroches, así como otros situados al Sur de Bélmez; a este periodo corresponden también los comienzos de la minería de plata en la zona de Posadas y al Sur de Fuenteovejuna, en las minas del Piconcillo (Fig. 7).

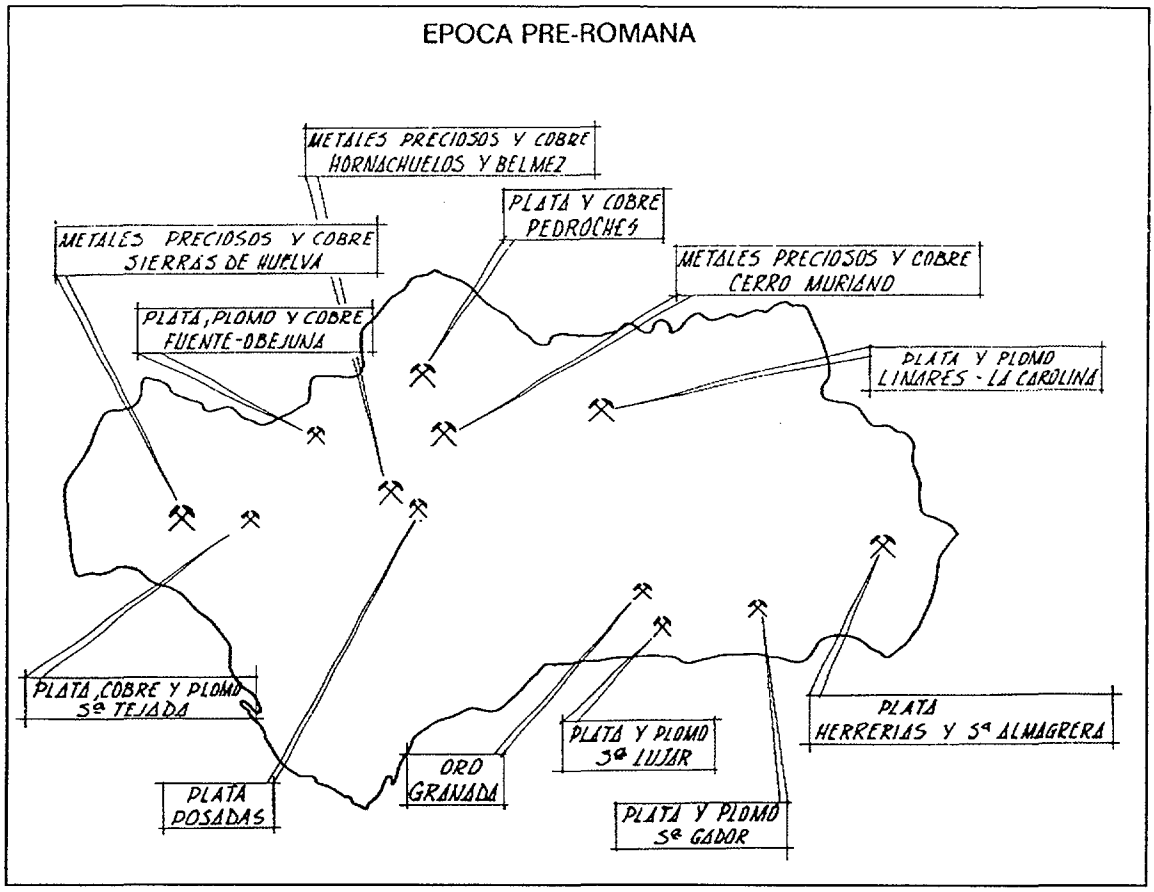


Fig. 7: Localización de la minería pre-romana andaluza. Fuente: Libro Blanco de la Minería Andaluza, 1986, 27

Las explotaciones más importantes que se llevaron a cabo fueron las que corresponden a la región onubense de Riotinto y zonas adyacentes, en donde recuperaban, además del cobre, el oro y la plata contenidos en las monteras de los yacimientos piríticos.

En la Sierra de Gádor, de la provincia de Almería, y hacia la zona minera de Berja y Dalías, se reconocen vestigios de remotas explotaciones.

El hallazgo arqueológico metálico de mayor importancia e interés, relativo a la época tartésica, es el constituido por el denominado Tesoro del Carambolo, en Sevilla, compuesto por bellísimas joyas de oro y bronce.

Entre los siglos XIV y XII a.C. arribaron a las costas andaluzas las naves fenicias de Tiro y Sidón, iniciando a sus pobladores en nuevos métodos para el mejor aprovechamiento de sus recursos minerales; parece que no fueron explotadores mineros, sino más bien comerciantes. Para su desarrollo comercial

fundaron diversas factorías y asentamientos en parajes litorales y, en general, próximos a centros de producción minera. Su centro inicial de operaciones fue Gadir; desde aquí comienza su expansión, que alcanzaría su máxima importancia en el distrito metalífero de Huelva, donde, entre otros núcleos, fundan la localidad de Tharsis. Los fenicios se implantaron también en Adra, en la costa almeriense y en la zona de influencia de las minas de plomo de la Sierra de Gádor, llevando su actividad a las ricas galenas argentíferas de Sierra Almagrera. Asimismo hay constancia de la explotación de la sal marina por medio de técnicas de evaporación en diversos puntos costeros.

Coincidiendo con la toma de Gadir por los tartesos, entre los siglos VII y VI a.C., arribaron a Andalucía los barcos helenos de Samo, que recibieron una acogida favorable de los nativos, regresando a su país contando relatos acerca de la feracidad de la región del Betis y de los tesoros minerales del Mediodía hispánico.

Como consecuencia, nuevas expediciones buscaron asentamiento en estos territorios y su influencia en la cultura tartésica fue muy fuerte.

Los griegos emplazaron diversas colonias, fundando nuevos centros en zonas de interés minero, o bien potenciando núcleos de creación fenicia. Entre los primeros caben señalar los de la Sierra de Lújar, en la costa granadina, de la Sierra de Gádor y de la Sierra Almagrera en la provincia de Almería. En cuanto a las que potenciaron, destacaron las localidades jienenses de Baeza, Cástulo y Vilches. Trabajaron también en Cerro Muriano en Córdoba.

La finalización del imperio de los tartesos con el asedio y destrucción de Tartesos por los cartagineses entre los años 520 y 509 a.C., cambian el signo minero de Iberia que, a partir de entonces y durante siglos, conllevará de forma permanente una connotación de carácter belicista.

Parece ser que los cartagineses no fueron grandes promotores de la técnica y el arte minero, pero sí obligaron a los nativos a forzar la producción de metales, especialmente de plata, con objetivos pecuniarios bélicos. Por otra parte, la intensidad de las explotaciones mineras debió sufrir alternativas en razón a las empresas guerreras. De hecho, la minería cuprífera de Huelva salió

tan mal parada que tuvieron que transcurrir unos quinientos años para su recuperación.

3.2.1.2 Época Romana

Poco después de la caída de Cartago-Nova a manos de Escipión en el año 209 a.C., Roma se hizo dueña de forma progresiva de los territorios del sur de la Península, cuyas minas comenzó a trabajar con gran intensidad, prosiguiendo explotaciones en curso e investigando nuevos yacimientos minerales.

La romanización trajo consigo el florecimiento de la industria minera, a la que aplicaron singulares tecnologías de arranque y profundización, investigando todos los rincones del país en búsqueda de nuevos yacimientos.

La primera legislación en materia minera conocida se debe a esta época de dominación romana.

Uno de los mayores promotores mineros fue Sextus Marius, dueño de las minas de oro, plata y cobre de la Sierra Morena y las de Cerro Muriano.

Tuvieron también importancia las explotaciones de plomo y plata en el valle de los Pedroches, en la provincia de Córdoba. En esta misma provincia son espectaculares los vestigios de antiguas explotaciones romanas en la zona de Posadas, sobre filones de galena con abundante plata.

La minería en el distrito de Linares-La Carolina recibe un gran impulso durante esta época; se promulgan leyes para proteger la propiedad y se ponen en vigor métodos más racionales de producción. La fortificación de galerías poseía ya formas muy similares a las que prevalecían a principios del siglo XX, y en los terrenos blandos construyeron muros de contención y bóvedas, algunas de las cuales han resistido hasta la actualidad.

Numerosas labores de época romana han sido reconocidas en otros tantos criaderos cupríferos del distrito pirítico de Huelva y Sevilla. Entre numerosas técnicas introducidas por los romanos en el arte minero destacan las relativas al desagüe.

En las minas de Riotinto se realizaba mediante unas series de hasta ocho ruedas de cuatro a cinco metros de diámetro, provistos de cangilones y escalonados entre desniveles de 30 metros, en las que se obtenía un rendimiento de tres a cinco metros cúbicos por hora. En la parte septentrional de la provincia de Huelva también se han hallado vestigios de explotaciones mineras, fundamentalmente de cobre, en el término municipal de Cala.

Existen inmensos vaciaderos y excavaciones en el distrito almeriense de Sierra Almagrera. En la zona minera de plomo de la Sierra de Gádor, en la Baja Alpujarra y en tierras de Almería, se han encontrado multitud de herramientas, monedas, candiles y útiles diversos pertenecientes a esta época. También fueron explotados los aluviones acuíferos de los ríos Darro y Genil.

En la figura nº 8 se establece la localización de la minería romana andaluza.

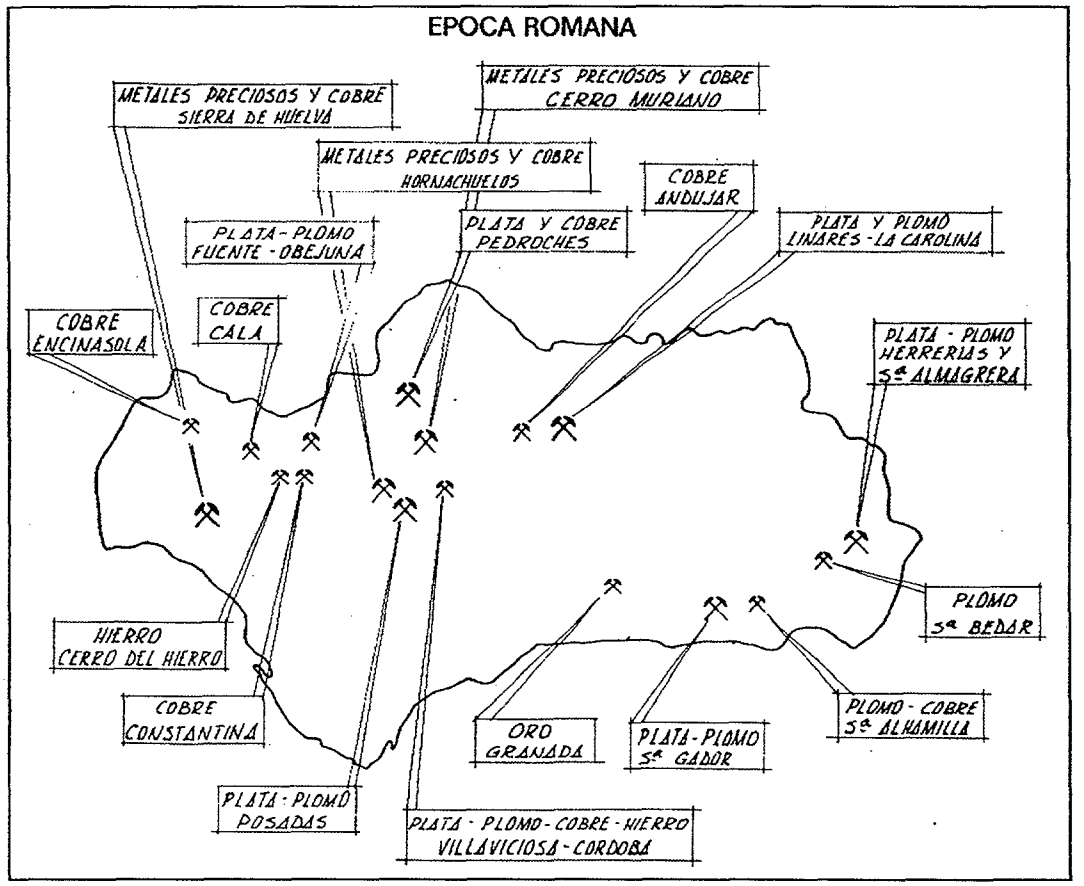


Fig. 8: Localización de la minería romana andaluza. Fuente: Libro Blanco de la Minería Andaluza, 1986, 34

3.2.1.3 Los visigodos y los musulmanes

A partir del siglo III, las incursiones germanas al norte de la Península y las bereberes al sur, debieron estorbar y entorpecer la actividad minera, que inicia una larga etapa de languidecimiento hasta su práctica extinción.

En el periodo de civilización musulmana no existen demasiadas referencias sobre extracción minera, aunque si hay constancia de determinadas explotaciones. Así, se habla de las minas de plata de los montes de Jaén.

Por otra parte, es innegable la existencia de una depurada técnica de extracción minera y de la elaboración de productos en lo que se refiere al sector de materiales de construcción y rocas ornamentales; pruebas inequívocas de ello son bien patentes en los majestuosos y monumentales testimonios arquitectónicos distribuidos con profusión por toda la geografía andaluza. En la figura nº 9 se refleja la localización de la minería musulmana andaluza.

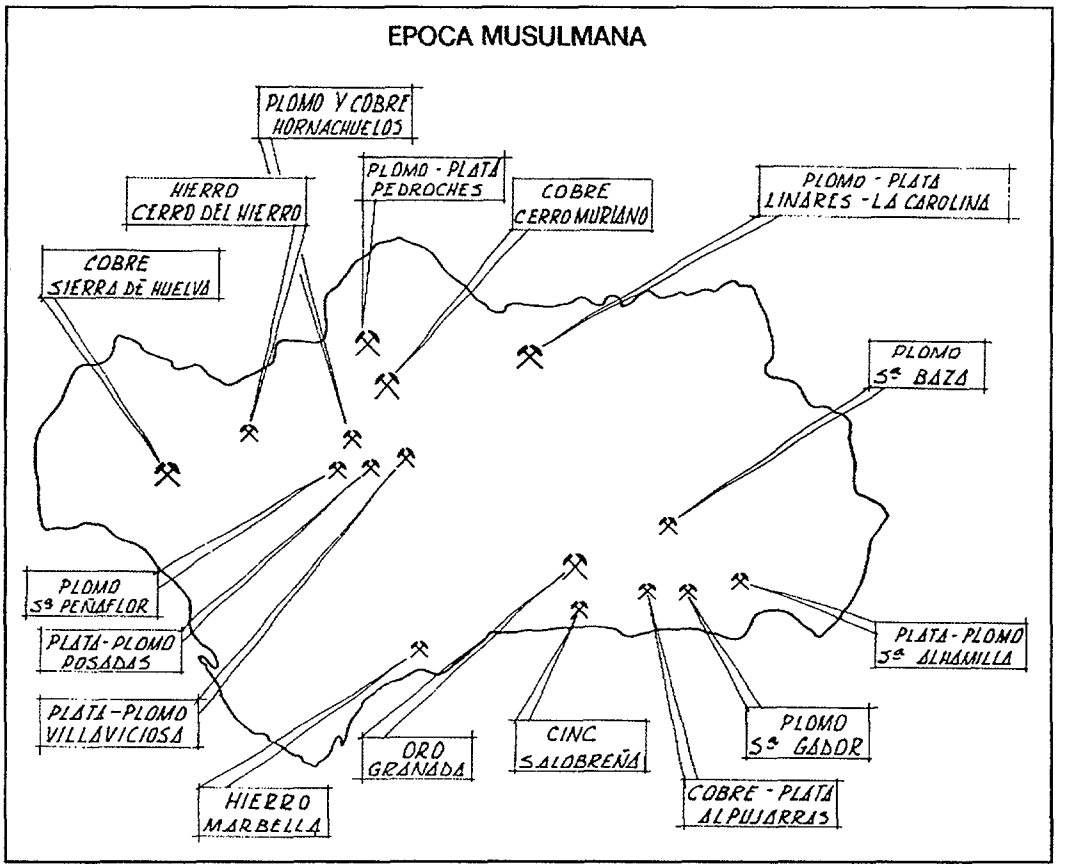


Fig. 9: Localización de la minería musulmana andaluza. Fuente: Libro Blanco de la Minería Andaluza 1986, 40

3.2.1.4 La España Cristiana hasta el siglo XVIII

En referencia a la España Cristiana, en el siglo XIII, las Reales Disposiciones justifican no sólo la existencia de actividad minera, sino su riqueza y diversidad de metales, ya que son numerosas las mercedes otorgadas. Así en 1297, el Rey Fernando IV, en Toro, hizo merced específica de concesión de las minas de Sanlúcar de Barrameda a Alonso Pérez de Guzmán "El Bueno" por la defensa de la ciudad de Tarifa; es la primera vez que se hace concesión expresa a las minas al otorgar un territorio. Por otra parte, noticias de viajeros dan cuenta de que *"las gentes de Sierra Morena se calentaban y cocinaban con piedras que ardían"*, haciendo referencia sin duda a los carbones de la Cuenca del Guadiato.

Durante la primera mitad del siglo XVI, el régimen legal minero siguió determinado por el otorgamiento de concesiones en grandes dominios geográficos. En esta época no existen prácticamente noticias sobre una auténtica actividad minera, aunque las concesiones y mercedes otorgadas indican un interés por las zonas de Linares, Huelva, Sierra Almagrera y Cabo de Gata en Almería, las Alpujarra en Granada y Sierra Morena, donde sin duda debieron de existir trabajos mineros.

En el año 1559, la Primera Gobernadora, Doña Juana, en ausencia de su hermano Felipe H, promulgó en Valladolid una Pragmática declarando caducas todas las concesiones salvo algunas excepciones, a la vez que establecía las mismas en el Registro General de Minas.

El efecto de estas disposiciones pronto se deja sentir y el interés de la corona se materializó en la solicitud de gran número de registros mineros. En el año 1584 se promulgaron las Ordenanzas de Felipe II que rigieron durante los siguientes doscientos cuarenta y un años; en estas disposiciones se vuelve a dar el mismo tratamiento a los extranjeros que a los del reino y también se tipifican los impuestos y regalías correspondientes a los diversos metales, que para el caso del oro se fijaba en la mitad de la producción, mientras que para el plomo pobre en plata era del veinteavo, y del treintavo para el cobre.

La actividad minera andaluza de mayor relevancia en esta etapa fue sin duda la explotación del yacimiento de plata de Guadalcanal en la provincia de Sevilla. También en esta segunda mitad del siglo XVI vuelve a existir una cierta atención sobre las minas de Riotinto. Del siglo XVII hay un documento donde se resumen las conclusiones sobre las minas existentes en las localidades de Paterna, Laujar de Andarax, Dalías, Berja y Jubiles en la Sierra de Gádor. También existían minas en Baeza, Alcaraz, Linares, Vilches y Baños en tierras jienenses. En 1556 se otorgan las primeras concesiones mineras para oro y plata en la Serranía de Ronda. En la zona minera de Sierra Nevada existen minas de plata en Güéjar-Sierra. Al final el siglo XVII, la minería andaluza se resumía así:

- El Estado explotaba las minas de Guadalcanal y Linares.
- Los particulares trabajaban algunos veneros de cobre argentífero y plomo en las provincias de Granada y Sevilla.

En la figura nº 10 se han situado las zonas de actividad minera en Andalucía durante los siglos XVI-XVII.

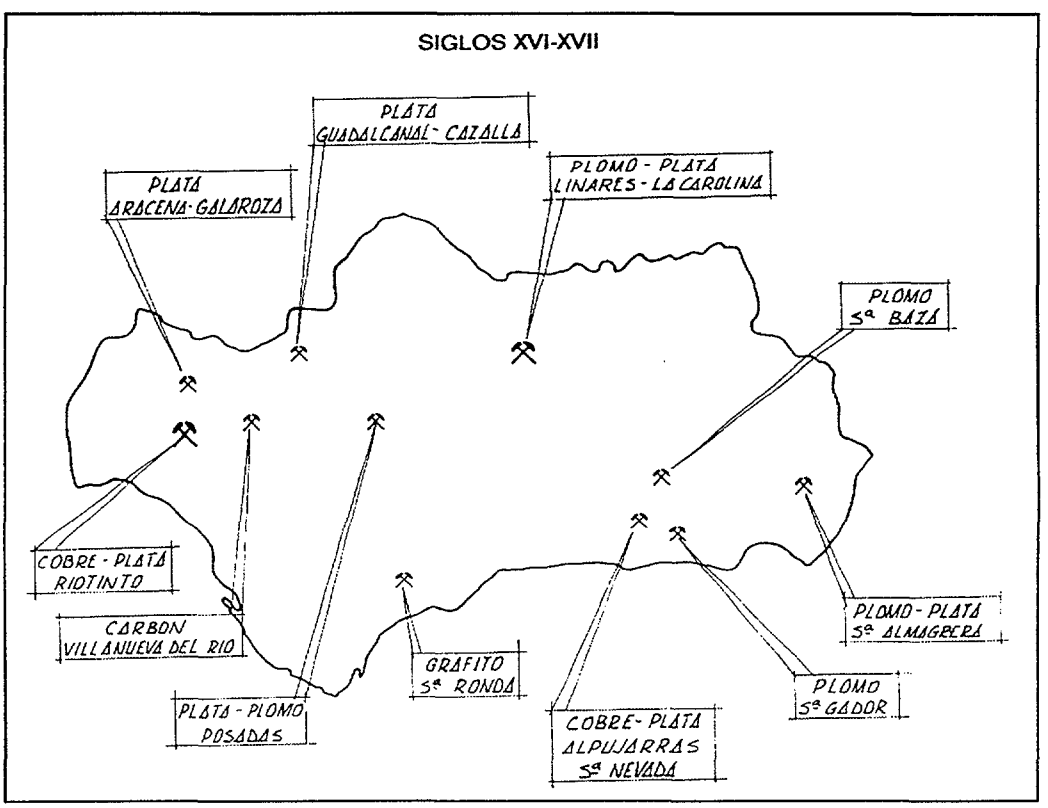


Fig. 10: Localización de la minería andaluza siglos XVI-XVII. Fuente: Libro Blanco de la Minería Andaluza 1986, 47

3.2.1.5 Siglos XVIII y XIX

La primera mitad del siglo XVIII no ofrece cambios respecto al pasado anterior, no notándose ninguna reactivación de la minería andaluza. En el siglo XVIII hay tres temas de influencia en el futuro de la minería andaluza:

- El empleo de la pólvora en las labores de arranque y preparación.
- La llegada de la primera máquina de vapor aplicada a la minería.
- La creación de la Escuela de Minas de Almadén en 1777.

En la segunda mitad del siglo XVIII se explota el carbón de la cuenca del Guadiato, enviándose a Almadén como combustible para el tratamiento del mineral, también en este momento las minas de Riotinto alcanzan un elevado nivel de industrialización. En 1770 se otorgaron las primeras concesiones para carbón en la cuenca de Villanueva del Río (Sevilla), pero su explotación fue escasa en este siglo. La figura nº 11 establece la localización de la minería andaluza del siglo XVIII.

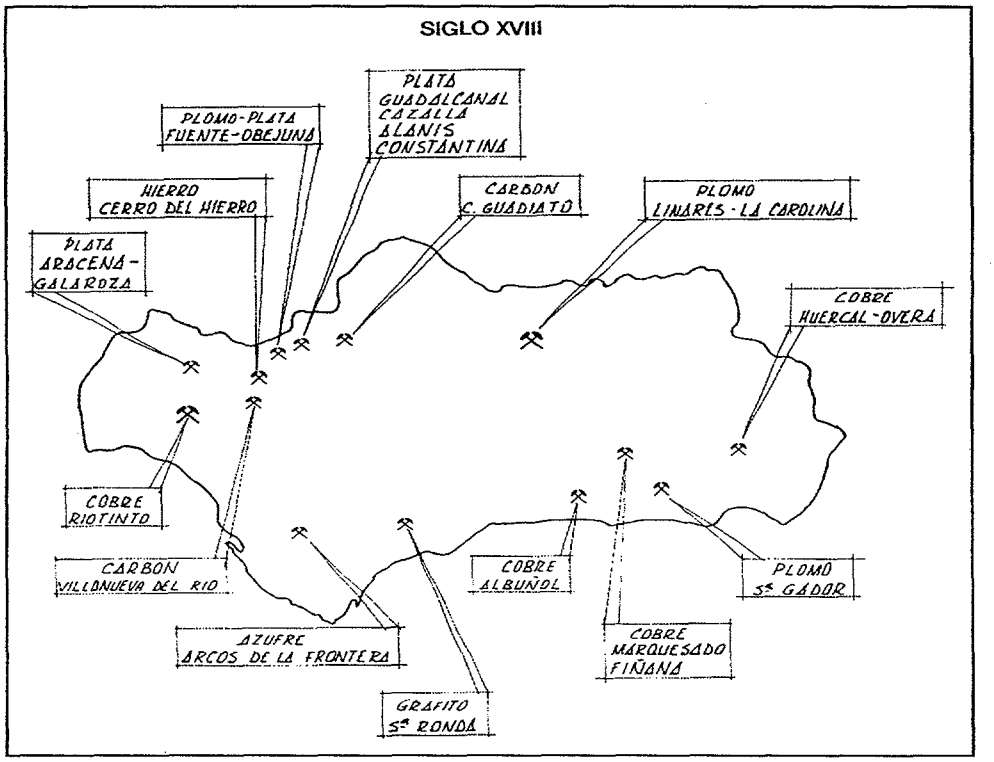


Fig. 11: Localización de la minería andaluza siglo XVIII. Fuente: Libro Blanco de la Minería Andaluza 1986, 55

El siglo XIX se vio frecuentemente impregnado de conflictos políticos, internos y externos, a los que no fue ajena la progresiva pérdida de las colonias americanas, contribuyendo a la penuria de la economía nacional, que ya había sido dañada por la Guerra de la Independencia y las siguientes Guerras Carlistas.

Todo ello provocó que la reanimación del sector minero, sobre todo en la primera mitad del siglo, constituyera tan sólo un tímido esfuerzo de actualización en relación con la revolución industrial de cuyo espíritu se alimentaba Europa entera.

Un hecho viene a potenciar el desarrollo minero en la segunda mitad del siglo: la implantación de los ferrocarriles. Este tema, unido a la falta de recursos propios, provocó una fuerte penetración del capital europeo en la minería española. Como ejemplo, durante el último tercio del siglo, dos empresas que con el tiempo llegarían a constituir unas de las más señaladas multinacionales en el ramo minero, ostentan la denominación de sendas localidades andaluzas: Riotinto y Peñarroya, de capital inglés y francés respectivamente.

A lo largo del siglo XIX se explotaron los yacimientos tradicionales de Andalucía: Sierra de Gádor y Sierra Almagrera en Almería, Sierra de Lújar Alpujarras y Sierra Nevada en Granada, Serranía de Ronda en Málaga, Valle de los Pedroches y cuenca carbonífera de Peñarroya-Bélmez-Espiel en Córdoba, Linares-La Carolina en Jaén y Riotinto en Huelva.

3.2.2 Breve descripción histórica de las Minas de Riotinto

El gran volumen de escorias (romanas y anteriores) antiguas, atestigua la enorme importancia minera de Riotinto desde la época prehistórica, en relación con otras zonas mineras de la faja pirítica. En la cubicación efectuada en 1924 (mapa de escoriales antiguos) se evaluaron en 20 millones de toneladas (incluidas las utilizadas para balasto del ferrocarril, caminos fundentes y otros usos), aunque un último cubicaje efectuado por el Departamento de Exploración de Río Tinto Minera S.A. dirigido por el Dr. FÉLIX GARCÍA PALOMERO en 1986, las redujo a nueve millones de toneladas (seis millones de

toneladas cubicadas in situ más tres millones de toneladas estimadas que se utilizaron como balasto del ferrocarril fundente y otros usos), habiéndose efectuado esta evaluación con todo el rigor científico es a la que nosotros damos credibilidad.

La explotación de las minas de Riotinto comenzó en el tercer milenio a.C., explotándose óxidos y carbonatos de cobre, así como cobre nativo, la plata se cree que empezó a explotarse a finales de la edad del bronce.

Los fenicios establecidos en Gadix (Cádiz) alrededor del año 1000 a.C. comerciaron ampliamente con los Tartessos que les proporcionaban oro y plata, procedente de la Faja Pirítica Ibérica. Numerosas escorias datadas unas como fenicias y otras quizás anteriores, se reparten por la comarca onubense, destacando entre otras las que correspondan al Cerro Salomón, en Riotinto, así como las inmediatas del área de El Lago. El nombre de Isla de Heracles (o de Melkart) dado a la actual isla de Saltés, frente a Huelva, designa a esta localidad como puerto fenicio de las minas de cobre del distrito de Riotinto; de esta isla se servían para almacenar el mineral y proceder a su elaboración como demuestran los numerosos vestigios y escoriales de esa época.

El comercio fenicio de la plata, a partir del siglo VIII a.C. provocó el despegue de la minería y metalurgia tartésica, llegándose a cotas industriales de producción, esta época de esplendor decae en Riotinto a lo largo del siglo VI a.C., esta decadencia pudo originarse por el agotamiento de las zonas de gossan con riqueza de plomo-plata, entrando la minería en un largo periodo de agonía, que se extenderá hasta el siglo III a.C. (PÉREZ MACÍAS, 1996, 210-211).

No existen datos de la explotación de las minas por los cartagineses, aunque en la Cueva del Lago aparecieron monedas, por lo que posiblemente no las trabajaron o lo hicieron con poca intensidad, lo cual constituye un enigma pues como es posible que un pueblo que explotó otras minas en la península como las de Murcia, que dominaba el arte de elaborar y pulimentar los metales, no llegase a explotar en gran escala los ricos yacimientos cupríferos y argentíferos de la Cuenca Minera de Riotinto.

Durante los 600 años de ocupación romana la explotación de las minas fue muy intensa, finalizando en el año 423 ó 425 en época del emperador

HONORIO, cuyas monedas aparecen en todas las minas desde Riotinto a Grandola (Portugal), durante este periodo se explotaron minerales muy ricos localizados en el contacto de las monteras de óxidos de hierro (gossan) que recubrían los yacimientos de sulfuros primarios con éstos. Esta base contiene una capa de mineral de naturaleza terrosa, denominada jarosita, con una potencia que puede llegar al metro, muy rica en oro y plata. También los romanos explotaron los sulfuros secundarios de cobre, calcosita (negrillo de los mineros) y los primarios, calcopirita, como lo demuestran las enormes explotaciones situadas debajo de las labores mineras del siglo XIX situadas en estos sulfuros, estando las leyes en cobre comprendidas entre el 8 y 20%.

El trabajo se realizaba fundamentalmente a base de esclavos, tal y como se deduce de una lámina de cobre encontrada en la mina de Sotiel, en la que figuran en latín las ordenanzas reguladoras del trabajo de los mismos; a este respecto, RUA FIGUEROA escribiría en su clásica memoria sobre las minas de Riotinto: "*Cinco siglos de un poder terrible, de una esclavitud ominosa, están aquí representados por una producción incalculable. La mente humana no puede bastar con sus vastos límites tan cuantiosos frutos, no concibe que a tal extremo hayan podido llegar los resultados del hombre explotado por el hombre*", y PLINIO afirmaba que en sus tiempos no eran menos de 20.000 los esclavos empleados en minería en la Bética.

Entre las numerosas técnicas introducidas o mejoradas por los romanos en el arte minero en este distrito, destacan las relativas a los sistemas de desagüe, tales como las ruedas provistas de cangilones.

En las minas de Riotinto, estas operaciones se realizaban con el complemento de socavones de desagüe, cuatro de los cuales, con longitudes 5 desde 100 a 925 metros, aún eran reconocibles, según relata R. E. PALMER.

Otro hallazgo arqueológico de interés es el constituido por otra placa de cobre encontrada en 1762 en el socavón que posteriormente fue denominado Nerva, en honor a dicho emperador. Por su parte, las lucernas de minero, que tanto abundan en la zona, corresponden fundamentalmente al siglo II.

La paralización de las explotaciones mineras en el año 425, pasando después a un periodo de inactividad de XIII siglos, no debió de ser repentina,

sino que se llegó a ella de forma progresiva durante un período largo de años, siendo a nuestro parecer las causas que llevaron a esta situación las siguientes:

1º. Agotamiento de los ricos filones de plata existentes.
2º. Disminución de las leyes de cobre (< 8% de Cu) de los sulfuros.
3º. Esquilmación del bosque, como lo demuestran los nueve millones de toneladas de escorias romanas y anteriores que habían pasado por unos hornos que consumían carbón y leña, llegándose por consiguiente a un encarecimiento de la madera que había que traer de otras zonas.
4º. Carencia de una tecnología, que les permitiera el tratamiento de las menas con leyes más bajas en cobre.

Sin embargo, para ANCIOLA Y COSSÍO, "*hay muchas razones para suponer que la irrupción de los vándalos hizo a los romanos suspender repentinamente sus trabajos en Riotinto*".

FLORES CABALLERO (1988, 642) comenta que para unos el abandono de las minas es debido a derrotas por invasiones militares y para los otros motivos del abandono son puramente económicos, alegando la posible existencia de una fuerte crisis motivada por un proceso altamente inflacionario. Éstas son las razones lógicas, por las que se llegó a la paralización de las minas en época romana. Posteriormente se fue perdiendo este acerbo de conocimientos mineros de las gentes del país que llevaron a la inactividad de las minas durante XIII siglos, siendo rehabilitadas por extranjeros que tuvieron que traer a metalúrgicos como SAMUEL TIQUET, sobrino de WOLTERS, que trabajaba en las minas de Shala en Suecia. De esta misma opinión es GONZALO TARÍN (1888, T. 11 56) que dice: "*Con la caída del imperio romano, el beneficio de las minas llegó a olvidarse; y según datos históricos, desde el tercer siglo hasta mediados del quinto, apenas existían trabajos en actividad en las de todo el occidente de nuestra Península*".

A partir de la época romana la minería sufre un gran paréntesis, hasta Árabes, en que aunque los vestigios son escasos se cree que el Cerro Salomón

fue explotado en época Almohade y que recuperaban el cobre del drenaje de las aguas ácidas de mina, por precipitación con hierro (cementación natural).

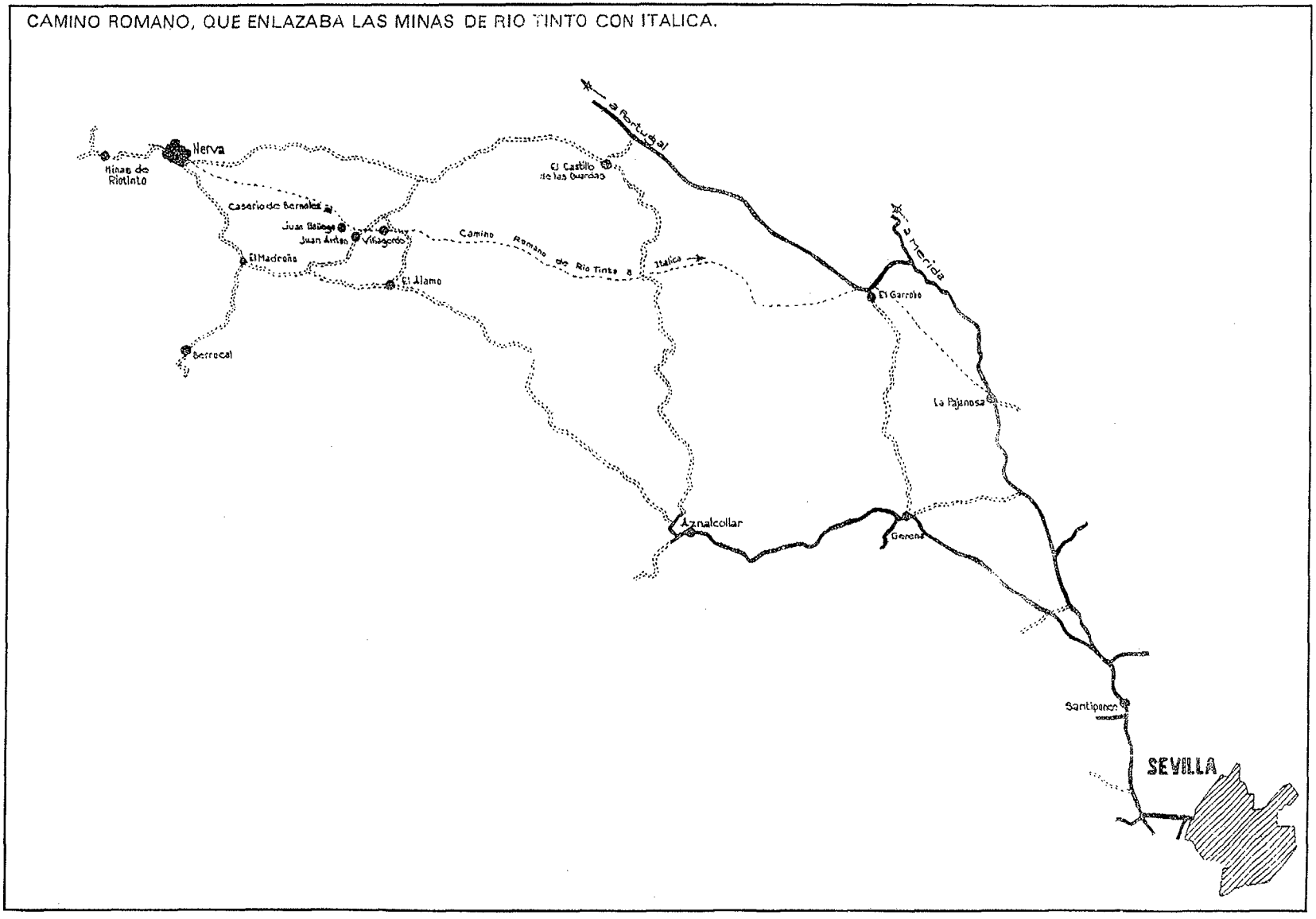


Fig. 12: Camino romano que enlazaba las minas de Riotinto con Itálica.Fuente: FLORES CABALLERO, 1981 a, 78

Según YACUT y el moro RASIS[3], *"en Niebla hay una mina de Aljebe y otra de Aceche (caparrosa)"*; y en la isla de Saltés en Huelva, EL IDRISI señala la existencia de un taller metalúrgico, ALMAKARI relata que *"la fuente de la que mana el vitriolo o caparrosa (aceche, acige), está en Lebla (Niebla) y es muy conocida; este producto es de gran estimación y se exporta a otros países"*. KOTOBI también se refiere a la región de Huelva y reseña Niebla, *"donde hay tres fuentes, de las cuales la primera de agua potable, la segunda alcalina y la tercera de vitriolo"*; GONZALO TARÍN menciona el hallazgo de algunas monedas musulmanas junto a las minas de Riotinto, y los materiales del viejo castillo que llamaban de Salomón fueron reutilizados en nuevas construcciones de esta etapa según se deduce del encuentro de dos tesorillos almohades; no obstante concluye este autor, *"el ejercicio de la minería debió encerrarse a límites muy modestos"*.

Durante los siglos XVI y XVII las minas de Riotinto fueron visitadas por diversos comisionados del Gobierno, pero el sistema de regalías existente con la elevada proporción de los minerales extraídos que había que pagar al Rey y la carencia de los conocimientos necesarios para el beneficio de los minerales, imposibilitaba la rehabilitación de éstas, por lo que no es hasta el siglo XVIII, cuando se dan las condiciones para la reapertura de las mismas.

En Agosto de 1556 (ALDANA, 1875, 17-18) el clérigo DIEGO DELGADO (Anexo III), comisionado en unión de PERE DE AGUILAR por D. FRANCISCO DE MENDOZA, realizó visita a las minas, elaborando el correspondiente informe en el que describe los enormes escoriales existentes y dos cuevas, la primera a la que llama Cueva del Salitre, la identifica RUA FIGUEROA (1859) como la Cueva del Tabaco, también describe otra cueva de la cual dice que:

"estaba llena de agua, y que salía de debajo de ella un río, el cual se dice río Tinto" identificándola como la Cueva del Lago. DELGADO identifica las explotaciones antiguas como minas de plata: *"Ansimesmo, andando buscando donde los antiguos tuvieron sus afinaciones, para ver si podríamos descubrir alguna que nos diese luz para ver si sacaban plata o algún otro metal, los cuales no pudimos descubrir por los montes estar cerrados. Recogiéndonos a nuestro cuartel, hallamos en un cerro, en lo más alto, una señal de edificio, allí mandamos cavar, y a más de un*

[3] El Libro Blanco de la Minería Andaluza. 1986.

estado hallóse cierto plomo, por donde conocimos que pues los antiguos tenían y trataban en plomos, que su fin era aprovecharse en plata", aunque no es hasta 1924 en que D. WILLIANS identifica las minas antiguas como explotadas principalmente para plata, creyéndose durante todo el siglo XVIII y XIX que eran de cobre.

El informe de DELGADO tuvo como efecto que cuando se solicitasen concesiones de explotación de minas, se mencionasen las cuevas como punto de referencia, apareciendo el nombre de ellas sucesivamente. Murió al año siguiente, plenamente convencido de que había descubierto una rica mina de plata, si bien nadie le creyó e incluso le pusieron el apodo de "*el cura charlatán*". Las impresiones de su visita figuran en un extenso manuscrito en el que se refiere el reconocimiento de antiguas labores, detallando los resultados de los ensayos practicados.

A partir de la segunda mitad del siglo XVI el arte y el conocimiento de la industria minera y del beneficio de sus productos se desarrolla de tal forma que, no sin razón, algunos autores han dado en denominar a escala minera como *"la centuria minera*". De este movimiento tecnológico cabe destacar la figura de ALONSO BARBA, nacido en Lepe, Huelva, en 1569, y posteriormente cura párroco en San Bernardo en Potosí; su texto "*El arte de los metales*" supuso un verdadero tratado doctrinal sobre el beneficio de los recursos minerales y muy especialmente de las técnicas de amalgamación; de él se hicieron ocho ediciones en España, la primera en 1640, ocho en el Nuevo Mundo, cinco en Alemania, cinco en Francia, cuatro en Inglaterra, tres en Holanda, una en Italia y otra en los Estados Unidos de América, y todavía en el siglo XVIII se seguía utilizando en Francia como libro de texto, compartiendo la gloria en Europa con AGRICOLA, autor del célebre tratado "*De Re Metallica*", desde el siglo XVI.

En 1663 se publica la obra del capitán FERNANDO CONTRERAS, titulada *"Noticias del mineraje de Indias y de las minas que hay en España*", donde se propone el restablecimiento de varias minas, entre ellas las de Guadalcanal y Riotinto, proponiendo la creación de una escuela real minera en una de las dos localidades.

En 1569, JUAN DE CABRERA registra una mina en una cueva de un metal *"Colorado" y*, el año siguiente FRANCISCO PÉREZ DE CANALES solicita trabajar una mina "*desde el nacimiento de río Tinto y Cueva del Salitre... y escoriales fronteros de las Cuevas del Sobial y Murciélagos*" (ÁLVAREZ et al, 1988, 733). A mediados del siglo XVII se expidió Real Cédula de concesión en favor de D. ÁLVARO ALONSO DE GARFIAS para que con el agua del nacimiento del río Tinto, y las escorias y metal blanquillo de Zalamea la Real y Aldea de Riotinto (hoy Nerva), pudiese cuajar caparrosa y convertir el hierro en cobre echándolo en dicha agua.

En 1637 se otorga una concesión al capitán FRANCISCO MORENO DE BUSTO para beneficiar las minas de Riotinto, y de 1661 procede el manuscrito realizado por ALONSO BARBA, en el que describe el examen efectuado sobre algunos minerales y escorias.

Cuéntese que el capitán de caballería D. SEBASTIÁN VALLEJO comenzó a beneficiar las minas de Riotinto, en el año 1680, comenzando por la limpieza de una cañería y no habiendo tomado las precauciones necesarias, se produjo un golpe de agua que se llevó a los trabajadores, muriendo algunos de ellos. D. SEBASTIÁN, que se encontraba fuera, llegó algunos días más tarde, y conociendo la noticia fue tal impresión que le produjo, que murió de ella.

Por último, se expidió en Aranjuez el 16 de mayo de 1695 otra Cédula concediendo licencia a D. ROQUE DE SALAS Y ULLOA, para poder beneficiar las aguas del río Tinto y el arroyo del Tintillo, para fabricar diferentes metales.

El siglo XVIII, que nace bajo el signo de la Guerra de Sucesión, no ofrece grandes cambios respecto al pasado anterior en lo que se refiere a una reactivación de la minería española en general y andaluza en particular, al menos en su primera mitad. Haría falta el acceso de CARLOS III para que, siguiendo modelos europeos, se tomasen las iniciativas adecuadas en orden a un mejor conocimiento y aprovechamiento de los recursos minerales; así, a mediados de siglo el Marqués de la ENSENADA daba los primeros pasos para la regeneración de la minería y se iniciaban tímidas gestiones para la implantación de la enseñanza oficial de esta materia, que no se vería materializada hasta 1777 con la creación de la Escuela de Minas de ALMADÉN,

mediante Real Orden de 14 de Julio, poniéndose al cargo de ella al ingeniero alemán D. ENRIQUE STORT.

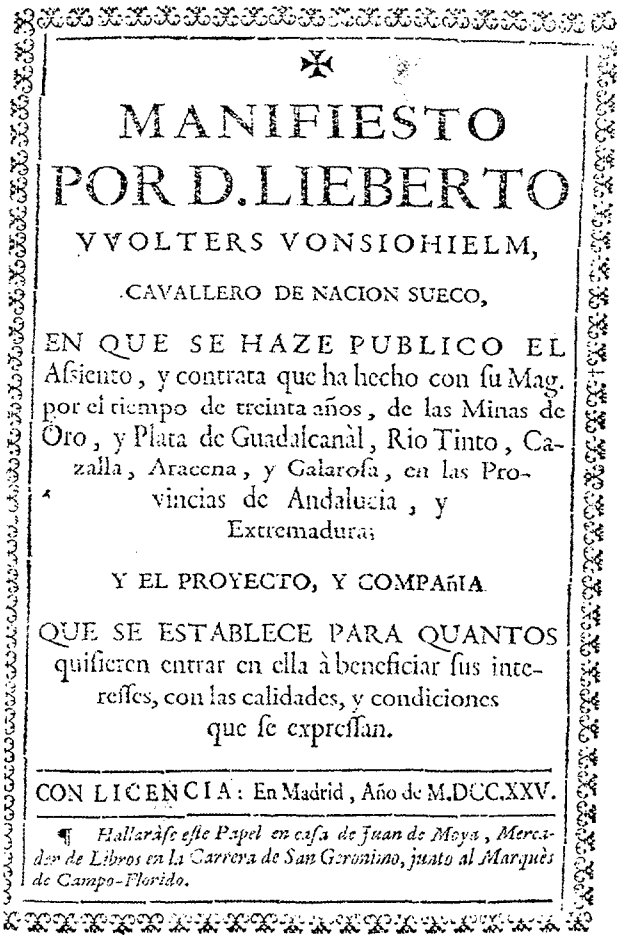
Por otro lado, este período sigue estando caracterizado por una atención preferente a la explotación y beneficio de los recursos minerales en el mundo colonial americano, hecho que incluso se ve potenciado durante el último tercio del siglo con la ordenación del gremio de la minería en Nueva España en 1776 y la fundación del Real Seminario de Minería en Méjico, en 1783.

No obstante, una serie de adelantos tecnológicos, entre otros el empleo de la pólvora en las operaciones de arranque en los primeros años del siglo XVIII, o la llegada de la primera máquina de vapor aplicada a la minería a finales del mismo, así como una mayor afición y facilidades para la publicación de textos escritos, favorecen el resurgir minero.

El 10 de mayo de 1719 solicita D. NICOLÁS VAILLANT el asiento por 30 años de las minas de Guadalcanal, Cazalla, Galaroza, Riotinto y Aracena. Esta proposición pasó por Real Orden al Consejo de Hacienda el seis del siguiente mes de Junio, pero no habiendo acudido la parte a sacar los despachos expedidos, quedó en suspenso la solicitud.

El 16 de Agosto de 1724 solicita las mismas minas el sueco D. LIEBERTO WOLTERS SJÖHJELM, que anteriormente había celebrado con el Gobierno en 1710 y renovado en 1721 un contrato para rescatar los géneros hundidos en la ría de Vigo, de la flota del general D. MANUEL DE VELASCO. Parece probable que las relaciones que con este motivo mantuvo WOLTERS con las oficinas de la Corte, le hubiesen proporcionado conocimiento y copia de la propuesta de VAILLANT, que quedó desierta, y que determinó aprovecharla reiterando aquellas proposiciones en su nombre, sin más novedad que la omisión del compromiso de profundizar algunos pozos en Guadalcanal y de señalar las minas por donde había de comenzar el trabajo. El 16 de Junio de 1725 recayó la Real Resolución que las aceptaba, constituyendo un contrato o asiento, como entonces se llamaba, por un periodo de 30 años (ALDANA, 1875, 19), con la sola condición de que a su término pasasen a la Real Hacienda todos los edificios, ingenios y demás utensilios que allí se hubiesen establecido. Para ello, redactó un documento proyectando la formación de una compañía explotadora

de 2.000 acciones de 500 doblones cada una; el asunto se puso de moda especialmente entre la clase alta de la Corte, participando varias damas ilustres. Este Manifiesto provocó una dura polémica a nivel nacional en la que participaron personas tan ilustres como Fray MARTÍN SARMIENTO, FRANCISCO ANTONIO DE OJEDA y otros que con gran empeño y sarcasmo ridiculizaron el referido Manifiesto, llamando "bobos" a los españoles que se interesasen en el tema y calificando a RIOTINTO de "*río revuelto para pescar incautos*".



MANIFIESTO
POR D. LIEBERTO
VVOLTERS VONSIOHIELM,
CAVALLERO DE NACION SUECO,
EN QUE SE HAZE PUBLICO EL Aſsiento, y contrata que ha hecho con ſu Mag. por el tiempo de treinta años, de las Minas de Oro, y Plata de Guadalcanàl, Rio Tinto, Cazalla, Aracena, y Galaroſa, en las Provincias de Andalucia, y Extremadura;
Y EL PROYECTO, Y COMPAñIA
QUE SE ESTABLECE PARA QUANTOS quiſieren entrar en ella à beneficiar ſus intereſſes, con las calidades, y condiciones que ſe expreſſan.
CON LICENCIA: En Madrid, Año de M.DCC.XXV.
¶ *Hallaràſe eſte Papel en caſa de Juan de Moya, Mercadèr de Libros en la Carrera de San Geronimo, junto al Marquès de Campo-Florido.*

Foto nº 4. Manifiesto del asiento de las minas por Wolters.

En el manifiesto, WOLTERS hacía una introducción acerca de la riqueza mineral de la Península, un elogio de las cinco minas que comprendía el contrato, cuya superioridad sobre todas las conocidas ponderaba, diciendo que de Riotinto que se encontraba a 10 leguas de Sevilla, se habían sacado 2.700

ducados de oro al día y aunque se hallaba llena de agua vitriólica, se podían desaguar muy fácilmente.

Al fin la compañía se constituyó, encargándose un informe sobre los criaderos al ingeniero alemán ROBERTO SHEE[4], quien concluyó de manera favorable. De ahí que se afirmara la Compañía de Minas y se recaudaran los fondos necesarios para acometer la explotación, lo que no pudo evitar el que las desavenencias entre los socios y el común deseo de eliminar al fundador extranjero retrasaran el comienzo de los trabajos y a que, por último, la empresa se dividiera en dos: una, destinada a trabajar en Guadalcanal, y otra, en Riotinto, centrándose la labor de WOLTERS en esta última; poco conocedor de la minería, su labor no fue del todo provechosa, limitándose a desecar las galerías de entrada al yacimiento de Nerva o la Mina, que posteriormente pasó a denominarse Filón Sur, y a su muerte, ocurrida el 26 de Julio de 1727, su sobrino SAMUEL MANUEL TIQUET, que había venido llamado por su tío junto con 14 mineros más procedentes de la mina de Shala en Suecia, continuó el gozo del privilegio, obteniendo en 1746 la renovación por otros 30 años del otorgamiento e incrementando el patrimonio minero de la compañía con el registro de diversas minas en El Madroño. En 1747 comenzó el beneficio de los minerales por fundición (vía seca), construyendo hornos con una capacidad de producción de 3.000 arrobas de cobre fino al año.

Organizada una nueva sociedad de 605 accionistas que suministraron los fondos necesarios para llevar a cabo la nueva empresa, tampoco la gestión de TIQUET fue muy afortunada, abrumando a los socios con dividendos pasivos y dejando a la sociedad cargada de deudas cuando murió el 11 de Septiembre de 1758. Entró entonces a hacerse cargo de la dirección FRANCISCO TOMAS SANZ, de profesión sastre, y que a la sazón era socio de la compañía en la que ocupaba un cargo administrativo. Si más instrucción en materia minera que su instinto y su razón natural y la poca teoría que pudo haber aprendido de los suecos en minería, metalurgia y docimasia, hizo prosperar de tal modo el establecimiento que, al concluirse el privilegio, la empresa estaba desempeñada y los socios pudieron percibir muy buenas utilidades. La producción en esta

época llegó a ser de 8.000 arrobas de cobre fino en algunos años, montándose en 1770 los primeros hornos a base de fuelles y ruedas hidráulicas que 100 años después aún continuaban funcionando.

Veamos la opinión que tenía el ingeniero de minas D. JOAQUÍN EZQUERRA DEL BAYO (1859) manifestada en *su "Recopilación de noticias"*, pág. 45, tomo X de la *Revista Minera*:

> *"No sabemos quien llevaría al sueco WOLTERS por aquellos andurriales, para haber advertido que por allí se habían trabajado minas; ello es que en el año 1725, en el reinado de D. FELIPE V, obtuvo una concesión, o privilegio, para beneficiar aquel criadero durante treinta años, con sólo la condición de dejar al cabo de este tiempo a favor de la Real Hacienda todos los edificios, ingenios y utensilios que allí hubiese establecido. El Sr. WOLTERS no debió ser minero allá en su país; se colocó muy mal para su objeto de establecer las labores antiguas, y no obtuvo otro resultado que la fabricación de un poco de caparrosa verde. Murió a los dos años, continuando en el goce del privilegio su sobrino y consorcio D. MANUEL TIQUET, el cual antes de terminar el plazo del privilegio, obtuvo en 1746 se contase de nuevo desde aquella fecha el término de los treinta años. Entonces organizó una sociedad de 605 accionistas, que suministraron los fondos necesarios para llevar a cabo la empresa. Tampoco D. MANUEL debía ser un gran minero, pues no hizo otra cosa que abrumar a los socios con dividendos pasivos, dejando a la sociedad llena de deudas cuando él murió en 1758".*

Finalizado el asiento el 27 de Julio de 1776 se devolvió formalmente el establecimiento a la Real Hacienda, por cuya cuenta continuó dirigiéndolo y administrándolo el referido SANZ, con el apoyo de un contador e interventor hasta su jubilación en 1784, como en este último periodo llevaba parte de los beneficios, dejó de realizar inversiones, realizando una minería de rapiña, extrayendo las zonas más ricas, sin ninguna previsión de futuro.

---

[4] Anexo VI.

TIQUET y SANZ fueron los auténticos impulsores de las actividades mineras y metalúrgicas, logrando alcanzar el segundo un fuerte ritmo de extracción anual de mineral y de producción de cobre. Se alcanzaron producciones muy importantes para la época, así en 1777 se obtuvieron 108.119 kg. de cobre fino, que se llevaban a Sevilla a lomos de caballería (sistema de transporte que continuo hasta la venta de las minas a los ingleses), para su comercialización y abastecimiento de la Real Fundición de Artillería.

A SANZ le sucedió MANUEL AGUIRRE, al que sucedió MELCHOR JIMÉNEZ, desempeñando ambos dos mandatos, realizándose en el periodo de JIMÉNEZ (1788 a 1791) el amojonamiento del término y la construcción de la iglesia.

En este periodo Riotinto adquirió un auge verdaderamente desconocido, lográndose en 1797 una producción de cobre fino de 230.846 kg., de los que 209.981 kg. procedían de las fundiciones y el resto de la cementación natural (FLORES CABALLERO, 1983, 10).

A partir de 1799 se comienza a experimentar una decadencia motivada, al parecer, por la falta de provisión adecuada de fondos. La producción total del establecimiento a lo largo del siglo XVIII se estima en 390.254 arrobas castellanas, equivalentes a 22.680 toneladas, durante el periodo comprendido entre 1751 y 1799.

En el siglo XIX diversos factores negativos incidirán notablemente en la creación de un marco propicio para la reactivación del sector extractivo tan maltrecho durante los siglos anteriores. En primer lugar, la Guerra de la Independencia, que al margen de la situación de crispación en que se encontraba sumida la geografía hispana, era causante a más de un profundo endeudamiento y falta de productividad, de una impresionante disminución de la población activa; este hecho se vio acentuado por la situación de hambre y miseria que alcanzaría su punto más grave hacia 1812 y aún más por la serie de epidemias acaecidas, entre las que la más destacable fue sin duda -ya terminada la guerra en 1814- la de cólera morbo de 1834. A esta disminución de los recursos humanos se sumaba el factor de la emigración a tierras americanas.

Esta no envidiable situación se veía continuada por las siguientes Guerras Carlistas, de efectos similares y a su finalización en 1839, todo el siglo XIX se vio frecuentemente impregnado de conflictos políticos, internos y externos, a los que no fueron ajenos la progresiva pérdida de las colonias americanas que culminaba en 1898 con la pérdida de Cuba, y que contribuyó de forma definitiva en la penuria de la economía nacional al ir disminuyendo, hasta su extinción, la recepción de metales preciosos, fundamentalmente por el puerto de Sevilla.

Todo ello provocó el que la reanimación del sector minero, muy especialmente durante la primera mitad del siglo, constituyera tan sólo un tímido esfuerzo de situarlo en condiciones de actualismo en relación con la revolución industrial de cuyo espíritu se alimentaba Europa entera. Ni la aplicación de la máquina de vapor a la industria minera, ni las continuas legislaciones mineras que se sucedieron fueron capaces de compensar esta situación de crisis.

No obstante, la Ley de Minas de 1825 debida al insigne ingeniero FAUSTO DE ELHUYAR bajo la responsabilidad del ministro LÓPEZ BALLESTEROS, constituyó el primer instrumento para provocar el renacimiento minero en ESPAÑA; sin embargo, su falta de operatividad pronto se hizo notar y así, en 1835, se planteaba una nueva legislación al amparo de la cual se establecían nuevas directrices en cuanto a la formación de técnicos, creándose la Escuela de Minas de Madrid y se reglamentaba el Cuerpo de Ingenieros de Minas. Poco utilizada esta ley, en 1849 vuelve a plantearse una reorganización legal que aprobada en 1859 es de nuevo revocada por la ya más definitiva Ley de Minas de 1868 que con ligeras modificaciones subsistiría hasta 1944. Estos instrumentos legales fueron creando condiciones favorables para la inversión minera nacional, siendo complementadas muy fundamentalmente por la Ley de Sociedades por Acciones promulgada en 1848 y muy específicamente por la Ley de Sociedades Especiales Mineras de 1855.

Otro hecho definitivo viene a potenciar el desarrollo minero en la segunda mitad de la centuria: la implantación de los ferrocarriles[5] que, en sus principios, con frecuencia estaban planteados como asistencia a la minería siendo común la existencia de socios y promotores coincidentes, en general extranjeros e importadores de las tecnologías de las que el país carecía. Este hecho, entre otros, unido a la falta de recursos propios, provocaron una fuerte penetración del capitalismo europeo en la industria española, en general, y muy en particular, en la extracción de los recursos minerales que la intensa expansión industrial del continente necesitaba.

A MELCHOR JIMÉNEZ le sustituyó VICENTE LETONA, empleado de las minas, que estuvo en el cargo hasta octubre de 1818, estando marcado este mandato por una gran irregularidad en la producción de cobre, debido a las escasas posibilidades del Erario español como consecuencia primero de la alianza militar de CARLOS IV con Francia frente a Inglaterra, perdiendo las batallas del Cabo de San Vicente (1797) y de Trafalgar (1805), que provocaron el cierre de la mayor parte de las fábricas de la Real Hacienda, clausurándose en 1807 la de Artillería de Sevilla, de la que eran suministrador de cobre las minas de Riotinto, lo que provoca el cierre de las fundiciones ese mismo año.

El segundo hecho que ocurre en la etapa de LETONA es la invasión francesa, lo que reduce aún más las posibilidades del Erario Público, lo que unido a la ocupación de Sevilla por las tropas francesas imposibilita la llegada a las minas del hierro necesario para la cementación, lo que obliga a la paralización de toda actividad durante los años 1811 a 1816, salvo 1815 en que se produjeron 150 arrobas, 12 libras y ocho onzas de cobre por cementación natural.

La rehabilitación de las minas después de su cierre en 1810 fue enormemente lenta y costosa, realizándose solamente trabajos de aprovechamiento de las aguas agrias de mina, por cementación natural, entre 1815 y 1823, la precariedad de medios es absoluta, y es precisamente en este

[5] Aunque el ferrocarril de Riotinto a Huelva no comenzó a funcionar hasta Julio de 1875.

período cuando acontecen diversas ofertas de la iniciativa privada que desea explotarlas en régimen de alquiler (FLORES CABALLERO, 1983 b, 4).

Sucedió a LETONA en la dirección de las minas JOSÉ MIAJA Y PINGARRÓN, que estuvo en el cargo hasta el 24 de abril de 1829.

En 1823 tras una visita a las minas, el inspector FAUSTO DE ELHUYAR[6], elaboró una importante memoria, dictándose como consecuencia de ella una Real Orden de 1 de enero de 1825 que pretendía reorganizar los trabajos e introducir importantes mejoras, lamentablemente no llegaron a realizarse, apostando el Ministerio de Hacienda por un nuevo arrendamiento de las minas, pese a que en 1826 se alcanzó una producción de cobre de 127.905 kg.

Establecido el pliego de condiciones para el arrendamiento de las minas de Riotinto, éstas se adjudicaron al mejor postor que fue GASPAR REMISA, Marqués de Remisa, por un periodo de 20 años haciéndose cargo de las minas el 24 de abril de 1829, que ofreció pagar 270.000 reales anuales durante los primeros 10 años y 300.000 reales anuales durante los restantes 10 años.

REMISA desde el inicio del contrato, lo fue incumpliendo sistemática mente, no realizando las mejoras ofertadas, llevando a cabo grandes extracciones de vitriolos, así como grandes cortas de arboleda para cubrir las necesidades de carbón vegetal de los hornos de reducción.

Según los cálculos del pliego de condiciones, existían en el término de las minas 444.000 pinos, valorados en 1.500.000 reales, 1.700 encinas y 300 chopos con un valor de 211.000 reales, todo ello procedente de las reforestaciones realizadas en la época de SANZ, en el contrato que se firmó se fijaba el número de árboles que se podían cortar anualmente, así como la reposición de los mismos. El incumplimiento de esta cláusula llevó a que al final del contrato de REMISA, la arboleda existente fuera una quinta parte de la inicial con una pérdida para la Hacienda Pública de 1.273.316 reales.

En 1839 se estableció por GOYANES la calcinación de los minerales a cielo abierto, por el sistema de las teleras, por parecerse los montones de

[6] FAUSTO DE ELHUYAR, había sido Director General de Minas en Nueva España, regresando a la península, tras la pérdida de esta colonia, fue un importante científico, debiéndose a él, el descubrimiento del wolframio.

mineral a un pan de la zona con ese nombre, con lo que se consiguió un importante ahorro de combustible.

También ese año, se comenzó en el sitio de los Planes el aprovechamiento del cobre contenido en los sulfatos procedentes de las minas por cementación natural y la fabricación de caparrosa obteniéndose más de 1.000 arrobas mensuales a partir de 1841, dando lugar a un subarriendo a cargo de VICENTE PREVE.

En 1845, según publicaba la Gaceta del 9 de septiembre, obtuvo patente FELIPE PRIETO como nuevo invento para el método metalúrgico de cementación artificial, obteniendo protección para su utilización por 15 años.

La empresa REMISA le subarrendó el aprovechamiento por cementación artificial de los minerales, por lo que las calcinaciones al aire libre aumentaron considerablemente, provocando graves daños a la vegetación.

El 24 de abril de 1849 finalizó el contrato de arrendamiento de REMISA, sin que le fuese renovado debido al incumplimiento del mismo respecto al aprovechamiento forestal, de vitriolos y aguas ácidas de minas.

Las plantaciones de árboles se habían reducido a 115 de las existentes al comienzo del contrato y la extracción indebida de mineral había causado pérdidas a la corona equivalentes a 2.000 arrobas de cobre anuales entre 1838 y 1846. REMISA sin embargo continuó siendo socio de Prieto en Los Planes.

REMISA, durante su alquiler, se limitó exclusivamente a ejecutar una abusiva y descarada explotación minero-metalúrgica de sus riquezas. Maximizó los rendimientos de su negocio, basándose en su influencia política en la Corte, haciendo contratos a precios fijos (cuando en el mercado internacional iban a la baja) con las Fábricas Reales de cobres y de monedas, al tiempo que conseguía la prohibición de las importaciones de cobres extranjeros (FLORES CABALLERO, 1983, 4).

El 25 de enero de 1849 se formalizó otro arrendamiento a favor de FELIPE PRIETO, por el tiempo de vigencia que le quedaba a la patente, comprometiéndose a entregar a la Hacienda 1.500 arrobas mensuales, mientras que las minas de nuevo explotadas por el Estado debían entregar al contratista a boca mina 30.000 quintales de mineral al mes en pedazos exentos de menudo.

La gestión estatal, bajo la dirección de CASIANO DEL PRADO, en sus principios, mantuvo el contrato del tratamiento del mineral con la empresa Los Planes. Pocos meses después obtuvo privilegio de invención por 15 años, un nuevo procedimiento metalúrgico denominado por su autor el presbítero MARIANO DE LA CERDA (cura párroco de las minas de Riotinto) como electroquímico, haciéndolo el Estado también arrendatario para la explotación de este nuevo sistema, con la obligación de suministrarle el mineral. Pronto se vio que el método era el mismo de cementación artificial que ya estaba instaurado en las minas, lo que dio lugar a diversos incidentes en la prensa y revistas especializadas de la época, que junto con las protestas de las instituciones obligadas a comprarle el cobre (por su inferior calidad), obligaron al cura a pedir la rescisión del contrato en 1857, obteniendo una compensación de medio millón de reales, para un contrato al que le quedaban cinco años de vigencia, a la zona de las instalaciones todavía se la conoce como LA CERDA (GONZALO TARÍN, 1888, 288).

Durante este nuevo periodo de explotación de las minas por el Estado, volvieron a reproducirse males antiguos, tales como servicios contratados a precios abusivo, desaparición de partidas de metal, etc., sin que la Administración pasase nunca de buenas intenciones, como el informe de los ingenieros ANCIOLA Y COSSÍO, publicado en 1856 por Real Orden.

En 1868 este distrito daba ocupación a 4.349 empleados en las minas y 1.746 en las fábricas de beneficio, contabilizándose bastantes mujeres y niños ocupados en la clasificación, trecheo, preparación de bolas, etc.

Molesta la Administración por las constantes quejas y pérdidas económicas de las minas, nombró mediante Real Orden del mes de abril de 1867 una comisión de ingenieros presidida por SALAZAR, siendo COSSÍO uno de los vocales para que realizaran un estudio sobre la viabilidad de las minas.

La comisión propuso una serie de mejoras que sin duda hubieran llegado a hacer rentable su explotación y que sólo se realizaron parcialmente, por lo que los problemas de rentabilidad continuaron arraigando la idea, entre los propios ingenieros de minas, de que la única forma de realizar las mejoras necesarias y de aplicar los adelantos de la época era su venta.

El 25 de julio de 1870 se dictó una ley aprobada por las Cortes Constituyentes para la venta del establecimiento de las minas de Riotinto; el asunto suscitó una tremenda polémica a nivel nacional en la que no faltaron detractores de los más altos rangos técnicos, políticos e incluso literarios, destacando por su oposición al proyecto la figura del ilustre escritor e ingeniero de minas GOMEZ DE SALAZAR. Realizada la tasación del patrimonio minero por parte de la Comisión nombrada al efecto, se llegó a la cifra total de 104.357.769 pesetas, de las que algo más de 103 millones correspondían al criadero y el resto a montes, edificios, minerales arrancados, hornos, caballerías, etc.; anunciada la subasta por esa cantidad quedó desierta por dos veces y autorizado el Gobierno para enajenarlas sin más formalidades, las adjudicaba el 14 de febrero de 1873 por la suma de 92.756.592 pesetas (3.850.000 libras) a la casa MATHESON & CO. de Londres, dedicada al negocio bancario, quien constituyó una sociedad para la explotación de estas minas.

La producción total de mineral de cobre del establecimiento de Riotinto, desde la rehabilitación de las minas hasta su enajenación en 1873, fue de 1.785.408 toneladas; y durante el período de gestión inglesa, a partir de 1876 en que iniciaba su explotación efectiva hasta el final del siglo, se extrajeron del orden de 20 millones de toneladas de piritas para el tratamiento local con leyes comprendidas entre el 2,3 y el 3 por 100 de cobre.

La empresa pasó a denominarse The Riotinto Company Limited (RTCL), que explotó las minas hasta 1954. Durante los 81 años que las minas pertenecieron a la compañía británica se extrajeron 108.059.476 Tm. de mineral y se produjeron en ellas 1.259.512 Tm. de cobre, además del cobre contenido en minerales de alta ley que se enviaban a las fundiciones británicas para su beneficio.

Anteriormente a 1873, la máxima producción de mineral se había alcanzado en 1863 con 89.700 Tm., bajo el mandato de RUA FIGUEROA, y la rentabilidad de las minas estaba basada en la producción de cobre. Las previsiones de la RTCL eran hacerlas rentables mediante la producción a gran escala de mineral, 635.000 Tm. anuales, sobre todo extraídas a cielo abierto, de

las cuales se calcinarían en Riotinto 181.500 Tm., vendiéndose a los mercados mundiales las restantes 435.500 Tm.

La idea era beneficiar el cobre de las piritas ferrocobrizas y vender las restantes para abastecer la reciente demanda de ácido sulfúrico, de la época.

De 1873 a 1875 la Compañía de Riotinto construyó el ferrocarril de 84 kilómetros de longitud que, siguiendo el curso del río Tinto, une la mina con el puerto de Huelva en donde instaló el embarcadero de mineral; ambas Obras importaron la cifra de 28 millones de francos. Hacia 1875 comenzó la explotación del Filón Sur y en 1880 los trabajos subterráneos, para cuatro años más tarde iniciar la actividad en la masa Salomón y posteriormente en las de la Dehesa y El Lago. La inversión global de la empresa, incluyendo el precio de adquisición y el conjunto de las instalaciones fue de 6.750.000 libras esterlinas, equivalentes a 168.750.000 pesetas.

En la figura nº 13 se representa el final del trazado del ferrocarril de Huelva a Riotinto.

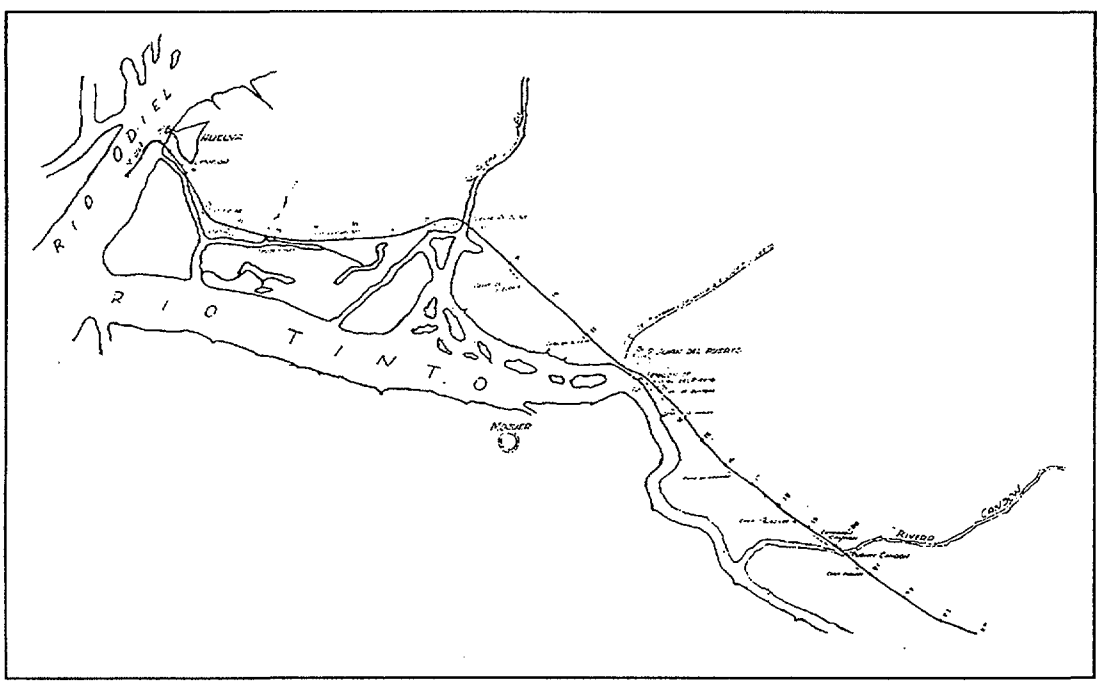


Fig. 13: Final del trazado del ferrocarril de Huelva a Riotinto, construido en 1875.
Fuente: Archivo Fundación Riotinto

El ferrocarril tenía una longitud de 84 kms., con siete puentes de hierro y uno de mampostería, y cinco túneles; cuatro de estos puentes, sobre la ribera de

Nicoba, el arroyo Candón, ribera del Corumbel y de Carchán y los otros cuatro sobre el río Tinto; en su recorrido había 12 estaciones.

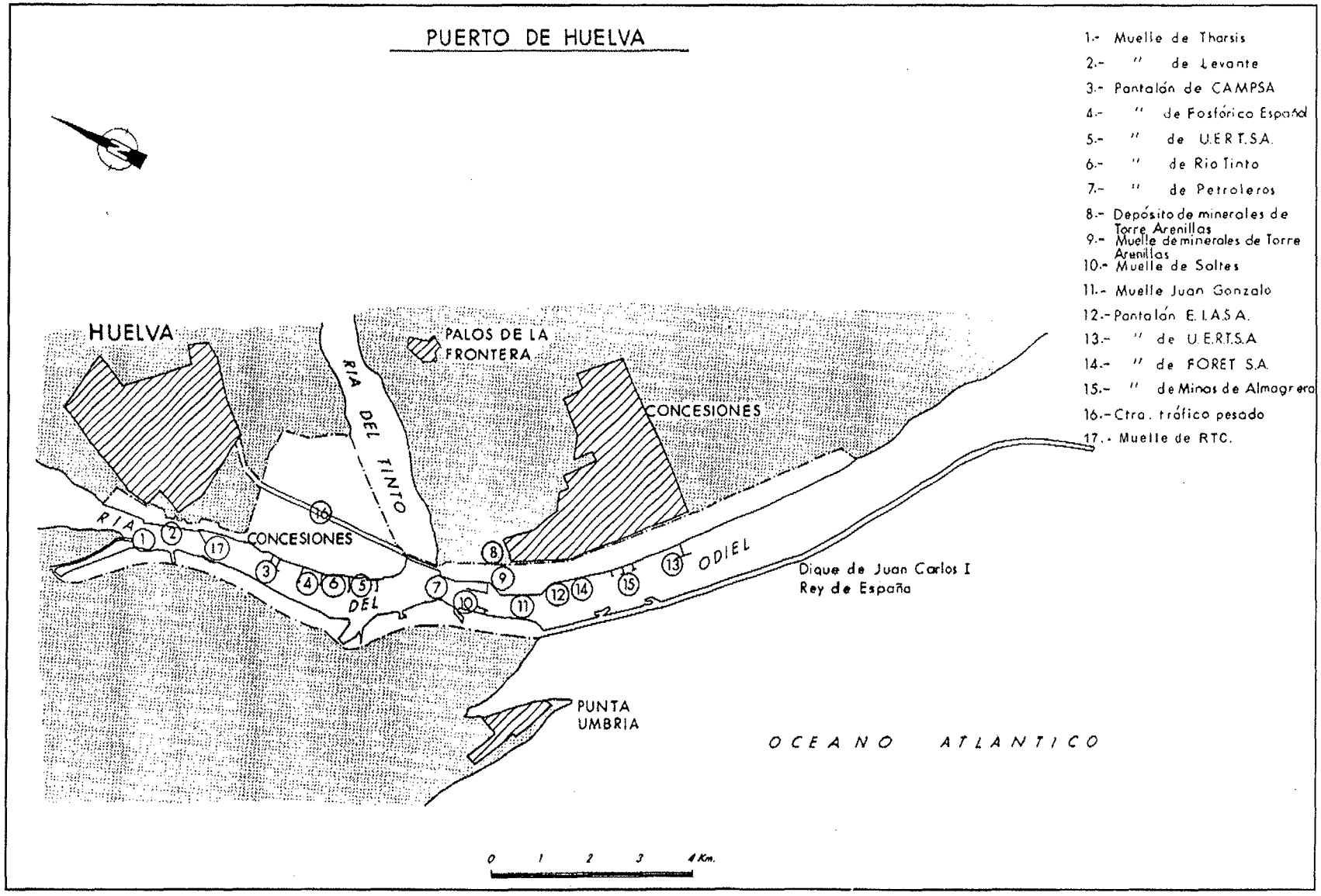
Para su realización se contó con un presupuesto de 700.000 libras, realizando su recorrido el primer tren el 28 de Julio de 1875. Desde ese año, más de 130 millones de toneladas de minerales, mercancías diversas y alrededor de un millón de pasajeros por año circulaban por el ferrocarril (DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ, 1994, 231).

En el muelle construido en la ría del Odiel (plano nº 3) se emplearon 1.900 Tm. de hierro y 6.000 m^3 de madera tratada con creosota. BRAULIO SANTAMARÍA (1882, 32-36) da la siguiente descripción del mismo:

> *"El muelle de Rio-Tinto, que se halla en la margen izquierda del Odiel y al Sur del de Huelva, consta de dos partes, como el de Thársis: de un viaducto de madera del embarcadero. El viaducto tiene 236 metros de longitud, insiste sobre la marisma y enlaza el terraplén de la explanada de la estación con el embarcadero, ó sea la parte de hierro, que empieza en la línea de las más altas mareas ó pleamar próximamente. El viaducto no ofrece ningún detalle de interés; empieza con una altura de poco más de un metro, que es la del terraplén de donde arranca, y tiene al concluir siete metros de altura, en cuyo punto se enlaza con el piso superior de los dos de que consta el muelle de hierro. Este piso superior, cuya especial estructura es lo que caracteriza esta obra, se divide á su vez en dos partes: la central ó de entrada para los vagones cargados, y la lateral compuesta en cada lado de una vía de descarga por la que vuelven los vagones vacíos. La parte central tiene al principio una sola vía, prolongación de la del viaducto, que hacia el medio del muelle se bifurca dirigiéndose cada uno de los dos ramales a reunirse en el extremo con la lateral correspondiente. Todas las uniones ó divisiones están servidas por cambios de vía. En sentido vertical las más laterales suben desde el principio al extremo del muelle con una rampa suave y uniforme de uno por ciento. La central ó centrales entre los mismos puntos suben primero con una fuerte rampa de uno por setenta y cinco hasta el punto más alto*

del muelle, desde el cual bajan con pendientes de medio y uno por ciento y de uno en ciento treinta y dos á reunirse con las laterales. Desde el punto de unión a la cabeza del muelle, hay un tramo de treinta metros con rampa de uno en treinta común a ambas, y en el que se mueven las agujas de cambio.

La maniobra es sencilla y pronta, la locomotora empuja por la vía central ascendente un grupo de seis vagones, dirigiéndolos desde la bifurcación, al lado en que se quiere hacer la descarga; en el punto culminante la máquina los abandona y retrocede sola en busca de más carga; los vagones, con los frenos sueltos ó suavemente ajustados, descienden por su propio peso por las pendientes descritas, hasta el punto de unión ó cambio con las vías laterales".



Plano nº 3: Puerto de Huelva con la situación del muelle de RTCL. Fuente: La minería andaluza, 1986, 286

Con la velocidad adquirida suben por la pequeña rampa extrema en la cual la pierden por completo, ó en caso necesario se paran por topes al efecto colocados. Al descender encuentran abiertas las agujas de cambio, pasan á las vías laterales y manejados con los frenos bajan suavemente, y son parados encima de las tolvas por las que el mineral, saliendo del vagón que tiene la compuerta en el fondo, cae por una canal de palastro en la bodega del buque que atraca al mismo costado del muelle. Apenas descargados los vagones, los frenos se aflojan y siguen su marcha hasta reunirse en el principio del muelle en número suficiente para formar un tren que la locomotora lleva a la estación. Hay cuatro grupos de tolvas, dos en cada lado; cada grupo presenta tres bocas horizontales colocadas entre los carriles. De ellas arrancan conductos curvilíneos que vienen a terminar en otras tres bocas verticales colocadas unas debajo de las otras. Un gran tubo rectangular de hierro, cuya inclinación y dirección varía a voluntad, puede adaptarse a cada una de las tolvas para conducir el mineral a la bodega del barco.

Aunque sería posible mayor resultado, lo general es que cada grupo de tolvas cargue en el día 1.500 toneladas, pues en la actualidad se vienen cargando en tres horas y media mil toneladas por un solo grupo, de manera que teniendo en cuenta el tiempo que invierten los barcos en atracar y desatracar, y el perdido en toda clase de maniobras, es seguro que pueden cargarse 6.000 toneladas diarias funcionando a un mismo tiempo los cuatro grupos de tolvas, cosa posible si se dirigen con acierto las maniobras.

El muelle de hierro tiene un piso inferior, independiente del que hasta ahora hemos descrito, que está a poco más de un metro de altura sobre las altas mareas y unos cinco más bajo que el superior al principio de éste, creciendo esta altura hasta nueve metros que es la general en toda la extensión del muelle. El referido piso bajo sirve para la línea férrea de Sevilla a Huelva, que va por el costado derecho del viaducto, pasando por debajo de éste para enlazar con el muelle. Hay en él una sola línea horizontal que al empezar la parte curva en donde se ensancha el muelle, se divide en tres que llegan hasta el final donde existen una grúa de vapor y otra simple para las operaciones de carga y

descarga, que utiliza además la línea de Rio-Tinto al alijar el carbón y material, sacándolo por el costado derecho.

Toda la plataforma del muelle es de madera, apoyada sobre vigas longitudinales de hierro de las llamadas de celosía, que, en número de cuatro para cada uno de los dos pisos, forman el nervio y armadura del mismo, perfectamente arriostradas en todos sentidos. La obra toda insiste sobre pilas formadas por grupos de ocho columnas de fundición convenientemente enlazadas y que llevando en su base grandes roscas "Mitchell" han penetrado hasta treinta pies ingleses en el fango. Además, cada pila lleva como apoyo suplementario una fuerte plataforma de madera sujeta a las columnas. Un servicio completo de aguas suministradas por un depósito, colocado al principio y a suficiente altura, previene los casos de incendio, para lo cual corren cañerías provistas de mangas y grifos en todo el muelle, cuyo final ostenta un bonito faro con luz roja. El expresado depósito está alimentado por las aguas de un pozo artesiano abierto al pié del referido depósito.

Las distancias longitudinales del muelle son las siguientes:

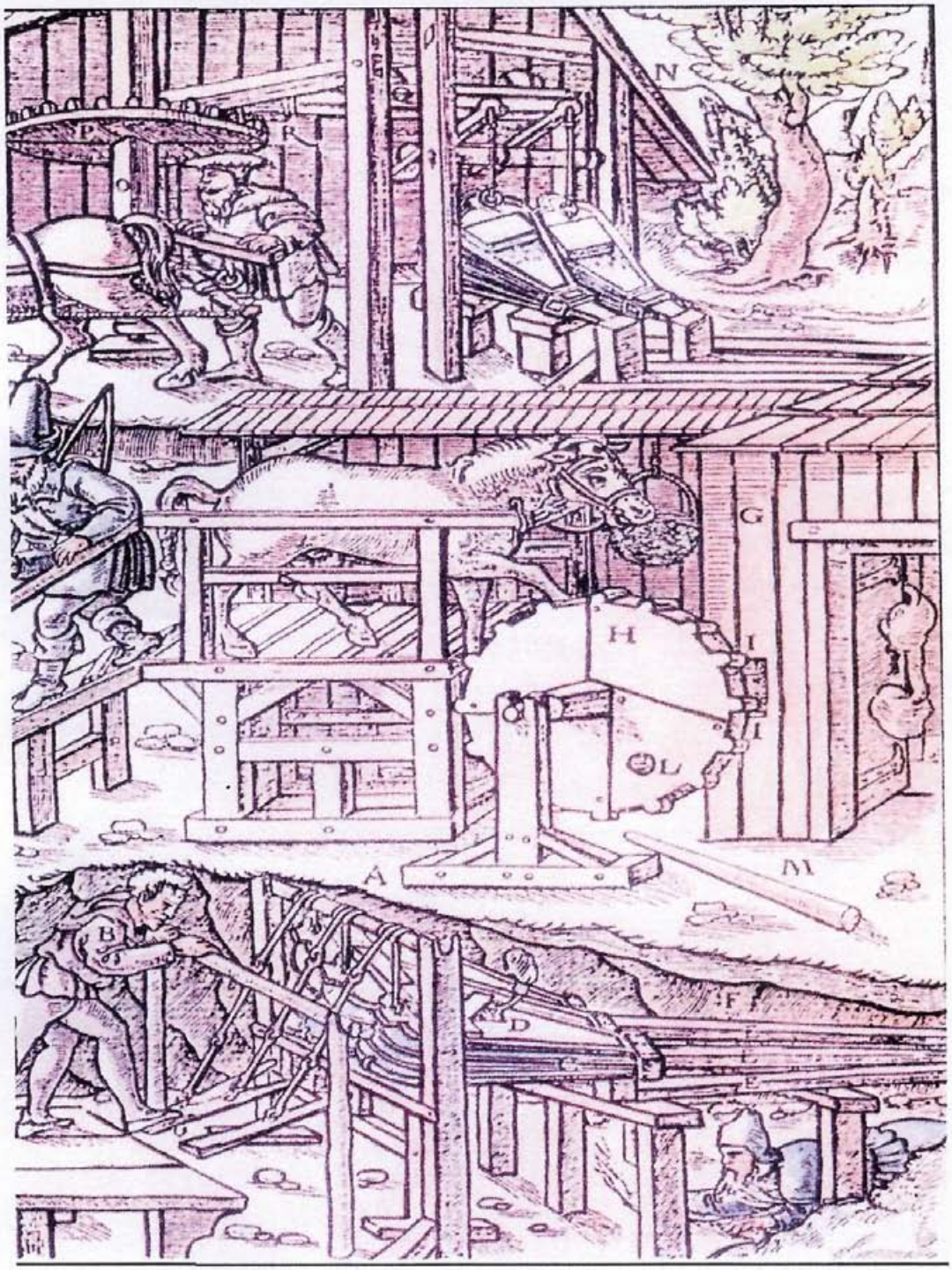
- El primer tramo que es de madera y al que hemos llamado viaducto tiene 236 metros.
- El segundo de hierro en una rasante recta ascendente 183 metros.
- El tercero de id. en curva de 183 metros de radio y en dos rasantes, ascendente la primera y descendente la segunda 237 metros.
- Y el cuarto de id. recto en dos rasantes 161 metros.

Que hacen un total de 817 metros.

La magnífica obra anteriormente descrita, ha costado a la empresa Rio-Tinto cuatro millones de pesetas en números redondos".

A mediados del siglo XX, crece el interés político por parte española para recuperar este importante enclave minero, las negociaciones culminaron el 20 de junio de 1954, en que se concluyó el acuerdo que se firmó por parte británica por Lord BESSBOROUGH y Sir VAL DUBCAN, y por parte española el Conde de BENJUMEA y D. ANTONIO DE TORRES que representaban a un consorcio formado por los bancos Bilbao, Vizcaya, Central, Exterior, Urquijo, Español de Crédito e Hispano Americano, que pagaron 7,67 millones de libras por 2/3 de

los activos españoles de la RTCL. La nueva empresa se denominó Compañía Española de Minas de Riotinto S.A. (CEMRT), continuando por tanto siendo accionista la RTCL con 1/3 de las acciones.



CAPÍTULO 4. MINERÍA

4.1 Introducción

Las labores de explotación minera de los yacimientos las podemos dividir en diferentes etapas:

1.- La minería antigua que comprende las labores realizadas desde antes de los tartesos hasta las romanas, sin que podamos prácticamente diferenciar los trabajos previos a los romanos debido a que sus vestigios desaparecieron por los extraordinarios trabajos realizados por éstos, que cubrieron con sus nueve millones de toneladas de escorias los escoriales anteriores, a lo que se une el posterior uso de estas escorias para su refundición, bien como fundente debido a su contenido en sílice o para aprovechar su contenido en cobre o plata, como balasto para el ferrocarril y acondicionamiento de caminos durante los siglos XVIII y XIX. No obstante, han quedado innumerables referencias en la literatura del comercio, de esta época, de los metales con el oriente próximo.

2.- La segunda etapa podemos considerarla comprendida entre la fecha de la rehabilitación de las minas en 1725 (aunque realmente la explotación no comenzó hasta 1746 por diversos problemas legales) en que fue necesario traer mineros y metalúrgicos de la mina de Shala en Suecia y posteriormente alemanes y belgas como manifestaba TIQUET en un escrito de fecha 11 de Junio de 1753 en el que decía que entre su personal se encontraba MIGUEL FORSTER, minero mayor de las minas, alemán de 29 años; SIMÓN FORSTER, minero segundo; JORGE ESTER, fundidor y afinador mayor; y JUAN WERT, minero mayor de nación flamenca (ALDANA, 1875, 49), debido al tiempo de inactividad de las minas (XIII siglos), en que se perdieron los conocimientos necesarios en la gente de los pueblos contiguos para realizar estas labores, hasta 1784 en que pasan a ser explotadas directamente por el Estado.

3.- La tercera etapa comprende el periodo de 1784 a 1829 en que las minas son de nuevo alquiladas.

4.- Una cuarta etapa que va desde 1829 a 1849 en que son explotadas por el Marqués de REMISA, en cuyo periodo se pone en marcha el método metalúrgico de cementación artificial.

5.- Un quinto periodo que comprende el tiempo que va desde 1849 a 1873, en que son de nuevo explotadas directamente por el Estado.

6.- Y finalmente vamos a considerar un sexto periodo en que son explotadas en régimen de propiedad por la RTCL, que comienza en 1873 y finaliza en 1954, en el que se ponen en explotación todos los filones existentes en la Cuenca y comienza la producción a gran escala, bajo el modelo político del imperialismo y el económico del colonialismo, enviándose los minerales con altas leyes en cobre directamente a Inglaterra, sin dejar ningún valor añadido en la zona, los de baja ley se calcinaban al aire libre para su beneficio por cementación artificial, sin gran preocupación por el medio ambiente, que resultó gravemente dañado, y los minerales intermedios que se beneficiaban, pasada una primera etapa, por fundición en la Cuenca. Aunque las investigaciones llevadas a cabo en la presente Tesis Doctoral finaliza en el año 1873, describiremos sin embargo esta fase, pues los métodos de explotación empleados ya habían sido propuestos por los ingenieros españoles, pero debido a la desidia con que el Estado atendía a aquella abandonada finca, no llegaron a establecerse.

En el cuadro XII figuran los criaderos existentes durante el periodo estudiado.

CUADRO XII

Masas		Contactos	Rumbos	Buzamientos	Potencia media
San Dionisio		Pórfido al Norte y Pizarra al Sur	E. 4º S.	80º S.	Corta Atalaya 130 m. Alfredo 55 m.
Filón Sur o Nerva		Pórfido al Norte y Pizarra al Sur	E. 10º S.	75º S.	37 m.
Planes		Pizarra al Norte y Pórfido al Sur	S. 30º E.	30º N.	30 m.
Filón Norte	Salomón	Pórfido	E. 32º S.	Vertical	120 m.
	Dehesa o Balcón del Moro	Pórfido	E. 28º S.	80º S.	70 m.
	Cueva del Lago	Pórfido	E. 22º S.	86º S.	45 m.
Filón Valle		Pizarra	Este	72º N	12 m.
Mal Año		Sin interés económico			
Argamasilla		Sin interés económico			
Quebrantahuesos		Sin interés económico			
San Antonio		Constituida por sulfuros complejos, comenzó a explotarse en la década de 1970, abandonándose pronto por dificultades de separación de metales.			

Características de los criaderos de Riotinto. Fuente: PINEDO VARA, 1963, 124

Todos los filones con interés económico, fueron explotados por los romanos, excepto el Filón Valle, y de 1725 a 1873 el único filón que se explotó fue el denominado Sur o de Nerva.

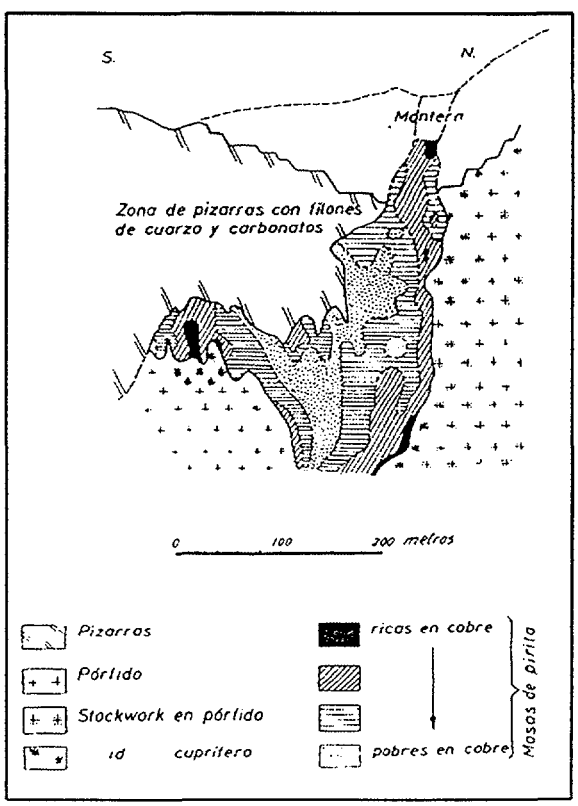
A continuación haremos una breve descripción de las masas o filones, para lo que seguiremos a PINEDO VARA (1963), lo que ayudará a comprender los métodos de explotación empleados.

4.1.1 Masa San Dionisio

El criadero del grupo Sur se considera dividido a efectos mineros en las zonas Filón Sur, San Dionisio y Masa Eduardo, aunque geológicamente se trata de un solo criadero, con una longitud total de unos 3.000 metros. La longitud máxima de San Dionisio es de 1.050 metros, enlazándose en sus niveles superiores con la región llamada por algunos Masa Eduardo, que se extiende unos 1 .000 metros más hacia el Este.

Por el lado Oeste se bifurca la masa hasta la planta 21. El contorno horizontal de las diversas secciones y, por tanto, la potencia, es muy variable, en razón a la irregularidad de las mencionadas secciones. Las potencias máximas son de 200 metros en el piso 23 y 220 en el 32. Hacia el Este es muy constante la potencia, entre 70 y 72 metros hasta el piso 26, pero de este piso hacia abajo vuelve a ensanchar la masa, alcanzando 140 metros en el piso 32, en esta zona de Levante. El número de plantas labradas en San Dionisio alcanza hasta 35 a razón de 12,50 metros por cada una. Ello supone una profundidad reconocida de 437 metros, aparte la comprobada por varios sondeos que alcanzaron unos 100 metros a contar desde el último piso, que aseguran la profundidad del criadero, sí bien se desconocen aún las dimensiones del mismo en profundidad.

En la zona Este se produce un ensanchamiento máximo de la masa de 140 metros en el piso 32 que estrecha de nuevo a 90 metros en el piso 35, estando comprobada la continuidad con sondeos por debajo del 32, lo que representa una profundidad total de 486 metros desde la superficie. La masa de San Dionisio arma entre pizarras y pórfidos, pero los niveles inferiores se encuentran entre los últimos (Plano nº 4).



Plano nº 4: Riotinto. Sección transversal de la masa San Dionisio con la distribución de las menas de cobre. Fuente: PINEDO VARA, 1963, 125

En el respaldo Norte, es decir, en el pórfido, se haya un stockwork muy extenso, cuya potencia disminuye hacia el Oeste y alcanza hasta 200 metros en algunos puntos del Este, si bien a dicha distancia de la masa son escasas las venillas mineralizadas, las cuales van aumentando en número y potencia al aproximarse al contacto con la pirita, que llega en algunos casos extremos a hacer que el paso de mineral a estéril no sea limpio, sino gradual (PINEDO VARA, 1963, 124-126).

La montera de San Dionisio tenía un espesor de 47 metros (GONZALO TARÍN, 1888, T. II., 328), en la parte más ancha del criadero, en las proximidades del antiguo pozo maestro San Dionisio.

4.1.2 Filón Sur o Nerva

Alcanza una longitud ininterrumpida de 1.350 metros en uno de sus niveles superiores, y el afloramiento midió 1.700 metros, desde Puerto Rubio hasta las inmediaciones al Cerro Quebrantahuesos. En la planta 7ª se redujo la longitud explotable a 1.136 metros, y en la 16ª a 975, continuando esta disminución en profundidad. La potencia siguió igualmente un ritmo decreciente, dentro de las secciones de formas caprichosas en los distintos niveles; así en el 7º se presentaron dos ensanches: uno a Levante, de 136 metros, y otro a Poniente, de 80, separados por una zona con 75 metros de larga por 20 ó 30 de ancha. En la planta 16 se redujeron estos ensanches a unos 70 metros, que gradualmente pasaron a 10 metros en la 21. En el nivel 25, el criadero degenera en vetas de mineral cuarzoso, resultando que la masa ha alcanzado una altura mineralizada de 270 metros.

Queda encajado el Filón Sur entre pizarras arcillosas, con algunos estratos de filados carbonosos en los niveles altos, y pórfidos cuarcíferos por el Norte, entre los que se abren las ramificaciones de un stockwork cuprífero.

Entre el Filón Sur y la zona Eduardo de la masa San Dionisio pasa una falla que puede seguirse por espacio de varios kilómetros en dirección aproximada al Norte magnético, posterior a la mineralización. La masa o zona Eduardo, de estructura normal en sus niveles superiores, se esteriliza a unos

cuantos metros al Oeste del plano de la falla, y entre la pirita compacta de las masas Eduardo y Sur hay una niega en estéril, de unos 140 metros. La falla buza fuertemente al Este (PINEDO VARA, 1963, 127).

4.1.3 Masa Planes

Está situada en el extremo Este del dique porfídico Salomón, y, se presenta en un contacto de pórfido y pizarra que es horizontal, según puede apreciarse en la figura 14. El yacimiento toma forma que recuerda una sombrilla o una expansión lacolítica. En el tronco, el pórfido se impregna casi exclusivamente de pirita, mientras que en la zona de contacto contiene, con la pirita de hierro, considerable riqueza en calcopirita primaria. En esta masa se aprecia cómo la calcopirita hidrotermal, que tiene su intervalo físico-químico de deposición a menor temperatura que la pirita ortomagmática, se concentra en las zonas altas del criadero.

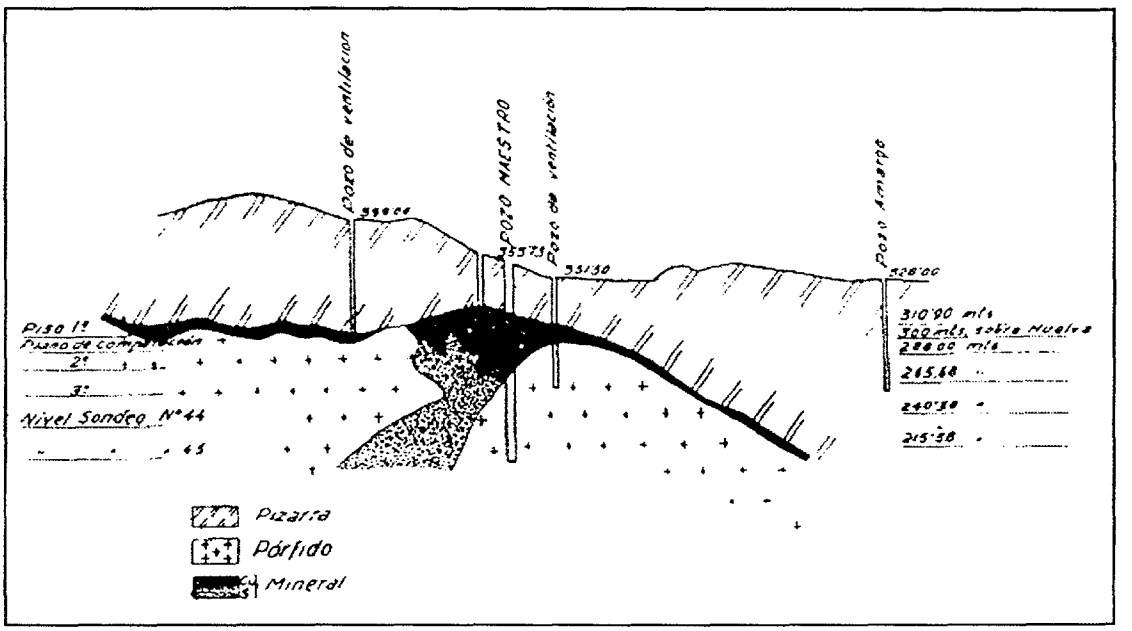
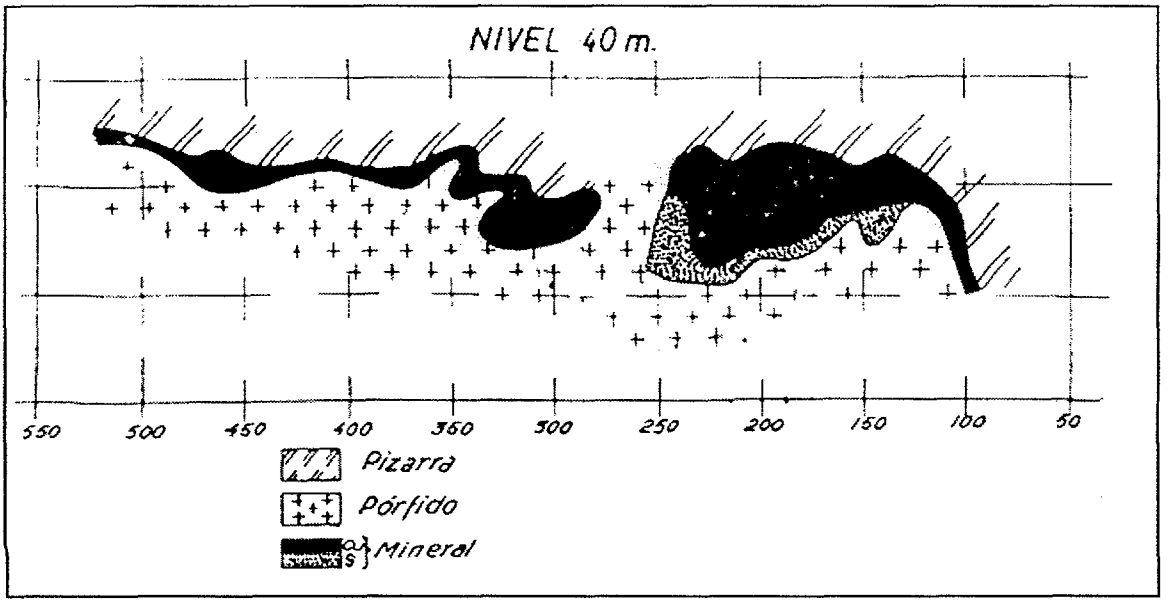


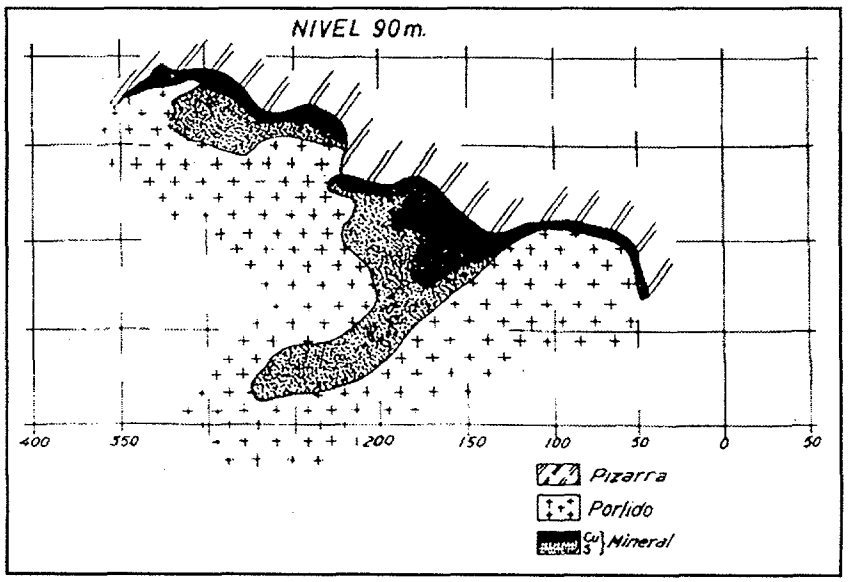
Fig. 14: Masa Planes. Sección vertical. Fuente: PINEDO VARA, 1963, 128

La peculiar configuración de la masa favoreció el enriquecimiento secundario posterior, pues las aguas meteóricas infiltradas por la parte central circulaban lentamente por el mineral, discurriendo por el pórfido a modo de tejado. Debido a ello se encontraron en las partes marginales más delgadas del

criadero, elevadas leyes cupríferas, originadas por los sulfuros secundarios calcosina y covelina. En las secciones horizontales de la masa, representadas en los planos nº 5 y 6 se observa cómo la zona cuprífera aparece hacia la pizarra, siendo esta zona la más rara desde el punto de vista metalogénico. La "Masa Planes" resulta, por tanto, típico ejemplar del fenómeno metalogénico denominado "enriquecimiento hidrotermal in situ".



Plano nº 5: Masa Planes. Sección Horizontal al nivel de 40 metros. Fuente: PINEDO VARA, 1963, 128



Plano nº 6: Sección horizontal de masa Planes al nivel de 90 metros. Fuente: PINEDO VARA, 1963, 129

Tanto el mineral de azufre como el cuprífero son aquí bastantes compactos, pero el segundo es de grano más fino que el primero. La unión entre las menas de alta y baja ley en cobre está en general bien definida, apreciándose con claridad a simple vista.

Como en otros criaderos, se encuentran a veces restos de pórfido parcialmente substituido a lo largo del contacto o dentro de la masa de sulfuros (PINEDO VARA, 1963, 127-129).

4.1.4 Masas del Grupo Norte

El Grupo Norte, formado por las masas Dehesa, Lago y Salomón, se alinea unos 600 u 800 metros por encima del Grupo Sur, o más concretamente, al norte del Filón Sur o sector Oriental del referido segundo grupo o criadero.

Al hacer la explotación ha podido verse que existían tres masas distintas, cuya agrupación nos recuerda la forma de una cigala de grandes patas extendidas de NO. a SE., aproximadamente; el cuerpo es la Masa Dehesa, que antes llamaron Balcón del Moro, situada en la parte más occidental, la pata izquierda es entonces la Masa Lago y la pata derecha es la Salomón, también conocida por Masa Norte, aunque es la más meridional de las dos últimas.

La extensa superficie de los afloramientos de estas tres masas se encontraba a mediados del siglo XIX cubierta por un manto de acarreo, procedente del sin número de trabajos antiguos que tenían totalmente acribillada la zona del grupo donde había una inmensa cantidad de pozos (GONZALO TARÍN, 1988, T. II, 339).

Los óxidos de hierro cubrían, entre montera in situ y recubrimiento, profundidades de 23 a 50 metros hasta llegar a los minerales. La mineralización de la masa Dehesa fue la más larga de las tres, pues llegó a 720 metros, con potencia media de 80, y profundidad de unos 75 metros por bajo de la montera.

El criadero de Cueva del Lago, así llamado desde tiempo inmemorial porque antes de llegar la explotación a los profundos niveles contemporáneos existía allí un gran minado antiquísimo, donde brotaban aguas ácidas, formando una especie de laguna interior, que se considera como nacimiento del

río Tinto, tenía una montera ferruginosa con espesores de 22 a 36 metros que cubría una masa que en sus niveles superiores alcanzaba los 300 metros por 75 de ancho, presentando contornos sumamente irregulares, especialmente en el respaldo Sur, formado por un dique porfídico que le separa de la lindante masa Salomón.

La mineralización de Cueva del Lago alcanzó una profundidad de unos 90 metros, a contar desde el contacto con la montera de hierro.

El criadero Salomón estaba cubierto por la misma montera que el de la Cueva del Lago, constituyendo una gran masa de minerales de hierro, con alta ley en este elemento que, a pesar de su exceso de arsénico, se ha exportado en diversas ocasiones. Fue bastante explotada en tiempos antiguos, aunque quizás no tanto como las otras de su grupo.

En los niveles superiores contemporáneos alcanzó una longitud de 450 metros, con potencia máxima de 180 en el centro, siendo tan poca la diferencia entre estas dimensiones que la forma era elíptica, especialmente en sus secciones altas y medias. La mineralización tenía una profundidad de unos 90 metros por debajo de la montera.

Las tres masas del Filón Norte están virtualmente encajadas en pórfidos si bien pueden observarse aún en los bancos altos de las Cortas Dehesa y Salomón, restos del primitivo techo de pizarras que tuvieron los niveles superiores.

Al explotar totalmente las masas quedaron de manifiesto las llamadas raíces de las mismas, consistentes en un enrejado de filoncillos de sulfuros que se sabe llegan al menos unos 100 metros por debajo de la quilla de las masas de mineral compacto.

4.1.5 Mal Año, Argamasilla y Quebrantahuesos

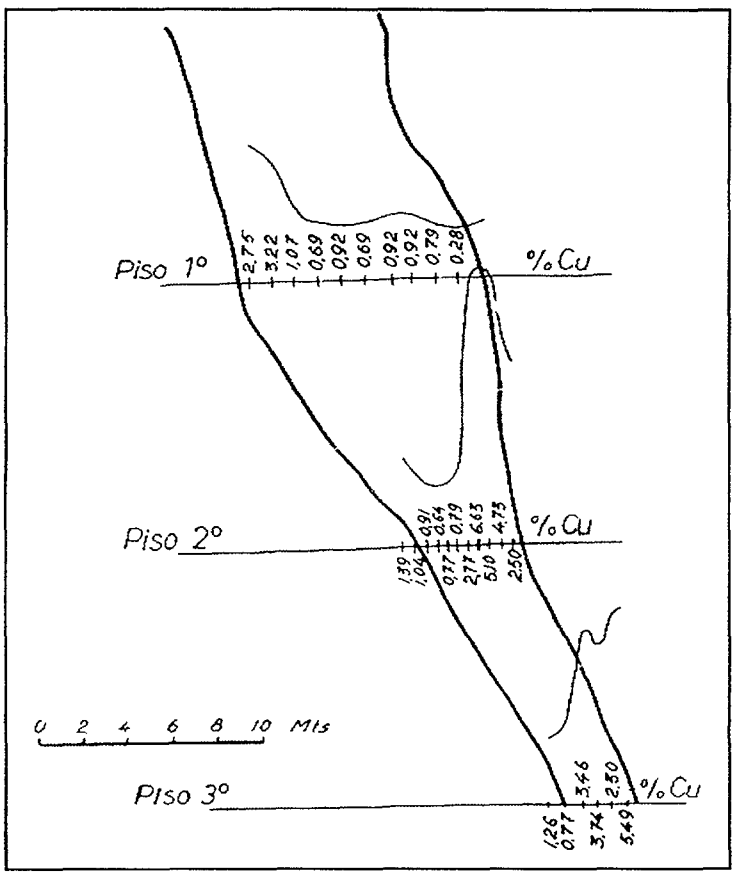
En la misma alineación del Grupo Norte se presentaron estos insignificantes criaderos, de características geológicas semejantes a los anteriores. El primero está a Poniente de Dehesa, el segundo a Levante de Lago

y el tercero a Levante de Salomón. Se trata de restos de masas que fueron total o casi totalmente denudadas.

4.1.6 Masa Valle

Se encuentra en las proximidades del barrio de Bellavista y por hoy constituye el único jalón de una hipoteca corrida, que se extendería a lo largo del contacto entre la mancha meridional del pórfido cuarcífero y la faja de pizarras de unos mil metros de espesor que, situada por su lado Norte, separa los dos macizos porfídicos de Riotinto.

La montera del Criadero medía unos seis metros de espesor, la cual aumentaba en los niveles mineralizados en piritas, hasta los 12, con una corrida de unos 230 metros. La masa armaba, al menos en casi toda su profundidad, en pizarras intensamente caolinizadas (PINEDO VARA, 1963, 131-132). El plano nº 7 representa las curvas de distribución del cobre en la Masa Valle.



Plano nº 7: Curvas de distribución del cobre en la Masa Valle. Fuente: PINEDO VARA, 1963, 131

4.2 La minería durante la Época Antigua

En la faja pirítica onubense los restos de minería más antiguos corresponden al yacimiento de Cuchillares, que se clasificó en la Edad del Cobre I, a fines del IV milenio y los inicios del III a.C., donde se encontraron toscas herramientas mineras, anteriores a la aparición de los martillos con surco central de enmangue, que fueron utilizados en la Edad del Cobre II, dentro del III milenio a.C. (figura nº 15).

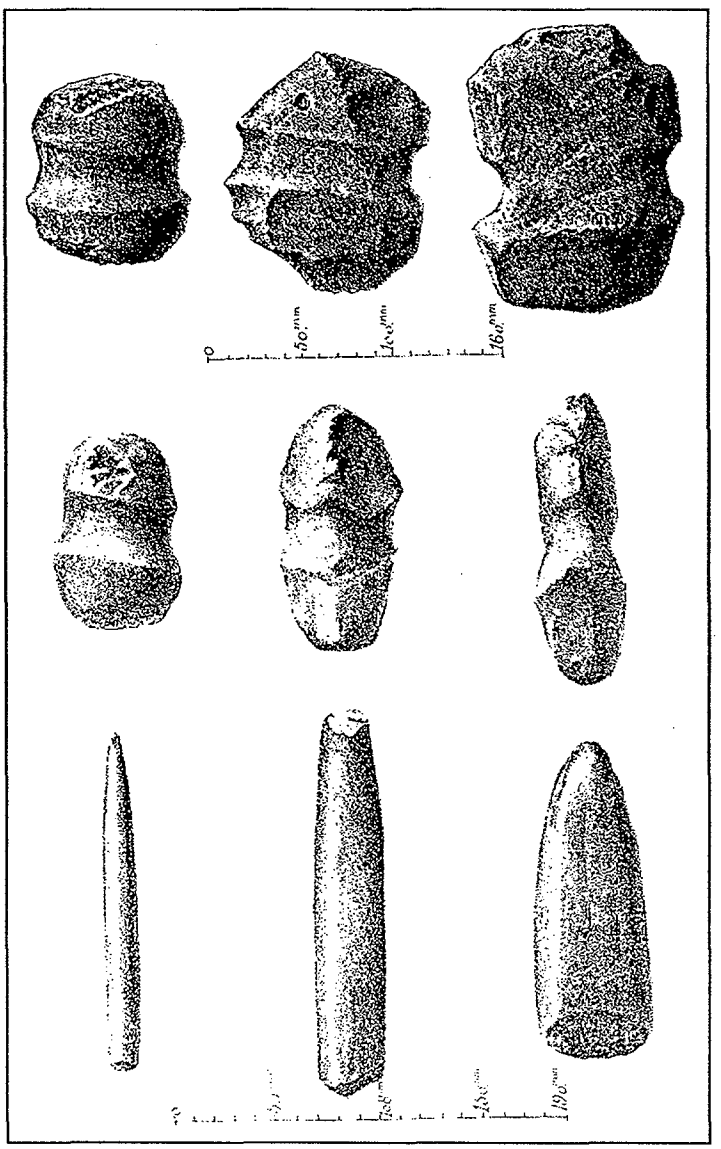


Fig. 15: Representación de algunas herramientas protohistóricas halladas en diferentes parajes de la provincia de Huelva. Fuente: GONZALO TARÍN, 1888, T. II. Lámina 1ª

La localización de yacimientos de cobre, en el distrito de Huelva, trabajados en el periodo calcolítico se establece en la figura nº 16.

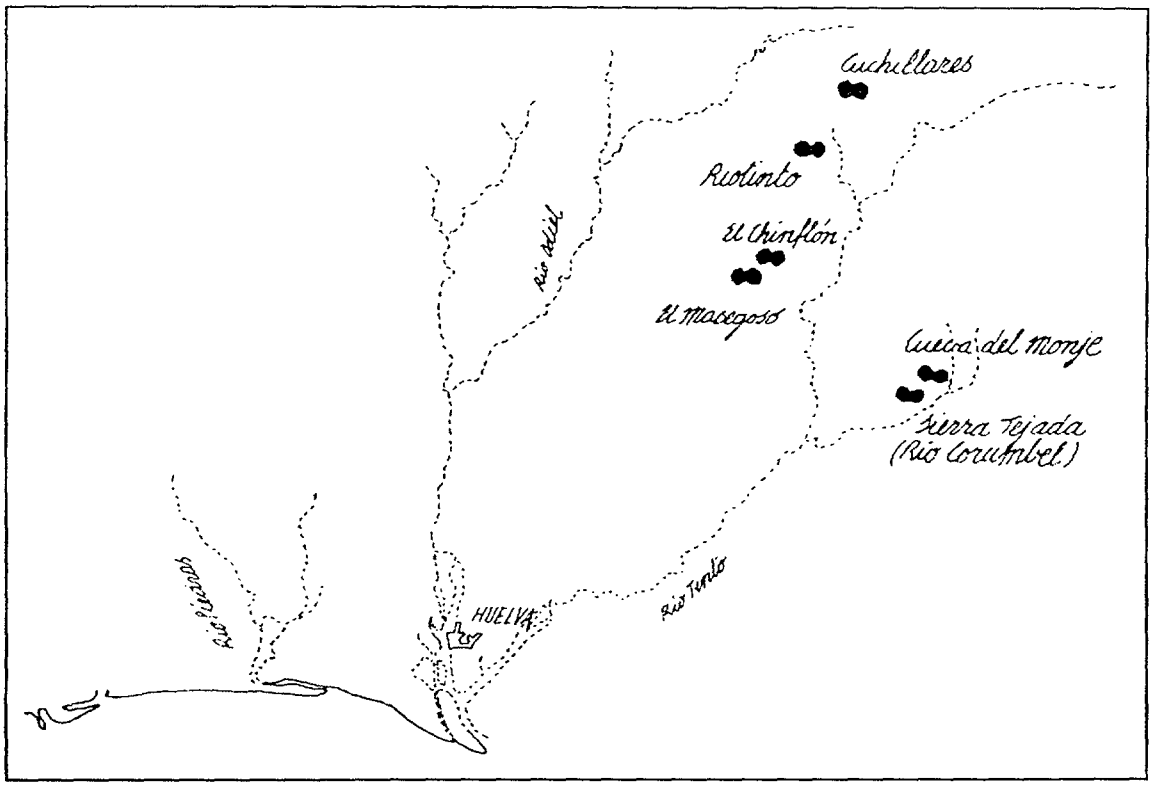


Fig. 16: Localización de yacimientos de cobre en el Distrito de Huelva trabajados en el período calcolítico (Edad del Cobre I). IV-III milenio a.C.. Fuente: Libro Blanco de la Minería Andaluza, 1986, 17

La mineralización consistía en un depósito pequeño de pirita con afloramiento de gossan. Se explotaron pequeños filoncillos de malaquita situados entre las rocas volcánicas. La mina consistía en cavidades, agujeros y trincheras largas y estrechas.

Las minas de la Edad del Cobre, conforme a la creencia general, después del agotamiento de los carbonatos y óxidos, volverían a ser explotadas en el II milenio a.C., una vez desarrollada la tecnología necesaria para la reducción de los minerales sulfurosos.

La novedad más importante de la Edad del Bronce a nivel minero y metalúrgico, es la explotación de minerales argentíferos para la producción de plata (PÉREZ MACÍAS, 1996, 47). Durante el Bronce, se comienza la producción industrial de cobre mediante el beneficio de los carbonatos de cobre (malaquita

y azurita) existentes sobre los sulfuros primarios y las monteras oxidadas de las masas de pirita, alcanzando su mayor auge en el Bronce final.

Estas explotaciones mineras eran rudimentarias, consistiendo en trincheras de superficie realizadas con martillos y picos de cantos rodados con surco central para enmangue producido por abrasión.

La Faja Pirítica Ibérica ofrecía a los antiguos un conjunto de mineralizaciones cuyo beneficio podía producir cobre, plata, plomo, hierro, sustancias colorantes (caparrosa) y algún tipo de roca ornamental como el jaspe que suele aflorar en los yacimientos de manganeso.

Las explotaciones mineras, tal como señala BLANCO FREIJEIRO y LUZÓN (1968), debieron de experimentar un extraordinario incremento de las actividades a partir del año 43 a.C. en que dio comienzo con el emperador AUGUSTO el periodo de paz, alcanzando su máximo esplendor entre los años 250 y 275 d.C. para decaer a finales de este siglo y comienzos del siguiente. Desde mediados del siglo III hasta el primer cuarto del siglo V, en que se paralizaron, el ritmo de explotación fue más uniforme. ROSTORTZEFT (1973, 413-414) mantiene la tesis de que las minas de plata se agotaron a finales del siglo II (basado en datos numismáticos), lo que coincide con lo expuesto anteriormente en este trabajo, y de que no fue un abandono brusco de la actividad minera en el año 423 ó 425 (durante el mandato del emperador HONORIO), sino que primero se agotaron los filones de mayor valor, y menor volumen de reservas de minerales, como los de plata, para posteriormente agotarse los de mineral de cobre con ley de corte igual o superior al 8% (SALKIELD, 1987, 11)[7] en conjunción con el agotamiento de la madera, siendo necesario traerla de zonas más alejadas con el consiguiente encarecimiento, lo que hizo que los yacimientos dejaran de ser rentables, para finalmente con la caída del imperio romano se olvidase el beneficio de las minas.

La minería romana de Riotinto, se realizó por un sistema de grandes huecos en los sulfuros primarios sin regularidad, en seguimiento de los minerales más ricos, arrancándolos por completo y rellenando posteriormente,

[7] Antiguo director metalúrgico de la RTCL, basándose en sus conocimientos metalúrgicos establece que explotaron minerales con leyes que oscilaban entre el 8 y 20% de cobre.

donde era necesario, los huecos generados con minerales pobres y materiales estériles de la explotación, el mineral se atacaba desde el muro, sirviendo el relleno de entibación y de superficie de trabajo, para ir realzando la explotación.

Este sistema lo realizaban sin grandes dificultades por la consistencia, que en general presentaba la masa explotable; y que, al parecer fueron desarrollando a medida que ganaron profundidad, pues en la parte alta no se encontraron en el siglo XIX labores de tan grandes dimensiones. Las galerías eran estrechas y laberínticas siguiendo las venas más ricas del mineral, para extender luego los campos de labor a los grandes núcleos o riñones, sin que le amedrentasen los grandes huecos (se han encontrado oquedades de 50 m de longitud, por 30 m de ancho y 15 a 20 m de alto) o las estrecheces donde únicamente un hombre puede pasar arrastrándose.

Las grandes profundidades que alcanzaron, las ganaron con el auxilio de socavones, que por lo menos fueron trece: nueve al Sur, los Molinos, alto y bajo de Nerva, San Luis, San Roque, San Pedro, correspondiendo todos ellos al Filón Sur, y tres en el Filón de San Dionisio; cuatro al Norte que son el Fuente Fría, dos de la Fuente de Mal Año y otro más bajo en el arroyo de la Gangosa. Además existían las Cuevas del Lago y del Tabaco en el Filón Norte, notables por sus grandes dimensiones, y la primera también por las aguas vitriólicas que de ella salían.

Los romanos también practicaron la minería a cielo abierto, para aprovechar los afloramientos de manera más económica; rellenando el hueco producido con los escombros procedentes del avance de la mina, sistema que hoy en día se denomina minería a cielo abierto por transferencia, método que producía un menor impacto ambiental y una importante reducción de costes.

Como resultado de esta minería había un macizo de terreno movido que cubría los criaderos, y que ocasionaba frecuentes hundimientos en la superficie (GÓMEZ SALAZAR, 1870, 294-295).

Las galerías construidas en la zona de contacto entre el gossan y los sulfuros masivos para la explotación de las jarositas, zona donde la roca era menos competente, eran entibadas con alcornoques, encinas y otras maderas de

la sierra, materiales que empleaban tanto en los cuadros y portadas como en los encostillados (GONZALO TARÍN, 1888, Tomo II, 34).

La perforación la realizaban con martillos y picos, habiéndose también encontrado evidencias del empleo del fuego para romper la roca (SALKIELD, 1987, 16).

Que los romanos explotaron los sulfuros primarios no nos queda la menor duda y lo deducimos de que en el siglo XIX se explotaban estos sulfuros y de lo que manifestaba GÓMEZ DE SALAZAR (1870, 182) quejándose de los peligros que suponían las galerías romanas situadas debajo de los niveles de explotación de la época, decía:

> *"... como no se había podido reconocer mayor profundidad, ignorábase que existiese un abismo inmediatamente debajo de los pilares y galerías que se ejecutaban entonces. Mas la gran explotación romana, al menos en el criadero Sur, que es el conocido actualmente, presenta un gran desarrollo por bajo del 6º piso; desarrollo que, ocupando gran parte de la zona de los 7º y 8º debe creerse alcance mayores profundidades, si se atiende al sistema seguido en aquella época; pues después de habilitado en la moderna el socavón de San Roque, que gana el nivel del 6º, y más tarde el de San Luis, que avanza por debajo del 8º, que son hoy las labores más profundas, resultan vestigios de otro en el sitio de los Molinos, que alcanza el nivel del 10º y que debe haber estado comunicado con las labores de disfrute, toda vez que éstas manifiestan su continuación por debajo del 8º, continuación que supone el desagüe previo de esa zona inferior Después de todo, esas labores antiguas que en los primeros pisos tienen dimensiones moderadas, las adquieren tan considerables en los inferiores, que forman oquedades de 50 ó más metros de longitud, con 30 y más de latitud y 15 ó 20 de altitud, a lo cual se agrega la circunstancia de que la solidez accidental que ha proporcionado la incomunicación de esos labrados durante el reposo del abandono, rellenando de agua los vanos y conservando íntegras las superficies, desaparece o se debilita con el trabajo moderno, que proporciona paulatinamente comunicaciones más o menos ostensibles, desaguando, descubriendo las superficies que, por su*

índole, se descomponen en breve tiempo y ocasionando movimientos por falta de armonía entre sólidos y huecos superiores e inferiores, por desconocerse estos últimos".

La exploración de los yacimientos, según RAMBAUD (1969), comenzaría con el examen de las arenas de ríos y arroyos, donde precipitarían los sulfatos; la coloración rojiza del terreno delataría la presencia de las monteras oxidadas de los yacimientos piritosos, siendo el siguiente paso la realización de pocillos para confirmar la existencia del mineral. Localizado el yacimiento la extracción se realizaría por medio de pozos y galerías. La cantidad de metales extraídos por los romanos la fijaba en 60 toneladas de oro y 4.000 toneladas de plata.

El descenso a la mina lo realizaban por medio de galerías inclinadas, por los propios pozos, para lo cual se labraban pequeños huecos en la roca para apoyar los pies. Para salvar los desniveles empleaban escaleras construidas con un tronco grueso de sección cuadrada con escotaduras a modo de sierra que hacían la función de peldaños, de los que se han encontrado ejemplares en Riotinto.

La extracción de los minerales arrancados la realizaban bien a través de los socavones o bien por pozos verticales, utilizando para ello el torno manual (germen de las máquinas de extracción), que consistía en un cilindro de madera con unas crucetas en sus extremos y una maroma enrollada, a cuyo final ataban unos recipientes, y que mediante la fuerza de hombres que lo hacían subir o bajar por los pozos, utilizándose tanto para extraer el mineral arrancado, como para transportar a los mineros.

Como el interés por aumentar las producciones era grande, debido por un lado a su situación de colonizadores, y por otro a las exigencias de fundidores y compradores del producto final, idearon el sistema de pozos gemelos (tenían un diámetro de un metro y estaban separados entre sí por una distancia también de un metro) que mediante un solo torno de madera situado entre ambos y cuyo tambor estaba dividido en dos partes por unas crucetas del mismo material, se enrollaba una maroma que pasaba por sendas poleas, situadas en dos unidades de otro elemento que era la portada (precursora del

malacate) situadas una en cada brocal, y en los extremos de la mencionada maroma estaban atados dos recipientes, consiguiendo con ellos los objetivos siguientes: disminuir el esfuerzo, al bajar en el extremo del recipiente vacío un hombre o útiles de contrapeso, aumentar la producción pues se trabajaba en dos pozos a la vez, liberar la boca del pozo para agilizar las operaciones y reducir la mano de obra. Estos pozos gemelos también realizaban la función de proporcionar iluminación a las galerías subterráneas y de servir de orientación para la realización de las mismas pues iban siguiendo el criadero, también se utilizaban para la extracción del mineral de su radio de influencia.

El torno manual junto a la portada o el trípode se ha utilizado en Huelva hasta el siglo XX en las pequeñas explotaciones de manganeso, pero en la minería del cobre de Riotinto este elemento minero se sustituyó en el año 1854, aunque ya en 1787 el ingeniero FRANCISCO ANGULO propuso la instalación del primer malacate o castillete con tracción animal (CARVAJAL GÓMEZ, D. J. y CARVAJAL QUIRÓS, J. M., 1998).

Otra novedad destacable desde el punto de vista minero y metalúrgico en la época romana imperial, es la producción de hierro, detectada en capas pequeñas de escorias de hierro en el escorial de Corta del Lago. Por el volumen reducido de escorias la producción sería escasa. Los minerales de hierro empleados en la fundición pudieron ser el gossan, los depósitos de limonita o bien algunos filones de hematites. Se emplearía en la fabricación de herramientas mineras.

Las herramientas mineras eran generalmente picos, punterolas y martillos de hierro, que se afilaban sobre piedras de arenisca. El mineral se recogía con azadas en espuertas de esparto; las azadas se componían de dos piezas sujetas con tres remaches. Todos estos instrumentos han ido apareciendo en las galerías puestas al descubierto por los modernos trabajos mineros.

El desagüe se realizaba mediante socavones inclinados de forma descendente hacia la bocamina, situados por debajo de los de acceso y del nivel de inundación de la mina. Cuando la profundidad de las labores hacía imposible el uso del socavón de desagüe, se utilizaban una sede de ingenios mecánicos descritos con detalle por VITRUBIO. Los instrumentos más

empleados fueron las norias, que trabajaban por parejas, de las que se encontraron bastantes ejemplares en el siglo XIX en Santo Domingo (única de madera de encina), Tharsis y Riotinto[8], construidas con madera de pino y eje de bronce, para evitar la corrosión por las aguas ácidas de la mina. Otro sistema utilizado era el tornillo hidráulico o de ARQUÍMEDES que funciona como un tornillo sin fin, que se cree fue poco empleado en el cinturón ibérico de piritas, pues sólo se han encontrado dos ejemplares en el pozo San Juan de la mina Sotiel Coronada. También se utilizaba la polea de cangilones de cobre de 3,5 m^3 de capacidad. El más ingenioso de todos era la bomba de CTESIBIO, capaz de elevar el agua a gran altura del que se encontró un ejemplar en el año 1889 en la mina de Sotiel Coronada, que hoy se encuentra en el Museo Arqueológico Nacional.

PÉREZ MACÍAS (1998, 209) comenta que la noria de Riotinto que se encuentra en el British Museum es anterior a la romanización, pues la cronología de la madera obtenida por la prueba del carbono 14 corresponde al siglo IV a.C., lo que nos indica la existencia de una tecnología propia de la zona aplicada al beneficio de los minerales. En la figura nº 17 se representa un compendio de los sistemas de desagüe, empleados por los romanos.

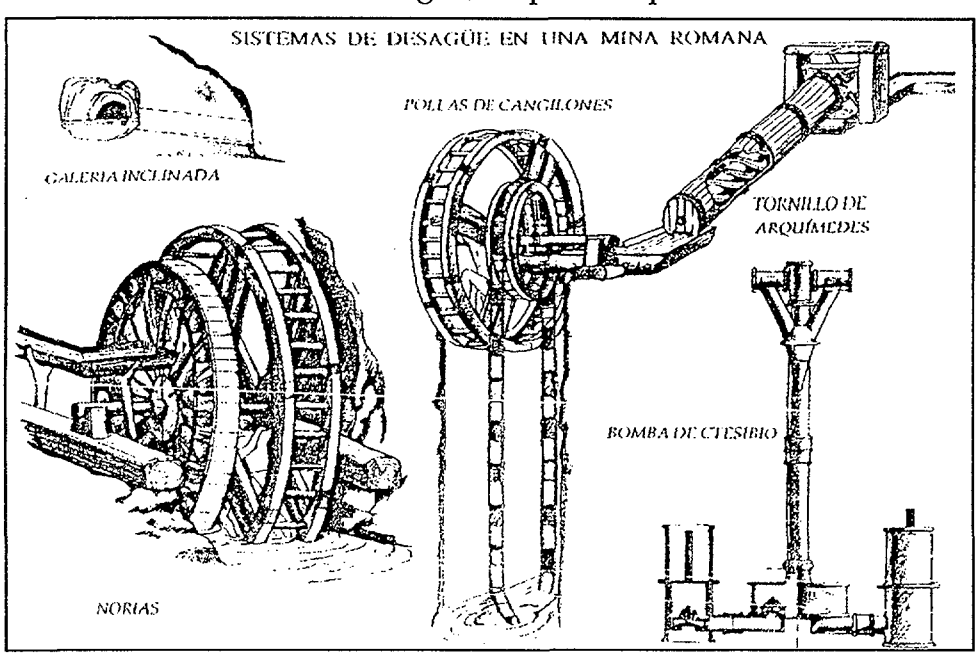


Fig. 17: Sistemas de desagüe en una mina romana. Fuente: DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ, 1994, 219

[8] Según LUZÓN se hallaron 40 ejemplares.

En la figura nº 18 se representa un tornillo de ARQUÍMEDES encontrado en las antiguas minas de la Coronada.

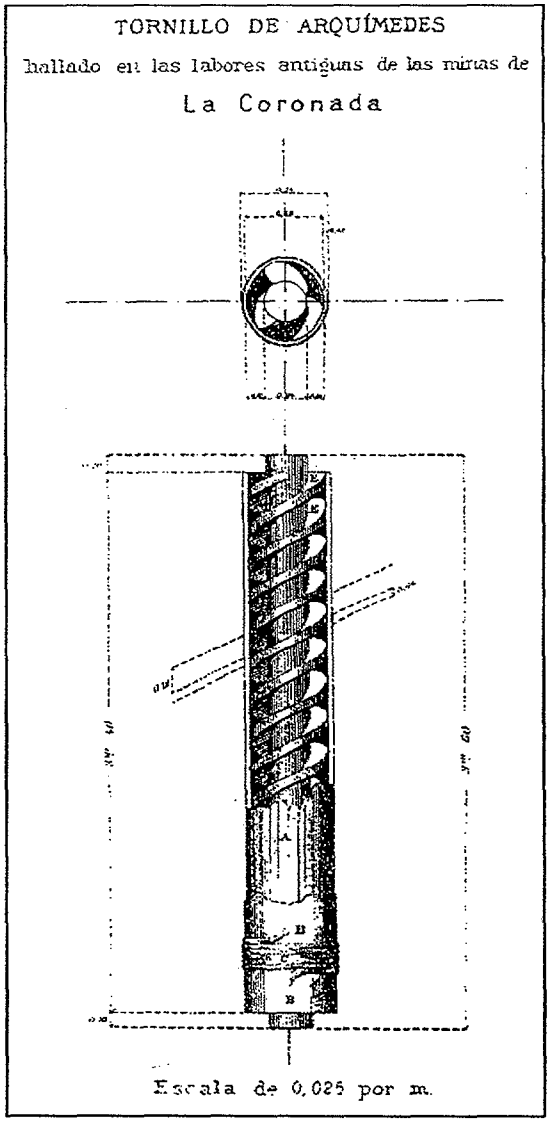


Fig. 18: Tornillo de ARQUÍMEDES. Fuente: GONZALO TARÍN, 1888, T. II, lámina nº 2

En la figura nº 19 se recoge la planta y el alzado de un sistema de desagüe y en la 20 el plano de una rueda hidráulica romana, ambos hallados en el filón Norte de las minas de Tharsis, que incluimos por considerarlos muy didácticos.

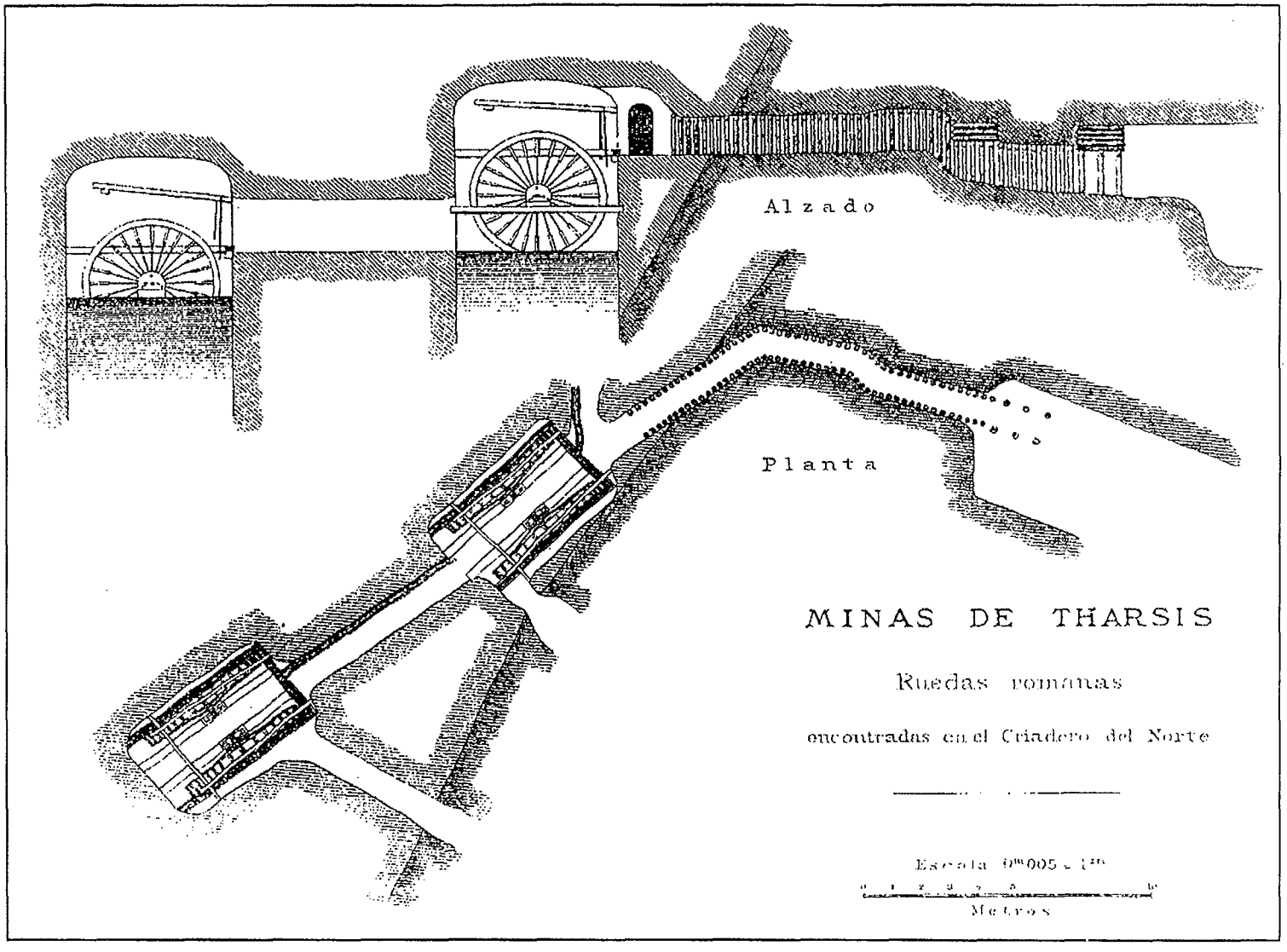


Fig. 19: Minas de Tharsis. Ruedas Romanas encontradas en el criadero del Norte. Fuente: GONZALO TARÍN, 1888, T. II, lámina 3ª

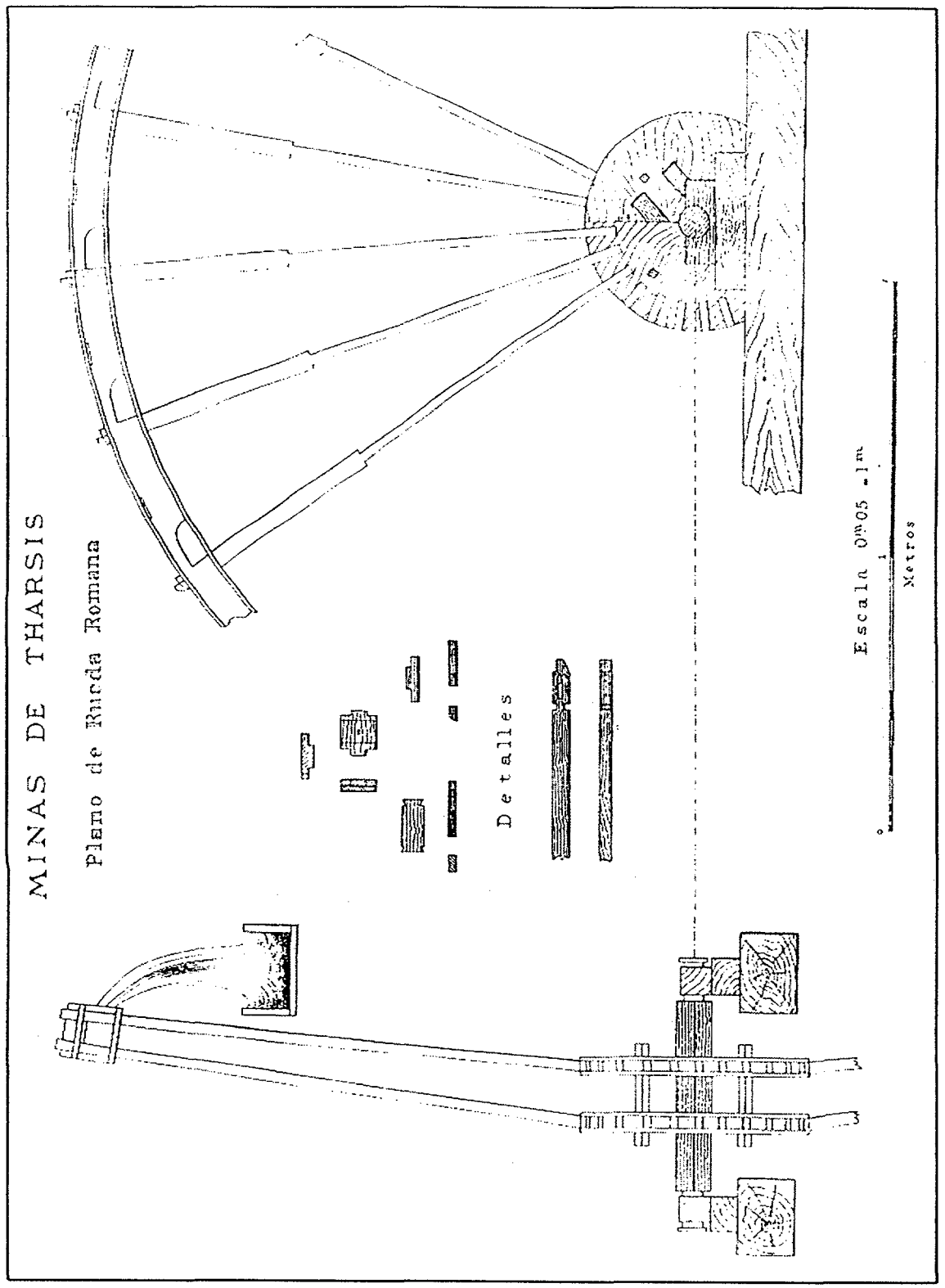


Fig. 20: Minas de Tharsis. Plano de rueda romana. Fuente: GONZALO TARÍN, 1888, T. II, lámina 4

La fotografía nº 5 recoge el momento en que se procedía a desmontar una de estas ruedas o norias encontrada en el filón Norte de Riotinto a principios del siglo XX.

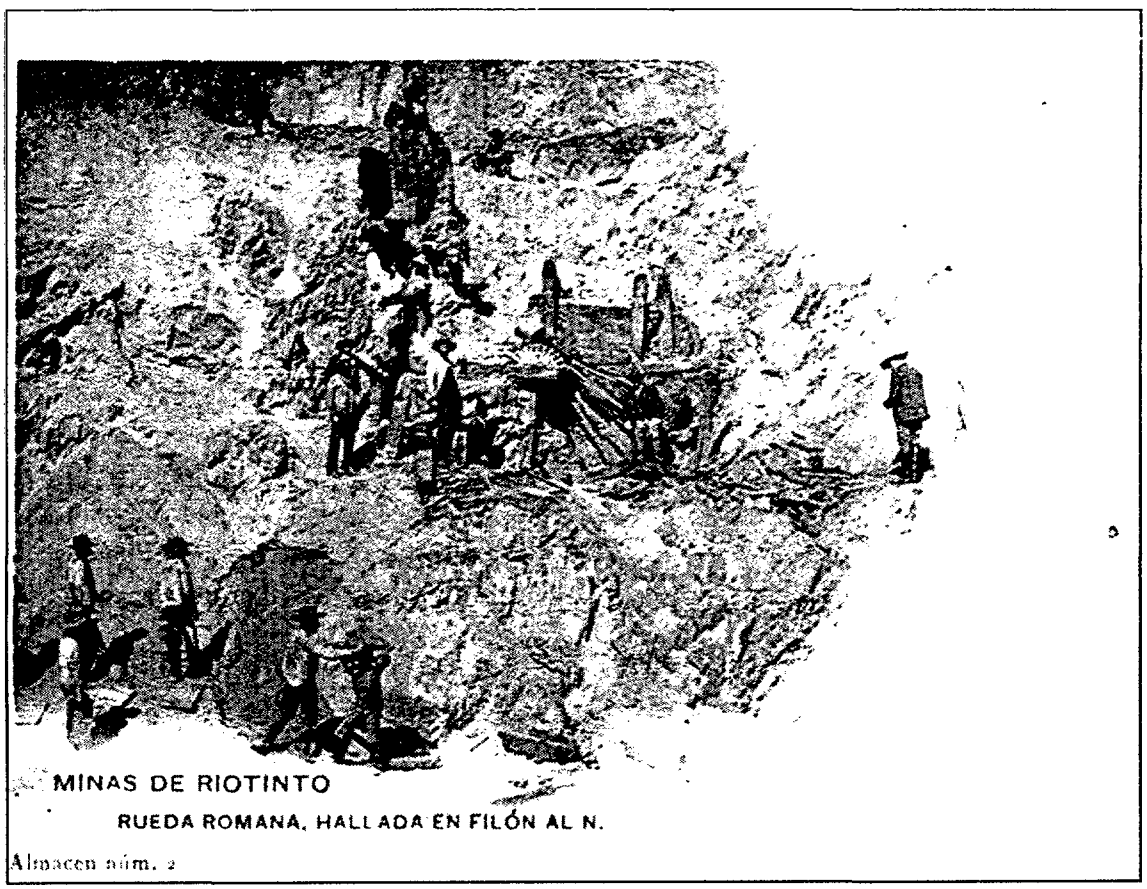


Foto nº 5: Noria romana hallada en Filón Norte. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

La iluminación interior se realizaba por medio de pozos gemelos que ponían en contacto las galerías con el exterior, que iban siguiendo la dirección del yacimiento y que también servían para orientación en las galerías subterráneas, estas parejas se encontraban a poca distancia unas de otras, y por la luz de las lucernas de barro alimentadas con aceite (que también servían para medir el tiempo), colocadas en unos nichos abiertos en las paredes laterales de las galerías (lucernarios).

R.E. PALMER (1927) describe una labor romana situada en el Filón San Dionisio, constituida por cuatro socavones que seguían el curso de un barranco cuyas cotas eran 390; 376; 348; 320 metros sobre el nivel del mar, con longitudes

de 100; 250; 600 y 925 metros respectivamente. Estaban conectadas a la superficie por pocillos, con secciones rectangulares en las zonas de menor competencia de la roca, que se encontraban entibadas, y circulares en el resto, aunque siempre de reducidas dimensiones, de poco más de un metro de diámetro. El socavón mayor estaba atravesado por 29 pocillos, alcanzando el de mayor profundidad los 84 metros, siendo la distancia máxima entre pocillos de 24 metros y la mínima de 15 metros. También describe algunas galerías entibadas, con madera de encina y alcornoque, de la zona de Pozos Amargos.

La figura nº 21 recoge varias secciones de pozos y socavones romanos descubiertos en Riotinto.

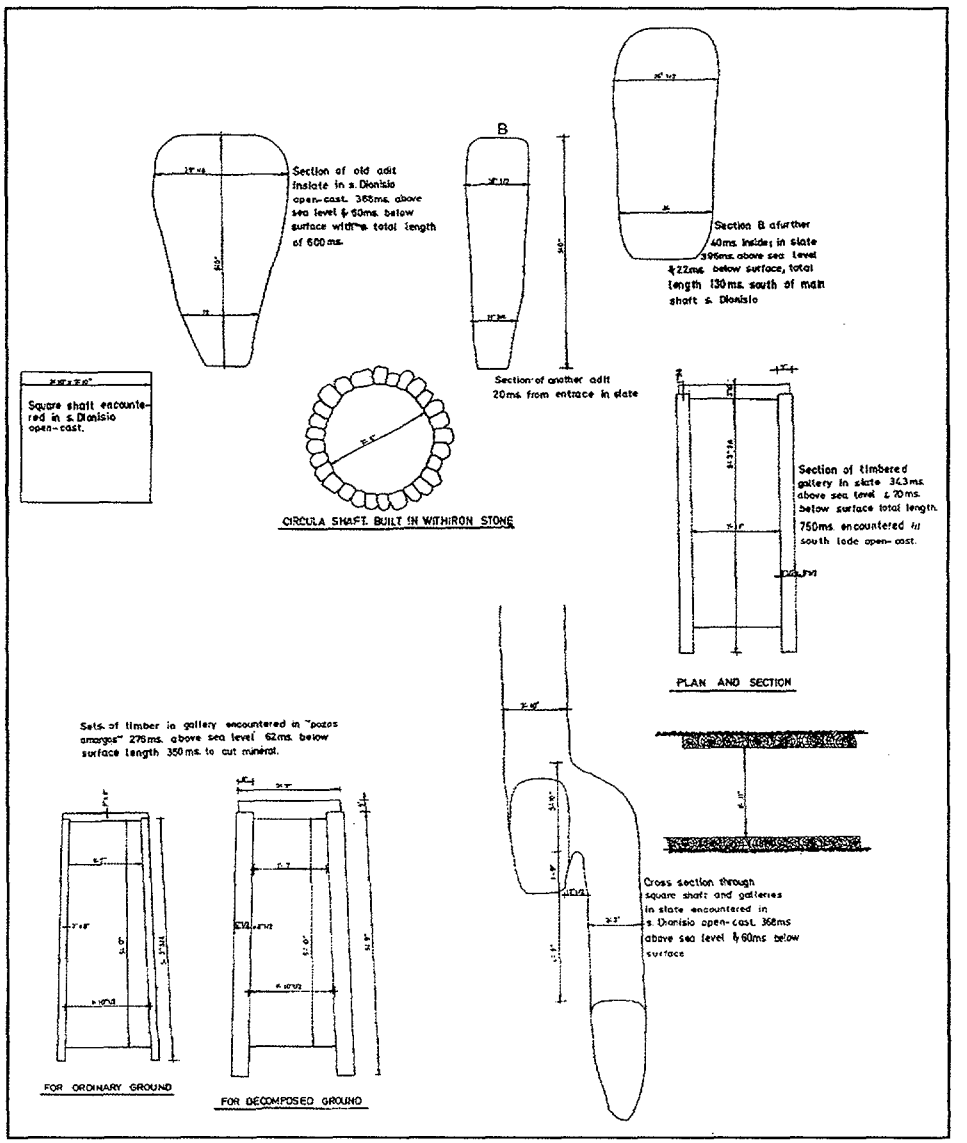


Fig. 21: Varias secciones de pozos y socavones romanos descubiertos en Riotinto. Fuente: FLORES CABALLERO, 1981 a, 72

Se deduce de los enormes depósitos de escorias y la cantidad de carbón necesario para producirlas, que las minas del Suroeste no fueron explotadas por compañías particulares o arrendatarios, sino como monopolio estatal, a cuyo frente se encontraba el Procurator Metallorum, que en los casos que se conoce, fue siempre un liberto imperial, generalmente de origen oriental. Las funciones de estos procuradores serían fiscales y relativas a la organización y control técnico de las minas (FERNÁNDEZ POSSE et. al., 1996, 85).

Para la salida del cobre y la plata, se ofrecían dos alternativas, una partiendo desde Riotinto con dirección hacia Sevilla y desde aquí a la desembocadura del Guadalquivir, un camino de enormes dificultades por lo montañoso de la zona que atraviesa, y otra desde Riotinto hacia Niebla, siguiendo el curso del río Tinto, para desde aquí y dada la navegabilidad del río, alcanzar el puerto atlántico de Huelva. LUZÓN se decanta por esta segunda alternativa dado su menor recorrido y la existencia de un embarcadero romano en Niebla.

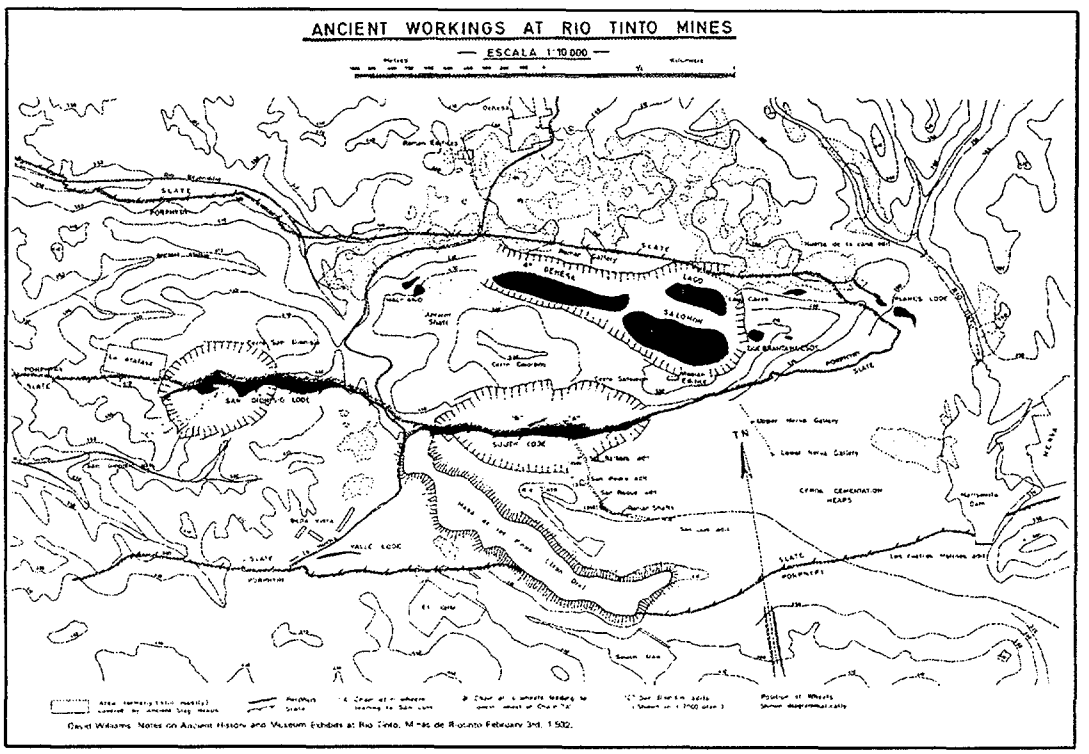


Fig. 22: Trabajos antiguos en las minas de Riotinto. Fuente: FLORES CABALLERO, 1981 a, 60

Debemos destacar el alto nivel tecnológico de los romanos, como geólogos, mineros y metalúrgicos, prácticamente no existe ningún indicio o yacimiento minero de la provincia de Huelva que no haya sido investigado, o explotado y beneficiado por ellos, sin brújula para la orientación de las galerías, sin maquinaria, sin explosivos tan necesarios para vencer la dureza de las rocas y sin horno alto para el beneficio de los minerales.

La actividad minera de los romanos fue realmente intensa, como demuestran los inmensos escoriales (nueve millones de toneladas), en su mayor parte romanos, los más de 1.000 pozos, distribuidos por parejas y los 13 socavones, que existían en la década de 1870 en Riotinto.

4.2.1 Los sistemas de desagüe romanos y su funcionamiento

4.2.1.1 La bomba de CTESIBIO

En España sólo se ha hallado un ejemplar, que fue descubierto en la mina de Sotiel Coronada en la traviesa 25 del tercer piso, estando fijada al suelo por una obra de mampostería.

La bomba consta de dos recipientes gemelos de bronce unidos por un tubo en forma de horquilla, al que se ajusta otro conducto vertical llamado trompa. Tanto los recipientes como los tubos llevan un juego de válvulas, de gran precisión, que abren o cierran el paso del agua. En estos dos recipientes cilíndricos hay sendos pistones debidamente torneados y engrasados que se accionan por medio de barras y palancas. El movimiento de esos pistones hace que el agua se ponga en movimiento y siga el camino a que le obligan las válvulas, elevándose el agua de forma continua a través del tubo central (FLORES CABALLERO, 1981, 82).

4.2.1.2 La galería inclinada

Se utilizaba este procedimiento en minería de montaña, en la que es posible desaguar por diferencias de niveles del interior de la mina a un nivel más bajo del exterior.

Según DAVIES en Riotinto se utilizaron trece de estos socavones: nueve al sur y cuatro al Norte del Cerro Salomón, en época moderna se han utilizado para extraerle el cobre por cementación a las aguas ácidas que salían de ellos (FLORES CABALLERO, 1981 a, 83).

4.2.1.3 El tornillo hidráulico

Consistía en el tornillo sin fin inventado por Arquímedes durante su viaje a Egipto.

Se construía totalmente de madera. En un tronco redondeado se trazaban a lo largo ocho líneas paralelas equidistantes entre sí, estas líneas se cortaban por otras, también equidistantes, y separadas por un octavo de circunferencia del eje. Por los puntos de intersección de unas líneas y otras se iban pasando unos listones, de madera flexible, clavados firmemente y pegados entre sí con brea. Estas tiras de maderas eran las que, al quedar fijas en espiral sobre el tronco, formaban el caracol o tornillo. Finalmente, esta pieza se recubría con duelas de madera formando un cilindro envolvente de la pieza anterior.

Todo el conjunto iba embreado y sólidamente sujeto con una cuerda enrollada. El juego de tornillos comprendía tres piezas colocadas unas encima de otras.

Según GONZALO TARÍN (1888, T. II, 503) en Sotiel Coronada se encontró una combinación de este sistema con el de la polea por cangilones. La polea elevaba el agua a un pilón y un juego de tornillos lo hacía desde el pilón a la superficie.

En la actualidad se conserva uno de estos ejemplares en el Departamento Arqueológico de la Universidad de Liverpool (FLORES CABALLERO, 1981 a, 84).

4.2.1.4 La noria romana o rueda hidráulica

Por ser quizás el más usado, es el procedimiento de desagüe del que más documentación existe y más ejemplares se han encontrado. De ellas se han encontrado numerosos ejemplares en las minas de Santo Domingo (Portugal), Tharsis y Riotinto; de 1886 a 1932 se encontraron en Riotinto más de cuarenta ruedas hidráulicas.

Trabajaban estas ruedas por parejas, colocándose de forma sucesiva a distintos niveles hasta llevar el agua al socavón de salida de la mina (figuras 23 a 27), y eran movidas por el peso de un hombre que se situaba en su parte superior.

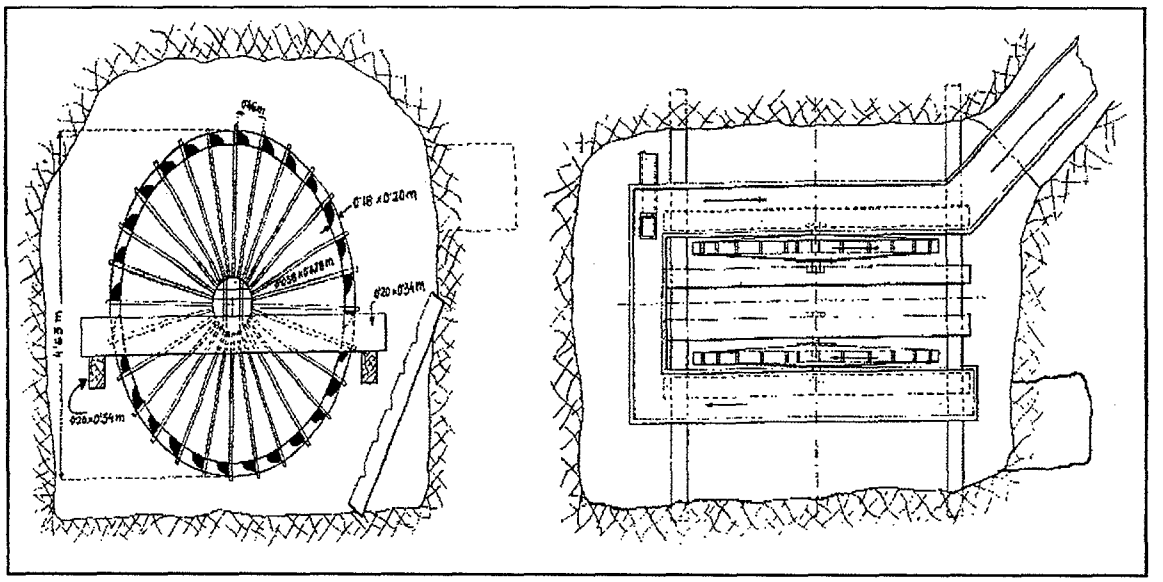


Fig. 23: Alzado y planta explicando el funcionamiento y colocación de las parejas de ruedas hidráulicas encontradas en la cota 309 m. sobre Huelva (Riotinto). Fuente: PALMER, 1927, 300

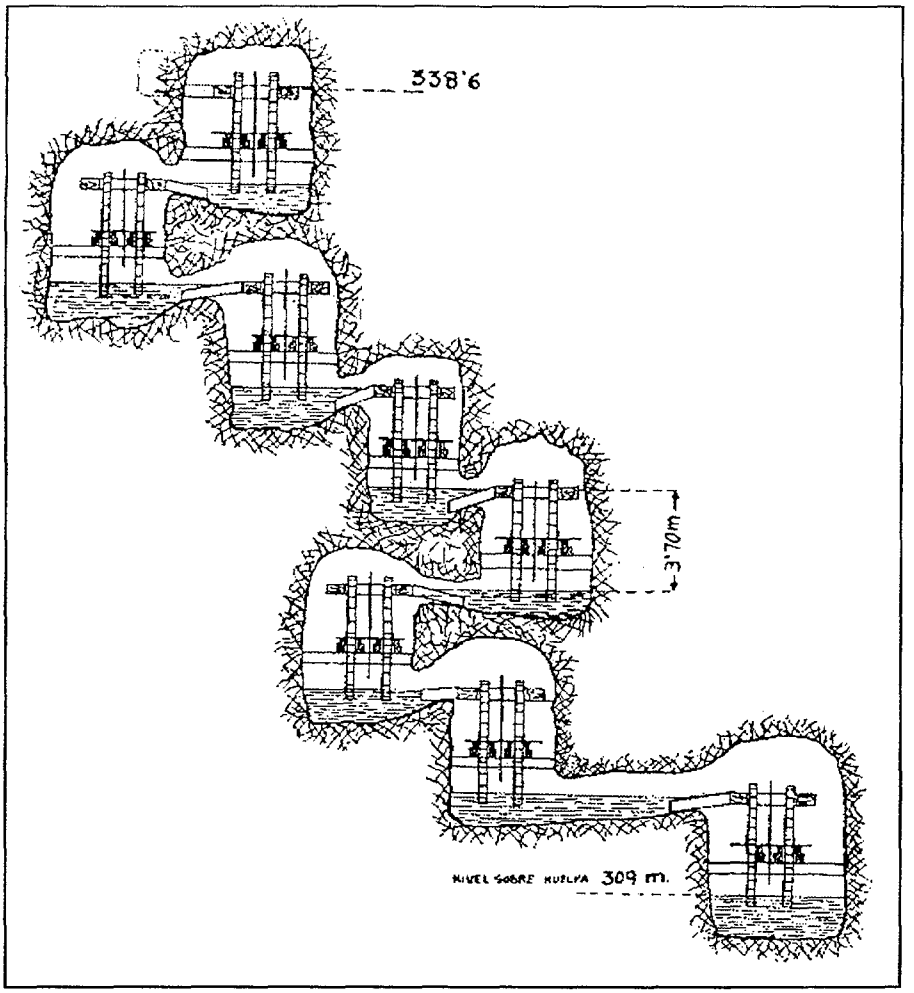


Fig. 24: Esquema de la colocación de norias romanas descubiertas de 1919 a 1921, en el Filón Sur (Riotinto). Fuente: PALMER, 1927, 303

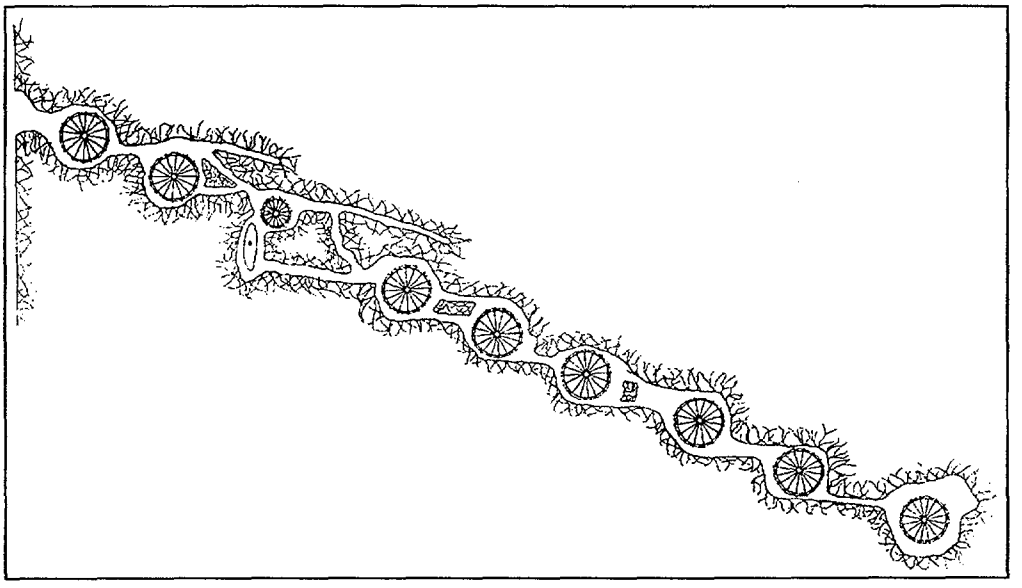


Fig. 25: Conjunto de norias romanas encontradas en el interior de las Minas de Santo Domingo (Portugal). Fuente: LUZÓN, 1968, 108

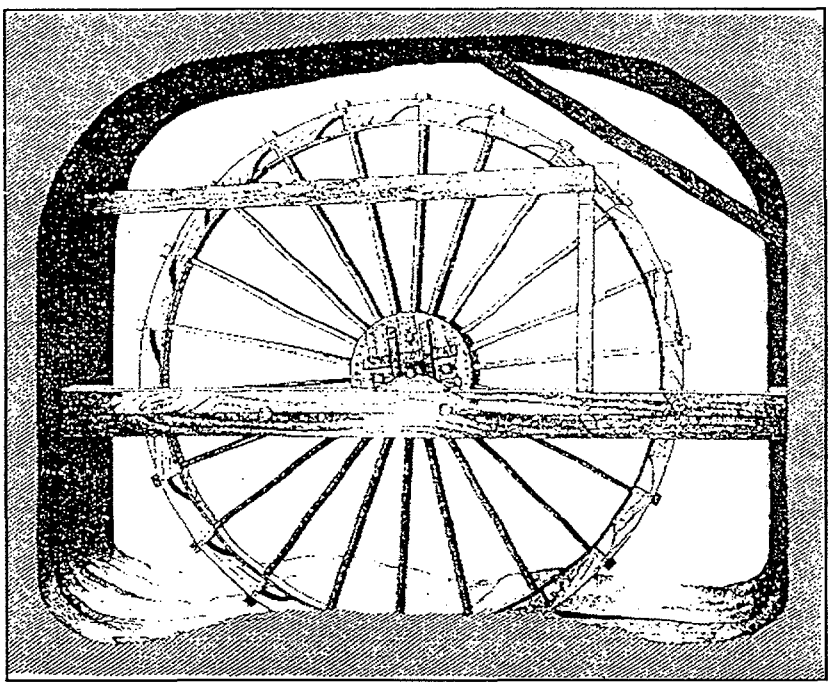


Fig. 26: Rueda romana establecida en las Minas de Santo Domingo (Portugal)
Fuente: GONZALO TARÍN, 1888, T. II, lámina 5ª

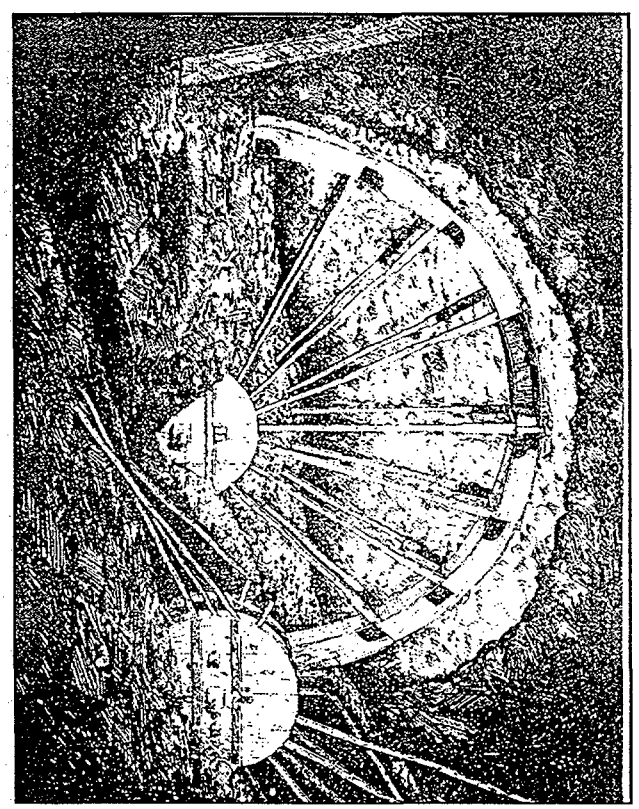


Fig. 27: Rueda hidráulica romana encontrada en el Filón Norte en el mes de Junio de 1886
Fuente: GONZALO TARÍN, 1888, T. II lámina 6ª

Entre 1919 y 1921 se encontraron en el Filón Sur de Riotinto un conjunto de ocho parejas de ruedas, en el Filón Norte de Tharsis se encontraron en el siglo XIX un juego de siete parejas y nueve se encontraron en Santo Domingo (Portugal).

La gran mayoría de estas norias aparecieron enterradas, entera o parcialmente, por lo que su estado de deterioro era grande, aunque se han podido recuperar algunos ejemplares intactos, como los que se conservan en el Museo Británico y en el Museo de Arqueología de Huelva.

Estas ruedas están construidas enteramente en madera de pino flandes, pino rija y más raramente de encina, la madera la empleaban incluso en las uniones. El eje de la rueda era el único elemento metálico, formado por una pieza de bronce que evitaba la corrosión por las aguas ácidas.

La construcción de estas ruedas se realizaba al diámetro que fuese necesario, y en su contorno se instalaban una serie de cangilones embreados. La rueda giraba por el peso de un hombre situado sobre ella, vaciándose los cangilones por la parte más alta, recogiéndose las aguas en unas conducciones de madera, que la llevaban a la galería del nivel superior (FLORES CABALLERO, 1981 a, 85).

Fig. 28: Reproducción de la rueda hidráulica romana, encontrada en 1928 en las excavaciones de la Masa Planes, con diámetro exterior de 14 pies. Fuente: FLORES CABALLERO, 1981 a, 88

4.3 La minería desde la rehabilitación (1725) de las minas a 1784

Durante los dos años que estuvo al frente de las minas WOLTERS (+1727) sólo pudo realizar labores de desagüe y beneficio de algunas partidas de caparrosa. Comentaba ALDANA (1875, 136) que EZQUERRA dedica unas cuantas líneas muy poco benévolas a WOLTERS, dice:

> *"El Sr. WOLTERS no debió ser minero allá en su país; se colocó muy mal para el objeto de restablecer las labores antiguas, y no consiguió otro resultado que la fabricación de un poco de caparrosa verde".*

Tanto mayor su mérito no siendo minero, y consiguiendo en país extranjero lo que no habían logrado sus nacionales desde que cesó la explotación romana. Esta es, pues, una observación poco feliz, y es lástima que el Sr. EZQUERRA no hubiese dicho como debía haberse colocado, porque entonces se hubiera podido comparar uno con otro punto; pero WOLTERS hizo lo que a mediados del siglo XIX han hecho todos los que en la provincia de Huelva han puesto a descubierto los criaderos de cobre, que es seguir la línea de galerías de desagüe indicadas por los pozos, y donde éstos terminan, considerar se halla la masa.

Esto es lo que se hizo desde 1853 en adelante, en Alosno, Calañas, Buitrón y otros puntos de la provincia de Huelva, después de todo lo que escribió el Sr. EZQUERRA sobre las minas de Riotinto, y por lo tanto, no anduvo WOLTERS tan poco acertado, como aquel autor quiso suponer, ni se le puede recriminar de indolencia ni de torpeza, porque en un año no consiguiera más que fabricar un poco de caparrosa.

Le sucedió su sobrino TIQUET, cuya etapa al frente de las minas puede dividirse en dos periodos, desde 1727 hasta 1746, en que el pleito de la duquesa de POWIS tuvo paralizadas las minas hasta 1746, en que se reintegró a ellas TIQUET, y desde esta fecha hasta su fallecimiento; es decir, que el primer periodo duró diecinueve años y doce el segundo.

El primer período fue de ensayos, tanto en el descubrimiento de la masa, como en el contenido y condiciones del mineral y procedimientos para reducirlo a metal. En el segundo periodo se comenzó la explotación de mineral y su beneficio por vía seca.

TIQUET continuó las labores de desagüe y limpieza de las antiguas galerías romanas. De esta etapa no existen antecedentes que se refieran a las circunstancias del yacimiento y solo se sabe que, según decía TIQUET, que eran inmensos y podía sacarse de ellos lo que se quisiese, y que la ley desigual en cobre de los minerales era un gran obstáculo para la resolución del problema de la fundición, pues necesitándose minerales de un contenido mayor del 4% en cobre, y no alcanzando esta cifra la mayor parte de los que en los trabajos se presentaban, tuvo que arrancar una gran cantidad de mena, que no podía aprovechar mas que para la producción de caparrosa.

Tal circunstancia le obligó a ejecutar los trabajos siguiendo en lo posible las partes más ricas, resultando de ello las labores desordenadas (GONZALO TARÍN, 1888, T. II, 272).

El 22 de Julio de 1753 informa TIQUET a los accionistas la paralización de las obras de construcción de las fábricas de vitriolo y caparrosa, cuyo motivo es el de limpiar las dos cañerías, con lo que se habría logrado más agua para las fundiciones (el agua movía los fuelles) y que los pozos San José y San Cristóbal amenazan una pronta ruina de no repararlos en breve tiempo, pues de lo contrario quedarán enteramente perdidas aquellas minas, sin que pueda encontrar caudal para los necesarios reparos (ALDANA, 1875, 50).

En Octubre de 1753 comunicaba TIQUET a los accionistas que "*con sus incesantes fatigas ha descubierto otra cañería de los antiguos, debajo de la que antiguamente se había descubierto, que tiene 22 pozos más, pero que una y otra necesitan limpiarse y fortificarse, y aunque empezó el obra tuvo que suspenderla, por los costos de la madera, porque la villa de Zalamea no le permite tomarla, a pesar de la Real Cédula y capítulo 49 de las Ordenanzas de Minas, y aunque acudió con despacho del comisario de Marina, para hacer la última casa de fundición, en que se prevenía que cortando en el término de la villa pagase lo que apreciase la justicia y en los valdíos sin pagarla, la justicia no permitió, diciendo que los valdíos los tenía tanteados, siéndole*

preciso comprar madera fuera y aunque las más de las veces hará esto, para las urgencias prontas se te guarden sus privilegios" comenzando aquí la oposición de la población de Zalamea la Real a la actividad minera, oposición que se verá acentuada a lo largo del siglo XIX con las calcinaciones al aire libre (ALDANA, 1875, 48).

RUA FIGUEROA (1859, 165) dice que los productos existentes en las minas a fecha 11 de septiembre de 1758 en que muere TIQUET, no bastaban para cubrir los capitales invertidos, siendo las deudas contraídas superiores a 30.000 duros, dejando en fincas el escaso valor de 500 reales. El estado de las minas era el siguiente: doce casas, una fundición, una afinación, un pozo para sacar mineral y dos huertas, todo ello completamente arruinado.

El cuadro XIV Recuperación de cobre por fundición y mineral extraído de mina durante el real asiento de SAMUEL TIQUET (1727-1758), se ha elaborado partiendo de una ley del mineral en cobre del 2,65%, obtenida por media ponderada de datos suministrados por RUA FIGUEROA (1868, 264), y los datos del cuadro XIII Producciones de las minas de Riotinto 1779-1783 en kg. De este último cuadro sabemos que la recuperación media de cobre era del 2,28%, lo que supone una pérdida del 0,37%, que hace un 16,23% de cobre respecto de la recuperación teórica, por tanto para calcular el mineral extraído de mina, primero hemos calculado el cobre recuperable teórico que corresponde al 2,65% del mineral, y a partir de aquí hemos calculado el mineral extraído de mina.

CUADRO XIII

Producciones de las minas y fábricas de Riotinto (1779-1783) en kg.

Año	Mineral extraído de mina	Mineral calcinado entrado en fundición	% de pérdida de peso de mineral calcinado respecto el extraído de mina	Cobre negro producido	% de cobre negro respecto del mineral calcinado	Cobre refinado (roseta)	% de cobre refinado respecto del cobre negro	% de cobre recuperado del mineral
1779	4.033.358	1.418.553	35,17	112.702	7,94	81.734	72,52	2,03
1780	4.009.597	1.500.079	37,41	112.024	7,47	92.822	82,86	2,31
1781	4.418.541	1.582.572	35,82	114.025	7,21	91.539	80,28	2,07
1782	3.100.249	1.438.716	46,41	97.474	6,78	76.400	78,38	2,46
1783	3.697.479	2.360.935	63,85	156.114	6,61	96.828	62,02	2,62
5 años	19.259.224	8.300.855	43,10	592.339	7,14	439.323	74,17	2,28
Media anual	3.851.845	1.660.171	43,10	118.468	7,14	87.865	74,17	2,28

Fuente: RUA FIGUEROA, 1859, 171

CUADRO XIV

Recuperación de cobre por fundición y mineral extraído de mina durante el Real Asiento de SAMUEL TIQUET (1727-1758)

Años	kg. de cobre roseta producido por fundición	kg. de cobre roseta teórico recuperable	kg. de mineral extraído de mina
1727-1736	Sin datos	-	-
1737	300	349	13.158
1738-1741	Sin datos	-	-
1742	300	349	13.158
1743-1746	Sin datos		-
1747	6.924	8.048	303.689
1748	663	771	29.079
1749	622	723	27.281
1750	3.256	3.784	142.809
1751	3.270	3.801	143.423
1752	6.170	7.171	270.619
1753	17.955	20.869	787.513
1754	10.410	12.100	456.587
1755	23.870	27.744	1.046.947
1756	35.270	40.994	1.546.956
1757	24.255	28.192	1.063.833
1758	23.595	27.424	1.034.886
Totales	156.860	182.319	6.879.938

Cobre no recuperado por SAMUEL TIQUET 25.459 kilogramos
*Fuente: RUA FIGUEROA, 1859, 312. * al 11/9/1758*

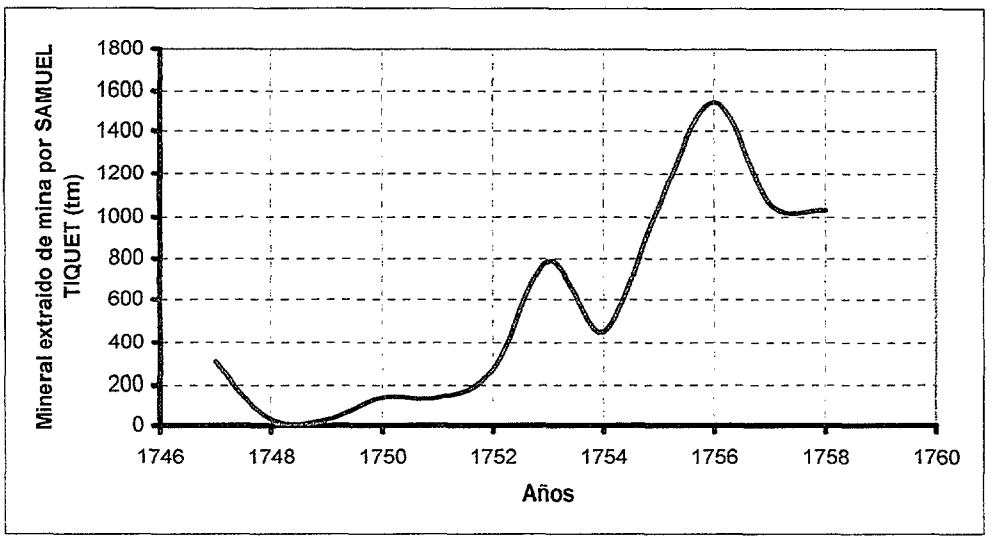


GRÁFICO Nº 3. Producción de mineral del período 1747-1758
(Real Asiento de SAMUEL TIQUET)

A su muerte le sucedió FRANCISCO TOMÁS SANZ realizando durante su mandato una minería de rapiña, aplicando un sistema de laboreo que consistía en seguir las vetas de mineral rico; esta gravísima falta de planificación originó un laberinto de galerías que provocó un muchos puntos de la mina hundimientos que impidieron posteriormente la realización de nuevos trabajos (GONZALO TARÍN, 1888, 273).

El cuatro de Marzo de 1805 se presenta al Rey una solicitud de arriendo de las minas por parte de D. JOSEPH SANZ y D. JOSEPH MUÑOZ DE ARCE hijo y nieto respectivamente de FRANCISCO TOMÁS SANZ, pidiéndose con motivo de esta solicitud informe al administrador de las minas LETONA, que en uno de los párrafos de su informe indica que en época de SANZ no se seguían las reglas del arte minero, que por aprovechar lo mejor inutilizaron parte de la mina, dejando ruinosas otras muchas (ALDANA, 1875, 250-251).

SANZ llevó a cabo la explotación del Filón Sur a través de una contramina denominada Nerva, situada en la falda Sur del Cerro Salomón, ejecutándola a través de tres pozos, denominados San Cristóbal, Santa Bárbara y Santa María, perfectamente entibados, con sus tornos y maromas por donde subía el mineral a la superficie; al principio y hasta que se puso en explotación, el pozo Santa Bárbara sirvió de depósito para guardar las herramientas. En las cercanías de los pozos por donde se extraía el mineral, existían dos plazas o grandes llanos que eran utilizados para la calcinación del mineral y una tercera que se utilizaba como depósito de leña (combustible de los hornos de calcinación). (ALDANA, 1875, 71-72).

Los trabajos de investigación realizados por SANZ en el pozo de Santa Bárbara le permitieron conocer antes de 1765, con cierta aproximación, la posición, forma y dimensiones de la masa de mineral y, ante el fácil arranque y la buena ley del mineral encontrado, comenzó de inmediato en este punto sus explotaciones; aunque, en realidad, lo hizo de modo desacertado, fruto palpable de ese codicioso plan de arranque del mineral, que perjudicó mucho las explotaciones posteriores como hemos indicado anteriormente. Las labores mineras realizadas en el pozo Santa Bárbara, se llevaron a cabo sin otro contacto con el exterior que el propio pozo, hasta que la misma necesidad de

proporcionar ventilación a los trabajos obligó a la apertura de una galería que se denominó la *"Crucijada"*, porque cortaba al criadero en forma de cruz, marchando después hacia la Plaza Santa Bárbara, galería que sirvió de entrada para las posteriores explotaciones hasta casi el final del siglo XIX y que fue conocida como Callejón del Calor (RUA FIGUEROA, 1859, 166-168).

Otros trabajos de investigación que realizó SANZ fueron el desagüe, limpieza y fortificación de la galería alta del Escudo del Carmen, comenzando los trabajos de habilitación de la galería baja o socavón de San Luis, hasta la vertical de la ermita de San Roque, donde se vio obligado a detenerse por su inundación debido a la acumulación de aguas contenidas en las grandes cavidades subterráneas (descubiertas un siglo más tarde). RUA FIGUEROA (1859, 167) dice que, en las lumbreras del socavón de San Luis, SANZ estableció una noria para activar las labores de desagüe de las minas.

En uno de los socavones conocido por el nombre de Nerva (ver Anexo I), situado en la parte Suroeste del Cerro Salomón, se encontró el 31 de julio de 1762 en la galería de San Carlos, a los 112 metros de longitud y 16,30 metros de profundidad, una lámina de cobre de dos milímetros de grueso, fija en uno de los hastiales, y grabada en ella la inscripción siguiente, donde se prueba que en el mandato del emperador NERVA el encargado de estas minas era el procurador PUDENTE (GONZALO TARÍN, T. II, 29-30) (Procurator Metallorum de Riotinto en el año 97 d.C.) (BLANCO FREIJEIRO et al, 1981, 15):

IMP. NERVAE. CAESARI AG
PONTIFICI. MAXIMO. TR.
POTEST. P. P. COS. III.
AVG. III. PVDENS. AVG. LIB.
PROCURATOR
SVO POSVIT

Dicha inscripción ha sido completada del modo siguiente:

IMPERATORE NERVAE, CAESARI AUGUSTO
PONTIFICE MAXIMO, TRIBUNITIS
POTESTATIS, PATRI PATRIAE, CONSULI III
AUGUSTO III. PUVDENS AUGUSTI LIBERTUS.
PROCURATOR
SVO POSVIT.

Cuya traducción es la siguiente:

"Al emperador NERVA César Augusto, pontífice máximo, investido en la potestad tribunicia, padre de la patria, cónsul por tercera vez, designado por cuarta, Pudente, liberto de Augusto, procurador, lo realizó a sus expensas".

Esta lámina se conserva en el Museo Arqueológico Nacional.

SANZ (1762, 2) tenía depositada grandes esperanzas en la galería de San Carlos, comentando que "nos descubría el secreto, hasta ahora ignorado, de la entrada, y desagüe de la mina principal, que cae debajo del antiquísimo Castillo, que las corona, y se llama de Salomón".

El uno de Febrero de 1783, se hizo cargo de las minas la Real Hacienda, continuando SANZ, como administrador hasta su jubilación el siete de Agosto de 1784. En contestación al inventario realizado por FRANCISCO JAVIER DE LARUMBE con fecha 14 de Febrero de 1783 indica SANZ que no se han incluido en el mismo los trabajos subterráneos de la mina, que comprenden tres planos con sus frontones, calles y plazas, de los que se ha extraído el mineral en piedra viva (ALDANA, 1875, 20-116).

Pese a las labores de rapiña practicadas por SANZ, que dejó las minas en un estado ruinoso por falta de planificación y de seguridad de las explotaciones, fue él quien puso el establecimiento a un verdadero nivel industrial.

RUA FIGUEROA (1859) tenía una mejor opinión respecto a la labor realizada por SANZ diciendo que *"entregó aquel establecimiento a la Hacienda Pública con una producción anual de más de 260.000 arrobas de minerales y 6.600 aproximadamente de cobre fino; con varios talleres y almacenes, con un vasto campo*

abierto a la explotación futura, según hacían presagiar los codiciosos arranques de la plaza de Santa Bárbara extendidos hacia las Ánimas a favor del socavón de entrada; con un sistema ordenado de beneficio, con varias fábricas destinadas a este objeto y con un personal, en fin, adiestrado ya en las penosas faenas de la minería".

GÓMEZ DE SALAZAR (1870, 179) también consideraba que SANZ había realizado una labor importante al frente de las minas: "*Este periodo (se refiere al de los asentistas), cuya primera y mayor parte se consumió en cuestiones y preparativos desordenados, resalta en su final por la perseverancia e inteligente dirección de D. FRANCISCO TOMÁS SANZ, que supo organizar una marcha verdaderamente industrial y provechosa; más ese tiempo fue corto y las labores, limitadas a utilizar los primeros pisos en solo un criadero, no pudieron avanzar a las profundidades de los explotadores antiguos, si bien dieron a conocer la gran importancia de aquellas minas*".

La producción media anual de mineral del periodo 1779-1783, como se refleja en el cuadro XV era de 3.851 toneladas, que daban lugar a 87,8 toneladas de cobre refinado, cantidad ciertamente considerable para la época, si tenemos en cuenta que la producción media anual de todas las minas inglesas durante el periodo 1766-1775 fue de 26.427 toneladas anuales de mineral, suponiendo por tanto el 14,6% de la producción inglesa (FLORES CABALLERO, 1983, 43).

El término de Zalamea la Real, en el que estaban incluidas las minas, contaba con una Ordenanzas, ante unos recursos escasos, que son modelo de normativa ecológica, lo que le ocasionó a SANZ más de un enfrentamiento con el pueblo por la tala de madera (Anexo IX).

CUADRO XV

Recuperación de cobre por fundición y mineral extraído de mina por FCO. TOMÁS SANZ (1758-1783)

Años	kg. de cobre roseta producido por fundición	kg. de cobre roseta teórico recuperable	kg. de mineral extraído de mina
1758 *	11.619	13.505	509.614
1759	36.591	42.530	1.604.895
1760	60.630	70.470	2.659.255
1761	70.300	81.710	3.083.385
1762	53.841	62.579	2.361.487
1763	84.724	98.475	3.716.027
1764	65.337	75.941	2.865.705
1765	46.726	54.310	2.049.420
1766	51.851	60.266	2.274.204
1767	62.042	72.111	2.721.186
1768	78.593	91.349	3.447.119
1769	64.153	74.565	2.813.775
1770	65.159	75.734	2.857.898
1771	76.776	89.237	3.367.424
1772	82.930	96.390	3.637.341
1773	73.935	85.935	3.242.817
1774	79.605	92.525	3.491.505
1775	92.246	107.218	4.045.944
1776	93.166	108.287	4.086.296
1777	108.119	125.667	4.742.140
1778	105.901	123.089	4.644.858
1779	81.734	94.999	4.033.358 ***
1780	92.822	107.887	4.009.597 ***
1781	91.539	106.396	4.418.541 ***
1782	76.400	88.800	3.100.249 ***
1783 **	13.736	2.15.965	524.672 ***
Totales	1.820.475	2.115.940	80.308.712

Cobre no recuperado por SANZ: 295.465 kilogramos. Fuente: RUA FIGUEROA, 1859, 312

** Desde el 11/9/1758 al 31/12/1758.*

*** Al 31/1/1783.*

**** Valores reales dados por el Contador-Interventor Sr. Cianca.*

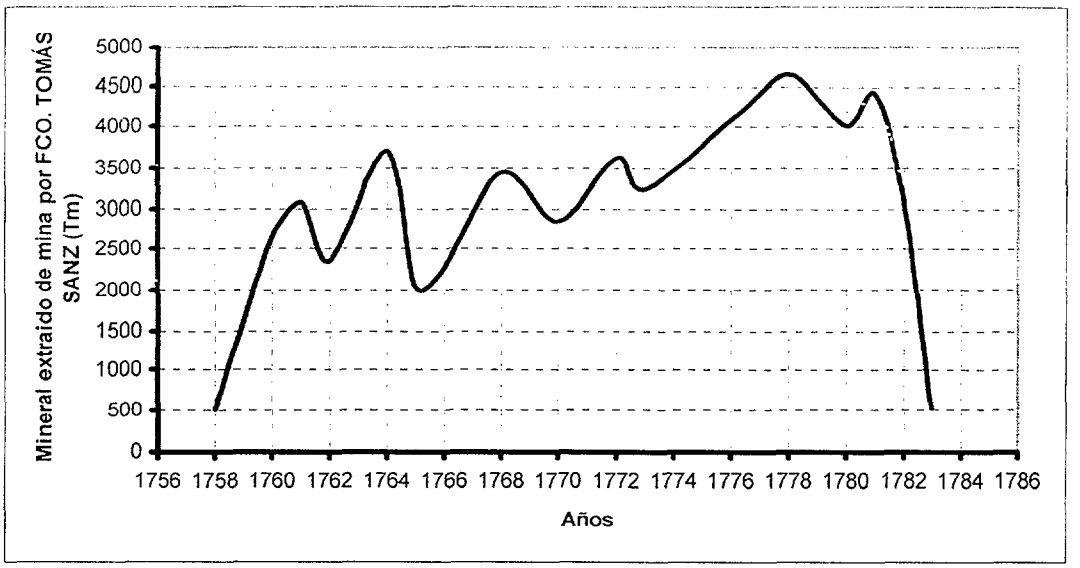


GRÁFICO Nº 4. Mineral extraído de mina por FRANCISCO TOMÁS SANZ (1758-1783)

4.4 La minería durante la primera etapa del Estado (1783-1829)

Corresponde este periodo a la explotación directa del establecimiento minero por la Real Hacienda. En él podemos distinguir dos etapas, una primera que abarca desde 1783 a 1797 en que se pierde la batalla del Cabo de San Vicente, que fue la más brillante y productiva, y una segunda de total abandono del establecimiento a su suerte en que se paralizan las labores de extracción en 1810 y no se reanudan hasta 1824, produciéndose sólo algún cobre por cementación natural. En 1823 visitó las minas ELHUYAR y como consecuencia de su informe se dictó una Real Orden de uno de Enero de 1825 que pretendía reorganizar los trabajos e introducir importantes mejoras, que no llegaron a realizarse, apostando el Ministerio de Hacienda por un nuevo arrendamiento.

En este periodo se establece la celebración de unas juntas semanales, cuyo objetivo era establecer la organización, planificación, coordinación y toma de decisiones, a las que asistían las personas que desempeñaban cargos de responsabilidad y todos aquellos facultativos cuyo asesoramiento fuera preciso (se asemejaban estas juntas a las que hoy en día se celebran en cualquier

empresa). En la Junta celebrada el nueve de Noviembre de 1784, se acordó el reconocimiento del terreno más adecuado para hacer cata y cala de la "*Cañería de Nerva*", a fin de conocer la calidad de los minerales, que se presumía buena en virtud de los trabajos realizados en este lugar el año 1772, lo que permitió realizar importantes avances en las labores de explotación, pudiendo señalarse la apertura de los pozos "*La Pastora*" *y* "*Las Animas*", este último construido con la finalidad de ventilar los minados del mismo nombre, que por aquellas fechas eran los más productivos (RUA FIGUEROA, 1859, 183-185).

Sucedió a SANZ como administrador MANUEL AGUIRRE y HORCASITAS, que entre el desorden que el primero dejó y el carácter a veces violento y desigual de su sucesor, produjeron escisiones entre el personal de aquella finca industrial, lo cual dio lugar a que el 29 de Diciembre de 1786 se confiriese, de Real Orden, a MELCHOR JIMÉNEZ el cargo de AGUIRRE. En igual fecha se nombró en comisión especial a FRANCISCO ANGULO[9] (Anexo X) con dos auxiliares, para reconocer las minas y proponer al administrador y subdelegado de ellas, JIMÉNEZ, todo lo que juzgase por conveniente al buen régimen del establecimiento.

En la descripción de los trabajos de Riotinto que, con fecha 30 de Enero de 1787, remitió ANGULO al Ministerio de Hacienda, y en las instrucciones que dejó al administrador JIMÉNEZ, se queja de la falta de planos, sin los cuales no puede hacerse nada con acierto; recomienda encarecidamente la necesidad de que se dedique el personal necesario para la realización de estas labores que deberán ser inteligentes en la geometría subterránea y arte de levantar; crítica el sistema de extracción a brazo con tomos, por lo pesado y costoso, dando la idea de establecer un malacate movido por caballerías en el pozo de la Animas; se queja de la manera de realizar la calcinación de los minerales, donde no encuentra la economía debida, y halla defectuosos los trabajos del exterior, arrastres, fundición, etc., por lo cual recuerda que, sin personas entendidas en la mineralurgia y metalurgia, no se podrá hacer nada de provecho.

[9] FCO. ANGULO estuvo pensionado en Alemania y después fue nombrado Inspector General de las minas del reino: era hombre de amplios conocimientos, no sólo en el ramo de la minería, sino también en el de Administración, a lo que debió más tarde la cartera de Hacienda.

Las observaciones de tan entendido técnico, produjeron el efecto deseado en el Ministerio de Hacienda, que autorizó a ANGULO la construcción del malacate y las casas de operarios que propuso, con sujeción a los planos y presupuestos realizados. También mandó a Riotinto al ingeniero alemán LEOPOLDO STOUTZ, subinspector de minas que había sido en Francia, contratado entonces para servir en España; disponiéndose, al propio tiempo, que lo acompañase el joven ENRIQUE SCHNELL, como sujeto instruido en matemáticas, arquitectura y dibujo.

En su informe al Ministro de Hacienda decía ANGULO:

"Mina, Baste su inspección para conocer el mal método seguido, excavando el mejor mineral sin previsión a lo futuro. La plaza arruinada de San Gabriel y el estado de las de San Alejandro, Santa Bárbara y Santa Isabel, que da horror al que pasa por ellas, manifiesta esta verdad, la cual está más patente en el plano levantado, de que dejo copia al Administrador para que sirva de guía. Por él se ve que, lejos de corresponderse mutuamente los pilares de los diferentes planes, suelen caer los superiores encima de alguna de las grandes excavaciones inferiores, precipitando así con su peso la ruina futura. Hay algunos parajes en donde los suelos que separan los planes tienen apenas un pie de grueso, y aún tendrían menos sí los agujeros formados con los barrenos no hubiesen avisado de la proximidad de la plaza inferior. Deben evitarse en lo sucesivo estos defectos, dando a las calles la altura y anchura que se acostumbra, y procurando que los macizos de los diferentes planes se correspondan unos con otros, y que los suelos lleven el grueso correspondiente.

Hubiera sido fácil y económico, en un principio, formar pilares de piedras rodadas de la superficie para sostener los cielos, a medida que se extraía el mineral, ahora, sobre costoso, es imposible trabajar de seguido en algunos puntos, sin arriesgar la vida de los trabajadores. Lo que debe hacerse es asegurar aquellos puntos que sirven de paso, como comenzó D. MANUEL DE AGUIRRE en la plaza de Santa

Bárbara, y debe continuarse hasta la de la barandilla, asegurando esta comunicación hasta abrir otra más útil, lo mismo en la plaza de San Alejandro o San Pancracio, y siendo los empiedros más seguros que los entibos y más baratos, deben preferirse, arrancándolos con medio frente de ladrillo bien cocido y guarneciéndolas bien por los lados y por encima de piedras; que las calles vayan con algún declive hacia la calle principal, y esta hacía el pozo para favorecer el acarreo".

Propone luego la habilitación del pozo San Gabriel para pozo maestro por estar hacia el centro de la mina, a cuyo efecto dicta las disposiciones necesarias. Proscribe las agujas de hierro para los barrenos, y dicta también reglas para la organización del trabajo. Propone que el transporte interior se haga con carritos de cuatro ruedas, en lugar de hacerlo con barcales, y así sucesivamente se va ocupando de todas las demás faenas de la mina, tanto en el ramo de la calcinación como en el de la fundición y afino de los cobres, proponiendo hornos de reverbero para esta última operación (GONZALO TARÍN, 1888, 274-276) aunque no se instalaron hasta 1831 coincidiendo con el alquiler de REMISA. A fin de evitar despilfarros, aconsejaba también que el ritmo de extracción de los minerales se realizara en función de las necesidades de consumo, al menos mientras el método existente para recuperar el cobre, fuese el de las calcinaciones. Porque las existencias de mineral acumuladas en el exterior se desmenuzaban con las lluvias y la humedad, dejando de ser útil el mineral en los hornos de calcinación. Ciertamente, este mineral pulverizado tapaba los huecos en el interior de los hornos, impidiendo la entrada del aire, cortando el fuego. Esto justificaba la existencia en Riotinto de grandes cantidades de mineral en polvo (conocidos como "*tierras*") que se habían arrojado a las escombreras.

ANGULO manifiesta también la escasez de mano de obra en las minas y describe el sistema de destajos utilizado en Riotinto, similar al utilizado en otras minas de la península ibérica, conforme al cual, cada capataz contrataba a sus obreros para las labores de interior de mina, que se encargaba de extraer el mineral del sector especificado en el contrato y recibía un precio fijo (calculado

de acuerdo con la supuesta facilidad o dificultad del trabajo en el sector) por cada tonelada de mineral extraído. El capataz, por su parte, ajustaba los jornales de su cuadrilla al precio de la tonelada de mineral extraído; así, normalmente, el especialista percibía cuatro reales y medio; los mineros, de dos reales y medio a cuatro y medio, y los niños, entre un real y dos reales y medio; todos ellos salarios diarios.

Los mineros padecían grandes oscilaciones en su jornal, porque la dureza o blandura de los minerales podía variar inesperadamente. A veces, apenas recibían dinero; en otras ocasiones, con suerte, podían ganar doce reales o más al día. En este último caso, muchos trabajadores dejaban de ir a la mina mientras les quedaban recursos.

Manifestaba ANGULO que había buenos mineros, pero que eran escasos, existiendo también un grave problema de absentismo, pues en verano el personal se marchaba a los campos de los alrededores a realizar la siega, dado que el campo ofrecía mejores jornales. Para solucionar estos problemas propuso elevar los sueldos y establecer un sistema de beneficios sociales.

En cuanto a la remuneración del personal, deseaba eliminar el sistema de destajos, aunque no consideraba conveniente pagar un jornal fijo, entendiendo que ello disminuiría la productividad; propuso que se establecieran jornales flexibles por semanas completas, que evitarán los contrastes entre meses muy provechosos y meses con poca remuneración, sin embargo el sistema siguió vigente hasta principios del siglo XIX.

En cuanto a los beneficios sociales, como medio de dar alicientes al personal, con objeto de hacer atractivo el trabajo en la mina y de esta forma aumentar la plantilla, propuso: la construcción de viviendas, la concesión de algunos privilegios (p.e. la exención del Servicio Militar a los mineros); la formación de una caja o fondo para inválidos y enfermos, constituido por determinadas aportaciones, unas procedentes de los trabajadores y otras de los beneficios de la mina, para conseguir una remuneración en caso de enfermedad; y la creación de un sistema de pensiones para las viudas.

Su plan de beneficios sociales lo consensuó con los mineros, y debía de constituir un importantísimo avance para su tiempo, aunque no llegó a

culminarse. El plan de pensiones, conforme al pensamiento de la época, se desentendía de las jubilaciones, partiendo de la idea de que el mantenimiento de los ancianos era un deber de su propia familia, y se centraba en la ayuda a los enfermos que era una auténtica preocupación de los trabajadores. Para resolver este último problema proponía la creación de una Caja de Ahorros destinada al socorro de enfermos e inválidos, considerando para ello divididos a los obreros en tres clases: comprendía en la primera a los muchachos que, ganando desde un real hasta 2 ½ diarios, habrían de contribuir semanalmente con 1/4 de real para gozar de un real diario mientras estuviesen enfermos; en la segunda los operarios que, ganando desde 2 ½ hasta 4 ½ reales, contribuirían con 1/2 real semanal y gozarían de 1 ½ reales durante sus enfermedades; y en la tercera los de un jornal de 4 ½ reales o más que, dejando semanalmente un real, gozarían de 3 reales diarios en la situación dicha. Además, todos tendrían botica pagada y la libertad de alistarse en la clase que quisieran, pagando a proporción.

También se propuso que el dinero que faltase para este fondo se cubriese por aportaciones de los beneficios obtenidos en el economato propiedad del Estado. Los obreros, por su parte, le pidieron que elevase al Ministerio de Hacienda la propuesta de que, cuando el fondo fuera bastante grande, se usara para pagar las pensiones de las viudas y huérfanos (ALDANA, 1859, 154-1559).

Las propuestas de mejoras de ANGULO, fueron en su mayoría aprobadas, pues concordaban con la política de reactivación nacional patrocinada por Carlos III, ampliando las concesiones reguladas en la Real Cédula de 12 de Mayo de 1772, mediante una Real Instrucción de 14 de Mayo de 1788, pasando todos los trabajadores de las minas (no sólo los específicamente mineros) a estar eximidos de la obligación de prestar el Servicio Militar mientras trabajasen en ellas (Anexo XI) (RUA FIGUEROA, 1859, 168).

En Julio de 1788 fue nombrado otra vez AGUIRRE administrador de las minas, efectuando durante los tres años que permaneció en el establecimiento, el amojonamiento y deslinde del término de aquéllas y la construcción de la iglesia.

Vuelto JIMÉNEZ en 1791 al mismo destino, elevó notablemente la producción de cobre. Por aquella época subió el precio de los jornales de los operarios y el de los combustibles, y como es consiguiente, las utilidades que se venían obteniendo llegaron a convertirse en pérdidas. Examinados los precios del mercado se comprobó que los cobres de Riotinto, se vendían bastante más baratos que los de las otras procedencias, por lo que el Ministerio de Hacienda autorizó la subida del precio de los cobres, según sus calidades, continuándose la explotación de las minas de la misma forma. En 1798 se cambió de nuevo de administrador, recayendo el nombramiento en LETONA, empleado que era entonces de las minas.

Los primeros años del siglo XIX fueron fatales para las minas de Riotinto, únicas que entonces se explotaban en la provincia. Las desacertadas disposiciones dictadas por la Administración, ocasionaron una notabilísima decadencia en el laboreo de las minas por los años 1804 al 1810, convirtiéndose en pérdidas las utilidades que en el siglo anterior se venían obteniendo. La ocupación de Sevilla por los franceses, en 1810, privó al establecimiento hasta de los pocos recursos que de allí se mandaban los años anteriores; y como prefiriese la Administración parar los trabajos a remitir fondos de otra parte, la población obrera quedó sin trabajo ni recursos para alimentarse, y aquellos mineros se convirtieron en cuadrillas de mendigos que invadieron los pueblos de la comarca (GONZALO TARÍN, 1888, T. II 278-279).

Las minas se paralizaron totalmente por espacio de cinco años, siguiendo otros nueve años, o sea hasta el año 1825, sin que se fundiesen minerales, y aunque durante ese tiempo se obtuvo algún cobre por cementación, no fue todo el que pudiera haberse conseguido, porque se desatendió la provisión del hierro indispensable para el debido aprovechamiento de las aguas cúpricas, estando las labores de extracción de minerales de la mina paralizadas desde 1810 a 1825.

El 23 de Enero de 1817 se emite informe sobre las minas de Riotinto, firmado por Intendente de Sevilla D. PÍO LABORDA Y D. GREGORIO AZAOLA del que al hablar del estado en que se encontraba el establecimiento, manifiesta que la mina no se beneficia como corresponde, ni facultativamente; que no se han seguido bien, como iban al principio los trabajos subterráneos;

que no se ha buscado la buena veta; que las entibaciones están en el mayor abandono, porque hace seis años que no se gasta un real en la conservación de la mina, sino en la de los individuos, y eso que el establecimiento tiene hermosos pinares y encinares, y carpinteros con sueldos pagados y las correspondientes herramientas; habiéndose cortado en estos últimos años algunos millones de pinos que se han vendido a vecinos de Zalamea la Real, descuidándose, como se ha dicho, las entibaciones, sin haberse empleado siquiera algunos jornaleros en irlas recorriendo, ya que todos los años se ha cobrado la asignación de 170.000 reales concedidos para la conservación de las minas.

El citado informe nos demuestra el estado de abandono y degradación a que había llegado al establecimiento.

En enero de 1823 giró visita a las minas el Inspector D. FAUSTO DE ELHUYAR (1854), por comisión de la Dirección del Crédito Público, visita que dio lugar a una importante memoria titulada "Relación de las minas de cobre de Riotinto, provincia de Huelva", fechada el 12 de febrero de 1823, en la que se tocaban, entre otras, las principales cuestiones para la mejora y puesta en marcha de las minas y fundiciones, que dio lugar a una Real Orden de 1 de Enero de 1825, que pretendía restaurar y fomentar las actividades mineras e industriales de Riotinto (Anexo XIII).

En esta memoria describe ELHUYAR la explotación, que se encontraba en estado lamentable, después de tantos años de paralización de los trabajos, también describe las actividades metalúrgicas, proponiendo una serie de mejoras. Las principales argumentaciones de la memoria son las que se recogen a continuación:

La explotación se localizaba en la falda Sur (Filón Sur) del Cerro Colorado, teniendo una extensión las labores subterráneas del 1er piso, único visitable por estar obstruidos los otros dos pisos debido a derrumbes y formación de estalactitas de vitriolos, de 300 varas de Levante a Poniente y de 500 de Sur a Norte, comprendiendo esta última dimensión las 155 varas del socavón o galería alta, que transcurría en su mayor parte en pizarras, llegándose al criadero por rumbo del Sur, teniendo una única entrada. La masa

que era disforme presentaba a veces aspecto de pirita arsenical, conteniendo cobre en mayor o menor cantidad, pero que por lo regular no pasaba del 4%, constituyendo un único cuerpo indiviso, uniforme y compacto, sin intercalaciones ni mezclas de otras sustancias, desconociéndose sus dimensiones.

Contaba la mina con tres pozos en disposición de servicio, que se empleaban para la extracción de los minerales e introducción de la madera de entibación, utilizándose para los demás usos el socavón alto o principal.

De los tres pozos, el más occidental, denominado Santa Bárbara, era el más profundo, tenía una longitud total de 73 varas, dividido en dos tramos: el primero de 55, y el segundo de 18 varas. El segundo conocido como de las Ánimas, estaba situado a 82,5 varas a Oriente y 25 varas al Norte de Santa Bárbara, estando elevado su brocal unas 10 varas, con una profundidad en sus dos tramos de 65 varas, el primero de 55, y el segundo, algo más al Occidente, de 10. El tercero que era el más oriental y moderno, se encontraba casi al mismo nivel del Santa Bárbara, llamado de Santa Ana, tenía en un solo tramo 35 varas.

Además de estos tres pozos había otros tres abandonados: el pozo San Pedro, situado a 77 varas a Poniente y 65 varas al Norte del Santa Bárbara con una elevación su brocal de 18 varas y profundidad de 63 varas en dos tramos de 40 y 23 varas respectivamente. El pozo San Carlos, que se encontraba a 61,5 varas al Oriente, 15 varas al Norte y casi al mismo nivel del Santa Bárbara, tenía una profundidad de 54 varas, dividido en dos tramos de 36 y 18 varas. El tercero conocido como la Pastora, situado a 20 varas al Oriente, 12 varas al Sur, con descenso de su brocal de 6 varas respecto del Santa Bárbara y 28 varas de profundidad.

En el pozo Santa Ana se había realizado una galería de 20 varas en dirección Sur que se paralizó por la baja ley del mineral, que se creía mejoraría con la profundidad. En el pozo de las ánimas existía una galería de 30 varas hacia el Sur, no habiéndose trabajado hacia el Norte por encontrarse cerca las labores antiguas; en el segundo piso se habían limitado igualmente a 20 varas hacia el Sur. En el pozo Santa Bárbara, el primer piso se encontraba más bajo que el de los pozos anteriores, estando completamente explotado por Occidente

y Norte hasta los labrados antiguos, extendiéndose 20 varas sus frentes por el primer rumbo, y hasta 200 por el segundo; al Sur alcanzaba 150 varas; el segundo y tercer piso se encontraban en el mismo caso, habiéndose trabajado más el tercero por ser las leyes más elevadas.

El laboreo de la mina se reducía a abrir calles anchas en la masa metálica, en la que por bancos en grandes escalones se iba arrancando el mineral por medio de barrenos cargados con pólvora, formándose bóvedas elevadas que se apoyaban sobre cuatro pilares de competente grueso una en pos de otra mientras duraba la buena calidad del mineral, resultando debajo de cada una un hueco espacioso al que dan el nombre de plaza. A uno y otro lado de la primera calle se abrían otras iguales en los mismos términos, y así sucesivamente, mientras subsistía el mineral aprovechable; rompiéndose también los macizos que las separan de las inmediatas en los intervalos de sus respectivos pilares, quedando todo lleno de calles que se cruzan, presentando un aspecto majestuoso e imponente.

En los sitios e intermedios donde el mineral era pobre en cobre se dejaba intacto sirviendo de refuerzo al labrado.

Las bóvedas en el primer piso (o plano) eran de ocho a doce varas de alto, las plazas de cinco a seis en cuadro, los pilares en las mayores de seis varas por lado, y en las menores de cuatro. En el segundo y tercer piso las primeras eran de cuatro varas, las segundas de cinco y media varas y los terceros de cuatro. Las plazas y pilares interiores guardaban correspondencia con los superiores[10]: los macizos intermedios en las bóvedas del segundo piso eran de ocho varas de grueso, y en las del tercero no tenían más que cuatro.

La alta competencia del mineral evitaba por lo general toda entibación y mamposteo en las labores, empleándose solamente la entibación en algunos parajes que por circunstancias particulares ofrecían menos seguridad, y el tránsito para los demás trabajos hacía indispensable su conservación; pero en este caso se reducían a las dimensiones de una simple galería de comunicación. De vez en cuando se desprendían algunos costrones de las bóvedas y pilares,

[10] En muy pocos sitios de los labrados antiguos y más recientes se verificaba esta correspondencia, como así lo manifestó ANGULO en su informe de 1787.

habiéndose producido también hundimientos de trozos de consideración, a lo que ELHUYAR quitaba importancia diciendo que unos y otros han sido raros, y la vigilancia y aplicación en tiempo de los medios convenientes podían precaver semejantes accidentes.

Como todo lo que se arrancaba era aprovechable, no había lugar a formarse terreros con escombros en la superficie; y como en la antigüedad sucedería lo mismo, era por lo que en los grandes trabajos de la zona Norte, en donde había gran cantidad de pequeños hundidos, tampoco había escombreras.

El método de explotación utilizado era sencillo y económico, pero tenía el inconveniente de la gran cantidad de mineral que dejaba de aprovecharse, en los robustos pilares y gruesos techos que separaban unos pisos de otros, por lo que ELHUYAR propone un método de explotación muy utilizado en la época en Hungría que llama transversal o de través, que consistía en la realización de una galería larga o cañón en dirección por un costado o respaldo, de amplitud regular, y desde ella realizar transversalmente en la masa del criadero, bajo cierta distribución, frentes del propio tamaño, que se siguen hasta llegar al respaldo opuesto, o hasta el punto en que el mineral deja de ser aprovechable. Se forman así otros tantos cañones transversales, se rellenan de piedra suelta, bien de desechos que produzca la mina, o bien introducida de la superficie por algún tiro o pozo, procedente de alguna cantera. Macizados los huecos o cavidades de estos cañones con la piedra suelta, se emprenden otros nuevos en los sólidos del criadero que se han dejado a un lado, rellenándolos igualmente de piedra cuando se han concluido, se continúa haciendo lo mismo con los demás sólidos del criadero que hayan quedado en aquel piso. De este modo viene a resultar un relleno de piedra suelta igual en solidez al mineral arrancado. Sobre él, previo cuele de un nuevo cañón largo más alto en el primitivo respaldo, se entablan y siguen en el criadero sobre la capa o faja de piedra suelta, nuevos frentes y formación de cañones transversales en los mismos términos que en la faja interior, y rellenados también de piedra suelta, resulta una segunda faja igual a la primera, sobre la cual se dispone otra tercera, y así sucesivamente hasta la altura que se quiera, sin dejar pilar ni techo alguno útil, ni necesitar entibación alguna.

Según ELHUYAR no había problema alguno en aplicar este método en las minas de Riotinto ya que se podía establecer en algún piso nuevo inferior a los tres que se llevaban entonces, o bien en los macizos aprovechables que conserve el último de estos, o rellenando de piedras sueltas sus plazas para romper y quitar las bóvedas correspondientes, haciendo lo mismo después en el segundo, y dejando para lo último el arranque de los pilares, inclusos los del primer piso, disfrutando también sus bóvedas. Para proporcionar con facilidad la piedra necesaria podría servir el tiro o pozo abandonado de San Carlos, que por su situación y profundidad de 54 varas, lo contemplaba como adecuado, sin recurrir a los tres principales, a fin de que arrojándola de la superficie por él resultase en distancia proporcionada en cualquier labor. Esta faena y la de acarreo interior del pozo al paraje en que hubiera de colocarse la piedra no debería causar un gasto mayor que el valor de los minerales que se aprovechasen, pudiéndose hacer una prueba para comprobar si traerá cuenta el método[11].

Sobre el modo de disponer los barrenos para el arranque de mineral y el efecto que producen, no puede dar su opinión al estar la mina inactiva.

Considera que con unas labores tan amplias, el número y distribución de los pozos de la superficie y el socavón de entrada a la mina, no debía haber problemas de ventilación, al menos en el primer piso. Así era que en ninguna parte se notaba de un modo sensible en las luces ni en la respiración, y sólo se experimentaba algún calor en parajes distantes de los pozos, procedente de la descomposición de la pirita, especialmente donde había humedad, la acompaña también cierto olor "hepático" que no llegaba a incomodar.

En cuanto al reconocimiento del criadero consideraba necesario ahondar los pozos, hasta ese momento para verificarlo se consideraba necesario haber extraído los minerales de un piso, y realizar cañones de indagación por los cuatro vientos, y de este modo averiguar su aumenta o desmerece la ley del

[11] A principios del siglo XX, con objeto de conseguir un mayor aprovechamiento del mineral, que por huecos y pilares era de un 20%, se introdujo un método denominado de realce y relleno en la masa de San Dionisio.

mineral con la profundidad y tomar en consecuencia las medidas necesarias a la mayor prosperidad y duración de la mina.

El pueble de las minas o concurrencia de sus operarios a sus trabajos era simplemente de día, llenándolo de una tirada los mismos en sus respectivas faenas. Si se poblara también de noche, podría duplicarse la extracción de mineral. La tirada de doce horas en unos trabajos tan penosos la consideraba excesiva para que el refuerzo de la gente fuera uniforme y tan productivo como correspondería a su duración. Por esta razón, comenta, en los países de minas se limita el tiempo de cada pueble a ocho horas, y aún a seis, con utilidad acreditada por la experiencia por lo que convendría realizar algunas de estas modificaciones cuando se pusieran de nuevo en marcha la mina.

El transporte del mineral desde el frente de arranque a los pozos, se realizaba por medio de muchachos que cargaban sobre sus cabezas unas gamellas o bateas de madera, llamadas barcales, que contenían unas 30 libras aproximadamente de mineral. Con tan poca carga eran necesarios gran cantidad de muchachos, proponiendo que éstos se ocuparan de empujar carrillos de ruedas competentemente cargados, entre los cuales deberían merecer preferencia los de cuatro que se usaban en Hungría, con capacidad de hasta 10 arrobas, conducidos sobre carriles de tablones. La amplitud de espacio facilitaría la realización de la instalación necesaria, obteniéndose un mayor rendimiento en el transporte.

Para la extracción del mineral a la superficie e introducción de la madera para la entibación se utilizaban los pozos, contando cada uno con un tomo horizontal movido a mano, en cuyo cilindro se enroscaba una soga de dos cabos, enganchando en sus extremos para el primer efecto las cubetas en que se cargaba el mineral, y atando para el segundo los maderos. Dichas cubetas llevaban siete arrobas de mineral, sacándose en la jornada de trabajo 140 que formaban la tarea asignada en los tramos superiores de dichos pozos. En los inferiores de Santa Bárbara y las Ánimas la tarea era la misma, pero con el agravante de tener que llevar las cubetas, los mismos que las subían, al plan del primer tramo y engancharlas en su soga. En cada uno de los primeros se empleaban cuatro hombres, y en los segundos dos, sin relevo alguno, lo que,

especialmente en aquellos, ocasionaba decía ELHUYAR una faena "*necia que destroncaba a la gente*". El jornal de los del primer tramo era de cinco reales, y el de los otros de cuatro.

La escasa fuerza de la tracción humana obligaba a limitar la profundidad de los pozos exteriores y a abrir a un lado a corta distancia otros interiores más bajos que formaban su segundo tramo. Esta división complicaba la maniobra, que ya era lenta de por sí y de poco efecto, y la hacía también más costosa; inconvenientes que se multiplicarían conforme se realizase el ahonde posterior, al tenerse que realizar nuevas divisiones. Por todo ello considera ELHUYAR que hacía tiempo que debía haberse establecido alguna máquina de mayor potencia, que proporcionase sin interrupción dicha extracción a la profundidad que tenían y la que pudiesen alcanzar en el futuro.

Ante la falta de agua en la zona y de minas de carbón, propone la instalación de una máquina poco costosa que sería movida por bestias, que eran conocidas con el nombre de malacates[12], compuestas de un eje vertical con su devanadera para enroscar las sogas, y una, dos o más palancas horizontales para enganchar en sus extremos los animales, debiendo colocarse en el tiro o pozo de Santa Bárbara como pertenencia más productiva. A él deberían conducirse los minerales de las Ánimas por medio de los carretoncillos indicados, y lo mismo los que correspondan a Santa Ana, cuando los hubiere, sin omitir la continuación del ahondamiento de este tiro y el de las Ánimas en su primitiva disposición por si algún día conviniese poner en ellos otras máquinas como la propuesta para Santa Bárbara.

En cuanto al desagüe comentaba ELHUYAR que no producían ningún problema a la profundidad que se encontraba la mina; aun cuando en el segundo tramo del pozo las Ánimas había agua en el momento de su visita y que probablemente también la abría en el de Santa Bárbara, procedentes de las lluvias del invierno; no por esto debía de creerse que no las hubiera, a alguna

[12] Recuérdese que ANGULO, 36 años antes ya había recomendado los carritos de cuatro ruedas e incluso la instalación de un malacate que llegó a ser aprobado, que o bien no llegó a instalarse o estaba arruinado para cuando ELHUYAR realizó su visita.
En el año 1854, año de publicación de la Memoria ya se había instalado un malacate en el pozo San Gabriel, que en una hora y cuarto elevaba a la superficie 1.050 arrobas, en cuya extracción por medio de tornos a manos se invertían cinco horas, sin embargo aún no se habían instalado los carritos.

más profundidad se hallarán, como lo daban a conocer las que salían por el socavón o galería de cementación, que estaba más bajo que el tercer piso. Con el ahondamiento recomendado de los pozos a ellos acudirían, pudiendo elevarse hasta el nivel del expresado socavón, del mismo modo que los minerales excavados, con botas de cuero. De esta manera podría seguir el desagüe mientras las circunstancias lo permitieran, pero cuando se haga incombinable con aquella maniobra, sería preciso instalar un sistema de desagüe perfectamente separado.

Las bombas podrían ser movidas por medio de una cigüeña aplicada al extremo superior del eje, por lo que sería conveniente reunir todas las aguas en un solo punto, que no tuviera dificultad, debería también cuidarse de que en la construcción de las bombas no entrase hierro con objeto de conseguir una mayor duración y evitar la alteración de las aguas vitriólicas que extraerán, y cuyo aprovechamiento conviene se haga por medio de la cementación en el canaleo del socavón bajo.

ELHUYAR en su memoria no menciona los pozos, San Gabriel, San Alejandro y Santa Isabel, que figuraban en el informe de ANGULO, lo que hace suponer que se habían arruinado por hundimiento, sí menciona un pozo nuevo, el de Santa Ana. Indica también ELHUYAR la total carencia de planos, tanto de las labores mineras como de los canaleos de la cementación de las aguas vitriólicas de mina, por lo que los planos recomendados por ANGULO y realizados por STOUTZ y SCHNELL, aunque no estuviesen actualizados deberían estar en las oficinas, por lo que debieron de haberse perdido en aquella abandonada finca.

Desde fines de 1799 (ELHUYAR, 1854, 8) el establecimiento empezó a experimentar una gran decadencia al no recibir los fondos necesarios para la realización de los trabajos mineros y metalúrgicos, habiendo habido algún año en que no se trabajaron las minas. Con la llegada de los franceses a Sevilla en 1810 se produjo la total paralización del laboreo de la mina, a excepción del aprovechamiento parcial y mal atendido del cobre de cementación que a pesar de ello había sufragado lo necesario para satisfacer los sueldos de los empleados, que habían quedado para cuidar del establecimiento y no quedarse

sin el capital humano necesario cuando llegase el caso de restablecer sus labores y operaciones, hecho que ocurrió en 1824.

Decía ELHUYAR:

"*Da compasión ver un establecimiento que había llegado a un estado tan floreciente con esperanzas seguras de progresar, tanto edificio construido con grandes costos, y una población de 500 almas, formada a su sombra y único amparo, reducido todo a la inacción, desmanteladas muchas de sus principales fábricas, libradas las últimas a* la *mayor miseria, y disminuido considerablemente su número en la mayor parte por haber tenido que dedicarse en otros parajes a distinto ejercicio, quedando muy pocos en actitud de continuar en el de las minas. Éstas han padecido también con los derrumbamientos y atierros que en tan largo tiempo han sufrido*".

En 1824 se reanudó la extracción de mineral para su beneficio por vía seca, alcanzándose la cifra de 68.951 kg. de cobre en 1826, decayendo la actividad extractiva en 1828 una vez tomada la decisión de arrendar las minas nuevamente.

La recuperación de cobre por fundición y mineral extraído de mina durante la administración por el Estado (1783-1829) se refleja en el cuadro XVI.

El cuadro XVII se da la recuperación de cobre por fundición y mineral extraído de mina durante la explotación por TIQUET, SANZ y el Estado (1727-1829), y el gráfico nº 6 refleja los porcentajes de mineral extraído de mina por los diferentes explotadores durante el periodo 1727-1829.

El 20 de Abril de 1828 acordó la Dirección General de Minas, que pasase D. DIEGO TRUJILLO, con cuatro entibadores, a las minas de Riotinto, para habilitar sus pozos y cañas, con objeto de reconocerlos y disponer lo más conveniente a la continuación de los trabajos; y siendo necesario para este objeto la formación del plano de las mismas, comprensivo de sus bocas y pozos, así como de la población, su término, máquinas y fábricas, se nombró D. JOAQUÍN EZQUERRA DEL BAYO para su realización.

CUADRO XVI

Recuperación de cobre por fundición y mineral extraído de mina durante la administración por el Estado (1783-1829)

Años	kg. de cobre producido por fundición	kg. de cobre roseta teórico recuperable	kg. de mineral extraído de mina
1783	83.095	96.581	3.644.578
1784	136.264	158.380	5.976.590
1785	155.954	181.265	6.840.201
1786	105.680	122.832	4.635.165
1787	88.237	102.558	3.870.108
1788	108.441	126.041	4.756.263
1789	132.591	154.111	5.815.491
1790	137.317	159.604	6.022.775
1791	158.866	184.650	6.967.923
1792	131.501	152.650	5.767.683
1793	141.100	164.001	6.188.699
1794	120.327	139.856	5.277.588
1795	205.315	238.638	9.005.193
1796	161.518	187.732	7.084.240
1797	209.981	244.061	9.209.846
1798	193.142	224.489	8.471.281
1799	92.376	107.369	4.051.646
1800	165.211	192.025	7.246.217
1801	105.991	123.193	4.648.805
1802	53.625	62.328	2.352.013
1803	93.574	108.761	4.104.191
1804	48.331	56.175	2.119.816
1805	22.584	26.249	990.543
1806	32.643	37.941	1.431.734
1807	4.854	5.642	212.898
1808	69.228	80.464	3.036.366
1809	76.583	89.012	3.358.959
1810	21.950	25.512	962.735
1811-1824	Sin producción (sólo cobre de cementación)		
1825	52.545	61.073	2.304.644
1826	68.591	80.142	3.024.217
1827	44.107	51.266	1.934.550
1828	470	546	20.614
1829 (*)	204	237	8.948
Totales	3.222.556	3.745.578	141.342.520

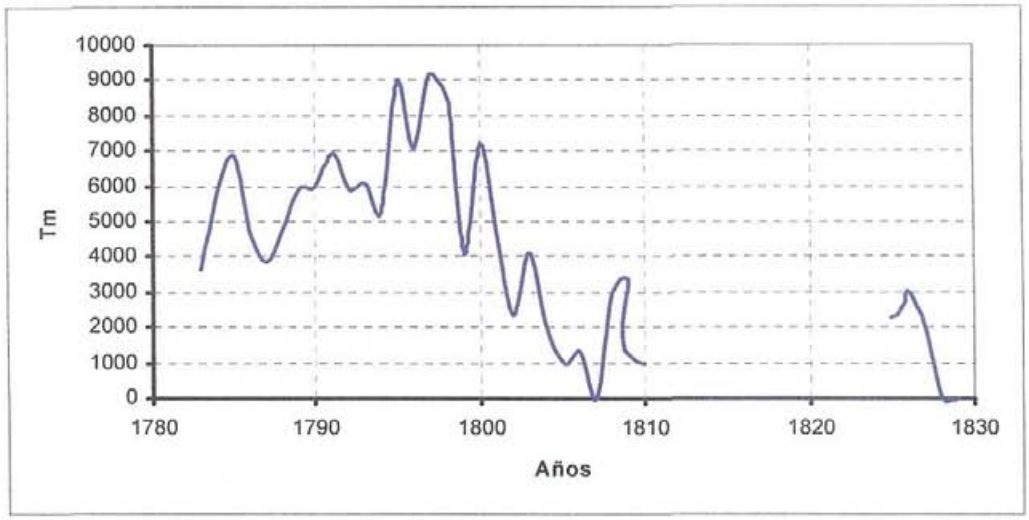
Cobre no recuperado por el Estado: 523.022 kg.

Fuentes: RUA FIGUEROA, 1859, 314. GONZALO TARÍN, 1888, T. II, 282

- *Desde 1/2/1783. (*) Hasta el 1 de Abril.*

GRÁFICO Nº 5

Mineral extraído de mina por el Estado (1783-1829)



* De 1811 a 1824 no hubo producción.

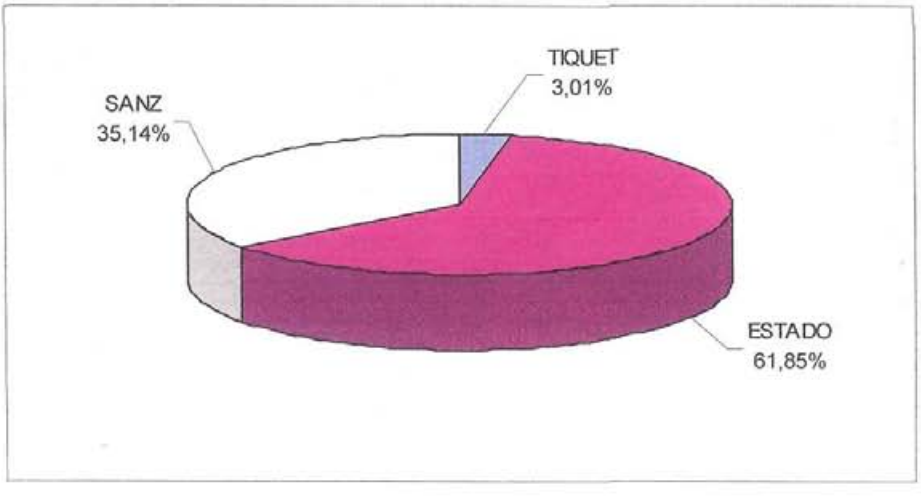
CUADRO XVII

Recuperación de cobre por fundición y mineral extraído de mina durante la explotación por TIQUET (1727-1758), SANZ, (1758-1783) y el Estado (1783-1829)

Explotador	kg. de cobre roseta por fundición	kg. de cobre roseta recuperable	kg. de cobre no recuperado	kg. de mineral extraído de mina
TIQUET	156.860	182.319	25.459	6.879.938
SANZ	1.820.475	2.115.940	295.465	80.308.712
Estado	3.222.556	3.745.578	523.022	141.342.520
Totales	5.199.891	6.043.837	843.946	228.531.170

GRÁFICO Nº 6

Porcentajes de mineral extraído de mina por los diferentes explotadores durante el periodo 1727-1829. Producción de mineral del periodo 1727-1829 (hasta el 1º de Abril): 228.531 Tm.



El 11 de Octubre entregó EZQUERRA los siguientes planos: 1º Plano topográfico de la población y término de las minas (figura nº 29). 2º Plano de la cañería de cementación (figura nº 30). 3º Plano de las labores subterráneas. 4º Proyección de las labores sobre un plano vertical. Y los planos 5, 6, 7 de los cortes verticales por los puntos más esenciales, para poder dar idea de la parte disfrutable, acompañados de una explicación extensa (ALDANA, 1875, 325).

El 24 de Octubre de 1828 finaliza EZQUERRA (1850) los trabajos de su visita firmando con esta fecha la Memoria que tituló "*Observaciones sobre el estado actual y mejoras de que son susceptibles las labores de beneficio en las minas de Riotinto*" en este trabajo considera que debería establecerse un pozo maestro de extracción, con un ancho mínimo de cuatro varas cuadradas; que debería ser el San Carlos por ser el central de todas las labores; y el pozo Santa Bárbara pasaría a ser el pozo de reserva. En la boca del pozo maestro sería preciso colocar un malacate que permitiese la extracción directa del mineral, eliminando el acarreo en cubas y el trecheo del mineral, lo que suponía grandes pérdidas de tiempo como había manifestado ELHUYAR.

El primer piso de la mina sólo serviría de paso, por lo que había que prepararlo a tal fin; en los demás se abrirían galerías espaciosas de tres varas de ancho por tres de alto, que comunicarían en línea recta con el pozo de San Carlos, con un pequeño desnivel para que las aguas corriesen a la cañería de MARTÍNEZ y por allí pasasen a las de cementación; por las galerías, se haría la conducción del mineral, hasta el pozo principal de extracción en carretillas de mano, con tres o cuatro espuertas que se cargarían en grandes soleras en el número que permitiese el malacate. Se debería continuar el disfrute de todos los pisos hasta igualar todas sus labores, beneficiando la masa conocida, lo que era tarea para muchos años. El método de explotación sería por huecos y pilares, cuidando las correspondencias entre unos y otros, lo que precisaba una labor de delineación, para la que no había personal preparado en el Establecimiento; con este método se aumentarían a la vez las producciones de cementación, puesto que las aguas no pueden disolver la pirita sin la presencia del aire a determinada temperatura, circunstancia que desaparecería rellenando las galerías a medida que se iban realizando las antiguas labores en la explotación

por el método "a través". El grueso de los pilares se debería plantear en función de las circunstancias que presentase el mineral, pero nunca deberían de pasar de las 4-5 varas de lado. Respecto a los barrenos considera que no había peligro en esta operación por lo que cada pareja de barreneros prendiese sus barrenos a medida que los tuviese cargados, sin señalar hora específica para ésta ni para las otras labores (FLORES CABALLERO, 1983 b, 42-44).

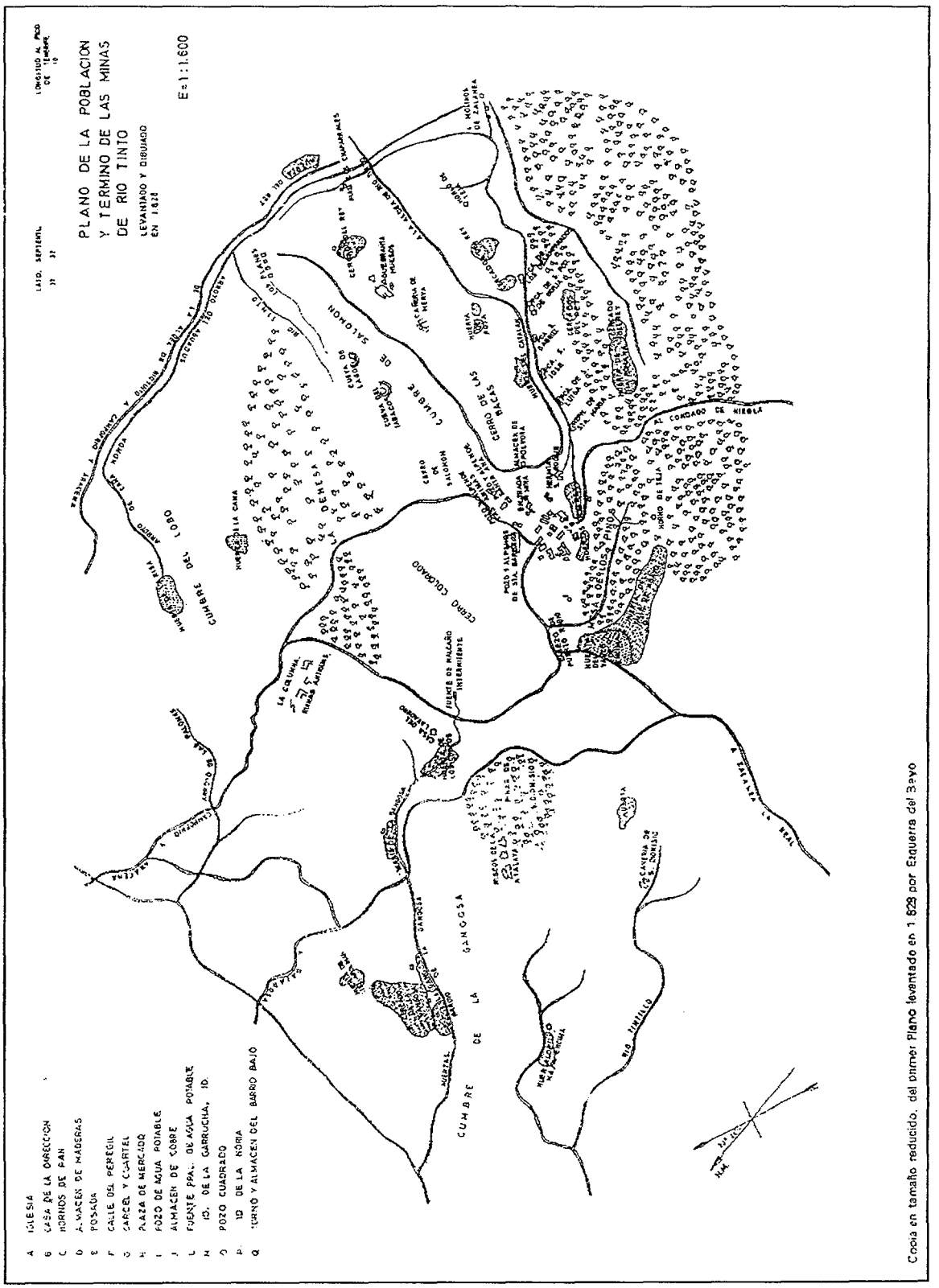


Fig. 29: Plano topográfico levantado en 1828. Según EZQUERRA DEL BAYO, 1852

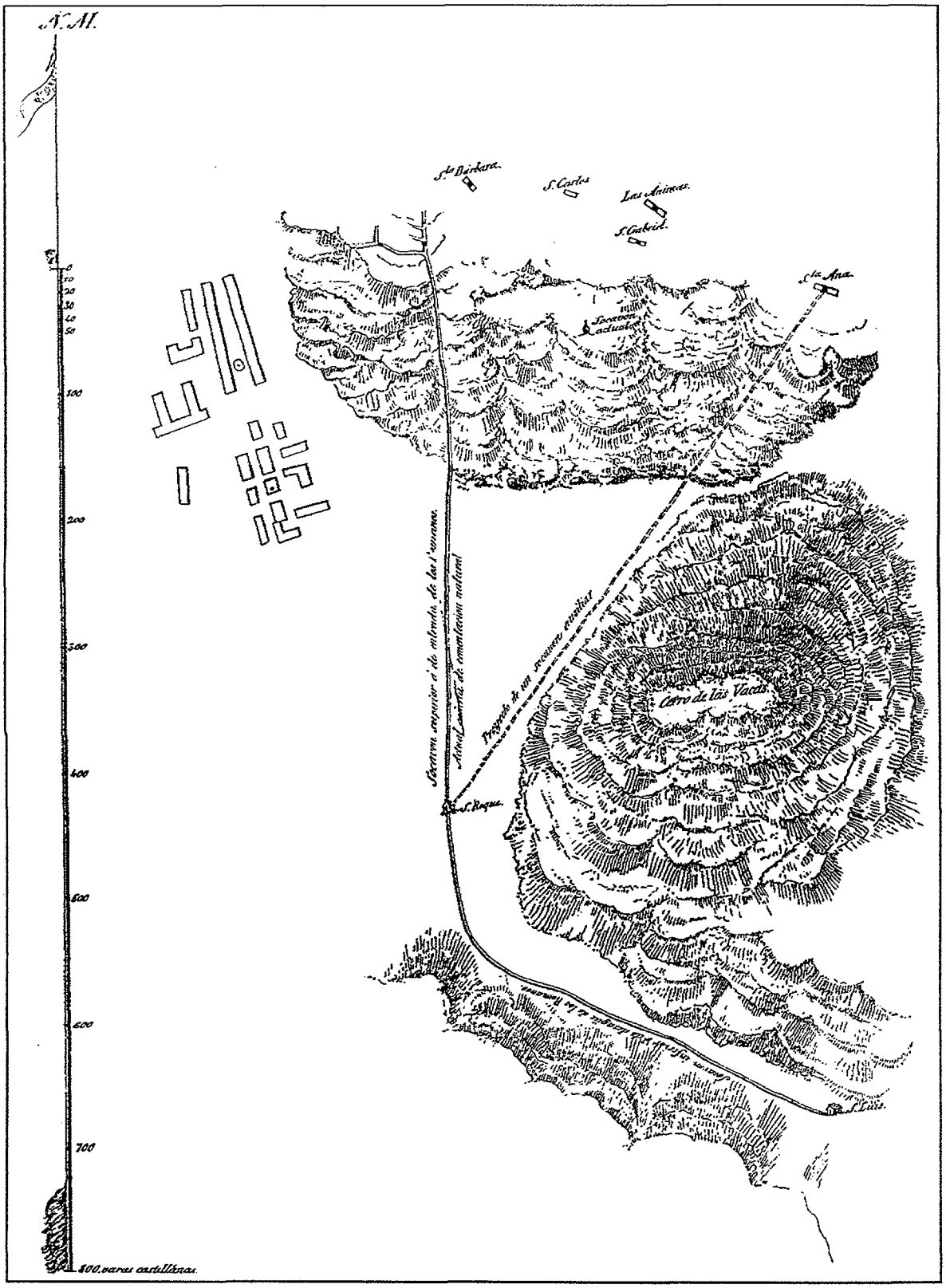


Fig. 30: Plano con la situación de los pozos y socavón superior o entrada de los romanos dedicada a la cementación natural. Según EZQUERRA DEL BAYO, 1852, 31

4.5 La explotación por el Marqués de Remisa (1829-1849)

Arrendadas las minas al Marqués de REMISA, éste toma posesión de las mismas el 24 de Abril de 1829, observándose desde el principio que no llevaba intención de cumplir con el contrato, ni con el proyecto de Administración y Plan de trabajo, basado en su influencia en la Corte, como quedó demostrado por la abusiva tala de arboleda sin que efectuase repoblación alguna, por la que fue denunciado, y en la Memoria sobre la entrega del Establecimiento a la Hacienda en Abril de 1849, firmada por el ingeniero de minas D. CASIANO DE PRADO.

Con ocasión de la recepción de las minas por REMISA, los comisionados Sres. CABANILLAS y GARCÍA RODRIGO entregaron al arrendatario el proyecto de administración y manejo de las minas de Riotinto que había sido elaborado por EZQUERRA y también un plan de labores a realizar, que recibió el visto bueno del director de las minas en comisión por la Real Hacienda, D. JOSÉ MARTÍNEZ MARCOS, y que fue aprobado y firmado por REMISA y por la Dirección General de Minas el 8 de Mayo de 1829.

En el proyecto de Administración se definían las responsabilidades y funcionamiento de los cargos de las principales actividades de las explotaciones, existiendo un director de la empresa, responsable ante REMISA; y un director de la Real Hacienda, responsable ante la Administración.

En el plan de trabajo se indicaban las reformas substanciales que se debían realizar.

El arrendatario debía construir con carácter preferente el pozo maestro denominado San Carlos, colocando en su boca un malacate, para que sirviese de entrada y salida de los minerales y de los materiales (madera, ...) necesarios para los trabajos; implantar el sistema de laboreo conocido por labor al través[13]; arreglar el piso de la mina, para poder introducir carros de manos (sustituyendo a los barcales); cavar en uno de los lados o en ambos, a lo largo de las galerías, una zanja continua, con la inclinación y anchura necesarias para

[13] EZQUERRA posiblemente influenciado por ELHUYAR cambió su primera opinión que era continuar con el método de huecos y pilares.

que pudiesen circular las aguas hacia la cañería de cementación. Igualmente, la empresa debía ampliar las instalaciones del canaleo de la cementación, tanto como le permitiese el socavón o galería; e instalar un sistema de canales de cementación de doble fila, con un declive continuo en toda su longitud, para evitar que las aguas corriesen por el suelo (propuesto por ELHUYAR en su memoria). Debía profundizar el pozo de Santa Ana (que distaba 140 varas del pozo San Carlos y se había realizado sobre minerales pobres) y comunicarlo con el pozo de San Carlos por medio de una galería; y como llevar los minerales a brazo al pozo principal costaría mucho, habría que colocar otro malacate en el pozo Santa Ana. Por último, se haría una galería en el manantial descubierto en la parte del mediodía del arroyo (a 56 varas de la fábrica de afino), con el fin de buscar el origen de las aguas que salían y tratar de recuperar el cobre que contenían (según demostraban las pruebas realizadas) por el proceso de cementación. Incluía la memoria de los trabajos otras modificaciones que consideramos menos importantes (FLORES CABALLERO, 1983 b, 51-52).

En Octubre de 1830, el profesor de docimasia, D. JOSÉ DURO, comunicaba al Director General de Minas los resultados obtenidos en los ensayos practicados de orden de aquél, a varias muestras de minerales procedentes de Riotinto, manifestándole que aunque ha intentado varias veces determinar la cantidad de cobre que contienen por vía seca, sólo ha podido conseguir en la fundición unas matas, que no han manifestado vestigio alguno de cobre metálico, no obstante haberlas afinado repetidas veces por los métodos conocidos; por lo cual, ha recurrido a la vía húmeda, con lo que se ha cerciorado contienen las cantidades siguientes (cuadro XVIII):

CUADRO XVIII
Análisis de varias muestras de mineral de Riotinto
realizados en 1830 por el profesor DURO

Muestra Nº	Localización de la muestra	% de cobre
2	Mineral del plan de Santa Ana, parte de poniente	1,326
3	Idem id. id. del Norte	1,989
4	Idem. id. de San Buenaventura, parte del mediodía	3,046
7	Idem id. de San León, cortadura de San Carlos	2,876
8	Idem id. de San León	1,523
9	Idem id. de la galería de entrada de San Román	2,128
11	Idem id. del plan de los desamparados	3,924
12	Segundo id. id. del plan de los desamparados parte del mediodía	4,034

Fuente: ALDANA, 1875,338

En 1837 realiza una visita de inspección EZQUERRA DEL BAYO, denunciando en su informe la abusiva tala de madera; respecto a las labores mineras indica que el sistema de explotación adoptado era el de huecos y pilares, lo que había supuesto una gran reducción de costes, el método al través evidentemente aprovechaba mejor el criadero pero era más costoso, pues necesitaba una cantera exterior para obtener el material de relleno, además del costo de los trabajos necesarios para realizarlo, y una cosa que le sobraba a REMISA para el tiempo de alquiler de las minas, eran reservas de mineral.

Considera EZQUERRA que los pilares practicados por la empresa en la parte de poniente del criadero estaban ejecutados de manera muy inteligente, por debajo de las labores antiguas, conservando exactamente la correspondencia de huecos y pilares, por lo que ofrecían todo tipo de seguridad, aunque el aprovechamiento del mineral no era completo.

En la parte de Levante del yacimiento también se había utilizado el mismo sistema y orden, hasta que llegaron al terreno virgen conocido por el Plan de Santa Ana, donde las labores no se realizaron con el orden y regularidad que serían de desear.

En Febrero de 1840 giró visita oficial el subinspector del cuerpo de ingenieros de minas D. FERNANDO CARAVANTES, manifestando en la correspondiente memoria el estado de las minas. La extensión de las labores eran de largo de 433 varas en dirección 8 horas 2 octavas de la brújula de E. a O.

y potencia de 80 varas, con inclinación de 70 a 80º al Sur, llegando la potencia en algunas sinuosidades a 100 varas, las galerías en dirección se llevaban con intermedio de cinco varas, ancho de tres y altura de cinco de piso a cielo con el auxilio de bancos. También propuso el Sr. CARAVANTES algunas reformas, encareciendo la necesidad de un camino que pusiese en comunicación las minas con Sevilla, a la que se mandaba el cobre, y se recibía de ella el hierro para la cementación y otros artículos de consumo para la explotación y habitantes, este camino no llegó a realizarse (ALDANA, 1875, 346).

Las excavaciones que durante ese tiempo había realizado REMISA permitieron conocer los límites del yacimiento en diversos puntos, pues se conocía la dirección del criadero que era de Levante-Poniente, su inclinación muy considerable hacia el Mediodía y su potencia que en la zona mínima la calculó en 80 varas; pero sus límites eran irregulares, formando una superficie muy desigual, con grandes entradas y salidas (FLORES CABALLERO, 1983 b, 58-59).

En la memoria de D. CASIANO DE PRADO sobre la recepción de las minas, en Abril de 1849 una vez finalizado el periodo de alquiler, se refleja el cumplimiento de las obligaciones establecidas en el contrato, así como en el Plan de trabajos.

En cuanto a las labores de mina, se había obligado la empresa a establecer un pozo maestro con malacate, a arreglar los pisos para poder hacer los transportes con carretillas de mano, a variar el sistema de laboreo, sustituyéndolo por el de labor a través, y a comunicar, por medio de una galería, la cañería de cementación con la mina y a otras labores secundarias.

Estableció el pozo maestro, ahondando y ensanchando el de Santa Ana hasta el nivel del plan del Salvador, cuyo trabajo terminó unos días antes de la conclusión del arrendamiento, y con respecto al malacate nada hizo. Estableció las galerías de modo que resultasen pisos llanos, pero no sustituyó los barcales por las carretillas, en cuanto al sistema de laboreo se interpretó que el método al través correspondía con el de huecos y pilares.

La mayor parte de las excavaciones se realizaron en los ocho primeros años del arriendo, y en 1841 sólo había cinco sitios de laboreo, aunque después se aumentaron algo para destinar el mineral a la cementación artificial. La comunicación con la galería de cementación se efectuó en el año 1834.

En cuanto a los montes, sólo dejó la empresa la quinta parte de los pinos que había recibido por las cortas excesivas y desordenadas que se hicieron, según la citada memoria del Sr. PRADO, en los veinte años del contrato. Las casas, edificios, y fábricas que recibió la empresa no sufrieron desmejora, antes bien algunas de las últimas recibieron considerables reparaciones y otras fueron construidas de nuevo. En cuanto a las casas el arrendatario debería haber pagado el importe de su arrendamiento en los veinte años, pero no lo había realizado, bajo diversos pretextos, quedando a deber una cantidad de bastante consideración por esta causa (ALDANA, 1875, 350-351).

Comentaba CASIANO DE PRADO que la gestión de REMISA constituía un auténtico embrollo. Eso explicaba que mientras la entrega de las explotaciones a REMISA se realizó en 1829 automática mente, su devolución a la Real Hacienda fuera tremendamente complicado dando lugar a un voluminoso expediente que tardó más de dos años en resolverse.

GONZALO TARÍN (1888, T. II 283-284) tenía una mala opinión del paso de REMISA por las minas de Riotinto, puesto que de las mejoras hechas por la empresa, tales como la instalación de un malacate y arreglo del piso de las galerías para que pudiesen hacerse los transportes con carretillas, el establecimiento de la labor a través, etc., no tuvieron efecto; el laboreo y el beneficio de las menas siguieron con la misma rutina y empirismo que antes, pudiendo decirse que la empresa REMISA fue, bajo varios conceptos, de tan poco provecho para el establecimiento como para la Hacienda, puesto que durante los 20 años que duró su contrato, no sólo llevó a cabo indebidamente la gran extracción de vitriolos, con despojo de grandes cantidades para el Tesoro, sino que desordenadas cortas de arboledas redujeron a una séptima o octava[14] parte los pinares anexos al establecimiento, resultando de todo, según constan en los inventarios, una pérdida para la Hacienda de 1.273.316 reales. Y nada

significó que la Diputación Provincial de Huelva solicitara de S.M., en Abril de 1838, la rescisión de aquel contrato que, en concepto de dicha corporación, debía considerarse nulo, por resultar oneroso para el Estado si se comparaba la cantidad estipulada para el arriendo con la obtenida de los productos; lejos de ello, persistiendo la empresa arrendataria en el afán de sustraerse a la acción interventora del Gobierno, puso en juego todas sus influencias para erigir en Ayuntamiento la población de aquellas minas, con objeto de alcanzar mejor sus propósitos, lo cual consiguió en 1841, logrando un municipio que gobernaba a su antojo en pro de sus intereses, que no siempre eran de la nación.

REMISA utilizó lo que pudo mezquinamente, reducido al mismo criadero en que estaban establecidas las labores, destruyendo mucho de lo existente dentro y fuera de la mina, sin crear nada para después, ni investigar en profundidad ni extensión (GÓMEZ DE SALAZAR, 1870, 179).

La producción total de mineral extraído de mina, durante los 20 años de alquiler, debió de ser aproximadamente de 253.520 Tm., en las que se incluyen 165.811 Tm. labradas y 87.709 Tm. de vitriolos y tierras vitriólicas, deducidas a partir de las producciones de cobre y de la cifra dada por CASIANO DE PRADO para los vitriolos y tierras vitriólicas (ALDANA, 1875, 349).

4.6 La minería durante la segunda etapa del Estado (1849-1873)

Este periodo comprende el tiempo transcurrido desde la finalización del contrato de alquiler de REMISA y la venta de las minas a los ingleses, siendo explotadas directamente por la Real Hacienda, aunque con la obligación de suministrar mineral a la empresa Los Planes y al cura LA CERDA y una vez beneficiado a comprarles el cobre obtenido.

La empresa Los Planes había realizado un contrato con REMISA, para beneficiar primero los vitriolos y más tarde los minerales por el sistema de cementación artificial, para el que había obtenido privilegio de invención D. FELIPE PRIETO por 15 años, que tuvo principio en el año 1845. Estando

[14] Si el cálculo se realiza por el valor del pinar en 1829 y 1849, éste se redujo a una quinta parte.

próximo a la finalización el contrato de REMISA consideró conveniente PRIETO, con objeto de no perder sus inversiones (pilones y demás instalaciones) hacer una proposición al Estado para poder continuar con el beneficio que realizaba, presentándola el 20 de Agosto de 1848; aceptada ésta y celebrado el correspondiente contrato, entre los puntos más importantes figuraba la obligación de la Hacienda de poner en la boca de los pozos de la mina, y a disposición de la empresa 1.000 quintales diarios de mineral en pedazos, excluyéndose todo lo que esté hecho tierra, comprometiéndose la empresa por su parte a entregar 1.500 arrobas de cobre afinado por cada 30.000 quintales que recibiese, o mayor cantidad si la ley del mineral lo permitía, y a dejar utilizar a la Real Hacienda el método de cementación artificial para el que había obtenido privilegio de invención por 15 años, durando el contrato hasta la terminación del privilegio, cuya fecha inicial era la de 9 de Septiembre de 1845. En el contrato también se establecía una demora de ocho meses en la primera entrega de minerales, en tanto el Estado, comenzaba la extracción pues REMISA había dejado sin ningún tipo de labores preparatorias la mina.

El 5 de Junio de 1849 presentó el cura LA CERDA otra proposición de beneficio del mineral por el método electroquímico para el cual había obtenido privilegio de invención por 15 años, con fecha de 25 de Mayo de 1848, en términos similares al de la empresa "Los Planes", solicitando se le entregasen la mitad de los minerales extraídos por la Hacienda una vez descontados los de la empresa "Los Planes". Como la capacidad de extracción se consideraba que era de 120.000 quintales mensuales, esto suponía que había que entregarle 45.000 quintales, firmándose el correspondiente contrato en tales términos. Por tanto partía el Estado todo con la rémora de tener que entregar todos los meses 75.000 quintales de mineral y tener que comprar posteriormente los cobres obtenidos que siempre fueron de inferior calidad que los propios.

El resultado de ocho meses y seis días de explotación de las minas por el Estado fue el siguiente: entregado a la empresa "Los Planes" 186.717,25 quintales lo que hacía un promedio mensual de 22.270, cifra que puede considerarse elevada, teniendo en cuenta las escasas labores que había en la mina al hacerse cargo de ella en Abril, y los cortos medios materiales con que se

contaba, que sólo permitían emplear a 50 barreneros, quedándose el departamento de la Hacienda con 91.463 quintales de mineral y 33.449 de tierras para beneficiarlos en sus fábricas.

Cuando la Real Hacienda comenzó la explotación se encontró con la mala disposición en que quedó la mina tras el paso de REMISA, siendo difícil obtener la producción necesaria para el cumplimiento de los contratos suscritos con Los Planes y LA CERDA, y abastecer a su propio sistema de beneficio. El arrendatario había aprovechado el mineral más rico y de más fácil extracción, habiéndose limitado en los últimos tiempos al arranque y disfrute de mineral, no realizando trabajos preparatorios.

Una vez recepcionadas las minas, la dirección correspondió a CASIANO DE PRADO, encontrándose, además de su mal estado, con graves problemas de tesorería, lo que le obligó, dado su buen hacer profesional a empeñarse personalmente, pero gracias a este celo, puso el yacimiento a un nivel de extracción muy superior al de las épocas anteriores.

A comienzos de Octubre de 1849 CASIANO DE PRADO abandona el establecimiento, siendo dirigidas las explotaciones, desde entonces, por D. ANDRÉS PÉREZ MORENO, D. AGUSTÍN MARTÍNEZ ALCÍBAR y D. FERNANDO BERNÁLDEZ, hasta que se formó la Comisaría Regia.

Pese a las enormes dificultades, se consiguió aumentar la producción de mineral, alcanzándose 14.342 Tm. en 1849, 25.468 Tm. en 1850 y 30.173 Tm. en 1851; entregando menos del 50% de la cantidad anual comprometida (69.983 Tm.) de mineral. Este ritmo creciente de extracción, es la mejor muestra de la eficaz labor de los ingenieros de minas que estuvieron al frente del establecimiento (FLORES CABALLERO, 1983 b, 93-94).

Según FERNANDO BERNÁLDEZ (1853, 254) la clase de labor empleada en Riotinto era la de huecos y pilares, que era bastante defectuosa en algunos puntos, consecuencia de la mala dirección, se refería a la época de REMISA, que en otro tiempo habían tenido las minas. La extracción del mineral se hacía por medio de tornos de mano, aunque ya en aquel momento se había construido un malacate en el pozo San Gabriel, habiéndose podido por este medio suprimir

casi en su totalidad un modo de extracción, que sobre lo caro que resultaba, no podía sino con gran trabajo abastecer a las plazas de calcinación.

En estos tres años se había mejorado la extracción y establecido un malacate en el pozo de Santa Ana, que se desplomó antes de utilizarse en 1852, lo que fue debido al excesivo peso del mismo por ser de mampostería y a que el terreno estaba muy horadado; en el año 1853 se elevó otro de gran ligereza, cerrado de tablazón, sobre el pozo San Gabriel, que se inauguró al año siguiente, que fue dedicado a pozo maestro a petición de D. JACOBO RUBIO, habiendo pasado 67 años desde la proposición de ANGULO y aprobación de su construcción (ALDANA, 1875, 408).

Con motivo de las intenciones del Gobierno de vender las minas, a mediados de 1855 fueron enviados a Riotinto los ingenieros de minas D. A. LUIS DE ANCIOLA y D. ELOY DE COSSÍO (1856) a objeto de elaborar una memoria para este fin, también durante ese año los ingenieros D. JOSÉ CAMINERO y D. FRANCISCO BALTASAR DE URUBURU realizaron el levantamiento del sexto piso y el ingeniero RUCKER lo hizo del tercer piso de la mina.

Aprovechando estos planos y los que había realizado en 1828 EZQUERRA DEL BAYO hicieron el levantamiento general de los planos del término y los de cada uno de los pisos (figuras 31, 32, 33, 34, 35 y 36) que se habían labrado en el yacimiento, constando la correspondiente memoria de diez planos, siendo publicada por Real Orden de 1856, comprendía un doble estudio: por una parte, el de la cubicación de la masa que estaba en explotación (el Filón Sur) y la composición de sus minerales, con la finalidad de conocer cuantitativamente sus reservas y las leyes de sus minerales, y por otra, el aprovechamiento industrial de los minerales, que comentaremos cuando tratemos la metalurgia.

Los seis pisos (figuras 31 a 36) subterráneos que se habían labrado en el criadero de la mina no guardaban iguales distancias entre sí, no eran horizontales y sus huecos y pilares tampoco se correspondían, tenían poca profundidad, mucha menos que la potencia de la masa, por lo que no era posible conocer sus dimensiones, así como sus leyes. Para su estudio la

dividieron en cuatro partes: la primera abarcaba los tres primeros pisos; la segunda, el cuarto piso (que iba desde el tercer piso hasta la galería de San Roque); la tercera, el quinto piso (que iba desde el nivel de la galería de San Roque al de San Luis); y por último, la cuarta parte correspondía al sexto piso (que iba desde la galería de San Luis hasta la galería de los molinos).

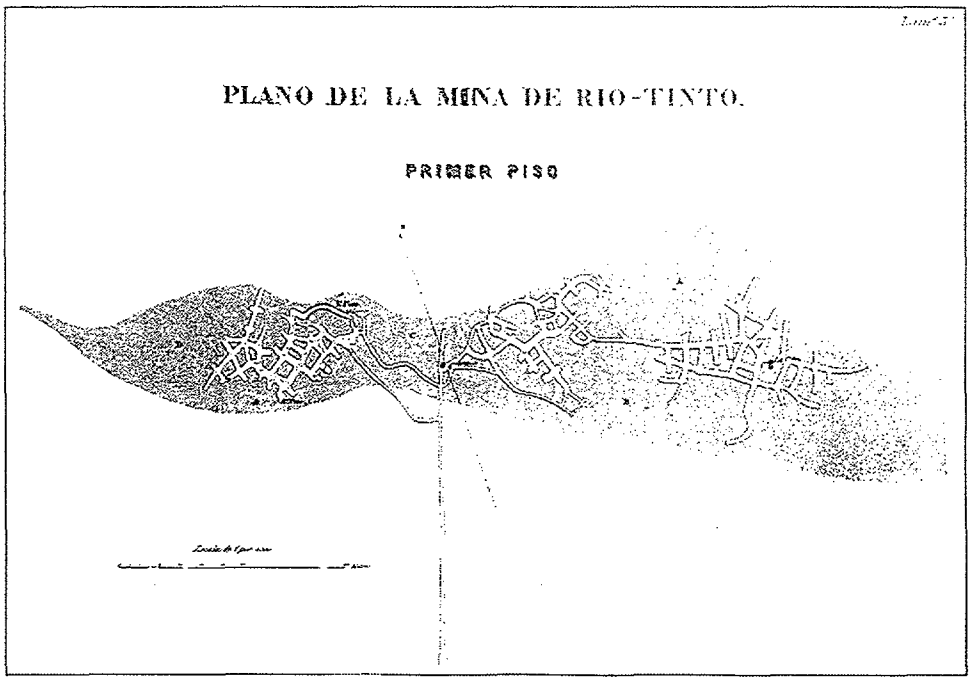


Fig. 31. Plano del primer piso. Según ANCIOLA Y COSSÍO, 1856. Lámina 3ª

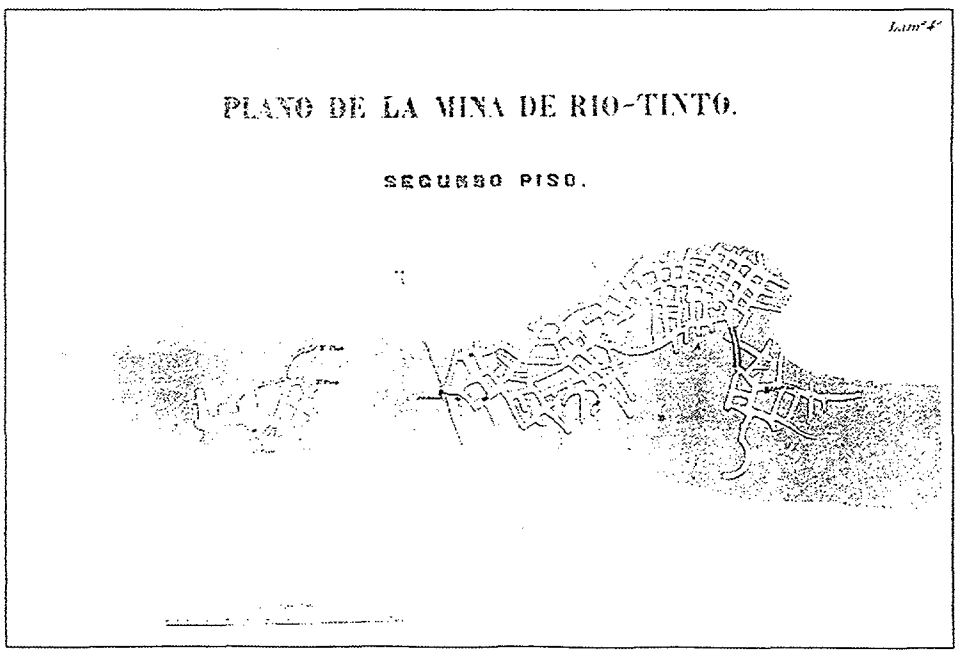


Fig. 32. Plano del segundo piso. Según ANCIOLA Y COSSÍO, 1856. Lámina 4ª

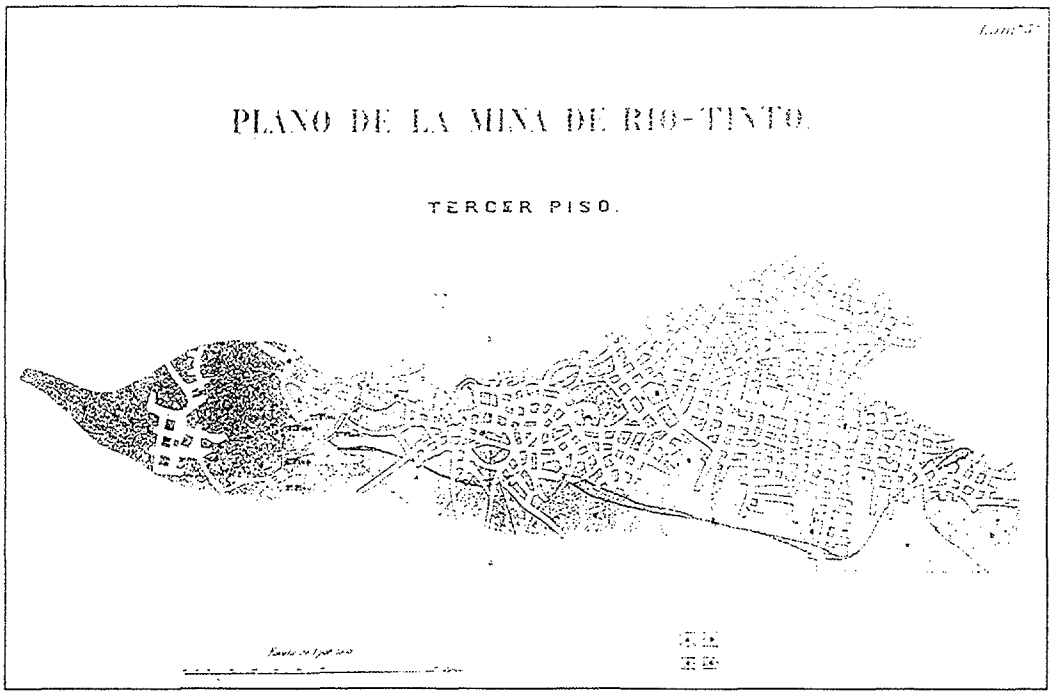


Fig. 33. Plano del tercer piso. Según ANCIOLA Y COSSÍO, 1856. Lámina 5ª

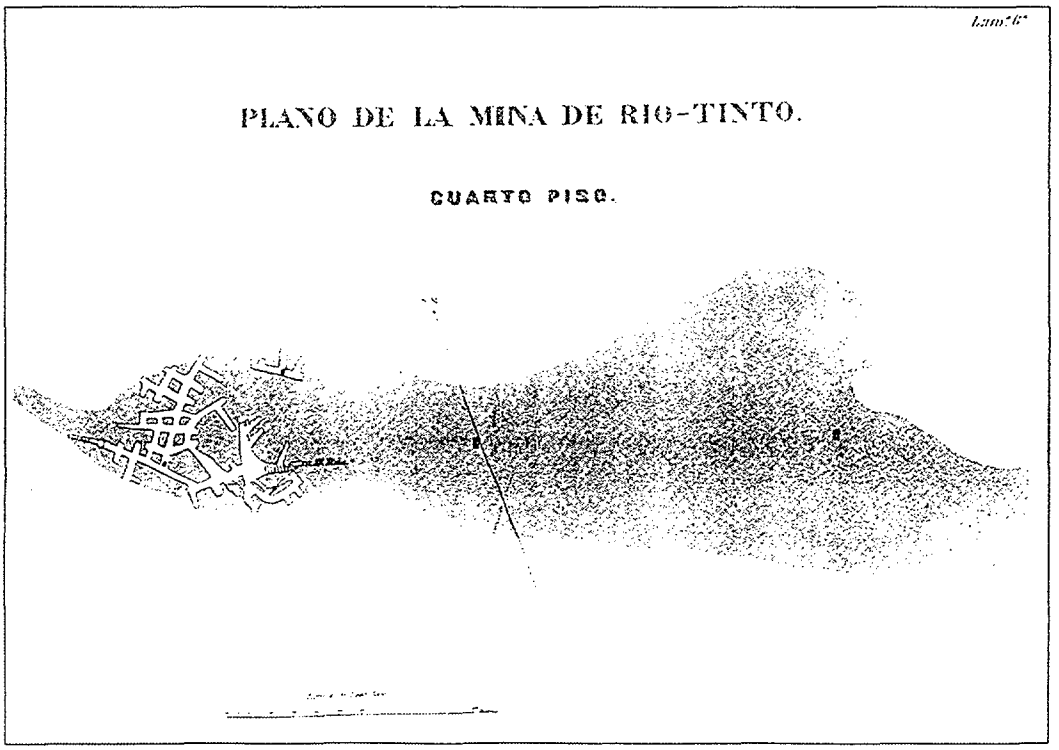


Fig. 34. Plano del cuarto piso. Según ANCIOLA Y COSSÍO, 1856. Lámina 6ª

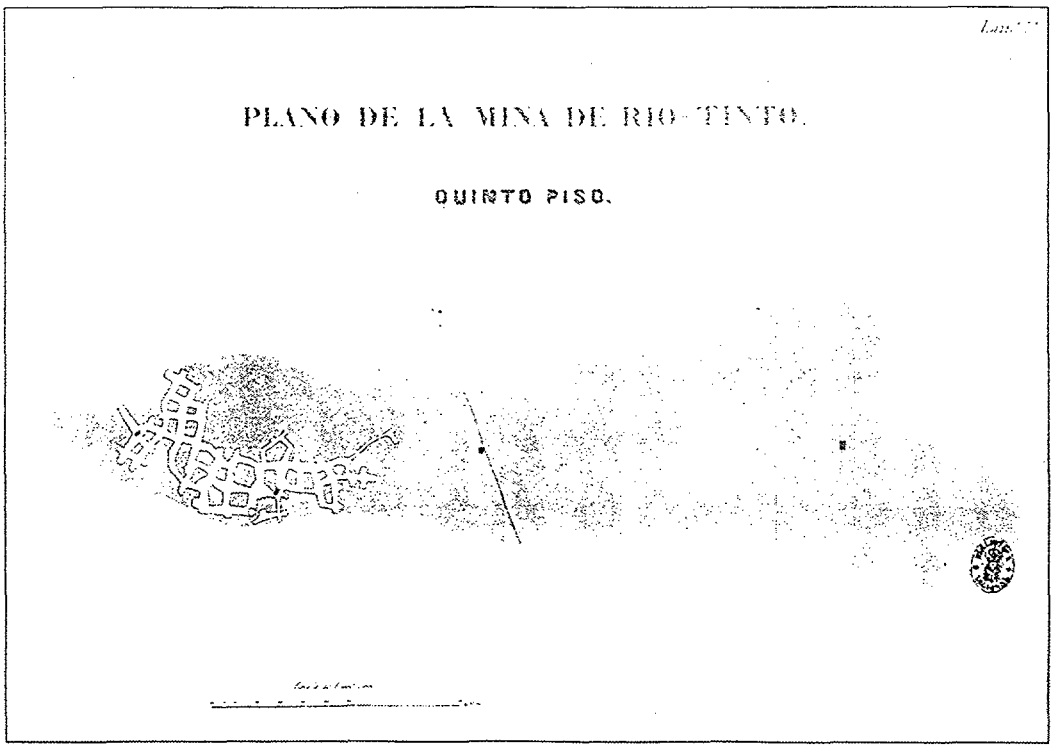


Fig. 35. Plano del quinto piso. Según ANCIOLA Y COSSÍO, 1856. Lámina 8ª

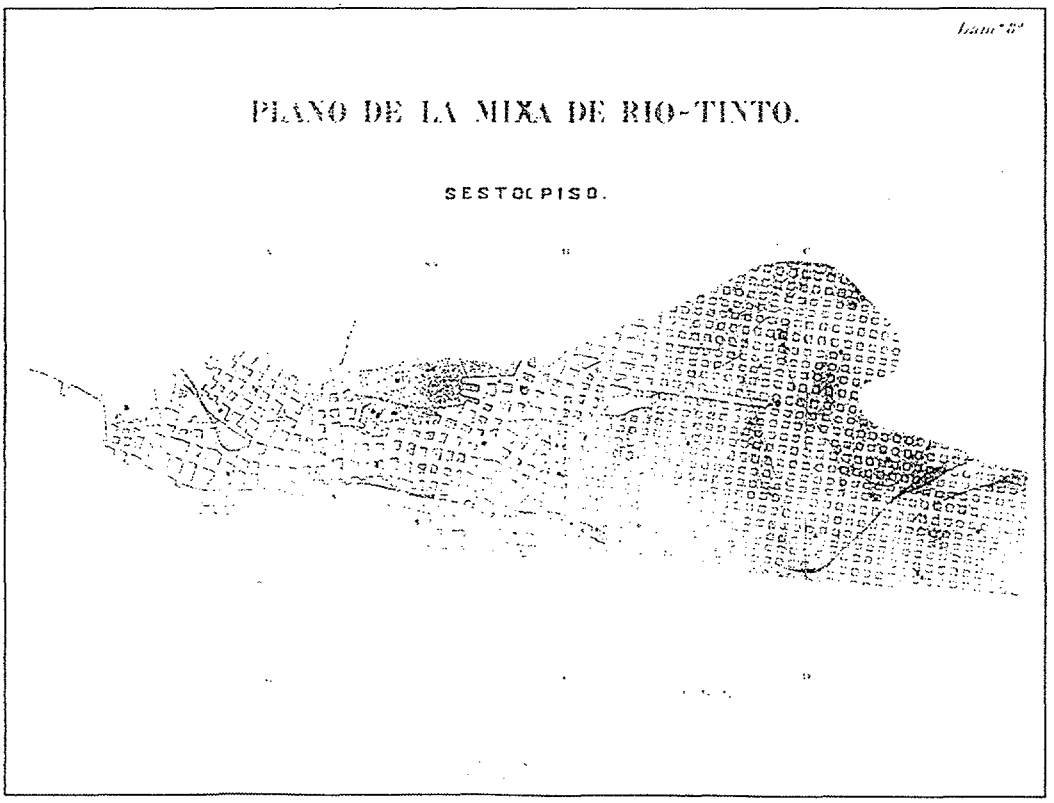


Fig. 36. Plano del sexto piso. Según ANCIOLA Y COSSÍO, 1856. Lámina 8ª

Calcularon el volumen del criadero en 4.137.735 m³ (cuadro XIX), del que deducido el volumen explotado, que calcularon en 115.881 m³ (cuadro XX), quedaban por extraer 4.021.854 m³ de mineral. También calcularon el peso específico medio del mineral, que era de 4,802625 Tm./m³.

Una vez cubicada cada una de las partes de la mina y conocidas las leyes de cobre resultantes de los 98 análisis químicos, efectuados por el ingeniero francés M. BENOIT, de las muestras tomadas en los respectivos sectores del criadero, ANCIOLA Y COSSÍO calcularon que la ley media de la masa era de 4,7599%[15] (cuadro XXI), lo que suponía que el cobre contenido en las 19.315.456 Tm. era de 919.415 Tm. Para los ensayos realizados sobre las muestras tomadas del 3º y 6º pisos dieron una riqueza media de 4,455%.

Propusieron el método de explotación a cielo abierto, realizando un análisis comparativo entre éste y el de huecos y pilares. La explotación a cielo abierto permitía la completa regularidad de los trabajos; dar plena estabilidad a las labores, aprovechamiento integral del yacimiento, obtener una mayor seguridad de los trabajos al no poder producirse inundaciones, caídas de piedras o hundimientos, evitándose también la respiración de polvo o gases, siendo además el coste de explotación mucho más bajo que el de minería de interior.

CUADRO XIX

Cálculo de 1855 del volumen de la masa de mineral, expresada en m³

Partes de la mina	**Pisos**	**Secciones de la mina**				**Total**
		A	B	C	D	
Primera	1	146.531,32	61.254,75	72.064,60	484.033,33	763.884
	2					
	3					
Segunda	4	36.568	54.851	73.966	151.461	566.167
Tercera	5	-	39.890	83.106	126.325	645.329
Cuarta	6	-	-	-	-	2.162.355
Total		-	-	-	-	4.137.735

Según ANCIOLA Y COSSÍO, 1856, 37-59

[15] Una vez establecido el correspondiente laboratorio químico en 1859, RUA FIGUEROA (1869, 264) calculo basado en más de 3.000 análisis, que la ley media del criadero era de 2,65%.

CUADRO XX

Cálculo de las excavaciones realizadas en el Filón Sur hasta 1855. Expresado en varas y m^3

Partes de la mina	Pisos	v^3	m^3
Primera	1	22.693	13.253
	2	30.888	18.040
	3	68.098	39.774
Subtotal		121.675	71.067
Segunda	4	13.037,50	7.615
Tercera	5	12.300	7.184
Cuarta	6	51.386	30.015
Subtotal		76.723,50	44.814
Total		198.398,50	115.881

Según ANCIOLA Y COSSÍO, 1856, 37-59

CUADRO XXI

Clasificación de los minerales de la masa estudiada según sus leyes, para su tratamiento

Clases	Leyes contenidos medios %	Qm de mineral	Qm de cobre contenido
1	1,09049	27.766.828,97	302.794,493
2	2,18408	60.808.386,33	1.328.103,804
3	7,23207	104.579.349,87	7.563.251,783
Total	4,7599	193.154.565,17	9.194.150,080

Según ANCIOLA Y COSSÍO, 1856, 81

Realizaron el supuesto de extraer 460.000 Tm. anuales de mineral, lo que le daba una vida al yacimiento explotado a cielo abierto de 42 años, como el sistema de huecos y pilares permitía solamente recuperar el 34,56% del mineral, la vida por este sistema se reducía a 14 años.

Concluyen que si el sistema de explotación por minería de interior no es el adecuado o su ejecución no se realiza de modo ortodoxo, los problemas irán en aumento conforme se profundice, como comenzaba a suceder en Riotinto al no coincidir los huecos y pilares de un piso superior con los respectivos del piso inferior, como quedó demostrado en 1863 al producirse el hundimiento de la mina, provocando seis muertos y numerosos heridos.

Otro punto que consideraron esencial fue el de la racionalización del transporte de mineral, que debería realizarse por ferrocarril, debiendo instalarse las calcinaciones en los llanos más cercanos a la explotación.

La venta o alquiler de las minas no llegó a realizarse, las labores continuaron haciéndose por minería de interior, continuándose con el sistema de barcales para el trecheo del mineral, no llegando la producción anual a superar las 90.000 Tm.

RUA FIGUEROA (1868, 8-9) describe los conocimientos que se tenían sobre los yacimientos, indicando que la masa mineral de Riotinto (Filón Sur) estaba reconocida en una extensión de 1.200 metros, y en una profundidad de 60, teniendo la zona de la explotación moderna 900 metros de longitud, habiéndose comprobado en los 300 metros restantes la existencia del criadero por medio de tres sondeos, estando situado el más occidental en el lugar denominado Puerto Rubio.

Mediante sondeos realizados en 1860 había comprobado la existencia de la masa San Dionisio, en una extensión de 400 metros, encontrándose el criadero a una profundidad media de 43 metros, por estar recubierto por una masa ferruginosa (gossan).

Por sondeos también comprobó en 1865, el criadero de la Umbría del Retamar[16], situado a unos 600 metros de distancia al Norte y en posición paralela al Filón Sur, y que desde el sitio llamado Hoyo del Balconcillo sigue en dirección a Mal Año, esta masa, que había sido objeto de una gran explotación en la antigüedad, se encontraba a una profundidad media de 35 metros.

Comenta que había indicios de otros criaderos ferrocobrizos en los cerros de la Atalaya y Malaencina, dentro del término de las minas pero que no los había podido investigar.

Según RUA FIGUEROA existía una idea equivocada respecto a la ley media del mineral, lo cual achaca a que hasta el año 1859 no se montó un laboratorio químico-docimástico, con el que pudo hacer más de tres mil análisis

[16] Conocido posteriormente como subfilón Dehesa perteneciente al Filón Norte.

sobre muestras representativas del yacimiento, obteniendo una ley media del yacimiento de 2,65% en cobre.

ESCOSURA publicó, en 1845, un análisis de una muestra de mineral ferro-cobrizo, con 4,153% de cobre; EZQUERRA también dio cuenta de otro análisis para el que había obtenido 5,50% de cobre.

RIEKEN, supuso una ley media de 4,50%, asegurando que en los muchos ensayos que realizó, mezclando los minerales convenientemente, ninguno dio un resultado que bajase del 4% ni excediese del 5% de cobre.

Los resultados de los más de 3.000 ensayos realizados a lo largo de tres años se reflejan en el cuadro XXII:

CUADRO XXII
Leyes del mineral y proporción de la masa a que corresponde

Tipos de mineral	**Leyes en cobre en %**	**Ley media en % por tipos de mineral**	**% de la masa excavada**
Ricos	> 6	9,150	7,790
Medios	Entre 4 y 6	4,897	12,400
Pobres	< 6	1,675	79,810

Según RUA FIGUEROA, 1868, 11

Calculando la media ponderada resulta una ley media del mineral de 2,652% en cobre (RUA FIGUEROA, 1868, 264).

Indica, como labores en mineral que tenían una ley media crecida, ésta descendía, a poco que avanzaba el tajo y viceversa, como ejemplo de ello daba el cuadro XXIII correspondiente a variaciones que tuvieron lugar en 1861.

Por este cuadro se ve la imposibilidad de fijación de zonas de igual riqueza media y entre los límites convenientes para subordinar a ellas un sistema de explotación cualquiera, lo que hacía muy difícil la labor del director facultativo a la hora de decidir la continuación de unas labores, o la suspensión indefinida de otras.

La ley elevada de algunos minerales se debía especialmente a la presencia de calcosina, la cual raramente aparecía en masa y si sólo salpicando, con más o menos intensidad al mineral, y de preferencia, los lienzos o caras de

enfriamiento del criadero (lisos), así como en pequeñas vetillas de cuarzo, sirviendo como de salvandas entre aquéllas y la pirita ferrocobriza, o tapizando el interior de algunas geodas o bolsadas.

CUADRO XXIII

Variación de la ley del mineral con el avance

Nombre de las labores	Ley del mineral		Avance mensual. Metros lineales
	Febrero	Marzo	
Real de Crispulo a Levante, en la traviesa de San Joaquín (N. del criadero)	22,4	2,4	2,04
Real de San Baltasar, desde la 16ª traviesa	5,5	21,6	3,15
Id. de San Ramón, a Levante de la 17ª	10,4	1,2	0,88
17ª Traviesa de San Manuel al Sur	0,0	1,2	1,64
Real de Pudente a Poniente	0,6	3,6	4,45
Ídem de la Reina, a Levante de la 19ª	0,0	4,7	2,47

Según RUA FIGUEROA, 1868,14

El enriquecimiento de otros minerales dependía de la pirita de cobre (calcopirita), la cual acompañaba generalmente a la galena, bastante común en numerosos filoncillos por toda la masa mineral. Del cobre gris (tetraedrita) decía RUA FIGUEROA que solo había visto rarísimos ejemplares y nunca en yacimiento regular, sino diseminados por el criadero. La blenda era otro de los minerales que se encontraban en Riotinto y parecía asociarse, con más predilección, a los minerales pobres, salpicándolos de copiosas y brillantes laminitas, salvo los casos en que adquiere mas consistencia uniéndose a la galena, con la cual tiene tanta afinidad aquella especie mineralógica. Por lo demás, el criadero, considerado en conjunto, estaba constituido por la pirita de hierro mezclada íntima e imperceptiblemente con la de cobre y también con la pirita blanca o arsenical.

RUA FIGUEROA establece cinco clases de minerales, y para dar idea de la composición de los mismos expone el cuadro XXIV:

CUADRO XXIV
Clases de minerales y su composición química

	I	II	III	IV	V
Sílice	0,850	0,100	0,965	5,200	3,000
Hierro	30,170	35,700	39,776	41,600	42,000
Azufre	42,568	47,121	50,235	45,000	48,700
Cobre	23,915	12,700	7,351	6,000	1,200
Arsénico	1,963	1,747	0,804	1,200	0,900
Antimonio	Indicios	1,190	-	-	-
Zinc, cal, alumina, magnesia	-	Indicios	Indicios	0,500	2,800
Agua y pérdida	0,534	1,442	0,869	0,500	1,500
	100	100	100	100	100,1

Según RUA FIGUEROA, 1868, 16

La textura de los minerales no era un indicio seguro para apreciar su ley a priori, siendo únicamente su color (aunque no siempre exacto) el único carácter físico por el que se podía conocer. Si este era oscuro, azul verdoso o azulado intenso, y la fractura presentaba los mismos rasgos, aun cuando aparecieran algunos puntos blancos y de grano grueso, podía asegurarse que el mineral excedía del 6% y esta ley aumentaba tanto más cuanto más uniforme era su color y más terroso su aspecto, es decir, cuanto más se asimilaba a los caracteres físicos de la especie mineralógica causa de este enriquecimiento. En los minerales de baja ley no había una guía fija que sirviera para apreciar a simple vista su contenido. Se podía, después de una larga experiencia, conocer un mineral; podía llegarse a señalar, con más o menos precisión, su ley antes de proceder a su análisis, pero los indicios que servían para este conocimiento, se debían a una cierta intuición práctica o hábito.

La ley media del yacimiento (Filón Sur, único explotado en esa época) se refleja en el cuadro XXV.

CUADRO XXV

Ley media del mineral según los diversos autores (1845-1867)

Autores	Ley media (%)
ESCOSURA	4,153
EZQUERRA DEL BAYO	5,500
ANCIOLA Y COSSÍO	4,455
RIEKEN	4,500
RUA FIGUEROA	2,652
COMISIÓN DE VISITAS DE 1867	3,500

RUA FIGUEROA (1868, 32-34) al igual que otros ingenieros como ANCIOLA Y COSSÍO proponía establecer la minería a cielo abierto que en un principio podría ser mixta, por sus menores costes, mejor aprovechamiento del yacimiento y por seguridad de las personas, decía:

"Nadie desconoce que el sistema de explotación seguido hasta ahora en las minas de Riotinto, exige un cambio de trascendencia. El tiempo, acumulando sus defectos, hace ya insostenible aquel monumento subterráneo: la explotación y el beneficio de aquel singular criadero, nos han revelado, a la luz del examen y del estudio, que no puede seguirse de hoy más el trillado sendero de la rutina, y que es indispensable modificar sus condiciones bajo un principio razonado y provechoso. No hablaremos de la cantidad de minerales que por el sistema actual de laboreo queda sin aprovecharse y que algunos ingenieros han calculado con hartos detalles: no citaremos la irregularidad de los trabajos a que forzosamente conduce la coexistencia de minados antiguos y la disposición particular del criadero, y cuya irregularidad es una constante amenaza a la seguridad de las labores, apartemos de nuestra consideración la aterradora circunstancia de dejar como única base de fortificación un mineral lenta pero inevitablemente descomponible por la acción del aire, activada por la temperatura y humedad de los subterráneos... Olvidemos por un momento estos inconvenientes, para recordar tan solo el más grave de cuantos puedan aducirse para

reclamar otro sistema de explotación, no diremos general, pero si aplicable a las zonas del criadero en donde se presenta ese imponente escollo, que hará zozobrar al más hábil piloto que rija aquella nave por el piélago de sus ignotos abismos.

La explotación moderna, en su insaciable progresión, llegó puede decirse, a la zona principal de los trabajos de los siervos de Roma; trabajos que vienen presentándose desde el año de 1849, pero cada vez con dimensiones más portentosas y alarmantes a medida que avanzamos en profundidad. Así es que al continuar el pozo de Santa Ana, no pudo llegarse al nivel del 8º piso, límite interior de las labores, por encontrar una cueva inmensa, cuyos confines no están todavía reconocidos ni se reconocerán en mucho tiempo. Esta cueva parece minar una gran parte de las labores a Levante del mismo pozo, y su extensión actual, de unos 70 metros de largo por nueve, término medio, de ancho, no es quizá más que el vestíbulo de otra que aparece debajo de las labores del 6º piso cuyo fondo aparente alcanza al nivel del 8º, es decir, unos 20 metros más abajo.

No se halla tampoco ilesa la parte de Poniente del criadero, en donde vemos la enorme cueva, de contornos aún desconocidos, llamada de Sagunto, y que comprende desde el 4º hasta el 6º o tal vez el 8º piso.

De aquí se infiere que es más que nunca imposible seguir un plan ordenado de trabajos: que hay un riesgo inminente en continuar por el sistema actual la explotación del criadero en profundidad, en una palabra, que aquel grandioso y colosal edificio, fruto de más de un siglo de incalculables esfuerzos, que tiene 80 metros de altura y 900 de longitud, carece de cimientos. Las aguas de que han estado rellenas aquellas cuevas, pudieron, por su incomprensibilidad, haber sostenido hasta ahora ese edificio, pero el aire atmosférico que baña ya sus monolitos paramentos, se opone incesantemente a su permanencia: y quien sabe si al remover, después de 20 siglos de quietud y de sepulcral silencio la tenebrosa atmósfera de aquellos subterráneos, si al chocar allí por vez primera el último sollozo del esclavo del Lacio con el alegre

acento de nuestros mineros, si al destruir con los poderosos auxiliares de la minería moderna lo que en otro tiempo era la base de sustentación, la piedra angular de las galerías romanas: quien sabe, repetimos, si destrozamos la clave secular, la misteriosa trabazón aquellas inescrutables criptas.

Hay, pues, obstáculos materiales, científicos y económicos que se oponen al avance en profundidad por medio del sistema actual, y para subsanar la falta de esta explotación, que habrá de localizarse en determinados puntos, debe establecerse con urgencia la labor a cielo abierto, al menos en la parte comprendida entre los pozos de Santa Bárbara y Brujaluni".

La minería a cielo abierto no se había establecido por la fuerte inversión inicial que se necesitaba para desmontar la montera de gossan que cubría el yacimiento, aunque a medio plazo era un método más rentable que el de interior por huecos y pilares.

Decía RUA FIGUEROA, que donde se estableciera el cielo abierto, empezaría otro sistema mixto destinando una parte del terreno estéril que habría que remover, al relleno de esas grandes cuevas y de las labores subterráneas producidas, permitiendo de este modo el arranque completo del mineral, dando seguridad a los trabajos; que existían en la superficie condiciones favorables para la colocación de los escombros al Este del Cerro de las Vacas; que el costo del mineral extraído habría de sufrir una gran reducción, concretándose todas las labores a bancos y ensanches; proponiendo que la explotación fuera llevada por un contratista, satisfaciéndole una cantidad por unidad de mineral extraído, sistema que hoy en día se lleva en muchas canteras y minas a cielo abierto.

El 18 de Diciembre de 1857 el cura LA CERDA solicitó, por motivos de enfermedad, se le rescindiese el contrato de arrendamiento, por el tiempo que le faltaba. Pero los motivos eran otros, sus cobres estaban desacreditados por el bajo nivel de afinación, a pesar de poner en sus torales el sello de "*Cobre electroquímico*", a ello se unía el que su sistema, para el que había conseguido

privilegio de invención, era el mismo que empleaba la empresa Los Planes y la Real Hacienda, lo que había dado lugar a una dura campaña en la prensa especializada, a la que respondió LA CERDA interponiendo una demanda judicial contra los redactores de la "*Revista minera*", que terminó perdiendo. El último año en que produjo cobre fue 1858, cesando por consiguiente desde entonces la obligación de tener que suministrarle mineral la Real Hacienda.

El contrato de la empresa Los Planes que finalizaba el 26 de Septiembre de 1859, había sido prorrogado por tres años, por lo que la fecha final de entrega de las instalaciones fue el 26 de Septiembre de 1862. Desde entonces La Real Hacienda caminó sola hasta la venta de las minas a los ingleses en Febrero de 1873.

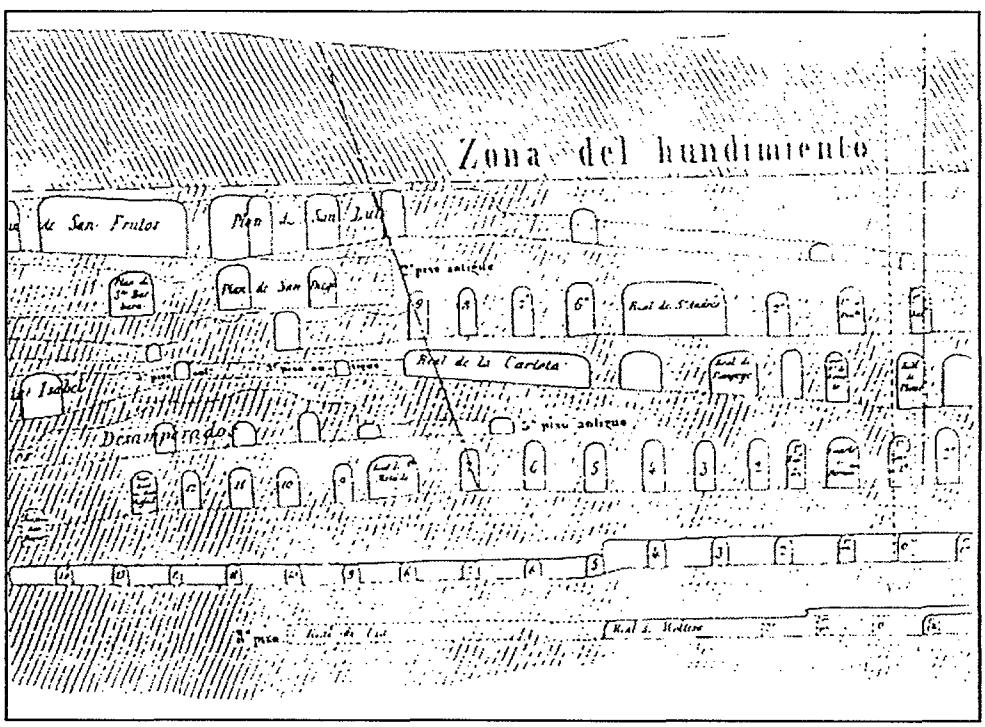


Fig. 37: Sección afectada por el hundimiento de 1863
Fuente: Comisión de visita de 1867, hoja VII

Las labores mineras y el estado de seguridad de las minas fue descrito ampliamente por GÓMEZ DE SALAZAR, decía que el pozo San Gabriel, que se había arruinado el 23 de Diciembre de 1863 (figura nº 37), ocupaba aproximadamente el centro de las labores, inutilizando el hundimiento parte de la mina, este accidente produjo seis muertos, como se ha comentado

anteriormente; se distinguían en los trabajos realizados hasta el 6º piso dos zonas, de Poniente y de Levante, La primera, por donde comenzaron los trabajos los mineros del siglo XVIII, ofrecía mucha irregularidad, así en la corta distancia vertical de 30 metros que separaba el primer piso del sexto, podían contarse hasta siete en el orden y disposición siguientes:

- 1er piso: Planes de San Luis, San Felipe y San Frutos, empezando a Poniente del pozo Santa Bárbara hasta San Gabriel, cortando a éste nivel del socavón Santa Bárbara. Estos planes se extendían poco en sentido de la potencia.
- 2º piso: Planes de Santa Bárbara y San Diego, constituían una serie de anchurones irregulares y galerías de paso; todo limitado a la proximidad del pozo Santa Bárbara.
- 3er piso: Planes de San Francisco y San León: comunicaba por varias galerías con el segundo piso de la parte de Levante; y habiéndose prolongado a Poniente, llegó a formar el cuarto moderno, que se extendía aún más a Poniente del pozo Sagunto, que era el más avanzado en este rumbo.
- 4º piso: Planes de Santa Isabel, San Pablo, San Antonio y San Rafael; cuyos labrados ocupaban las inmediaciones de los tornitos o segundos pozos de Santa Bárbara y San Carlos, extendiéndose poco.
- 5º piso: Plan de los Desamparados, que también tenía labores que comunicaban a los tornitos de Santa Bárbara, extendiéndose a Poniente más que el anterior.

Entre el 3er y 4º pisos se observaban otras galerías correspondientes a la parte occidental del 3º moderno.

La parte de Levante de San Gabriel formaba:

- 1er piso: era continuación del primero de Poniente, aunque a nivel inferior. Comprendía los Planes de la Pastora, Ánimas y San Cayetano, se extendía a Levante hasta el pozo Santa Ana, después de unirse con el

segundo piso por medio de una galería inclinada que se denominaba la bóveda.

- 2º piso: Planes de San Buenaventura y 2º de Ánimas; correspondía en nivel al 3º de Poniente, con el cual formaba un sólo piso.
- 3er piso: Planes 3º de Ánimas, San Lino y Santa Ana; era muy extenso en todos los sentidos.
- 4º piso: inferior al 3º e inmediatamente superior al 6º existía este pequeño piso titulado plan de Brujaluni, que comunicaba a la superficie por el pozo del mismo nombre; siendo este plan el que rindió minerales con más alta ley en cobre y el pozo que tenía labores más avanzadas a Levante.

Las irregularidades de todas estas labores y la confusión de esta descripción (GÓMEZ DE SALAZAR, 1870, 216) que no igualaba a la que producía la inspección directa de las minas, desaparecía desde el 6º piso, que mostraba un plan general y un orden de explotación uniforme, subordinado al desagüe y nivel del socavón de San Roque. Este piso ocupaba toda la extensión de Segundo a Brujaluni; encontrándose ya explotado en el sentido que imponía el sistema de la época. El 7º se hallaba también desarrollado en toda la extensión citada; no permitía todos los disfrutes que tenía preparado, por causa de los grandes huecos antiguos que lo atravesaban. El 8º se estaba formando; no permitiendo una explotación mientras su preparación estuviera limitada al centro de la zona. Tanto este como el anterior desaguaban por el socavón San Luis, que entraba en el criadero ocho metros por debajo del 8º piso.

Respecto al estado de seguridad el primer piso, tanto en la parte de Poniente, como en la de Levante, se hallaba arruinado en su mayor parte, ofreciendo muy poca seguridad las galerías y anchurones que formaban los planes y pisos antiguos de Poniente; encontrándose en mal estado las zonas Sureste de San Gabriel y Noroeste de Santa Ana; el resto de las excavaciones estaban en buen estado de seguridad y conservación.

Las labores se realizaban por el sistema de huecos y pilares, los primeros eran de cuatro metros de ancho por cinco a seis metros de alto y los segundos de base cuadrada de cuatro metros de lado. Éstos resultaban por el encuentro de galerías abiertas en sentido de la longitud del criadero, que se llamaban Reales, con otras que, en sentido de la potencia cruzaban de uno a otro lado, llamándose Traviesas. Unas y otras se excavaban en cañas de dos metros de ancho y de alto, alcanzando después las dimensiones antes citadas, por medio de labores en cielo, banco y ensanche.

En general, este sistema no necesitaba fortificación; si en algún punto se advertía debilidad, se reparaba rellenando el hueco con materiales menudos, la extracción se realizaba por medio de pozos y el desagüe por socavones, tenía la ventaja de su poca inversión y de favorecer la formación y aprovechamiento de vitriolos, por la descomposición espontánea del mineral de las paredes de los pilares; pues, como estos tenían cuatro frentes, además del piso y el cielo de las galerías, presentaba este método mayor superficie que ningún otro, sometiéndolas a la descomposición. Ofrecía, sin embargo, inconvenientes muy graves como:

1. La gran dificultad de conseguir la necesaria exactitud en la correspondencia de los pilares inferiores con los superiores: dificultad que nacía del gran número de labores que debía atenderse, y de la tendencia de los trabajadores a dejar correr la excavación por lo más blando.
2. La destrucción natural de los pilares, a causa de la descomposición del mineral, debilitándose paulatinamente esos pilares y los entrepisos, contribuyendo a anular la correspondencia entre los pilares inferiores y superiores, haciendo ilusoria la estabilidad base del sistema.
3. La obligación de no explotar la mayor parte de la masa del criadero, precisamente la que se explotaría a menor precio, por estar flanqueada la masa remanente por todos los lados. Esta circunstancia es tan notable, que cuando se practica el método con rigor, se aprovecha según un plano horizontal, el 75%, desaprovechando el 25% restante; y según un plano

vertical aprovecha el 60% y pierde el 40%, pues los entrepisos tenían cuatro metros de espesor, y los huecos alcanzaban los seis metros de altura: resultando utilizadas dos terceras partes y abandonada la otra tercera.

4. El inconveniente de no poder seguir una faja o zona de mineral más rico, teniendo que excavar otro más pobre, por exigirlo la regularidad que impone el sistema.
5. La frecuente aparición de labores antiguas (romanas), que por cierto, piso, costados o frente venían a interrumpir los macizos, por resultar éstos colocados sobre huecos.
6. La gran proporción de menudos y tierras (que no se utilizaban en la cementación artificial) que producía la excavación en orden cerrado, que hubiera sido menor con otro sistema en que predominase la excavación en orden abierto. Estos menudos y tierras se dejaban en las galerías para la producción de vitriolos.
7. La dificultad de separar los minerales ricos de los pobres, que resultaban mezclados y vueltos a mezclar con los procedentes de otras labores sometidas a iguales condiciones.

La duración de la jornada de trabajo era de 12 horas, cuyo trabajo recibía el nombre de peonada (RUA FIGUEROA, 1868, 24), recuérdese que en 1823, 45 años antes ELHUYAR había recomendado la jornada de ocho horas.

Molesta la administración por las frecuentes comunicaciones desagradables que provenían de Riotinto y en el deseo de poner fin a tan triste estado, se decidió a investigar la verdadera situación del establecimiento, su riqueza y los medios de colocarlo en condiciones de sólidos y crecientes utilidades. A este fin se dictó en Abril de 1867 una Real Orden creando una comisión de cinco ingenieros de minas, nombrando a los tres que servían en el establecimiento y al que era Jefe de Minas en la provincia. En cuanto al presidente se dispuso que la Junta Superior de Minería lo propusiese de su propio seno y de la clase de Inspector General; siendo nombrado D. IGNACIO GÓMEZ DE SALAZAR Y ACOSTA, quedando completa la comisión, que se

constituyó en Riotinto el 11 de Junio del mismo año de 1867, el establecimiento se encontraba a media marcha, porque la explotación se había reducido a unos pocos puntos por el temor de que se produjeran nuevos hundimientos; se habían producido últimamente tres y estaba anunciado otro de muy trascendentales consecuencias.

Las instrucciones dadas a la Comisión fueron: reconocer la mina y estudiar detenidamente todo lo que condujese a proponer lo más conveniente; adoptar los medios más comunes a propósito para evitar hundimientos; deslindar y amojonar el terreno perteneciente al establecimiento; someter a la aprobación de la Superioridad los proyectos parciales de mejoras en el servicio, uno general de nuevo sistema de explotación apropiado a las condiciones de los criaderos, y lo demás que pudiese ser útil al establecimiento; ilustrando todo con explicaciones y planos suficientes para la mejor comprensión de las diferentes cuestiones que debían estudiarse.

Elaborada la correspondiente memoria por la Comisión la elevó al Ministerio de Hacienda, donde según GONZALO TARÍN (1888, 291) se conservaba inédita, pero desgraciadamente desapareció durante la guerra civil española de 1936 (FLORES CABALLERO, 1983 b).

Afortunadamente, GÓMEZ DE SALAZAR (1870) publicó un artículo en la "Revista Minera" titulado "Río-Tinto" en el que se recogían las propuestas y conclusiones a que llegó la Comisión.

Ante todo, atendiendo por un lado a la necesidad de sostener la actividad industrial del establecimiento, recomendada por la superioridad; y por otro a la gravedad del anunciado gran hundimiento, convencida de la necesidad urgente de variar el sistema de explotación, así como de que esa variación podía dar el resultado de la producción ordinaria en el plazo de un año, sin perjuicio de aumentar después sus beneficios, cumplió bien pronto con aprobación del Gobierno la primera condición de evitar hundimientos durante ese periodo de un año que, como manifestó, era suficiente para obtener la producción por un nuevo sistema; sin tener que depender después del estado bueno o malo de esas labores, que amenazaban peligro, a la vez que eran todavía necesarias. El sistema no llegó a innovarse, la explotación continuó en

completa actividad sin que ocurriera siniestro alguno desde que se constituyó la Comisión.

La Comisión estudió el sistema de extracción que debía ejecutarse en el plazo de un año, para dejar fuera de servicio los pozos y demás labores en peligro de hundimiento, para ello propuso la construcción de un ferrocarril, que recorriendo la mina a nivel del 8º piso, y continuando por todo el socavón de San Luis, se extendiese en la superficie hasta denominar el gran terrero del segundo departamento de cementación; quedando por bajo de esta línea el terreno suficiente, y el más idóneo de todo el que poseía el establecimiento, para instalar en él la calcinación en escala mucho mayor que la que se realizaba. Se proyectó, además, otra línea férrea al pie de esa gran zona de calcinación y a nivel de los pilones de cementación del citado segundo departamento hasta el río Tinto; dominando el terreno bajo, llano y espacioso, para reunir en él toda la cementación, por extensa que llegase a ser esta operación. De modo que esta segunda línea dividiría las zonas destinadas a calcinación y cementación; quedando aquélla comprendida entre ambas líneas férreas, y ésta entre la más baja y el río Agrio. Este proyecto agrupaba y enlazaba todos los servicios, con disminución de los costes, facilitando todo el movimiento desde el trecheo interior a la calcinación, cementación, fundición, afino y almacén; haciendo sencilla y efectiva la vigilancia e intervención, incluso si se elevaba la producción considerablemente.

Aprobado por el Gobierno, se ejecutó dentro del plazo y en la cantidad presupuestada, que salió en su mayor parte del presupuesto ordinario del establecimiento.

La obra estaba finalizando y los raíles llegando a Sevilla en Octubre de 1868, quedando fuera de toda duda que los ferrocarriles podrían estrenarse el 1 de Diciembre, pero a fecha de publicación del artículo que comentamos (Abril 1870), los raíles permanecían almacenados en Sevilla, como en esa fecha ya estaba en marcha el proceso de venta de las minas, creemos que nunca debieron de llegar a Riotinto.

Estudió, también, la Comisión un proyecto de minería a cielo abierto armonizado con los ferrocarriles, que tenía por objeto disminuir los accidentes, reducir los costes de explotación y aumentar fuertemente la producción de minerales, que fue elevado al Gobierno en Noviembre de 1868, ignorando GÓMEZ DE SALAZAR si se había aprobado; nunca llegó a realizarse.

Por último, la Comisión deslindó y demarcó el terreno del establecimiento (1.890 hectáreas), y concibió un proyecto general de explotación, que comprendía todas las masas conocidas.

Afirmaba GÓMEZ DE SALAZAR (1870, 189) que:

1. La masa de mineral reconocida en Riotinto excedía en volumen, a cuantas análogas se conocían en el mundo, estando restringida la explotación a uno sólo de los filones y a una profundidad limitada respecto de la que debía de tener.
2. El campo de explotación tenía un kilómetro de extensión, con ochenta metros de potencia y otros tantos de profundidad.
3. El sistema de beneficio que se empleaba no permitía aprovechar más de la mitad del cobre contenido en el mineral, que era lo que se conseguía sulfatar en la calcinación y por tanto la única soluble en el agua y aprovechable en la cementación; pasando a óxido la otra parte que, como insoluble, iba a los terreros.
4. El sistema de beneficio de COSSÍO (por esponja de hierro), además de ahorrar la gran suma que representaba el hierro metálico que se adquiría en el mercado con destino a la cementación, aprovechaba todo el cobre contenido en la mena; lo cual equivalía a doblar la producción sin aumentar la extracción de minerales. Dudamos de la eficacia de este procedimiento, pues nunca llegó a instalarse, ni con la Administración española ni posteriormente con la inglesa.
5. Por el mismo sistema o por cualquier otro que permitiera el tratamiento por ácido sulfúrico, sustancia que en grandes cantidades podía obtenerse del mismo mineral de Riotinto, podían beneficiarse los inmensos terreros existentes, rindiendo aproximadamente tanto cobre como el que se

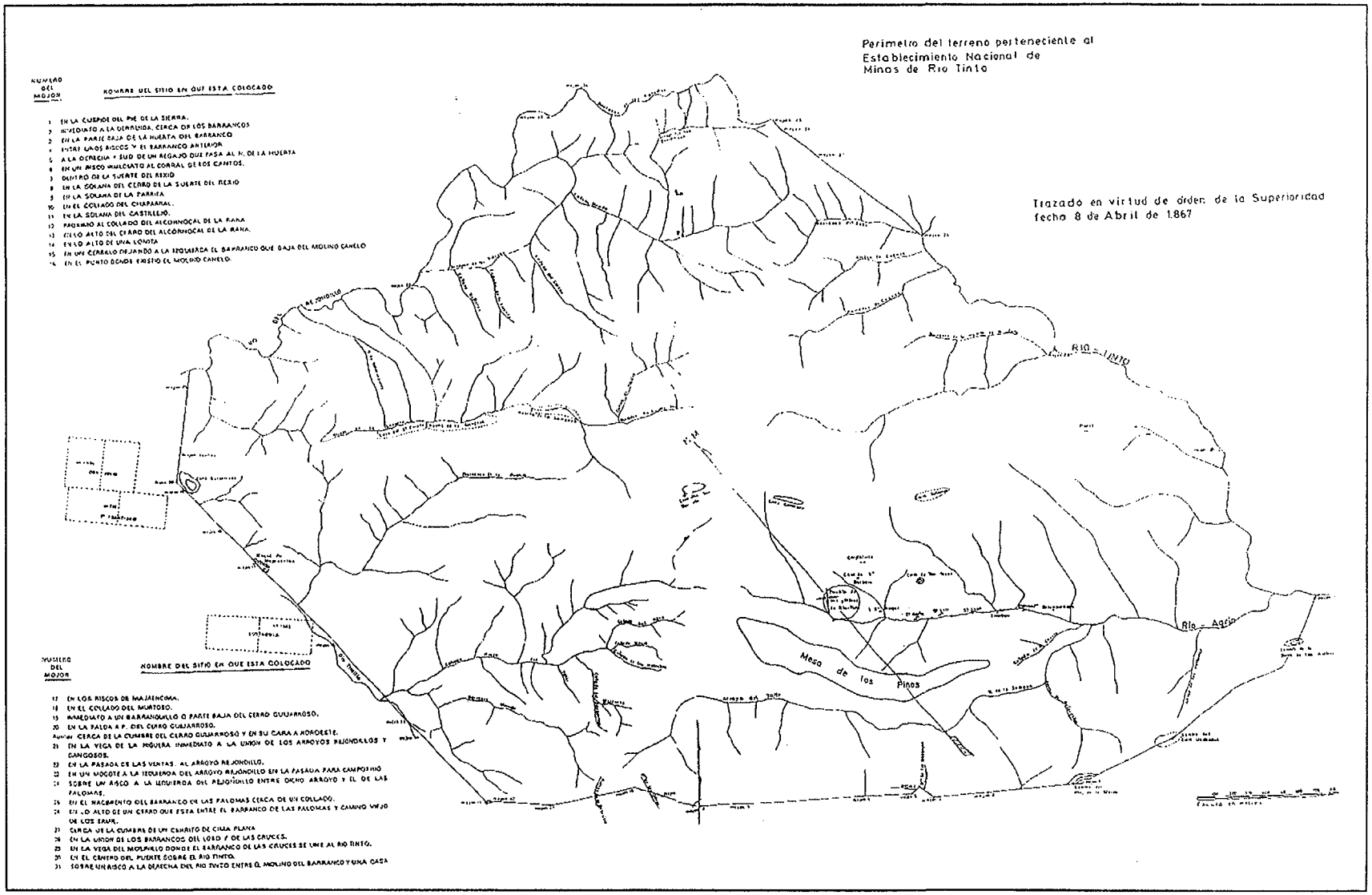
obtenía de igual cantidad de mineral crudo, con notable ahorro de los gastos de explotación de esas grandes masas.

6. Funcionando el ferrocarril y en marcha el cielo abierto propuesto por la Comisión, podía elevarse la extracción de minerales al cuádruplo.
7. El conjunto de los aprovechamientos que había propuesto la Comisión, daba como costo del quintal métrico de cobre fino 25 escudos en vez de 60 que costaba por el sistema que se empleaba.

Llegaba GÓMEZ DE SALAZAR a las siguientes conclusiones:

1. Si el Estado al hacerse cargo de las minas en 1849, hubiera realizado las mejoras que reclamaba, hubiese obtenido en el periodo de su administración una ganancia que, conforme al precio del cobre, que por término medio había sido durante ese periodo de 90 escudos, alcanzaría la cifra de 300 millones de reales; de los cuales, era seguro, que el Estado no habría percibido más de 50 millones de reales.
2. En el momento de la publicación del trabajo que comentamos, el no realizar las mejoras propuestas hacía perder diez millones de reales al año, cantidad que no era mayor por el bajo precio del cobre.
3. El establecimiento, realizadas todas las mejoras propuestas, era susceptible de rendir anualmente, a partir del sexto año, la cantidad de 100.000 quintales métricos de cobre, proporcionando una ganancia de 25 millones de reales al año, al precio del momento; a pesar de lo cual la Comisión, dando prueba de sensata previsión, las redujo a 20 millones.

La Comisión de Visitas también propuso traer a Riotinto las fosforitas de Cáceres y Logrosan a través de la línea férrea que se estaba construyendo entre Mérida y Huelva, con objeto de fabricar abonos artificiales, donde podría ser tratada, aprovechando el ácido sulfúrico que podría obtenerse allí a menor precio y en mayor cantidad que en cualquier otra parte. Esta operación se estaba practicando en aquellas fechas en Inglaterra, a donde se llevaban piritas de minas vecinas a Riotinto y las fosforitas de Logrosan. Indicaba asimismo la



Plano nº 8. Fuente: Informe de la Comisión de Visitas de 1867

Comisión que el azufre y la caparrosa, que también podían obtenerse con ventaja, eran también sustancias de gran aplicación a la agricultura; de suerte que, además del inmenso valor del cobre, representaba Riotinto un elemento poderosamente influyente en la prosperidad del país (figura nº 38).

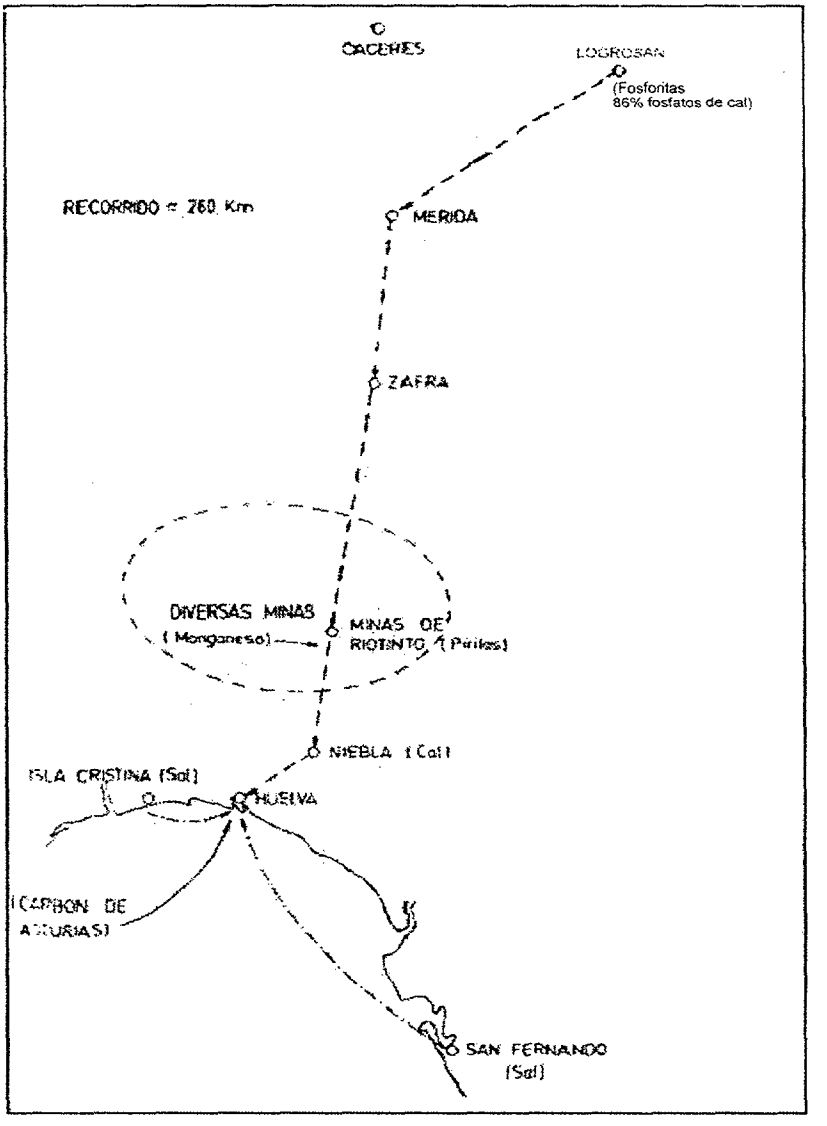


Fig. 38: Esquema del plan industrial y proyecto de ferrocarril de la Comisión de Visitas de 1867
Fuente: FLORES CABALLERO, 1981 b, 23

Indica la Comisión de Visitas, que los contenidos en cobre de los minerales del Filón Sur variaban mucho; pues había piritas, aunque eran casos excepcionales, que nada contenían; al paso que las había con 5, con 10, con 20, con 30 y más tanto por ciento, siendo excepcionales los de contenido mayor al 7% en cobre; encontrándose también raras veces el cobre nativo. Esta

desigualdad, la rapidez con que se pasaban las labores desde una pirita rica a otra pobre, o viceversa, eran dificultades para apreciar el verdadero tipo de mineral; mas, según lo que arrojaban las cuentas y el conjunto de operaciones industriales, auxiliado todo por trabajos de laboratorio, dedujeron que la riqueza media de la mina era del 3% de cobre, indicaba la Comisión que en general los minerales más blandos eran los más ricos; que era más frecuente la riqueza en la proximidad del hastial del Norte, en sentido de la potencia; y en el de la longitud mayor a Levante que a Poniente; observándose, además, que la faja central longitudinal del criadero era generalmente más rica; resultando más pobre la proximidad al hastial Sur. La composición media del criadero podía considerarse la del cuadro XXVI:

CUADRO XXVI

Composición media del yacimiento según la Comisión de Visitas de 1867

Azufre	49,00
Hierro	42,50
Cobre	3,50
Ganga	4,00
Sustancias arsenicales, antimoniales y otras	1,00
	100,00

Fuente: GÓMEZ DE SALAZAR, 1870, 213

El dato expuesto del 3% era el que arrojaban, por un lado, las cuentas comparando la cantidad de mineral explotado con la de cobre obtenido; y por otro los ensayos sobre los minerales beneficiados, para determinar la cantidad de cobre insoluble que conservaban cuando pasaban a los terrenos; pues directamente no era posible determinar este contenido en el laboratorio, por la gran variedad que ofrecía el mineral no sólo en su riqueza, sino en la cantidad con que se obtiene cada clase. Así era que el dato dado era exacto como dato industrial en las condiciones de aquel momento; pero debía considerarse como mínimo, sin rechazar que la verdadera riqueza media alcanzara valores más elevados. Consideraba la Comisión, primero que siendo el mineral más rico el más deleznable, era el que producía más menudos y tierras, no sólo al

excavarse, sino en todo el movimiento y operaciones que sufría; y como el sistema de beneficio, admitía estas materias menudas en muy pequeña proporción, se dejaban en la mina las producidas por la excavación y se iban apartando en la extracción y calcinación las que se formaban después; lo cual mermaba la representación del mineral rico, no sufriendo el pobre esta contrariedad por ser más tenaz. Segundo; que la calcinación tal cual se efectuaba presentaba un límite en la cantidad de sulfuros que pasaban a sulfatos; de suerte que un mineral rico venía a igualarse con el pobre en los resultados inmediatos del beneficio que se efectuaba, perdiéndose también en este sentido la verdadera representación de su riqueza; siendo muy difícil que esta apareciera al tratar de ensayar el contenido de los terreros. Tercero; que, siendo imposible, bajo el sistema que regía, vigilar e intervenir el detalle de los servicios de trecheo y extracción podría ocurrir que la verdadera extracción fuese menor que la aparente; lo cual también contribuiría a que figurase el mineral con ley inferior a la que realmente tuviese. Creía probable la Comisión que al realizar las mejoras propuestas, el tipo de riqueza media se elevara al 3,5% aprovechable por completo, en vez del 3% del que sólo se aprovechaba, según la Comisión, el 1,33% directamente. La Comisión realizó una serie de investigaciones cuyos resultados se indican en el cuadro XXVII.

CUADRO XXVII

Sondeos realizados por la Comisión de Visita de 1867

Criaderos	Nº del sondeo	Lugar	Días	Metros perforados	Causa del abandono
Mal Año	1	Cerro Retamar	81	57,00	La máquina de la sonda no permitió continuar en profundidad.
	13	Socavón Fuente	40	31,30	Pérdida del sondeo.
Norte	9	Actual Corta Lago	31	23,20	Pérdida del sondeo.
	10		49	37,10	Hundimientos y oquedades.
	11		18	13,60	Hundimientos y oquedades.
	12	Actual Corta Dehesa	24	29,60	Indicios del yacimiento.
	19		46	23,60	Pérdida del sondeo.
	20		10	22,00	Pérdida del sondeo.
	21		45	28,60	Pérdida del sondeo.
	22		37	25,10	Dureza del pórfido.
	23		81	42,90	Falta de material.
	24		21	13,50	Se dio con trabajos antiguos
	25		38	37,50	Se comprobó que enlazaba con Mal Año.
El Polvorín (Filón Sur)	18	Cerro El Polvorín	87	66,95	No se encontraron indicios.
San Pedro (Filón Sur)	6	Criadero San Pedro	7	29,75	Dureza del pórfido.
	7	Norte Pozo Sagunto	19	18,00	Se dio con entibaciones antiguas.
	8		54	35,60	Dureza del pórfido.
San Dionisio	2	Levante C. S. Dionisio	33	30,15	Dureza del pórfido.
	3	Poniente C. S. Dionisio	38	47,80	Ley de cobre superior 0,5 de cobre.
	4		46	46,80	Se dio con entibaciones y masas antiguas.
	5		47	39,80	Se noto una corriente de agua y repetidos hundimientos; corraborado el criadero.
La Mina (Filón Sur) Levante	26	Levante de Brujaluni	108	43,50	Dureza del pórfido.
	27		47	61,80	Se confirmó el criadero.
La Mina (Filón Sur) Poniente	14	A 200 m. del P. Sagunto	28	48,40	La ley del mineral era del 0,5% al 4% de cobre.
	15	A 410 m. del P. Sagunto	32	59,80	Se confirmó el criadero.
	16	A 500 m. del P. Sagunto	24	11,80	Una cueva no permitió el avance.
	17	A 620 m. del P. Sagunto	29	36,60	Indicios.

Fuente: FLORES CABALLERO, 1981 b

Las propuestas más importantes de la Comisión de Visitas, que estudió el establecimiento en 1867 fueron:

1. Habilitación del socavón San Luis y pisos inferiores de la mina, para establecer un ferrocarril, con tracción de caballerías que, recorriendo todo el interior extrajera los productos de la explotación por la boca del citado socavón, conduciéndolos a la gran plaza de calcinación, que se había proyectado, distribuyendo en ella los minerales. Agrupación de la calcinación en una extensión suficiente, junto a una nueva zona de cementación, reuniendo todo lo relativo a esta operación, que se encontraba disperso con distancias importantes. Instalación de otra línea férrea, al pie de los pilones, que terminase en un punto adecuado para la descarga y depósito de los residuos. Este proyecto enlazaba todos los servicios, sometía todo el movimiento al ferrocarril y haría fácil vigilar toda la marcha del establecimiento. Se encontraba ejecutando, faltando solamente una orden superior para ponerlo en marcha.
2. Planteamiento de la labor a cielo abierto, que disminuía el coste de explotación en dos escudos por tonelada, pudiéndose aumentar la explotación según fuese necesario.
3. Planteamiento del sistema de beneficio de COSSÍO, que a costa de un aumento en algunos gastos de fabricación, ahorraba el hierro metálico que se compraba para cementar, que se produciría en el establecimiento y que aprovechaba casi completamente el cobre contenido en el mineral; cuyas ventajas eran bajar un escudo los gastos de fabricación y elevar la producción de 11.500 quintales métricos de cobre a 18.000. Estaban en ejecución las obras necesarias para su implantación.
4. Desarrollo de un sistema general de explotación, basado en el socavón de todos los criaderos conocidos, que permitiría una producción tal, que sólo estaría limitada por el consumo. Esta era la mejora que necesitaba un plazo de seis años, siendo las anteriores realizables en menos de un año.

Decía GÓMEZ DE SALAZAR (1870, 227) que notables serían los resultados que producirían todas estas mejoras; pero aún era más halagüeño el porvenir de estas minas, que no tenían rival conocido en su género, desde el momento en que las consideramos no sólo de cobre sino también de azufre. Al contemplar la gran importancia que esta sustancia había alcanzado, y no sólo considerar el aprovechamiento de los 200.000 quintales métricos que se lanzaban al aire, sino en los dos, tres o cuatro millones de quintales métricos de azufre correspondientes a las producciones de mineral que se conseguirían con las mejoras planteadas.

Continuaba comentando que el valor del azufre era más del doble del que representaba el cobre asociado a él, por tanto no era absurdo suponer que entre ambas materias pudiera llegarse a ocho o diez millones de escudos la utilidad inmediata de aquel establecimiento; mas esto era poco comparado con los beneficios que podrían obtenerse, si se realizaba el ferrocarril de Extremadura a Huelva, uniendo Logrosan y Cáceres, grandes productores de fosforita, con Riotinto. Este es el caso, en que además del cobre podría dar el establecimiento diez millones de quintales métricos de ácido sulfúrico, para obtener doble cantidad de fosfato y por consiguiente poder entregar a la agricultura grandes cantidades de abonos a reducido precio.

Decía GÓMEZ DE SALAZAR que admirásemos a los ingleses que, con estos elementos nuestros de riqueza, transportados a su país, habían desarrollado una industria importantísima; pero deseaba verla planteada aquí, y que aquí ejerciese su acción fecundadora.

El 25 de Julio de 1870 se publicó en la Gaceta la ley para la venta del establecimiento de Riotinto, poco imaginaba GÓMEZ DE SALAZAR y los restantes miembros de la Comisión, que el 14 de Febrero de 1873 serían vendidas las minas a los ingleses, que seguirían llevándose los ricos minerales de Riotinto durante 81 años más, sin apenas producir ningún valor añadido, produciendo una gran deforestación y daños a la agricultura como consecuencia de la lluvia ácida, dejando en la zona poco más que los salarios de los trabajadores y al Estado el pago de los aranceles de exportación, estando la

RTCL exenta del pago del canon de superficie por no ser concesionaria de las minas, sino propietaria.

El país perdió una gran oportunidad para salir del atraso y pobreza en que se encontraba, pues Riotinto podía haberse convertido en el motor para la creación de una gran industria química y desarrollo de la agricultura.

Durante el período de 1849 a 1873 no se consiguió fijar la atención del Gobierno en las cuestiones convenientes al engrandecimiento de aquel establecimiento; su riqueza estaba demostrada, los ingenieros propusieron con insistencia casi temeraria las mejoras que debían introducirse; el capital necesario era de escasa importancia; las ventajas inmensas, y la ocasión propicia, pues disfrutaba el cobre de un precio elevado. A pesar de todo nada se concedió, quedando limitada la acción del establecimiento al estrecho círculo de un presupuesto ordinario, de unos medios embarazosos, lentos y poco productores, y de una escasa profundidad y extensión de labores; pues el acometimiento de mayores profundidades y la perfección de los sistemas de explotación y beneficio exigían una cantidad separada, que no se concedió.

CUADRO XXVIII

Producción de mineral y cobre durante la Administración del Estado (1849-1872)

Año	Mineral extraído en tm.	Cobre fino producido en kg.
1849	14.343	231.978
1850	24.875	379.370
1851	30.176	586.624
1852	28.507	680.162
1853	24.719	543.395
1854	39.513	731.298
1855	37.693	794.847
1856	37.984	752.271
1857	38.108	657.680
1858	45.220	682.021
1859	59.115	998.592
1860	72.244	903.781
1861	80.988	1.190.905
1862	76.615	1.159.794
1863	89.694	1.335.000
1864	74.234	1.046.000
1865	66.156	1.025.000
1866	62.312	1.135.000
1867	50.480	879.000
1868	52.036	1.123.000
1869	60.530	974.000
1870	67.075	1.012.000
1871	55.600	860.000
1872	62.220	804.000
Totales	1.250.427	20.485.718

Fuente: FLORES CABALLERO, 1983 b, 130 y 154

GRÁFICO Nº 7
Mineral extraído de mina por el Estado (1849-1872)

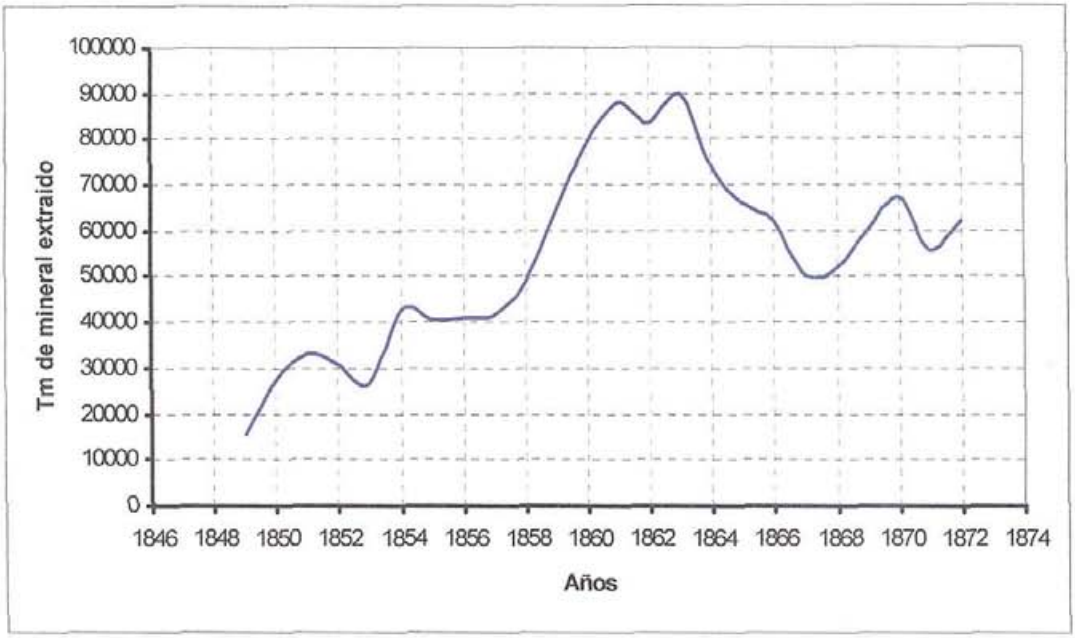
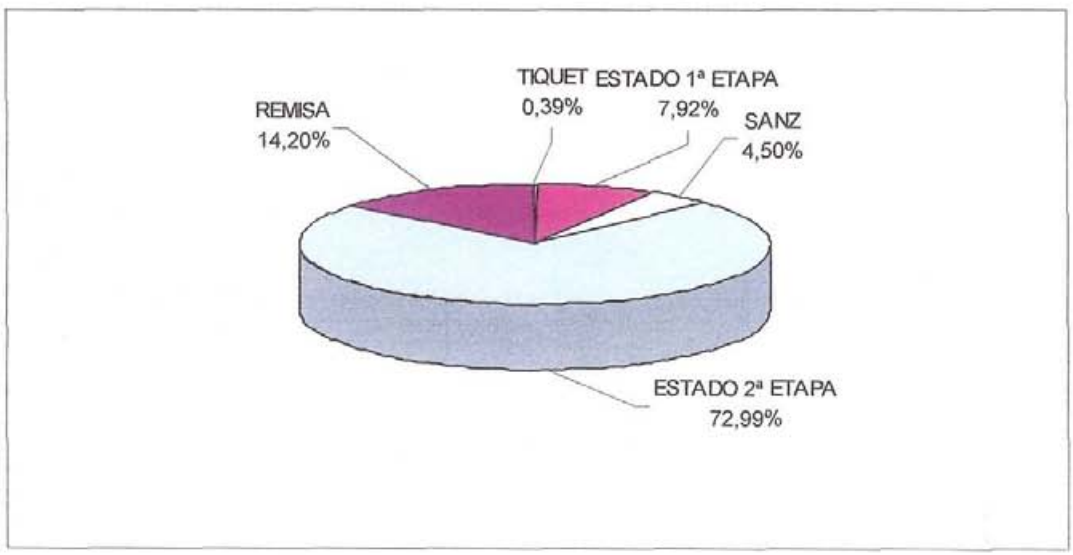


GRÁFICO Nº 8



Participación en la producción de mineral de los diversos explotadores desde la rehabilitación de las minas en 1725 a su venta a los ingleses en 1873

Por voluntad superior quedó pues, el establecimiento en todas las malas condiciones en que lo colocó el arrendamiento de REMISA y en la misma incomunicación y dificultades en que ya venía de antes. Tal estado sólo debía producir pérdidas; sin embargo, debido al celo de los ingenieros que han tenido

a su cargo las minas, rindieron beneficios elevados, conforme a las circunstancias en que lo han verificado; pues no sólo se habían visto exhaustos de recursos y de autorización para plantear mejoras, sino que se les había puesto veto a la realización de operaciones productivas, que no exigían desembolso.

La producción de mineral y cobre para esta etapa de administración de las minas por el Estado figura en el cuadro XXVIII y gráfico nº 7.

En el gráfico nº 8 se compara la producción de mineral obtenida por los diversos explotadores de las minas desde su rehabilitación en 1725 a su venta a los ingleses en 1873.

4.7 La Minería durante la Etapa Inglesa

Una vez instalados los ingleses, tal como dijimos anteriormente, el objetivo era ir a grandes producciones de mineral, con objeto de amortizar las grandes inversiones realizadas y repartir dividendos entre los accionistas lo antes posible, tal como se habían comprometido los fundadores de la sociedad, en los anuncios publicados en la prensa anglosajona.

En 1876 primer año de explotación de la mina, la producción fue de 349.178 Tm., en 1877 de 771.151 Tm., de tal forma que en 1883, diez años después de la compra de las minas se superó el millón de toneladas (1.099.973 Tm.), para ello fue necesario traer a Riotinto, la tecnología punta de la época, con objeto de obtener una alta mecanización de las minas, abrir labores a cielo abierto y aplicar los métodos de la economía de escala, pero no debemos olvidar que lo realizado por los ingleses, ya anteriormente había sido propuesto por los ingenieros españoles en los sucesivos estudios realizados sobre la viabilidad de las minas, aunque el gobierno español no llegó a ponerlas en práctica.

4.7.1 Filón Sur

Este criadero, tal como se dijo anteriormente se había venido explotando, desde la rehabilitación de las minas por WOLTERS, por minería de interior, sistema que continuaron los ingleses pero además abrieron una corta o explotación a cielo abierto, consiguiendo de este modo un aprovechamiento más completo del yacimiento, pues permitía recuperar además de las zonas no minadas anteriormente, pilares y entrepisos dejados por la minería subterránea, las labores de explotación se realizaban mediante la abertura de un enorme hueco en el terreno, creándose un sistema de bancos que oscilaban en altura entre 10 y 21 metros, teniendo el hueco forma de una elipse alargada, siguiendo la dirección del criadero, conforme se profundizaba la explotación iba siendo necesario abrir más el hueco en superficie. El transporte del mineral previamente clasificado se efectuaba mediante locomotoras y vagones, que circulaban por los distintos bancos, hasta los puntos de descarga o bien hasta el muelle de Huelva, si su destino era la exportación. La variación experimentada por la topografía, era impresionante dado el enorme hueco producido, realizándose el vertido de estéril entre la labor a cielo abierto y el río Agrio.

La zona occidental de este criadero se explotaba por minería de interior, por el método tradicional de cámaras y pilares, realizándose la extracción de los minerales por socavones conectados con los bancos del cielo abierto, de forma que las locomotoras recorrían las galerías subterráneas y las labores de exterior. La distancia fijada entre niveles fue de 12,5 m., estableciéndose las galerías y traviesas a intervalos de 10 m., con sección transversal de 4x4 m., dejándose pilares de 16 m^2. Por interior también se explotaba bajo el fondo de la corta.

Para el año 1900 la mina estaba preparada hasta el piso 22, empezándose a establecer niveles intermedios con objeto de mantener la producción, habiéndose también agrandado las cámaras mediante labores de rapiñas en los pilares, lo que hizo inminente el peligro de hundimiento a gran escala, provocando el abandono y demolición del antiguo pueblo de Riotinto.

La evolución de la ley media fue, según GUITIÁN, VILLASANTE Y ABBAD (1916) del 3% en 1890, de 2,30% en 1900 y del 2% en 1910.

La fotografía nº 6 recoge la corta del Filón Sur a principios del siglo XX. Al fondo puede apreciarse el antiguo pueblo de Riotinto.

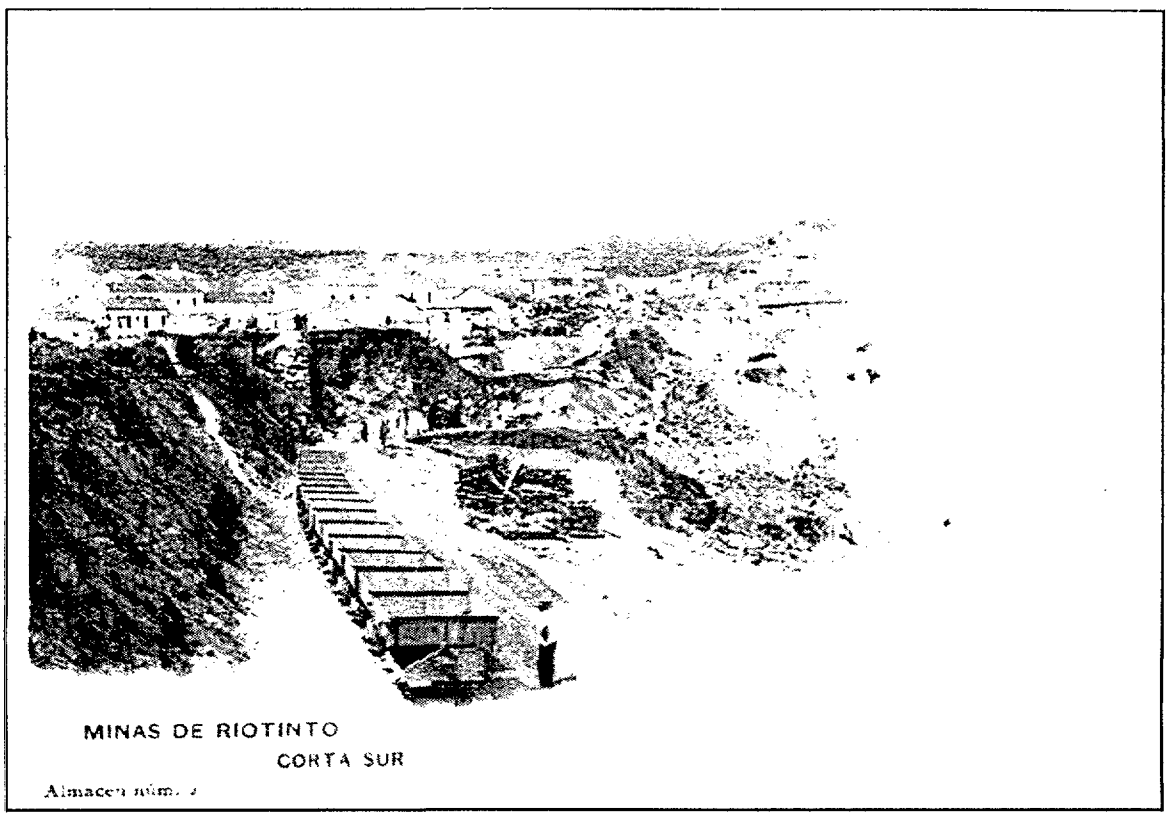


Foto nº 6: Corta Filón Sur a principios del siglo XX. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

4.7.2 Filón San Dionisio

El Filón o Masa San Dionisio era conocido por los romanos, del que extrajeron los minerales de plata situados en el contacto entre el gossan y la masa piritosa, como muestran las 300.000 Tm. de escorias procedentes de la metalurgia de la plata, encontradas en la zona, así mismo explotaron minerales ricos en cobre, accediendo a la masa mineral a través de 4 socavones, que se comunicaban con la superficie por medio de pozos, situados por pareja.

Para la explotación de la masa se perforaron inicialmente 5 pozos, espaciados estratégicamente, de manera que los puntos de ataque del depósito

pudieran ser muchos en poco tiempo, con lo que se conseguía una gran flexibilidad en la producción, adaptándose a las necesidades del mercado.

Estos pozos eran:

- San Dionisio, el gran pozo maestro, utilizado para la extracción de mineral, para lo que contaba con un malacate de 250 C.V., y desagüe de la mina, que se realizaba con una bomba Cornwall de 300 C.V., fue conectado en 1882 con el Túnel Principal.
- Alberto, el situado más al Este, sobre la falla Eduardo y en estéril.
- Alfonso, destinado a la extracción de mineral.
- Alicia, excavado en las pizarras del respaldo Sur.
- San Eduardo.

La explotación del Filón San Dionisio, se comenzó por minería subterránea, por el método de cámaras y pilares que ya la compañía utilizaba en Filón Sur, para 1900 se había alcanzado el piso 32, utilizándose hasta el piso 20 las mismas dimensiones que en Filón Sur, por debajo de este nivel los pisos iban a intervalos de 36,5 m. hasta los pisos 29 y 32.

El problema que presentaba el método era el bajo grado de recuperación de mineral que se conseguía, pues teóricamente solamente se podía extraer el 20% de la masa mineralizada, lo cual para un criadero tan rico, era una gran pérdida, esto era debido a la separación que había que dejar entre pisos y los enormes pilares necesarios para la estabilidad de la mina.

Los ingenieros comenzaron a estudiar el problema, intentando diseñar un método que les permitiese la explotación del 75-80% restante de las masas, pero para dar seguridad a los trabajos era necesario rellenar los huecos existentes con roca estéril que para los 18 millones de toneladas de mineral extraídas, eran necesarias 7 millones de toneladas de roca estéril, rellenando desde los pisos inferiores hacia los superiores, tarea que requería varios años y financiación, además de estar sin producción la mina, por lo que se procedió a rellenar sólo los huecos en un número de columnas transversales (por zonas) desde los pisos inferiores hasta el superior, desde el muro hasta el techo, cada columna rellena representaba 25 m. en su dimensión paralela al rumbo de la

masa, en cada piso, los accesos o galerías longitudinales se mantenían abiertos a través del relleno por bóveda de mampostería de 2 a 2,5 m. de altura por 1,5 m. de anchura, en cada una de las columnas se realizaban trincheras para excavar el mineral de contacto, en fajas de 15 m. de anchura, la explotación se comenzaba por los pilares dentro de los límites de la trinchera y, después, se arrancaba el mineral encima de aquellos, por fajas horizontales ascendentes de 2 m. de altura, los huecos producidos se rellenaban con roca estéril hasta el piso superior. El sistema no dio buen resultado, porque los pilares-llaves dejados para soportar las bóvedas de mampostería empezaron a fallar al extenderse las trincheras por el corte de las fajas, produciéndose la ruina de las citadas obras de mampostería.

Todo ello trajo consigo, el retraso de los trabajos, la producción de un calor agobiante, un tufo sulfuroso insoportable y los consiguientes riesgos de incendio, debido a la oxidación de la pirita triturada de los pilares-llaves, y fina de relleno, por lo que en la década de 1920, se adoptó el método de laboreo de corte y relleno ascendente, con el que se conseguía un alto aprovechamiento, dejándose menos de un 8% del mineral original, el relleno procedía del estéril de Corta Atalaya[17].

Las aguas ácidas del Filón San Dionisio, se bombeaban desde el piso 32 hasta el 16, y desde aquí por gravedad iban a la cementación (PINEDO VARA, 1963, 134-135).

En la década mencionada, la perforación se realizaba mediante máquinas manuales, cargándose el mineral en espuertas que se vaciaban en vagones de 1,5 Tm., éstos se movían sobre raíles con una separación de 2 pies.

Se realizaba una minería selectiva, con objeto de obtener un mineral con un alto contenido en azufre y cobre, que evitase un tratamiento posterior y poderse realizar un embarque directo, el mayor coste se compensaba sobradamente por el mayor grado de control alcanzado y mejor precio de venta del mineral.

[17] Un método semejante fue propuesto por FAUSTO DE ELHUYAR en 1823 para el Filón Sur, sin que llegara a ejecutarse.

En el año 1900 se desvió el Túnel Principal alrededor de la mineralización por la zona de pórfidos, siendo rebautizado con el nombre de Túnel del Piso 11, siendo necesario perforar un nuevo pozo, Guillermo, que conectaba con el reestructurado túnel, estaba electrificado y entró en servicio junto con la Central Eléctrica.

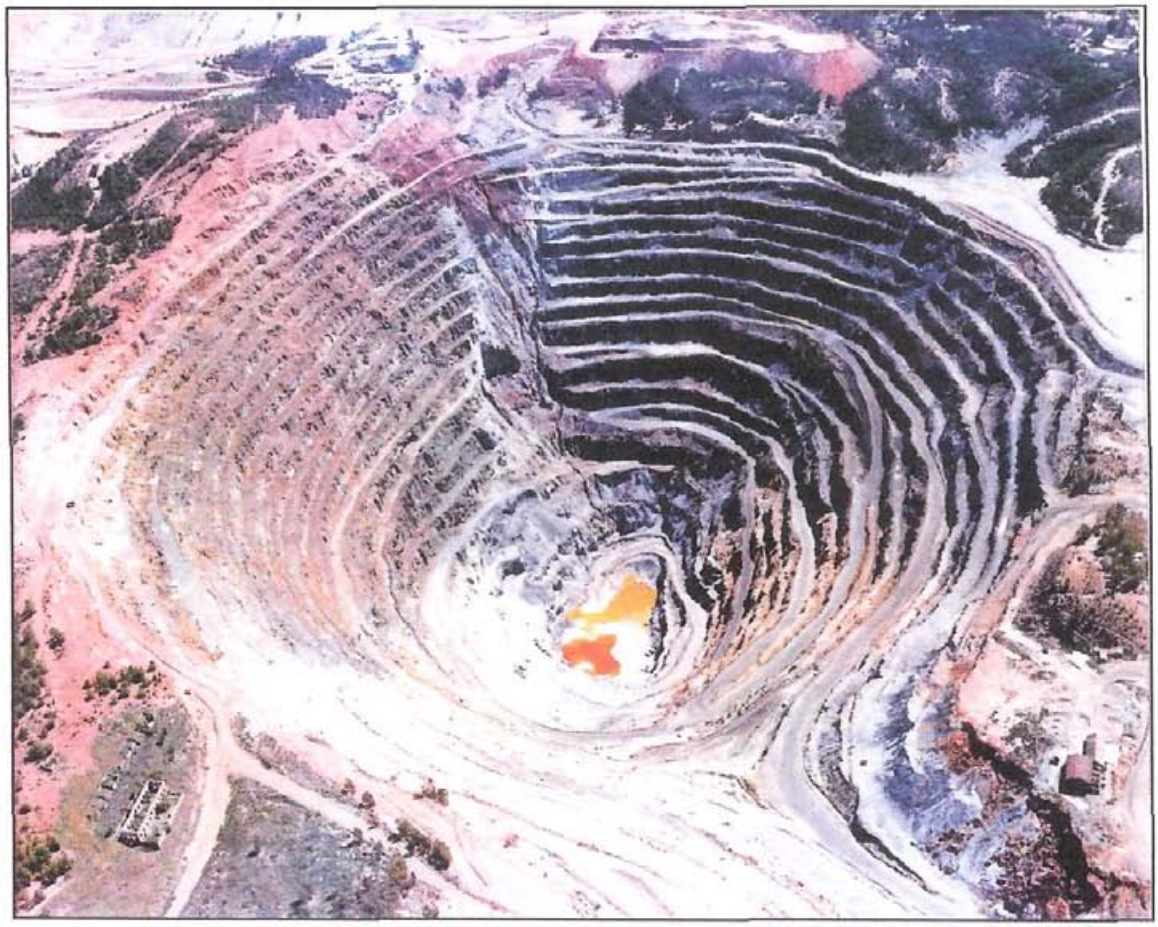


Foto nº 7: Estado actual de la Corta Atalaya. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

Por esta época se construyeron otros dos pozos, Alfredo, cercano al pozo Guillermo, que llegaba hasta el piso 32, se convirtió en el principal pozo de desagüe y servicios del Filón San Dionisio, estando en funcionamiento hasta 1995, en que se desmanteló al objeto de recuperar el gossan existente en superficie, y el pozo Alfonso que reemplazó al Roberto.

Ante las necesidades de minerales, la producción de Filón Norte había disminuido, la imposibilidad de aumentar suficientemente la producción por minería subterránea de San Dionisio, y la experiencia positiva con excavadoras

de cables introducidas en el cielo abierto del sub-filón Dehesa en 1904 con el consiguiente ahorro de costes, llevaron a la Compañía a abrir en 1907, una mina a cielo abierto en San Dionisio que se denominó Corta Atalaya (fotos nº 7 y 9).

Para la puesta en marcha de esta explotación la RTCL compró 4 excavadoras de cable Bucyrus (foto nº 8), que funcionaban a vapor, de 3,5 yardas cúbicas, (aproximadamente 2,68 m^3) de capacidad de cazo o cuchara que se movían sobre raíles con separación entre ellos de 3 pies y 6 pulgadas, similares a las que se utilizaban en la construcción del Canal de Panamá, una de ellas comenzó a trabajar a mitad del citado año y las restantes entraron en funcionamiento en 1908, posteriormente adquirieron otra excavadora más, trabajaban solamente de día, necesitándose 7 hombres por máquina para su manejo. Cada excavadora avanzaba alrededor de 10 m. a lo largo del banco por turno y cargaba unos 750 m^3 en vagones de 10 Tm., trabajando siempre en estéril.

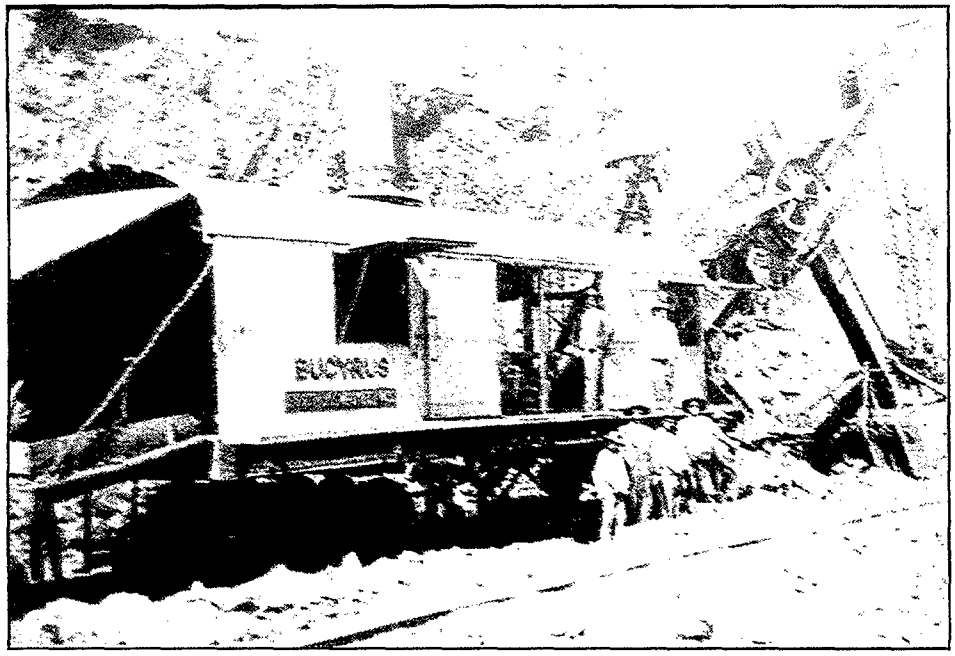


Foto nº 8: Excavadora Bucyrus a principios del siglo XX. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

Los trenes de 40 vagones eran arrastrados por locomotoras de 40 Tm., el estéril se vertía en una escombrera situada al Oeste. El procedente del lado

Norte de la corta, constituido por pórfidos, se utilizaba como relleno en la mina subterránea, transportándose a través del pozo Alfredo.

En mineral la malla de perforación para la voladura se reducía, con objeto de obtener mayor fragmentación, que se transportaba para su tratamiento o envío directo a Huelva a través del túnel del piso 11 y más tarde a través del piso 16.

Los bancos tenían unas dimensiones de 25 a 30 m. de ancho por 2,5 m. de alto, muy diferentes a las actuales (SALKIELD, 1987).

Un equipo de 8 hombres estaba dedicado a la perforación y voladura. La perforación se realizaba a mano (3 hombres perforaban de 5 a 8 m. en turnos de 6 horas) hasta 1912 en que se introdujo la perforación con aire comprimido.

A partir de 1930, las excavadoras de vapor fueron gradualmente sustituidas por excavadoras eléctricas sobre orugas, y posteriormente éstas se reemplazaron por máquinas diesel, la última excavadora de vapor que trabajó en Corta Atalaya, se desguazó en 1961.

La primera producción de mineral de Corta Atalaya fue de 72.000 Tm. con una ley media en cobre de 2,82%.

La pirita arrancada se cargaba con palas cargadoras eléctricas sobre vagones de 10 Tm., movidos por locomotoras de tracción eléctrica llevándose a través del Túnel Principal o del piso 16, hasta los depósitos de mineral, para niveles inferiores, el mineral arrancado se empujaba hacia los diferentes pozos-gloria (Glory Holes) (figura nº 39), localizados en el fondo de la corta, cayendo por gravedad hasta el piso 23, donde eran cargados en vagones de 4 Tm., también movidos por locomotoras eléctricas de trole llevándose hasta el pozo Roberto, para su elevación a los depósitos de mineral existentes en el piso 14.

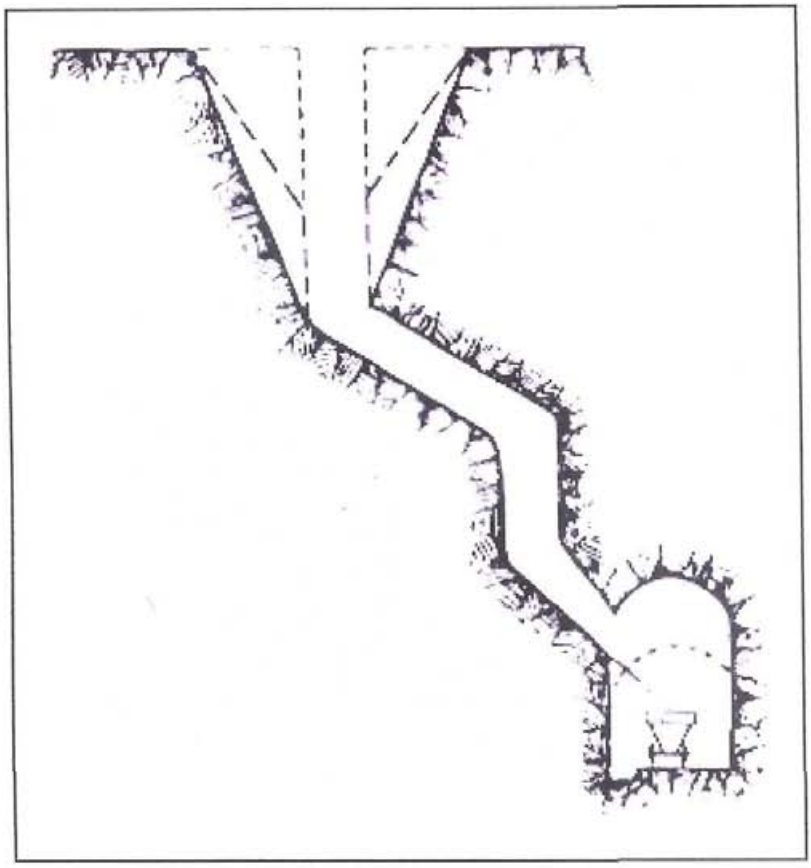


Fig. 39: Sección de un pozo "Glory Hole"

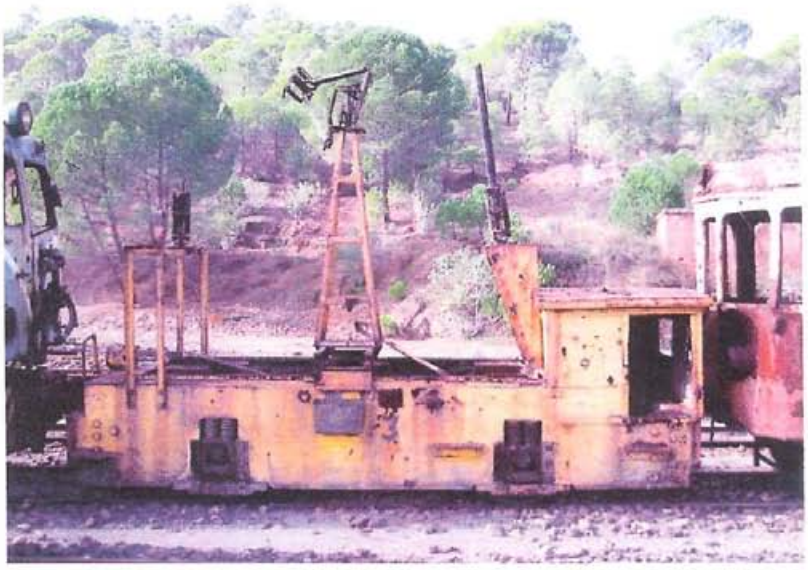


Foto nº 9. Locomotora eléctrica con trole.

Sin duda fue el mayor filón explotado por la RTCL, con una ley media del 4% de cobre.

La corta actualmente tiene forma elipsoidal, con el eje mayor de 1.200 m y el menor de 900 m en su parte superior, y una profundidad de 335 m.

4.7.3 Filón Norte

Por las dimensiones de la montera ferruginosa que cubría el yacimiento, todo hacía pensar que era el mayor de todos, lo que dio lugar a que en 1880 HUGH MATHESON dijese: *"Se estima que hay, al actual ritmo de explotación, suficiente pirita en Filón Norte, para cientos de años"* (SALKIELD, 1987, 55). La producción de esa época era de 900.000 Tm. por año.

Una vez realizados los sondeos de investigación, se descubrió que Filón Norte, no era continuo, estando formado por tres pequeñas masas aisladas, lo que constituyó una gran decepción para la RTCL (figura nº 40).

Los tres sub-filones eran:

- Masa nº 1 o Cueva del Lago.
- Masa nº 2 o Salomón.
- Masa nº 3 o Balcón del Moro, también conocida como Dehesa.

4.7.3.1 Criadero de la Cueva del Lago

Este criadero había sido explotado por los romanos, para la extracción de minerales de plata, pero no para minerales de cobre.

Los romanos atacaron la masa de mineral a través de socavones sobre la ladera Norte del Cerro Salomón y galerías en las zonas de minerales ricos, que conectaban con la superficie mediante pozos, se encontraron cuevas labradas por ellos y otras naturales, algunas llenas de agua, siendo las más conocidas Tabaco y Lago de la que tradicionalmente se aprovechaban sus aguas para obtener cobre por cementación natural.

La Compañía comenzó las operaciones en Filón Norte, perforando un socavón desde la Huerta de la Cana, que penetraba en el sub-filón Lago, inicialmente llamado Galería de Avance de Filón Norte y más tarde conocido

como Túnel del piso 5º, posteriormente continuó en un gran bucle hacia Salomón y Dehesa, su nivel era de 35 m. sobre el plano de la estación de Riotinto.

La producción de pirita comenzó en 1880 por el método de huecos y pilares, finalizando en junio de 1894, llegando los trabajos al piso décimo, límite del sub-filón en profundidad, siendo la mayor profundidad de los criaderos de Filón Norte.

Las operaciones mineras habían producido 1,3 millones de toneladas de mineral de cobre con una ley media de 2,04% en cobre y 7 millones de toneladas de pirita, la recuperación fue solamente del 20% debido al método de explotación. En 1901 se comenzaron los trabajos de explotación a cielo abierto de esta masa, alcanzando la excavación una longitud de 550 m. por 250 m. de ancho y 90 m. de profundidad, se extrajeron unos 3.000.000 m^3.

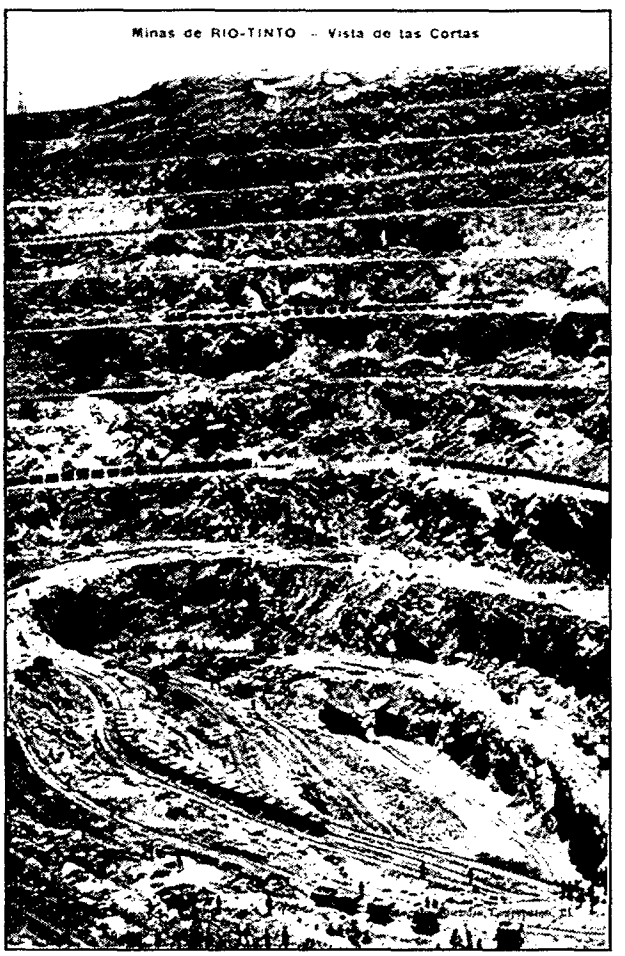


Foto nº 10: Vista de las Cortas. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

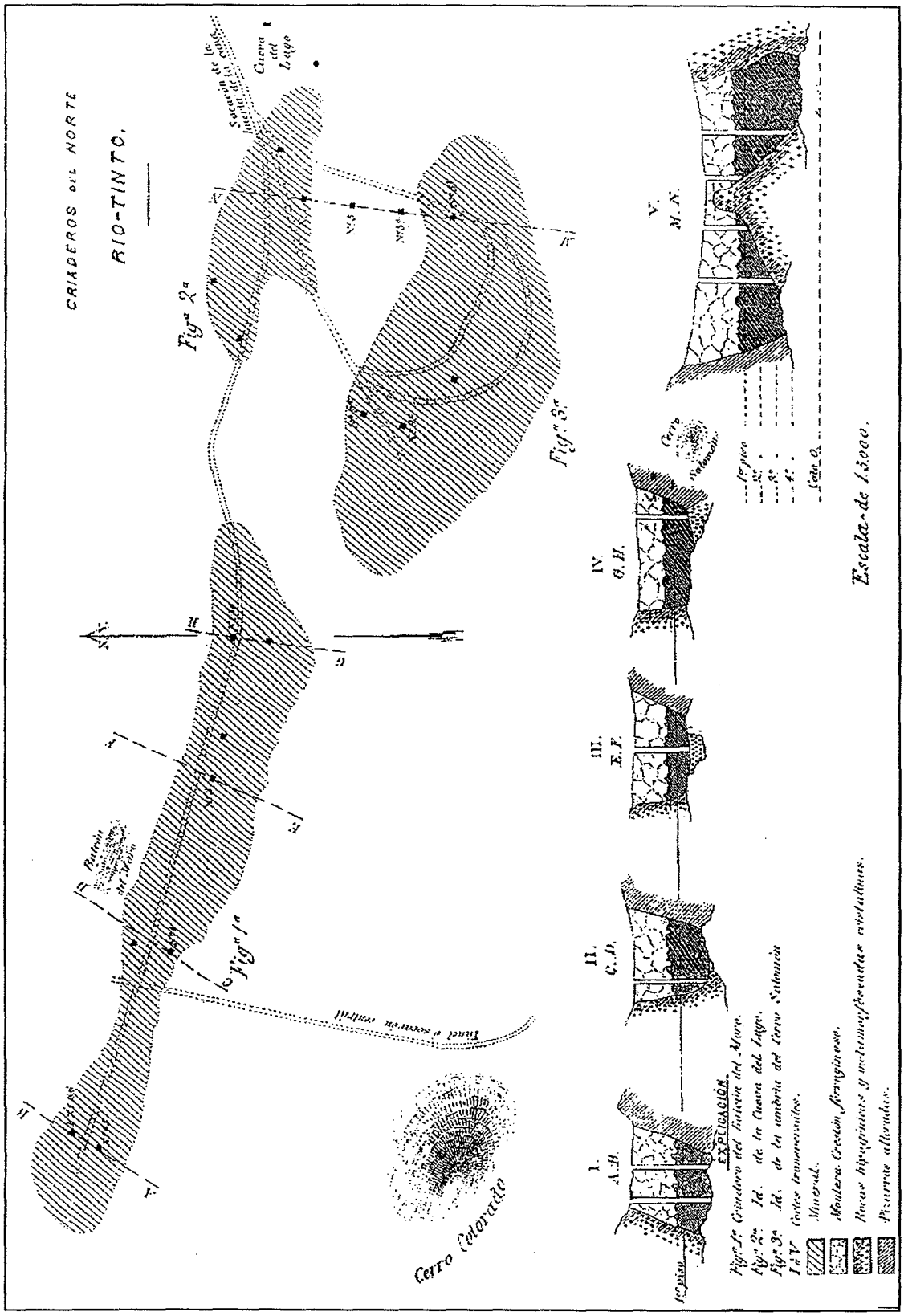


Fig. 40: Criaderos del Norte. Fuente: GONZALO TARÍN, 1888, T. II, lámina 10

4.7.3.2 Criadero Salomón

Se extiende esta masa desde el Hoyo Valdetimones por el Oeste, hasta las proximidades del departamento denominado Los Planes, con una longitud de 450 m., anchura máxima de 180 y una profundidad de unos 90 m. por debajo de la montera. Su dirección era paralela al Sub-filón Lago, y la inclinación contraria en los hastiales del nordeste y sudeste hace que tiendan éstos a convergir hacia un paraje que se aproxima mucho al costado sudeste, mientras que en el noroeste no alcanza los 450 por término medio. El techo en los niveles superiores era de pizarra, y el muro de pórfidos, ya en profundidad ambos pasaron a pórfidos.

Este filón fue ampliamente trabajado por los romanos para plata y cobre, a juzgar por las labores descubiertas por el cielo abierto. Existían dos socavones principales, el socavón superior y el más bajo de Nerva, que tenían dirección Este, y niveles de 55,5 m. y 24,7 m. respectivamente sobre el nivel de la estación de Riotínto, fue en este sub-filón donde se encontraron varias norias romanas.

Salomón se explotó desde 1881 a Junio de 1894, extrayéndose 900.000 Tm. de pirita, que se sacaban por el túnel del piso 5º. Los trabajos a cielo abierto comenzaron en 1889, alcanzando la corta unas dimensiones de 650 m. de longitud por 430 m. de ancho y 170 m. de profundidad, con una excavación total de 11 millones de metros cúbicos.

4.7.3.3 Criadero Dehesa o Balcón del Moro

La montera ferruginosa que cubría este yacimiento, se extendía desde el hoyo Valdetimones hasta las cercanías del cerro del Retamar, con una longitud superior a 1.000 m., la mineralización tenía unas dimensiones de 720 m. de longitud (la más larga de las tres), con potencia de 80 m. y profundidad de 75 m. por debajo de la montera, la dirección media era de W. 17º N. a E. 170 S., con inclinación a muro de 66º al S. 17º W. y casi vertical a techo.

Se encontraba este sub-filón, acribillado a pozos romanos, que lo habían explotado intensamente, extrayendo minerales de plata (jarosita) y minerales de óxidos de cobre, las escorias procedentes de la fundición de estas menas eran muy abundantes en la zona.

Esta masa resultó ser la menos profunda de las tres comprendidas en filón Norte, quedando el túnel del piso 5º por debajo de la mineralización.

Las labores subterráneas se comenzaron en 1882 con la perforación de seis pozos, terminando juntamente con Salomón y Lago en 1894, a la finalización de estos trabajos se habían extraído 550.000 Tm.

La Corta Dehesa se comenzó en 1900, alcanzando unas dimensiones de 800 m. de longitud por 300 m. de anchura y 140 m. de profundidad, con un desmonte de 7 millones de metros cúbicos, en ella se utilizaron excavadoras de vapor, desde 1904, con capacidad de cazo de 1,5 yardas cúbicas, que cargaban 400 vagones diarios, con un total de 760 m^3.

En 1882, se realizó un túnel que partía del Túnel Principal, en el nivel del piso 11º, 31,25 m. por debajo del nivel del piso 5º, hacia el Norte en dirección a la masa Dehesa, que se denominó Túnel Central, utilizado inicialmente para transportar escorias romanas de la fundición de plata, que se empleaban en aquella época como balasto de ferrocarril.

4.7.4 Otros Filones

4.7.4.1 Filón Planes

Estaba localizado en el extremo Este del dique porfídico Salomón, la masa en su zona más alta se encontraba entre pizarras y pórfidos, correspondiendo un mayor enriquecimiento en cobre hacia las pizarras, y en su zona más baja, entre pórfidos, a pirita sin enriquecimiento en cobre. Tenía en la zona superior forma de sombrilla, con una considerable riqueza en calcopirita hidrotermal, encontrándose en zonas marginales más delgadas del criadero, elevadas leyes cupríferas, originadas por los sulfuros secundarios, calcosina y covellina.

Este filón era conocido por los ingenieros españoles antes de la venta de las minas, tenía un socavón de entrada de 1,5 kms. de longitud, que se perdió con la construcción del pantano de la Marismilla en 1879, y no fue hasta 1918 que la RTCL no comenzó los trabajos de investigación, descubriendo que había sido ampliamente explotado por los romanos.

Los romanos habían extraído minerales ricos en cobre como covellina y calcosina, encontrándose una noria para elevar el agua y numerosos útiles de trabajo en una de las galerías.

Por las escorias encontradas en la zona, con bajo contenido en cobre, conocemos que también explotaron jarosita para plata.

En 1921 se reactivó la investigación del yacimiento, con objeto de cubicar las reservas de mineral, averiguar sus leyes y dimensiones del mismo, a fin de averiguar sus posibilidades para contribuir a la producción anual y diseñar la futura explotación subterránea, que se comenzó en 1922.

Las operaciones mineras finalizaron en 1954, habiéndose extraído hasta entonces un total de 2,2 millones de toneladas de mineral pirítico, así como importantes cantidades de mineral de plata con leyes entre 1.000 y 1.300 gramos por tonelada de plata, entre 20 y 33 gramos por tonelada de oro y alrededor de 10% de plomo, y como hecho destacable una partida dio 6.800 gramos por tonelada de plata.

Una vez finalizada la explotación, se procedió a inundar la mina con objeto de recuperar el cobre de las aguas ácidas. Los skips destinados a la extracción de mineral se reemplazaron por cubos de acero inoxidable de 5 m^3 de capacidad para subir el licor, operación que se realizaba en los meses de verano desde 1956 hasta 1963, ya siendo españolas las minas, a partir de este año el contenido de cobre de las aguas era tan bajo que no justificaba económicamente la cementación, la mayor cosecha se obtuvo en 1957, en que se recuperaron 825 Tm. de cobre procedentes de 151.000 m^3 de agua.

4.7.4.2 Filón Valle

Descubierto por el ingeniero de minas español ELOY COSSÍO COS en 1867 al Noroeste de la Mesa de los Pinos, en el lugar conocido como El Valle, cercano al área residencial de Bella Vista. El depósito armaba entre pizarras, teniendo la montera de hierro un espesor medio de 6 m., aumentando en los niveles mineralizados de pirita, hasta los 12 m., siendo su corrida de 230 m. de longitud, su anchura disminuía con la profundidad desde 10 m. a 2 m.

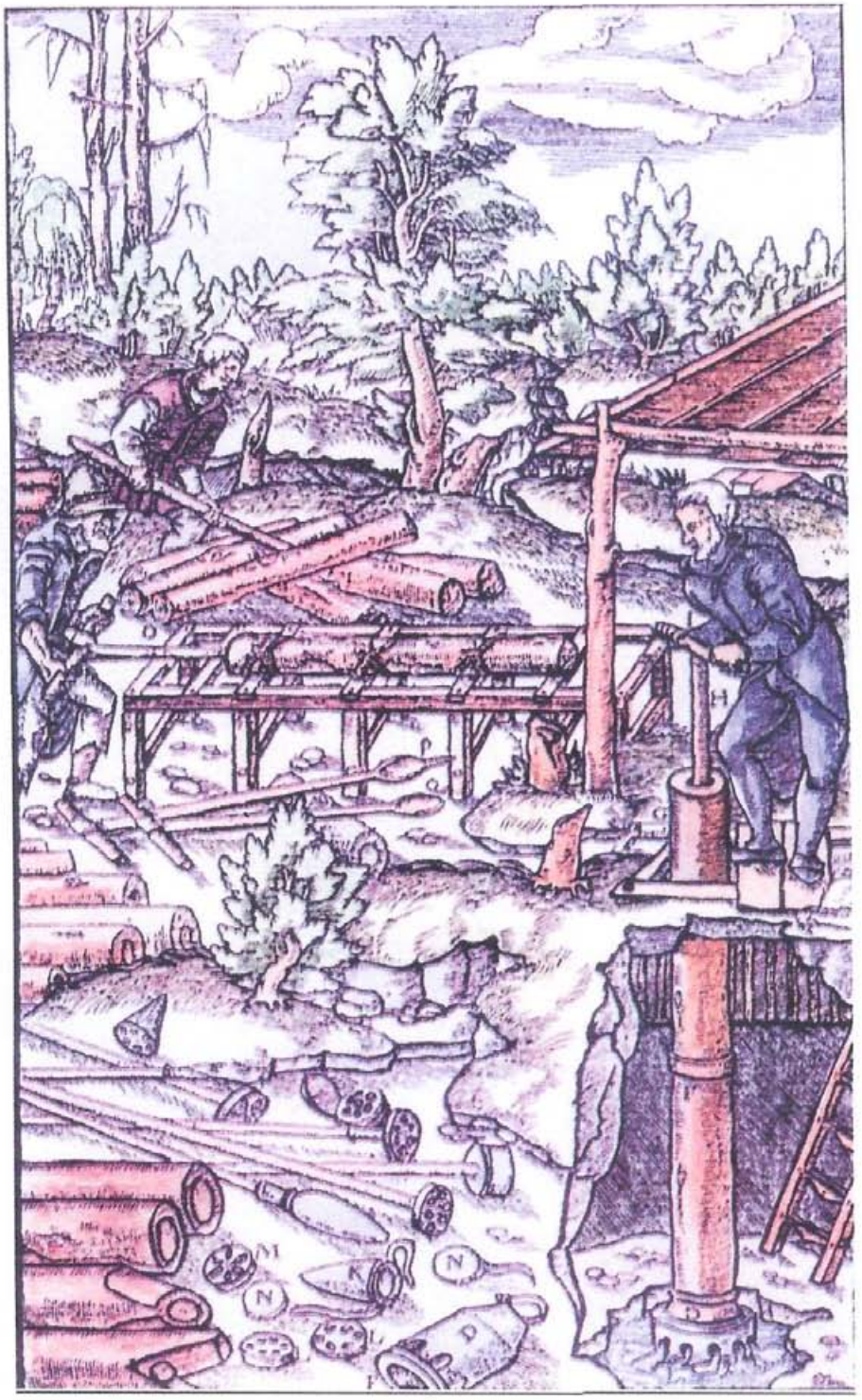
La mina estuvo en explotación desde 1922 hasta 1933, siendo su producción total de 193.037 Tm. de piritas. Una vez finalizada la explotación se procedió a la inundación de la mina al objeto de recuperar el cobre procedente de sus aguas ácidas, por cementación natural, sistema que se utilizó hasta 1940, año en que se obtuvieron 525 Tm. de cobre.

Alineados con Filón Norte se descubrieron tres criaderos de muy pequeñas dimensiones, todos ellos de características geológicas parecidas, Mal Año, situado a poniente de la masa Dehesa, Argamasilla a Levante del Criadero Lago y Quebrantahuesos a Levante de Salomón. Mal Año se explotó en la primera época de la RTCL, constituyendo una gran decepción, pues sólo se extrajeron 8.260 Tm. de piritas con ley del 1,9% de cobre, los otros dos yacimientos no llegaron a explotarse al carecer de interés económico. El cuadro XXIX refleja la producción de mineral por la RTCL para los diferentes filones y sistemas de explotación mientras fue propietaria de las minas (1873-1954).

CUADRO XXIX
Producción de piritas por la RTCL en Tm.

	SUBTERRÁNEAS	CIELO ABIERTO	TOTAL
Filón Sur	18.198.712	24.201.493	42.394.206
Filón Norte	2.754.064	22.928.632	25.682.696
San Dionisio	26.780.834	11.350.589	38.131.423
Filón Valle	193.037		
Filón Planes	2.123.798		2.323.095
Mal Año	8.260		
TOTAL GENERAL	50.058.705	58.480.714	108.531.420

Fuente: SALKIELD, 1987, 58



CAPÍTULO 5: METALURGIA

5.1 Introducción

El cobre fue el primer metal usado por el hombre y actualmente es el tercero en consumo mundial, después del hierro y el aluminio.

Los primeros datos sobre el empleo del cobre, se remontan 4000-5000 años a.C. Por su relativa abundancia en la naturaleza y sobre todo maleabilidad, se podía trabajar fácilmente en aquellos tiempos remotos. Según algunos escritos, las primeras actividades metalúrgicas tuvieron lugar 3.000 años a.C. en los valles del Eufrates y Tigris (Asia).

En España se habla del año 2.500 a.C. y, según los arqueólogos, la producción de cobre en Andalucía podría haber sido indígena, primero en Riotinto (Huelva) y posteriormente en Almería. Parece que no hay duda respecto a los minerales usados (carbonatos básicos de cobre de alta riqueza) y el método de fusión de hornos, construidos mediante cavidades en el suelo, en donde se introducía el mineral y el carbón vegetal, inyectando el aire a través de tubos para la combustión. El empleo de fuelles, en los años 1200 a.C. fue un gran avance de aquella época.

Pero en España, el gran desarrollo de la metalurgia del cobre y también de la plata tuvo lugar durante la dominación romana (año 43 a.C. al 425), concretamente en Riotinto, con claras evidencias como monedas, martillos y otros utensilios y, sobre todo, la gran cantidad de escorias romanas depositadas, que fueron evaluadas por el Departamento de Exploración Minera de la empresa explotadora en 1984 en nueve millones de toneladas (incluidas las utilizadas como balasto para el ferrocarril, fundentes y otros usos), con contenidos de 0,7% de cobre, que reflejan el alto nivel metalúrgico de este pueblo en aquellos tiempos.

Ya en la Edad Moderna, la minería y metalurgia del cobre alcanzan un gran auge en los siglos XVII, XVIII y XIX, siendo Swansea (Inglaterra) el mayor centro productor del mundo por poseer carbón abundante y barato, y disponer de puerto para recibir minerales de cobre de todo el mundo (LLORENTE Y PLÁ, 1991, 61).

Durante el período que analizamos se explotaron por los romanos prácticamente todos los filones y desde 1725 a 1873 exclusivamente el Filón Sur, situado en la ladera Sur del Cerro Colorado, situándose las calcinaciones en sus proximidades al objeto de reducir el transporte del mineral crudo, los hornos de fundición y afino se ubicaban en el valle de río Agrio, pues las fundiciones necesitaban un curso de agua para mover sus fuelles, con este fin también se utilizaban las aguas procedentes de los canaleos una vez agotado el cobre que contenían.

5.2 La etapa antigua

La Faja Pirítica Ibérica ofrecía a la minería antigua un conjunto de mineralizaciones cuyo beneficio podía producir cobre, plata, plomo, hierro, sustancias colorantes (caparrosa) y algún material noble para la construcción (jaspes). La metalurgia pre-romana, se abastecía de minerales superficiales, extrayendo carbonatos y óxidos de cobre, y minerales de plata de la montera, por lo que una vez agotados éstos, no tuvieron más remedio los romanos que investigar y explotar filones subterráneos.

La metalurgia de la plata se inicia en la Cuenca Minera de Riotinto en el Bronce Pleno, teniendo lugar a partir del siglo VIII a.C. su etapa de máximo esplendor, como consecuencia del intercambio comercial con el pueblo fenicio, lo que contribuyó al gran auge económico y cultural de Tartessos, comenzando a decaer a finales del siglo VI a.C., como consecuencia del agotamiento de los minerales superficiales de plomo-plata (PÉREZ MACÍAS, 1996, 203).

El conocimiento del beneficio de los minerales de cobre, carbonatos (azurita y malaquita), y óxidos (cuprita) superficiales es considerado un hecho generalizado en todo el Mediterráneo a lo largo del III milenio a.C., similar al que se produce con la domesticación de animales o la agricultura (PÉREZ MACÍAS, 1996, 42).

La metalurgia del cobre pre-romana alcanza su momento de mayor auge en el Bronce Final, abandonándose progresivamente con el establecimiento de

las colonias fenicias en Andalucía, debido al agotamiento de los yacimientos superficiales y la preferencia del comercio fenicio por la plata por contar con centros de abastecimiento más cercanos.

La reactivación de la producción de plata se produce en el siglo IV a.C. comenzando a explotarse, por minería subterránea, los filones de jarosita, como muestra la fecha de carbono 14 obtenida de la madera de una noria encontrada en Riotinto que se encuentra en el British Museum, lo que también nos indica que tales mecanismos de desagüe fueron introducidos antes de la romanización.

En el siglo II a.C. la romanización de la mina supone un cambio cualitativo en la producción de metales, comenzándose el laboreo y beneficio de los minerales cobrizos, calcocitas (sulfuro de cobre) (negrillo de los mineros), la tetraedrita (sulfoarseniuro de cobre) y la calcantita (sulfato de cobre). Después de los problemas surgidos a raíz de las guerras civiles en el siglo I a.C., la política desarrollada por César y Augusto hace que la actividad minera se reactive extraordinariamente, durando este periodo de esplendor hasta el siglo II d.C., alcanzando su cenit durante la dinastía de los Antoninos, en la primera mitad del siglo II d.C., según demuestran las colecciones numismáticas y los análisis del C-14 del carbón de encina de los escoriales; en su segunda mitad cesa la producción de plata, produciéndose sólo cobre a partir de esta fecha, continuando su decadencia hasta el año 423 ó 425 en que fueron definitivamente abandonadas las minas, por las causas que hemos mencionado anteriormente, durante el mandato del emperador Honorio (PÉREZ MACÍAS, 1998, 38).

5.2.1 El problema de las escorias

Al iniciar el estudio de la metalurgia antigua de Riotinto es esencial conocer cuál fue el volumen de escorias generadas en esta época, siendo acordes con las reservas de mineral explotadas durante la misma.

Las cubicaciones de escorias antiguas comenzaron a realizarse en la segunda mitad del siglo XIX, así en 1888 fueron evaluadas por GONZALO TARÍN (1888, T. II. 57) en 4.000.000 de metros cúbicos para la región minera de Huelva, considerándolas como procedentes de la metalurgia del cobre, aunque también era conocedor de la existencia de una metalurgia antigua de la plata por las muestras de metal blanquillo (speiss) encontradas en la cuenca. En 1902, W. A. JENKINS, jefe del laboratorio químico de la RTCL, consideró las escorias como procedentes de la metalurgia del cobre y de la plata (ROTHENBERG et al, 1990, 2).

En 1924, la RTCL realizó un plano de "Escoriales antiguos de la Cuenca Minera de Riotinto" basado en un plano anterior realizado por ingenieros de minas españoles en el año 1890 (fig. 41, cuadros XXX y XXXI). GORDON DOUGLAS, calculó el volumen de escorias en 20 millones de tm., clasificando las escorias con un contenido de más del 0,5% en cobre y pequeñas cantidades de plomo y plata como procedentes de esta metalurgia y las escorias con contenidos superiores a 0,5% en plomo y pequeñas cantidades de cobre y plata como procedentes de la metalurgia de la plata, criterio también seguido por SALKIELD, en virtud de tales criterios se calcularon unos 16.310.250 tm. de escorias de plata y un millón de toneladas de escorias de cobre, el resto hasta 20 millones de tm. se habrían utilizado como balasto de ferrocarril, fundente de los hornos, etc. (ROTHENBERG et al, 1990, 2-3), considerándose como objetivas por lo que fueron utilizadas en gran número de trabajos posteriores.

En 1950 DAVID WILLIAMS, Jefe del Departamento de Geología de la RTCL, publicó un estudio en el que describe unos minerales de aspecto terrosos, situados entre el gossan y los sulfuros masivos, denominados jarositas, con colorido variado que va desde el negro hasta el amarillo claro que incluyen sulfatos, arseniatos, óxidos, sílice, etc.

Las jarositas argentíferas encontradas en Riotinto desde 1897, tenían composiciones que cubrieron las siguientes gamas de variación (cuadro XXXII):

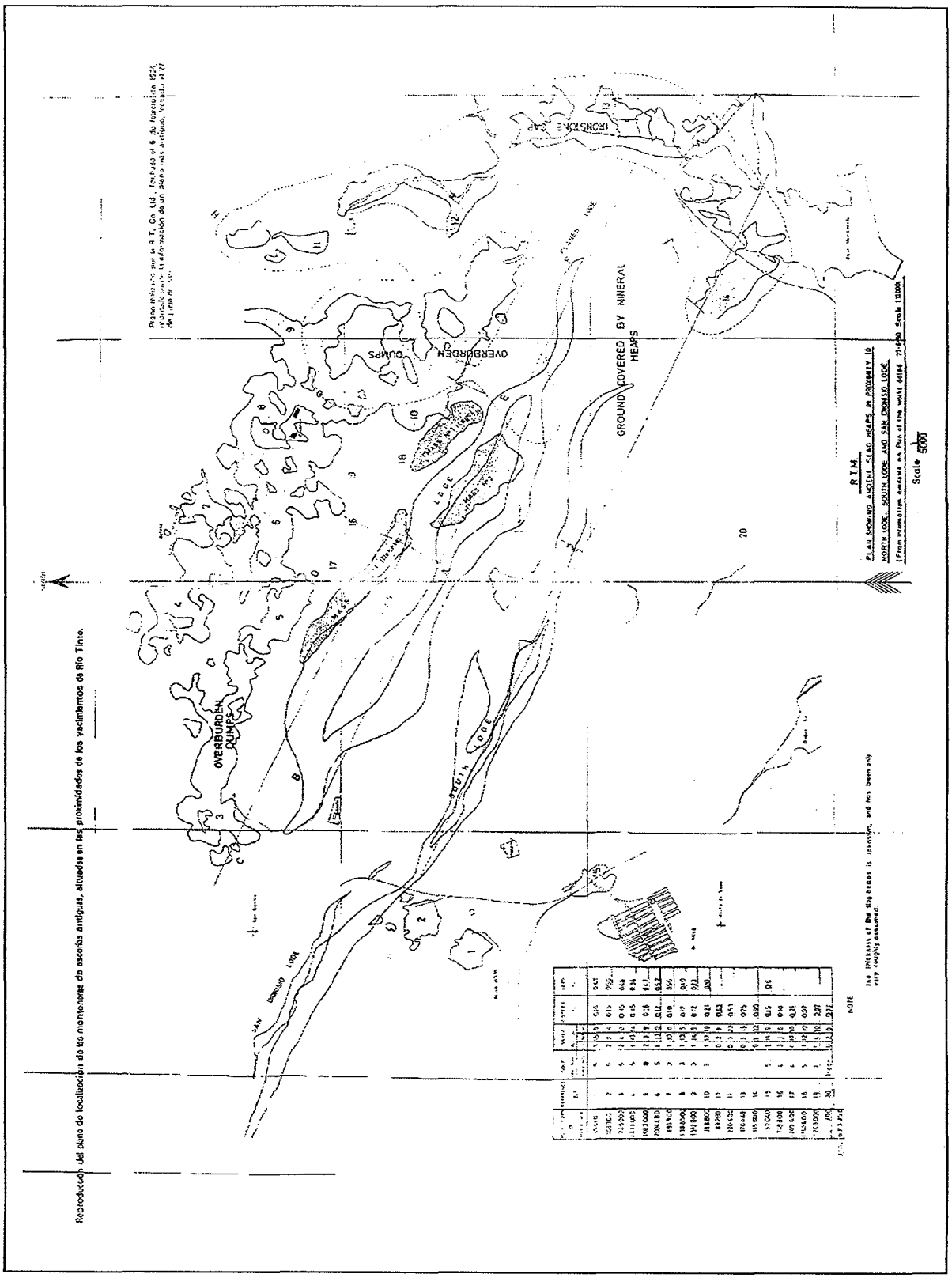


Fig. 41: Escoriales antiguos. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

CUADRO XXX

Metales contenidos en las escorias de Riotinto, según el aforo y análisis realizados por la RTCL en 1924

Nº	tm. de escorias	Grs. de Au/tm	Grs. de Ag/tm	% Cobre	% Plomo
1	49.410	0,324	54,4311	0,16	0,42
2	108.000	0,389	62,4662	0,15	0,56
3	288.000	0,389	68,4277	0,15	0,48
4	1.411.000	0,324	52,2280	0,15	0,36
5	1.080.000	0,518	67,4557	0,16	0,47
6	2.004.480	0,324	51,2762	0,12	0,52
7	693.900	0,194	46,6562	0,10	0,56
8	3.388.500	0,194	51,6448	0,12	0,40
9	1.512.000	0,194	53,4591	0,12	0,23
10	388.800	0,194	58,7726	0,21	0,10
11	89.280	-	3,6935	0,63	-
12	230.400	-	6,0911	0,53	-
13	370.440	-	5,8319	0,75	-
14	316.800	-	2,9808	0,90	-
15	50.040	0,324	58,4591	0,15	0,16
16	748.800	0,259	94,8657	0,18	-
17	1.209.600	0,259	58,1895	0,21	-
18	1.110.600	0,324	50,4136	0,07	-
19	1.260.000	0,194	37,9722	0,07	-
20	200	Indicios	3,1103	0,77	-
Total	16.310.250				

Fuente: Archivo Fundación Riotinto

CUADRO XXXI

Aforo y análisis de metales de las escorias de Riotinto, realizados por la RTCL, en 1924

Nº	tm. de escorias	Grs. de Au	Grs. de Ag	Kilos de Cu	Kilos de Plomo
1	49.410	16.009	2.689.441	99.056	208.522
2	108.000	42.012	6.746.350	162.000	604.800
3	288.000	112.032	19.707.178	432.000	1.382.400
4	1.411.000	457.164	73.693.708	2.116.500	5.079.600
5	1.080.000	559.440	72.852.156	1.728.000	5.076.000
6	2.004.480	649.452	102.782.117	2.405.376	10.423.296
7	693.900	134.617	32.374.737	693.900	3.885.840
8	3.388.500	657.369	174.998.405	4.066.200	13.554.000
9	1.512.000	293.328	80.830.159	1.814.400	3.477.600
10	388.800	75.427	22.850.787	816.480	388.800
11	89.280	-	329.756	562.464	-
12	230.400	-	1.403.389	1.221.120	-
13	370.440	-	2.160.369	2.778.300	-
14	316.800	-	944.317	2.851.200	-
15	50.040	1.210	2.675.093	75.060	80.064
16	748.800	313.286	70.661.036	1.347.840	-
17	1.209.600	1.111	70.386.019	2.540.160	-
18	1.110.600	359.834	55.989.344	777.420	-
19	1.260.000	244.440	47.844.972	882.000	-
20	200	Indicios	622	1.540	-
Total	16.310.250	3.916.731	841.919.955	27.351.016	44.159.922

Fuente: Archivo Fundación Riotinto

CUADRO XXXII

SiO_2	nada	hasta	90%
Fe	2,0	hasta	33%
Cu	nada	hasta	0,16%
Pb	nada	hasta	40%
Sn	0,05	hasta	1,7%
As	traza	hasta	36%
Sb	traza	hasta	5%
Bi	traza	hasta	0,25%
CaO	0,2	hasta	0,5%
MgO	traza	hasta	0,5%
Al_2O_3	0,7	hasta	2,5%
Mn	traza	hasta	0,12%
Ag	160	hasta	6800 ppm
Au	2,0	hasta	50 ppm

Gama de variación de contenidos de las jarositas de Riotinto. Según SALKIELD, 1987, 13

Siendo el promedio de los análisis de unas muestras de jarositas terrizas, realizados por WILLIAMS en 1932 el siguiente (cuadro XXXIII):

CUADRO XXXIII

Oro	23,2 grs./tm.
Plata	1.552 grs./tm.
Plomo	4,17%
Antimonio	1,95%

Análisis medio de las jarositas de Riotinto
Fuentes: D. WILLIAMS: Notes on ancient history, Manuscrito minas de Riotinto, 3 de Febrero de 1932, página 5

En el cuadro XXXIV se recogen análisis de jarositas según sus colores.

CUADRO XXXIV

Análisis de las tierras auro-argentíferas (jarositas) de la Corta Salomón (expresado en %)

Elementos	Gossan de la Montera	Tierra Negra	Tierra Amarilla	Tierra Gris
Cobre	0,11	0,13	0,08	0,03
Hierro	50,63	2,57	23,42	0,82
Plomo	2,43	1,19	4,17	0,57
Zinc	Indicios	Indicios	Indicios	Indicios
Arsénico	0,97	0,01	0,75	0,03
Azufre	0,13	1,25	0,78	0,34
Azufre (trioxide)	2,68	1,57	18,03	0,48
Antimonio	1,97	2,92	1,95	0,76
Selenio	0,008	0,006	0,020	0,002
Teluro	-	-	-	-
Cobalto	-	-	-	-
Bismuto	0,020	0,032	0,038	0,60
Oro, (onzas/tm.)	0,17	1,09	0,76	0,21
Plata, (onzas/tm.)	2,68	83,43	50,69	25,48

Según WILLIAMS, 1934 b, 632

DAVID WILLIAMS calculó que las reservas totales de minerales jarosíticos debieron de ser de 3.000.000 tm., de las que se habrían extraído en tiempos antiguos unos 2.000.000 tm., precediendo a los minerales de cobre de la zona de enriquecimiento en calcosita, situada encima de los sulfuros masivos (WILLIAMS, 1950, 152).

Después de este cálculo de reservas y de mineral explotado, el problema que se planteaba era que el mineral extraído, después de su tratamiento metalúrgico, nunca pudo generar 20 millones de tm. de escorias, pues como estableció SALKIELD (1987, 13) si por cada tonelada de mineral se generaban 4,5 tm. de escorias, sólo se podían haber producido 9 millones de tm. de escorias, en el supuesto de que todas fueran de plata, por lo que se estableció el

dilema de qué, o bien se había traído mineral de otras zonas para tratarlo en Riotinto, o se habían cubicado mal las escorias antiguas.

Este dilema fue resuelto en 1984 por el Departamento de Exploración minera, dirigido por FÉLIX GARCÍA PALOMERO de la empresa explotadora Rio Tinto Minera S.A. (RTM), como resultado de una campaña de exploración para oro y plata. Los datos que siguen hasta la página 276 nos han sido facilitados por el Dr. GARCÍA PALOMERO, indicándonos que en 1986, los mandó a Londres, pues iban a ser incluidos en un libro sobre metalurgia antigua, pero que uno de los autores falleció, no teniendo constancia de que se publicasen, por lo que puede considerarse que estos datos son una información totalmente inédita.

La mayor parte de las escorias antiguas se localizaban en las proximidades de la explotación minera conocida como Filón Norte, que en casi su totalidad se habían ido cubriendo por las escombreras de las explotaciones a cielo abierto realizadas en los últimos ochenta años. Esta dificultad de observación ha sido la causa de que todas las investigaciones de escorias hayan sido puntuales, no permitiendo una evaluación correcta de su volumen ni una clasificación en función de sus composiciones químicas, se conocían composiciones químicas de muestras aisladas, de tamaño reducido, que no podían tomarse como representativas del total de las escorias ni de zonas con cierta entidad.

En la citada campaña de investigación los sondeos que se realizaron atravesaron las escombreras modernas de gossan y las escorias antiguas hasta llegar al bed-rock o superficie original. La exploración sistemática de las escorias se realizó mediante sondeos con malla de 100x100 y 50x50 m. En los sondeos se realizaba una destrucción total de la roca y se recogía la muestra en un captador de superficie, utilizando un sistema de barrido de muestra por aire comprimido mediante circulación inversa.

Durante la perforación se recogieron muestras cada tramo de dos metros perforados, llegando a obtenerse hasta 60 kg. por muestra, que una vez estudiadas (definición del tipo de material) se homogeneizaban y analizaban para los elementos deseados (Cu, S, Pb, Zn, Au y Ag).

En el plano nº 9 se muestra una sección transversal por el centro del Cerro Colorado con indicación de los materiales gossanizados, escombreras y escorias.

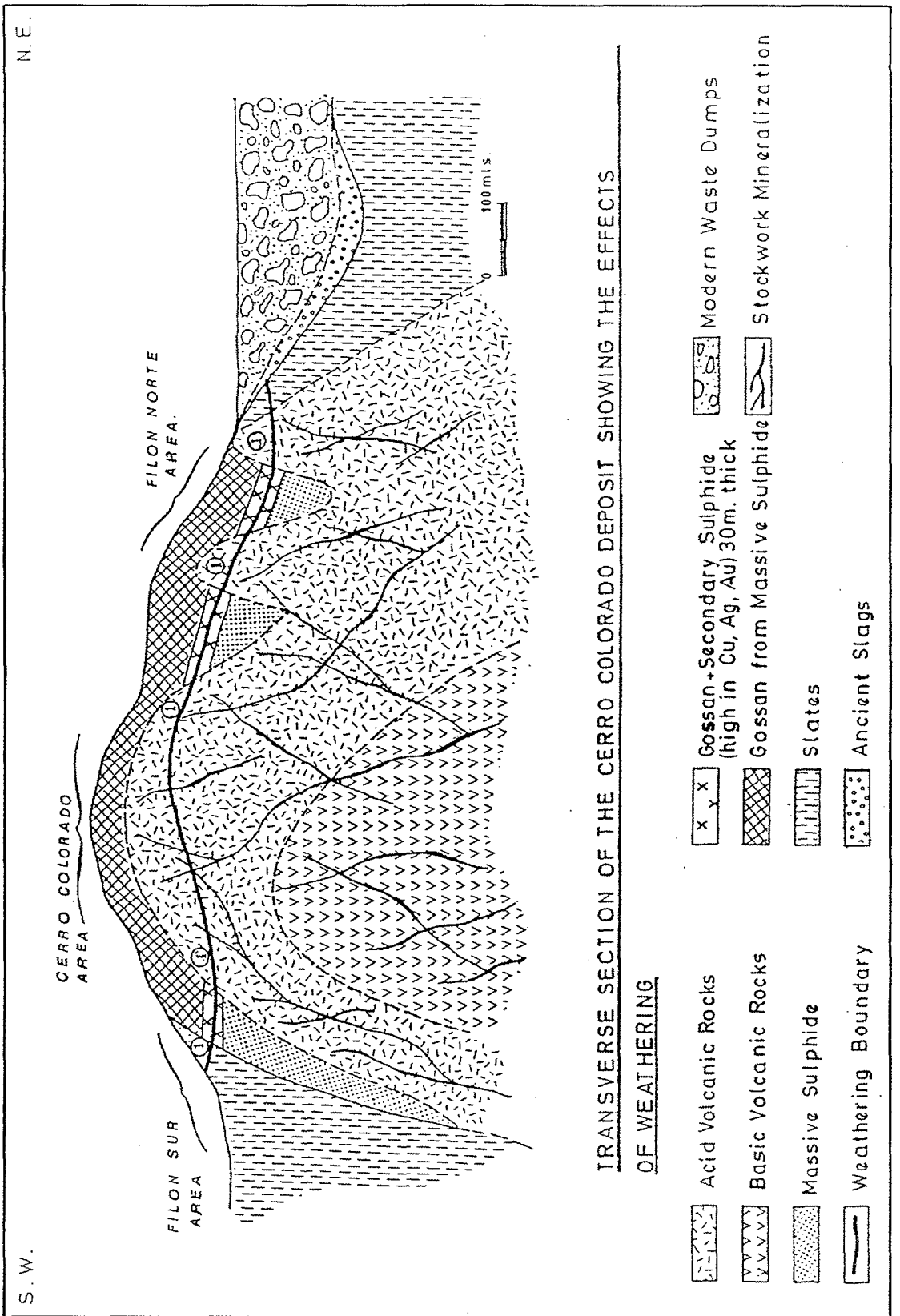
En el plano nº 10 se indican todos los sondeos que atravesaron escorias antiguas y con los datos obtenidos de ellos se reconstruyó la distribución espacial de las mismas.

En el plano nº 11 se reconstruyó la posición de las escorias con relación a los distintos filones, así como la topografía original de la zona al comienzo de su explotación minera. Esta reconstrucción topográfica era la primera vez que se realizaba con datos obtenidos mediante sondeos.

En la tabla 1 se incluyen todos los sondeos que atravesaron escorias, con indicación de las muestras de cada sondeo, su profundidad y los contenidos de los elementos analizados en cada muestra de escoria. De su estudio, formado por 149 sondeos con un total de 424 muestras correspondientes a tramos de dos metros cada una, se obtuvieron los siguientes resultados:

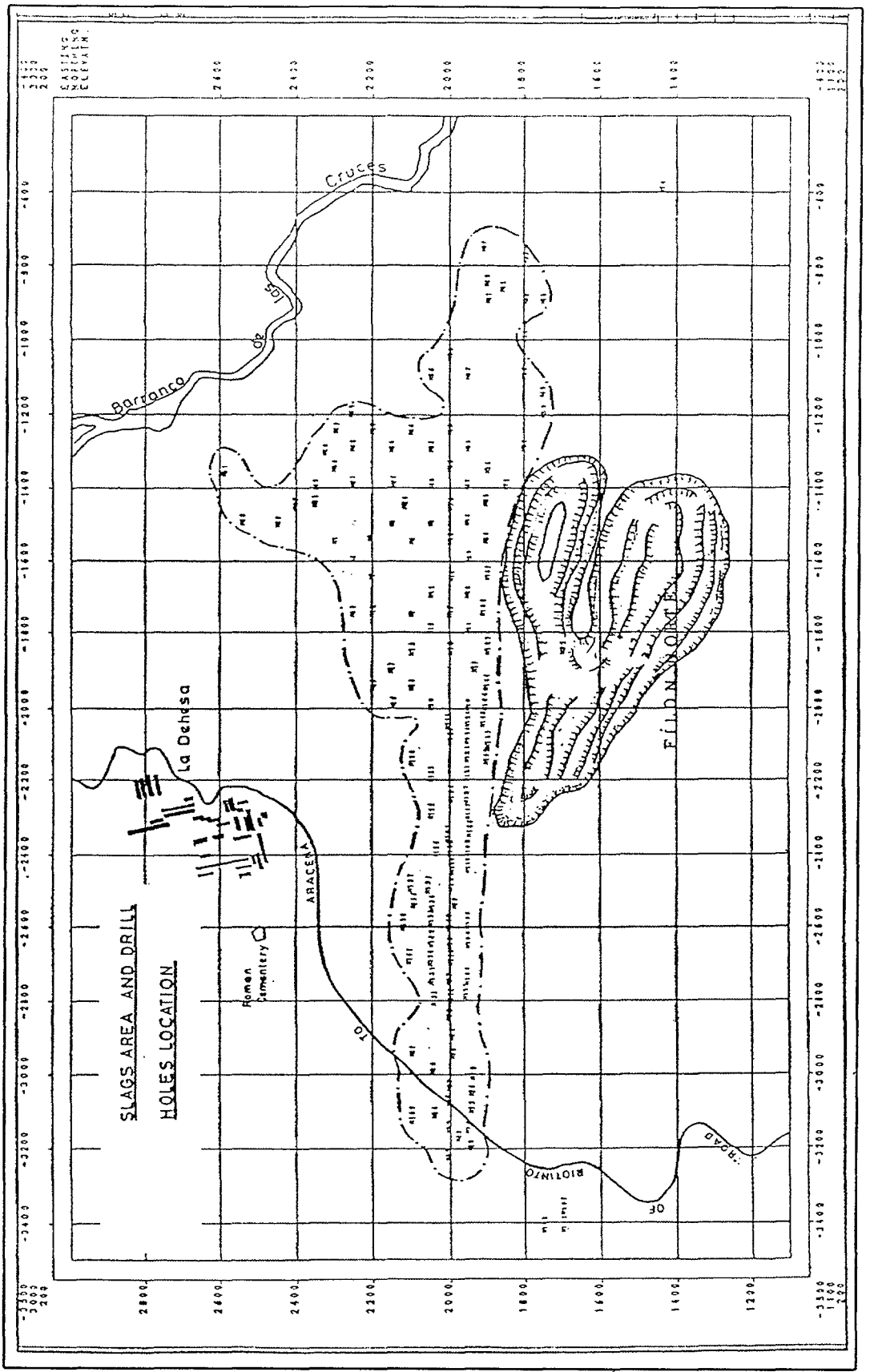
a) La potencia media de las escorias era muy reducida, seis metros, con un máximo de 22 m., otro de 20 m. y tres de 18 m.; el resto estaba comprendido entre dos y ocho metros, constituyendo las escorias una capa extensa, poco potente y de espesor homogéneo siguiendo la topografía original, sin grandes acumulaciones.
b) Los contenidos medios de estas escorias eran de 1.323 partes por millón (p.p.m.) de cobre, 12.468 p.p.m. de azufre, 12.564 p.p.m. de plomo, 384 p.p.m. de zinc, 1,13 p.p.m. de oro y 87,89 p.p.m. de plata, Este contenido medio no se correspondía con el contenido medio del gossan de Riotinto, al menos en los elementos más importantes: 1,5-3,0 p.p.m. de oro, 40 - 60 p.p.m. de plata y 300 - 500 p.p.m. de cobre.
c) La diferencia de contenidos en oro, plata y cobre entre las escorias y el gossan indujo a pensar en un tratamiento de otros materiales con un alto contenido en cobre y plata, conjuntamente con el gossan. Era necesario buscar y definir estos materiales para poder ubicarlos dentro del yacimiento original.

d) Salvo el contenido en cobre, todas las escorias parecían homogéneas en función de sus contenidos en oro y plata. Esta homogeneidad vertical y lateral parecía indicar que no existían grandes variaciones en los procesos metalúrgicos utilizados y que las variaciones en los contenidos de cobre debían de corresponder a diferencias de los materiales tratados.

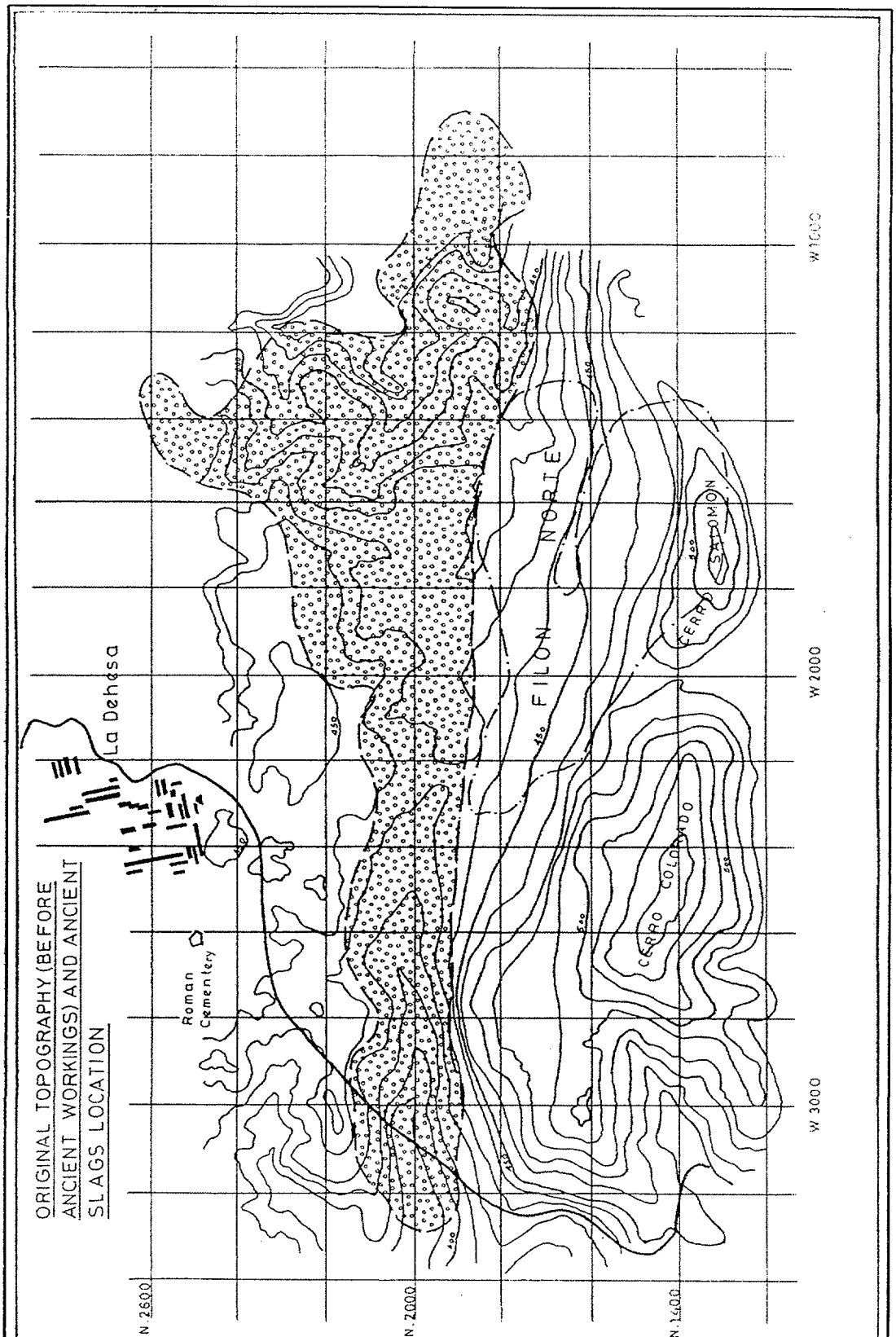


Plano nº 9: Sección transversal del depósito de Cerro Colorado

Fuente: GARCÍA PALOMERO et al, 1986



Plano nº 10: Escoriales y localización de sondeos. Fuente: GARCÍA PALOMERO, 1991



Plano nº 11: Topografía original antes de realizar los sondeos. Fuente: GARCÍA PALOMERO, 1991

TABLA Nº 1

Datos de los ensayos de las muestras de los sondeos

Leyenda

A.- Número del sondeo

B.- Profundidad de cada muestra de escoria desde la boca del sondeo

C.- Contenido de cobre de las muestras de escorias (p.p.m.)

D.- Contenido de azufre de las muestras de escorias (p.p.m.)

E.- Contenido de plomo de las muestras de escorias (p.p.m.)

F.- Contenido de cinc de las muestras de escorias (p.p.m.)

G.- Contenido de oro de las muestras de escorias (p.p.m.)

H.- Contenido de plata de las muestras de escorias (p.p.m.)

A	B		C	D	E	F	G	H
1	14,00	16,00	100	500	8.600	100	1,30	67,00
2	24,00	26,00	100	15.000	8.200	100	2,00	98,00
2	26,00	28,00	100	20.000	9.200	100	1,25	85,50
3	32,00	34,00	100	14.000	4.000	100	1,20	49,50
3	34,00	36,00	100	30.000	3.600	100	0,90	54,50
3	36,00	38,00	100	32.000	800	100	0,35	26,50
4	26,00	28,00	100	10.000	8.500	100	1,30	87,00
5	38,00	40,00	100	20.000	8.600	100	0,50	83,50
6	28,00	30,00	100	10.000	5.600	100	1,10	50,00
6	30,00	32,00	100	9.700	800	100	0,40	30,00
7	0,00	2,00	100	10.000	8.600	100	1,15	102,00
7	2,00	4,00	100	15.000	9.600	100	1,05	115,00
7	4,00	6,00	100	12.500	7.600	100	0,80	138,00
8	24,00	26,00	100	13.000	6.400	100	1,40	65,50
8	26,00	28,00	100	20.000	7.800	100	1,10	41,00
9	8,00	10,00	100	12.000	6.000	100	0,90	50,50
9	10,00	12,00	100	15.000	8.000	100	1,00	60,00
10	2,00	4,00	100	10.000	17.600	100	1,75	39,50
11	0,00	2,00	100	15.000	5.000	100	2,00	150,00
12	4,00	6,00	100	15.000	8.000	100	1,20	95,50
13	0,00	2,00	100	15.000	9.400	100	1,60	94,00
13	2,00	4,00	100	4.000	8.500	100	1,20	96,50
14	14,00	16,00	100	8.000	6.600	100	1,50	60,50
14	16,00	18,00	100	10.000	6.000	100	1,10	137,50
15	2,00	4,00	100	15.000	9.900	100	1,90	129,00
15	4,00	6,00	100	19.500	9.400	100	2,05	198,75
15	6,00	8,00	100	10.000	5.600	100	0,90	168,75
15	8,00	10,00	100	1.000	3.700	100	0,95	186,25
16	6,00	8,00	100	15.000	7.100	100	3,00	172,50
16	8,00	10,00	100	25.000	9.400	100	0,70	75,00
16	10,00	12,00	100	20.000	11.000	100	3,00	200,00
16	12,00	14,00	100	10.000	10.000	100	2,10	425,00
17	10,00	12,00	100	38.000	9.200	100	1,65	91,00
17	12,00	14,00	100	20.000	7.000	100	1,30	170,00

A	B		C	D	E	F	G	H
18	6,00	8,00	100	18.000	9.600	100	2,00	131,50
19	0,00	2,00	100	12.000	11.000	100	1,75	120,50
19	2,00	4,00	100	19.000	10.000	100	1,00	91,00
19	4,00	6,00	100	18.000	15.000	100	1,55	114,00
19	6,00	8,00	100	17.500	9.500	100	1,40	230,00
20	4,00	6,00	100	30.000	22.000	100	2,05	116,00
20	6,00	8,00	100	19.500	18.000	100	1,70	156,25
21	8,00	10,00	100	13.000	10.000	100	1,75	53,50
21	10,00	12,00	100	15.000	12.000	100	2,05	133,50
21	12,00	14,00	100	16.000	8.000	100	1,00	138,50
21	14,00	16,00	100	17.000	9.000	100	0,95	147,00
21	16,00	18,00	100	15.000	11.000	100	1,40	143,00
21	18,00	20,00	100	11.000	12.000	100	1,85	248,75
22	10,00	12,00	100	14.000	8.800	100	0,40	105,00
22	12,00	14,00	100	15.000	9.400	100	0,75	122,00
23	0,00	2,00	100	15.000	8.800	100	0,90	126,00
24	36,00	38,00	7.300	7.700	6.300	600	0,85	31,50
24	38,00	40,00	8.600	5.700	1.900	1.000	0,25	18,00
25	10,00	12,00	100	1.000	1.700	100	0,40	50,00
25	12,00	14,00	100	10.000	8.600	100	1,25	151,00
26	10,00	12,00	100	6.000	5.500	100	0,85	58,00
27	18,00	20,00	100	24.000	7.300	100	0,50	90,00
27	20,00	22,00	100	25.000	5.600	100	0,85	121,50
28	16,00	18,00	100	10.000	3.600	100	0,50	42,00
29	26,00	28,00	100	8.000	8.800	100	1,05	62,00
29	28,00	30,00	100	8.500	9.800	100	2,10	123,00
30	26,00	28,00	1.000	1.000	14.800	200	0,45	56,00
31	10,00	12,00	800	2.200	17.000	400	1,70	108,00
31	12,00	14,00	900	1.000	20.300	400	1,50	96,50
31	14,00	16,00	1.200	1.800	35.500	500	3,60	182,50
31	16,00	18,00	1.200	1.000	34.000	400	3,35	163,75
31	20,00	22,00	1.100	1.000	15.000	300	0,70	158,75
32	10,00	12,00	100	20.000	12.000	100	0,50	13,00
33	18,00	20,00	0	0	0	0	0,00	0,00
33	20,00	22,00	100	50.000	6.800	100	0,95	90,50
33	22,00	24,00	100	35.000	6.200	100	1,30	180,00
33	24,00	26,00	100	30.000	7.400	100	1,80	73,00
33	26,00	28,00	100	5.000	2.200	100	0,20	28,50
33	28,00	30,00	100	1.000	2.000	100	0,30	60,50
34	4,00	6,00	1.000	7.800	14.000	400	1,45	25,50
34	6,00	8,00	900	6.500	13.600	400	1,95	23,50
34	8,00	10,00	800	8.000	14.800	300	1,90	9,00
35	10,00	12,00	100	15.000	4.800	100	1,10	20,50
35	12,00	14,00	100	40.000	4.600	100	0,70	69,00
35	14,00	16,00	100	39.000	9.000	100	1,40	107,50
36	2,00	4,00	1.300	11.600	19.800	200	1,50	88,50

A	B		C	D	E	F	G	H
36	4,00	6,00	900	6.900	13.000	100	0,95	58,00
36	6,00	8,00	1.100	11.000	19.600	200	1,60	84,50
36	8,00	10,00	1.200	9.900	19.000	200	1,40	85,50
37	0,00	2,00	100	25.000	8.600	100	0,95	112,00
37	2,00	4,00	100	58.000	9.600	100	1,45	168,00
38	14,00	16,00	1.200	15.300	15.800	300	1,75	129,50
38	16,00	18,00	900	12.900	15.200	100	1,50	101,00
39	2,00	4,00	5.200	7.000	2.100	800	0,30	15,00
39	4,00	6,00	15.200	19.200	1.000	3.100	0,15	5,00
40	2,00	4,00	3.400	15.300	2.900	500	0,35	21,50
40	14,00	16,00	9.400	23.100	12.900	200	1,10	122,00
41	10,00	12,00	100	2.000	8.000	100	3,05	193,75
41	12,00	14,00	100	2.500	11.000	100	1,75	190,00
42	4,00	6,00	100	40.000	1.200	100	0,30	16,50
42	6,00	8,00	100	25.000	800	100	0,20	3,50
42	8,00	10,00	100	50.000	2.200	100	0,20	2,00
43	22,00	24,00	4.700	6.400	2.400	700	0,30	20,00
44	0,00	2,00	100	40.000	6.400	100	2,00	111,00
44	2,00	4,00	100	38.000	6.200	100	1,60	123,00
44	24,00	26,00	4.000	15.000	1.000	800	0,70	16,00
44	26,00	28,00	5.000	20.000	1.000	1.000	1,00	21,00
44	28,00	30,00	3.000	18.000	1.200	600	0,80	25,00
45	6,00	8,00	500	25.000	4.000	500	0,85	48,00
45	8,00	10,00	500	43.000	6.500	500	2,40	177,50
45	10,00	12,00	500	20.000	3.600	500	0,70	53,00
45	12,00	14,00	500	15.000	1.400	500	0,25	14,00
45	14,00	16,00	500	12.000	800	500	0,20	17,00
45	16,00	18,00	11.000	10.000	1.900	600	0,20	18,00
45	18,00	20,00	9.000	10.500	1.000	600	0,15	13,00
45	20,00	22,00	10.000	17.000	1.200	600	0,75	20,00
45	22,00	24,00	8.000	20.000	1.800	600	1,30	124,00
46	20,00	22,00	1.200	1.000	13.500	400	1,80	48,00
47	0,00	2,00	100	12.500	5.100	100	0,90	47,00
47	2,00	4,00	100	12.000	3.600	100	1,00	48,50
47	4,00	6,00	100	30.000	1.400	100	0,30	18,50
48	22,00	24,00	100	17.800	7.400	100	2,30	54,00
48	24,00	26,00	100	15.200	4.800	100	3,20	38,50
48	26,00	28,00	100	19.800	6.300	100	3,65	61,00
48	28,00	30,00	100	19.700	7.100	100	2,80	54,00
48	30,00	32,00	100	15.000	6.300	100	1,70	35,50
48	32,00	34,00	100	15.200	6.400	100	1,60	34,00
49	4,00	6,00	500	1.800	7.000	100	2,05	71,00
49	6,00	8,00	500	30.000	8.000	100	1,90	105,00
50	4,00	6,00	100	13.000	9.600	100	1,85	188,00
51	6,00	8,00	100	35.000	9.200	100	1,20	111,00
51	8,00	10,00	100	35.000	8.800	100	2,10	114,00

A	B		C	D	E	F	G	H
51	10,00	12,00	100	32.000	8.600	100	2,20	175,00
51	12,00	14,00	100	33.000	9.400	100	1,75	140,50
51	14,00	16,00	100	32.000	9.400	100	2,15	160,00
51	16,00	18,00	100	15.000	8.200	100	1,05	136,00
52	22,00	24,00	100	9.000	7.200	100	0,95	18,00
53	6,00	8,00	100	15.000	7.100	100	2,10	36,50
53	8,00	10,00	100	15.000	9.800	100	1,55	79,00
54	0,00	2,00	100	10.000	9.800	100	1,15	202,50
55	12,00	14,00	100	20.000	6.000	100	0,80	73,00
56	24,00	26,00	100	24.000	9.800	100	2,40	63,00
56	26,00	28,00	100	30.000	8.800	100	1,50	100,00
56	28,00	30,00	100	30.000	8.600	100	1,95	79,00
56	30,00	32,00	100	28.000	8.000	100	1,35	68,00
57	0,00	2,00	100	9.200	15.000	100	2,10	43,00
57	2,00	4,00	100	13.000	60.000	100	2,10	91,50
58	0,00	2,00	100	45.000	13.000	100	2,95	154,00
58	2,00	4,00	100	25.000	11.000	100	2,65	99,50
59	4,00	6,00	100	20.000	9.400	100	0,70	60,00
59	6,00	8,00	100	10.000	9.200	100	1,45	75,00
59	8,00	10,00	1.300	11.000	2.200	1.000	0,35	51,00
59	10,00	12,00	4.000	20.000	800	1.100	0,15	10,00
60	6,00	8,00	100	15.200	9.800	100	2,60	150,00
60	8,00	10,00	100	24.000	9.400	100	2,35	57,00
60	10,00	12,00	100	25.000	9.600	100	1,20	96,50
60	12,00	14,00	100	60.000	11.000	100	0,75	125,00
61	6,00	8,00	100	28.000	7.400	100	1,20	90,50
62	0,00	2,00	100	36.000	10.200	100	2,00	146,50
62	2,00	4,00	100	40.000	7.400	100	1,95	194,00
62	4,00	6,00	100	10.000	7.100	100	1,15	59,50
63	2,00	4,00	7.000	16.000	1.800	700	0,20	11,00
63	4,00	6,00	6.000	15.000	2.000	700	0,25	13,00
64	4,00	6,00	100	2.000	8.800	100	1,25	103,00
65	22,00	24,00	100	17.000	6.600	100	0,50	23,00
65	24,00	26,00	4.000	17.500	2.600	600	0,25	32,00
65	26,00	28,00	5.100	32.500	1.400	1.000	0,20	32,00
65	28,00	30,00	6.600	25.000	1.000	1.900	0,20	21,00
65	30,00	32,00	8.000	25.000	800	700	0,05	6,50
65	32,00	34,00	12.000	23.000	1.000	500	0,10	17,50
65	34,00	36,00	15.000	16.000	800	500	0,10	9,00
65	36,00	38,00	3.200	15.000	15.000	100	1,35	113,00
65	38,00	40,00	2.300	8.600	6.000	loó	0,70	32,50
66	8,00	10,00	100	20.000	9.800	100	1,50	81,50
67	6,00	8,00	1.000	25.000	8.800	100	1,55	52,00
67	8,00	10,00	1.200	27.500	14.000	100	1,00	109,00
68	16,00	18,00	100	28.000	1.600	100	0,40	16,00
68	18,00	20,00	100	18.000	1.800	100	0,15	15,00

A	B		C	D	E	F	G	H
68	20,00	22,00	100	24.000	1.000	100	0,15	10,00
69	14,00	16,00	100	17.000	2.200	100	0,30	23,00
69	16,00	18,00	100	25.000	1.400	100	0,20	15,50
69	18,00	20,00	100	15.000	800	100	0,10	12,00
70	0,00	2,00	1.500	6.000	16.800	200	1,75	138,00
70	2,00	4,00	1.600	8.400	21.000	300	1,10	137,00
70	6,00	8,00	900	1.000	11.800	300	1,10	51,00
70	8,00	10,00	800	1.900	11.200	300	1,50	25,50
70	26,00	28,00	1.500	4.800	20.000	300	0,95	53,00
70	28,00	30,00	800	3.400	5.200	30.000	0,20	31,00
71	0,00	2,00	400	2.300	10.900	300	0,70	74,50
72	12,00	14,00	3.800	2.500	9.100	800	1,10	42,00
72	14,00	16,00	6.100	3.800	2.300	1.200	0,20	17,00
72	16,00	18,00	7.900	8.300	2.600	900	0,35	25,00
72	18,00	20,00	6.100	8.000	1.800	800	0,30	17,50
73	30,00	32,00	7.500	12.000	17.000	1.000	0,90	114,50
74	2,00	4,00	100	22.900	10.000	100	2,25	61,50
74	4,00	6,00	100	31.800	10.400	100	3,05	61,50
75	20,00	22,00	100	50.000	800	4.800	0,10	10,50
75	22,00	24,00	100	45.000	800	5.000	0,15	12,50
75	24,00	26,00	100	55.000	200	6.000	0,10	8,00
75	26,00	28,00	100	44.000	700	5.400	0,10	8,00
75	28,00	30,00	100	60.000	800	5.600	0,10	7,50
76	18,00	19,60	100	17.500	9.000	100	1,65	93,00
77	6,00	8,00	500	6.100	3.700	100	0,15	17,50
78	2,00	4,00	10.500	10.900	1.100	2.800	0,10	7,00
78	4,00	6,00	21.500	4.000	1.000	3.600	0,05	8,50
79	0,00	2,00	1.400	64.100	8.700	100	0,40	36,00
80	16,00	18,00	2.000	8.000	14.800	100	1,45	87,00
81	16,00	18,00	1.600	6.200	21.600	100	1,05	62,00
81	18,00	20,00	1.500	6.500	16.300	100	0,95	85,50
81	20,00	22,00	1.800	8.000	15.200	100	0,95	91,00
81	22,00	24,00	1.200	7.300	15.600	100	2,10	78,00
82	16,00	18,00	2.100	15.200	15.600	200	2,30	58,00
82	18,00	20,00	2.500	13.500	14.300	200	1,70	55,00
82	20,00	24,00	1.200	1.800	16.100	200	1,55	69,00
82	26,00	28,00	1.000	1.000	12.400	200	0,90	45,00
83	34,00	36,00	700	2.900	9.200	200	0,45	41,00
84	40,00	42,00	500	3.300	8.800	200	0,40	32,50
84	42,00	44,00	1.400	11.100	19.400	200	1,05	89,00
84	44,00	46,00	1.000	9.400	20.100	100	1,95	109,50
84	46,00	48,00	1.100	10.400	22.700	200	2,05	127,50
84	48,00	50,00	1.100	8.100	17.500	200	1,20	83,50
85	42,00	44,00	1.300	7.700	17.300	200	0,80	59,00
86	34,00	40,00	1.700	7.600	15.000	900	0,55	86,00
86	40,00	42,00	900	3.700	15.000	300	0,65	67,50

A	B		C	D	E	F	G	H
86	42,00	44,00	1.300	3.100	18.000	200	0,45	68,00
87	30,00	32,00	100	15.000	6.400	100	0,80	62,00
87	32,00	34,00	100	7.500	7.000	100	0,40	42,00
87	34,00	36,00	100	1.000	3.400	100	0,25	13,00
88	22,00	24,00	100	6.000	9.200	100	0,65	53,50
88	24,00	26,00	100	2.000	11.000	100	0,70	52,00
89	16,00	18,00	100	2.500	12.000	100	0,90	68,00
90	22,00	24,00	700	1.000	11.000	200	0,80	42,50
90	24,00	26,00	1.100	10.700	15.700	200	0,75	72,50
90	26,00	28,00	1.000	10.000	14.200	200	0,95	63,00
90	28,00	30,00	1.200	16.200	15.500	200	0,45	71,50
90	30,00	32,00	1.300	18.200	18.200	200	0,75	93,00
91	24,00	26,00	1.800	5.100	18.000	300	0,90	46,00
91	26,00	28,00	1.500	3.900	15.600	300	0,85	75,00
91	28,00	30,00	1.000	5.900	12.400	300	0,65	63,50
91	30,00	32,00	1.200	8.300	18.600	300	1,15	90,00
91	32,00	34,00	1.200	14.000	21.400	300	1,10	120,00
91	34,00	36,00	600	3.100	10.600	300	1,60	170,00
92	22,00	24,00	800	3.400	10.000	300	1,05	47,50
92	24,00	26,00	1.500	8.900	23.000	300	1,10	88,00
92	26,00	28,00	1.300	10.400	19.300	300	0,80	98,50
92	28,00	30,00	1.700	13.000	27.500	400	1,30	107,50
93	8,00	10,00	800	4.200	24.600	200	1,60	87,50
93	10,00	12,00	1.600	7.200	25.000	300	1,70	90,50
93	12,00	14,00	1.700	6.200	22.900	100	0,95	103,00
93	14,00	16,00	1.000	2.900	10.100	100	0,55	80,50
94	18,00	20,00	100	6.000	8.200	100	1,40	88,50
94	20,00	22,00	100	2.500	5.000	100	0,40	55,50
94	22,00	24,00	100	15.000	6.600	100	0,80	63,50
94	24,00	26,00	100	10.000	6.200	100	0,60	60,00
95	12,00	14,00	700	4.300	14.000	100	1,05	55,00
95	14,00	16,00	1.800	4.100	26.000	400	1,45	107,50
96	10,00	12,00	600	6.400	8.200	100	1,25	98,50
96	12,00	14,00	1.500	8.200	7.600	200	0,50	86,00
96	14,00	16,00	1.500	5.500	6.500	200	0,35	64,50
96	16,00	18,00	1.000	7.300	6.300	200	0,40	73,00
97	18,00	20,00	900	1.600	12.600	200	0,70	64,50
97	20,00	22,00	1.000	5.000	18.100	200	0,50	50,50
97	22,00	24,00	1.100	7.600	19.200	200	0,75	57,00
97	24,00	26,00	600	1.000	9.800	200	0,55	42,00
98	16,00	18,00	1.800	6.300	17.100	200	1,30	103,00
98	18,00	20,00	1.900	9.800	17.300	200	1,10	99,00
99	0,00	2,00	1.600	4.300	24.000	800	1,60	114,00
99	2,00	4,00	1.200	3.800	21.000	200	1,40	131,00
99	4,00	6,00	1.000	2.700	18.000	100	0,95	83,00
99	6,00	8,00	1.000	1.000	14.600	100	0,90	71,50

A	B		C	D	E	F	G	H
99	8,00	10,00	1.300	4.700	12.700	100	1,75	152,50
99	10,00	12,00	1.700	1.000	13.800	100	1,00	116,00
99	12,00	14,00	1.600	4.800	11.700	300	0,50	75,50
99	14,00	16,00	1.600	3.000	11.500	200	0,35	88,50
99	16,00	18,00	1.500	5.500	11.600	200	0,50	93,00
99	18,00	20,00	1.300	5.000	14.400	200	0,75	148,50
100	8,00	10,00	800	3.700	9.300	200	0,50	52,50
100	10,00	12,00	1.200	3.900	11.200	200	0,35	91,00
100	12,00	14,00	1.300	7.300	15.200	200	0,60	99,50
100	14,00	16,00	1.100	8.600	23.400	200	1,05	83,00
100	16,00	18,00	900	6.700	18.200	300	1,05	83,50
100	18,00	20,00	1.100	5.500	16.200	200	1,35	105,50
100	20,00	22,00	300	1.000	2.100	100	0,25	20,50
100	22,00	24,00	200	1.100	1.000	200	0,15	10,50
100	24,00	26,00	500	2.500	8.400	200	0,60	55,50
101	12,00	14,00	1.200	6.000	12.100	200	0,65	77,50
102	6,00	8,00	2.600	54.000	14.500	100	0,55	80,00
103	4,00	6,00	100	1.000	6.500	100	0,60	20,00
103	6,00	8,00	100	15.000	11.300	100	1,20	76,00
103	8,00	10,00	100	15.000	9.200	100	1,55	88,00
103	10,00	12,00	100	6.000	9.400	100	0,80	58,50
103	12,00	14,00	100	24.000	15.900	100	1,20	89,00
104	00,00	2,00	900	5.700	7.600	500	0,45	40,00
104	2,00	4,00	1.200	24.200	16.200	200	2,60	140,00
104	4,00	6,00	1.300	8.000	12.600	100	1,45	102,00
105	10,00	12,00	700	3.000	12.900	100	1,90	93,00
105	12,00	14,00	400	1.000	3.500	100	0,45	31,00
106	18,00	20,00	100	8.100	10.200	100	0,80	76,50
106	20,00	22,00	100	14.800	13.000	100	1,25	110,50
107	16,00	18,00	2.200	8.300	10.200	300	1,40	52,00
107	18,00	20,00	900	6.800	12.300	400	0,55	41,00
107	20,00	22,00	1.100	6.100	11.600	200	0,10	42,50
108	24,00	26,00	1.400	5.100	12.400	200	0,75	53,00
108	26,00	28,00	1.800	5.400	13.300	300	0,50	61,00
109	0,00	2,00	1.000	9.900	4.900	400	1,35	124,00
109	4,00	6,00	900	5.400	8.800	300	1,25	111,00
110	8,00	10,00	900	3.900	3.000	100	0,30	18,50
111	10,00	12,00	2.400	9.600	24.400	100	0,70	51,50
111	12,00	14,00	1.600	3.600	22.600	100	1,05	86,50
111	14,00	16,00	2.000	2.900	34.000	200	2,00	116,00
111	16,00	18,00	800	1.800	15.400	200	0,80	51,00
112	18,00	20,00	700	8.500	15.600	200	0,35	52,00
112	20,00	22,00	1.000	9.300	14.600	200	0,65	52,50
112	22,00	24,00	900	9.100	17.600	200	0,80	87,50
112	24,00	26,00	1.300	17.200	19.300	300	0,60	69,00
112	26,00	28,00	1.700	14.500	21.300	300	0,60	92,00

A	B		C	D	E	F	G	H
112	28,00	30,00	1.300	9.600	25.500	300	0,75	92,50
113	2,00	4,00	900	4.900	8.700	200	0,60	49,00
113	4,00	6,00	1.700	15.300	20.000	200	1,10	99,00
113	8,00	10,00	1.800	20.700	16.000	200	0,75	95,50
113	10,00	12,00	2.000	9.400	24.000	200	1,55	147,00
113	12,00	14,00	1.300	3.100	17.000	200	0,60	90,50
113	14,00	16,00	1.900	3.200	24.000	300	1,15	111,50
113	16,00	18,00	1.000	3.900	23.500	300	1,70	107,50
114	0,00	2,00	1.000	1.000	23.000	300	1,40	230,00
114	2,00	4,00	1.800	14.800	22.800	200	1,15	141,00
114	4,00	6,00	1.600	5.200	22.500	300	1,05	110,50
114	6,00	8,00	1.400	1.000	18.300	200	0,75	92,50
114	8,00	10,00	1.500	3.600	15.600	200	0,45	92,00
114	10,00	12,00	1.300	1.000	18.600	200	0,40	92,00
114	12,00	14,00	1.700	1.000	22.500	300	0,65	119,00
114	14,00	16,00	1.600	1.000	24.800	300	0,60	102,00
114	16,00	18,00	1.300	3.000	21.000	300	0,55	81,50
114	18,00	20,00	1.400	1.400	33.600	300	2,15	167,50
114	20,00	22,00	600	1.000	19.800	200	1,55	106,00
115	6,00	8,00	1.300	4.600	12.500	300	1,15	37,50
115	8,00	10,00	1.400	3.900	11.400	300	1,35	46,50
115	12,00	14,00	1.400	10.400	18.600	200	0,65	61,00
115	14,00	16,00	1.800	9.700	18.400	300	0,70	84,50
115	16,00	18,00	1.500	9.300	16.400	200	0,35	69,00
115	18,00	20,00	1.200	11.000	20.200	200	1,00	96,00
115	20,00	22,00	1.000	14.000	29.500	200	1,00	87,50
116	4,00	6,00	1.300	6.000	9.500	300	0,40	41,50
116	6,00	8,00	1.600	1.400	21.800	300	1,25	117,00
117	4,00	6,00	7.700	9.900	14.700	200	1,05	90,00
117	6,00	8,00	1.700	14.300	29.800	300	2,55	121,50
118	2,00	4,00	1.600	9.600	10.200	500	1,30	55,50
118	4,00	6,00	1.400	23.000	16.700	200	0,80	87,00
118	6,00	8,00	1.100	8.100	18.100	200	1,40	132,00
118	8,00	10,00	1.000	8.500	16.400	200	1,00	146,00
119	6,00	8,00	1.200	8.500	18.000	200	0,95	89,00
119	8,00	10,00	1.300	10.600	22.500	200	1,90	88,00
120	0,00	2,00	2.100	9.000	14.600	400	1,10	78,00
120	2,00	4,00	2.200	7.200	16.900	200	1,80	116,00
120	4,00	6,00	1.500	13.700	22.100	200	1,60	131,00
120	6,00	8,00	1.300	10.200	23.200	200	1,50	116,25
121	6,00	8,00	1.300	10.500	26.000	200	2,50	175,00
122	14,00	16,00	1.100	3.300	14.700	300	0,90	66,50
122	16,00	18,00	1.800	8.300	30.100	300	2,15	40,50
123	0,00	2,00	2.500	8.700	17.000	600	1,30	88,00
124	2,00	4,00	1.100	4.800	8.600	400	0,50	52,00
125	0,00	2,00	1.200	11.800	10.000	200	1,20	60,00

A	B		C	D	E	F	G	H
126	10,00	12,00	1.600	9.100	17.300	100	1,25	97,50
126	12,00	14,00	1.600	7.500	34.000	100	0,80	106,50
127	4,00	6,00	1.200	7.600	18.100	100	1,05	94,50
127	6,00	8,00	1.100	8.900	16.100	400	0,60	72,50
127	8,00	10,00	800	6.100	10.500	300	0,50	58,00
128	4,00	6,00	1.600	8.000	28.000	300	1,80	116,00
128	6,00	8,00	1.200	3.000	30.000	300	1,70	137,00
128	8,00	10,00	1.400	2.400	25.000	300	1,75	208,00
129	4,00	6,00	1.900	2.700	9.000	700	0,70	49,50
129	6,00	8,00	1.100	1.600	13.700	300	0,60	66,50
130	18,00	20,00	800	5.300	12.500	200	1,05	39,00
130	24,00	26,00	1.300	18.000	13.000	300	0,50	82,50
131	20,00	22,00	800	8.900	14.700	200	1,65	95,50
131	22,00	24,00	1.300	16.800	22.400	200	1,70	136,00
131	24,00	26,00	1.100	18.200	28.500	300	1,75	125,00
132	20,00	22,00	1.300	1.100	22.000	200	1,60	127,50
132	22,00	24,00	1.400	1.000	21.400	200	1,80	116,00
132	24,00	26,00	1.200	1.000	19.300	200	1,65	77,00
132	26,00	28,00	600	1.000	6.900	200	0,55	34,00
133	12,00	14,00	800	1.000	13.300	300	1,50	67,00
134	12,00	14,00	1.000	1.000	9.200	200	0,40	62,00
134	14,00	16,00	900	1.000	8.600	200	0,55	53,00
135	16,00	18,00	900	10.800	17.800	200	2,15	90,50
135	18,00	20,00	1.100	11.100	19.000	200	0,55	75,00
135	20,00	22,00	1.200	9.000	19.400	200	0,90	79,00
135	22,00	24,00	1.100	15.700	20.200	200	0,95	86,50
136	20,00	22,00	1.700	8.500	19.700	300	1,35	105,00
136	22,00	24,00	1.700	9.000	27.500	300	1,80	141,00
137	12,00	14,00	800	6.500	13.000	200	1,60	90,50
138	16,00	18,00	700	1.000	13.300	200	1,20	88,50
139	16,00	18,00	1.300	1.000	16.800	500	1,15	93,00
140	2,00	4,00	1.300	5.800	23.500	300	1,15	107,00
140	4,00	6,00	800	4.100	13.600	200	0,95	86,00
140	6,00	8,00	1.100	7.000	25.700	300	1,40	133,50
140	8,00	10,00	1.300	9.500	21.900	400	1,10	111,50
140	12,00	14,00	1.400	6.900	16.200	300	0,90	87,50
140	14,00	16,00	1.500	7.300	19.300	200	1,15	144,00
140	16,00	18,00	2.000	8.800	24.900	300	1,10	139,00
140	18,00	20,00	1.600	14.200	22.000	700	0,80	102,00
140	20,00	22,00	800	6.300	18.600	300	1,60	111,00
141	14,00	16,00	1.000	1.300	13.900	300	0,85	82,00
141	16,00	18,00	1.400	3.000	20.600	300	1,20	92,00
141	18,00	20,00	1.300	2.800	21.100	300	0,80	79,00
141	20,00	22,00	500	1.200	14.600	300	0,60	45,50
142	0,00	2,00	1.200	4.300	17.500	400	1,55	102,00
142	2,00	4,00	800	16.900	13.300	500	1,10	76,50

A	B		C	D	E	F	G	H
143	0,00	2,00	1.200	1.300	18.500	400	1,25	182,00
144	6,00	8,00	2.800	9.800	18.800	100	1,85	145,00
144	10,00	12,00	1.200	8.200	14.900	100	0,55	103,00
144	12,00	14,00	1.000	5.500	13.900	100	1,85	435,00
145	2,00	4,00	2.100	2.600	10.300	400	2,10	107,00
145	4,00	6,00	1.200	11.800	23.600	100	1,80	135,50
145	6,00	8,00	1.500	11.300	27.000	100	1,70	143,00
145	8,00	10,00	700	6.300	16.400	100	1,95	155,00
146	8,00	10,00	1.300	8.400	30.000	400	2,85	224,00
146	10,00	12,00	1.100	6.200	17.400	300	1,50	257,50
147	4,00	6,00	1.400	8.000	19.500	200	1,15	150,00
147	6,00	8,00	1.300	7.000	17.300	200	0,80	131,25
147	8,00	10,00	1.300	5.700	15.100	100	0,70	181,25
147	10,00	12,00	1.200	6.400	20.800	200	1,60	305,00
147	12,00	14,00	1.300	3.500	14.000	200	1,35	232,50
148	4,00	6,00	1.400	19.100	23.000	300	2,05	140,50
148	6,00	8,00	1.100	9.700	29.200	300	2,20	144,00
148	8,00	10,00	1.300	11.900	22.000	300	2,10	182,00
148	10,00	12,00	900	5.700	18.800	300	1,80	245,00
148	12,00	14,00	1.000	3.300	13.500	300	1,05	215,00
148	14,00	16,00	200	1.000	2.900	200	0,30	52,00
149	4,00	6,00	2.500	9.800	26.000	200	2,50	190,00
149	6,00	8,00	1.000	17.600	18.500	200	1,30	137,00

Fuente: FÉLIX GARCÍA PALOMERO, 1986

En la tabla 2 se indican las estadísticas generales de los diferentes elementos analizados de las escorias que nos confirman la relativa homogeneidad de estos materiales.

TABLA Nº 2

Estadísticas generales de las muestras de escorias

Metales	Cu %	S %	Pb %	Zn %	Au ppm	Ag ppm
Número de datos	424	424	424	424	424	424
Valor medio	0,132	1,24	1,25	0,038	1,13	87,00
Varianza	0,048	1,24	0,60	0,024	0,46	3.025,00
Desviación típica	0,221	1,11	0,77	0,157	0,67	55,00

Fuente: FÉLIX GARCÍA PALOMERO, 1986

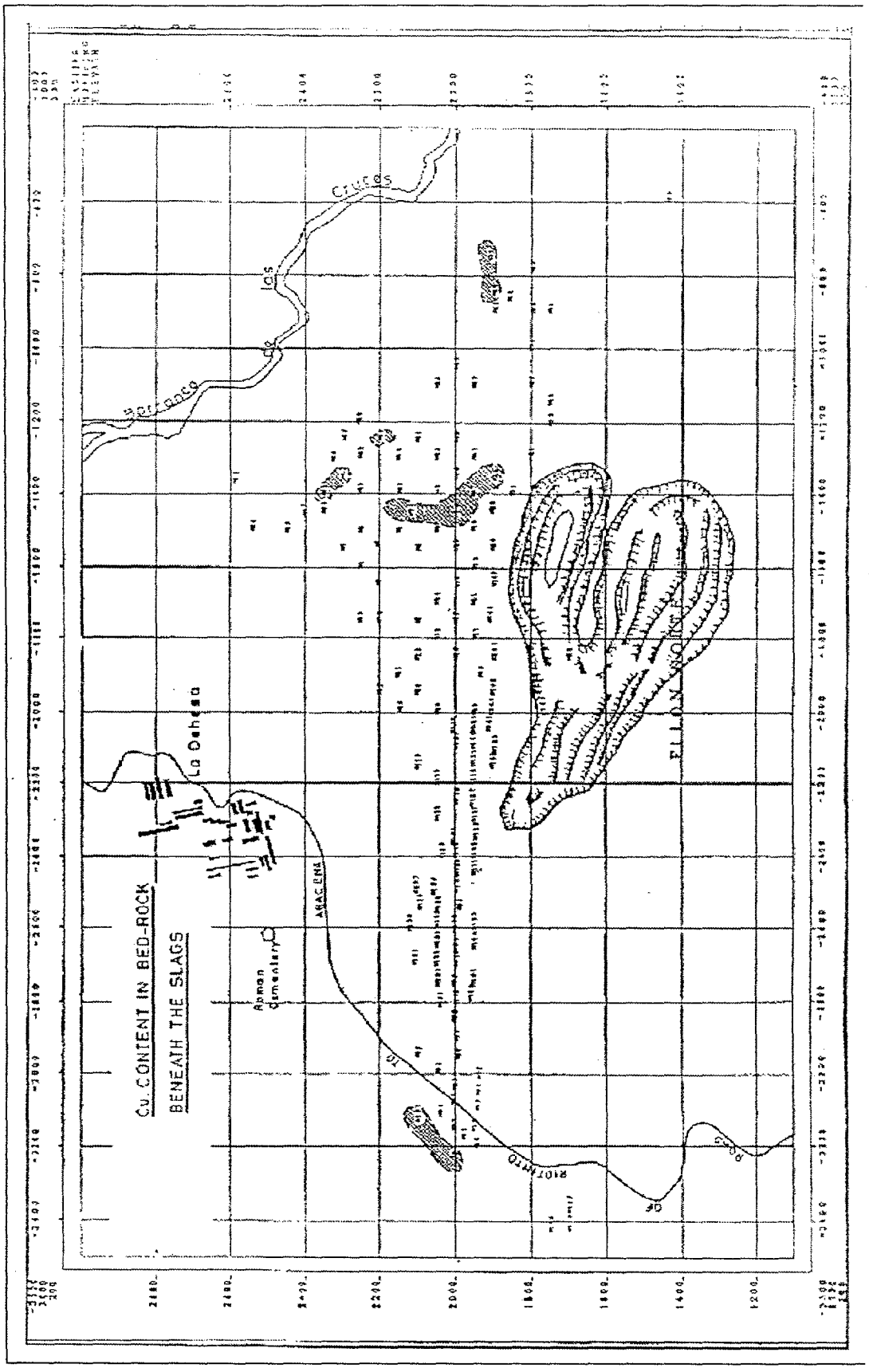
Para obtener el máximo de información de la campaña de sondeos, se analizaron las muestras procedentes del bed-rock de las escorias, o sea, de los materiales que formaban la superficie original (pizarras del Culm y piroclastos). Los resultados de estos análisis se muestran en la tabla 3, observándose unos contenidos anormalmente altos en cobre, oro y plata en comparación con los contenidos típicos de estos materiales fuera de esta zona. El origen de estos metales debe ser un proceso de lixiviación de las escorias superiores con una posterior precipitación en las fracturas de las rocas del bed-rock. Tal como se muestra en el plano 12, las zonas de mayor concentración de cobre en el bed-rock coinciden con las zonas de mayor concentración de cobre en las escorias observados en el plano 13.

5.2.2 Tipos de escorias

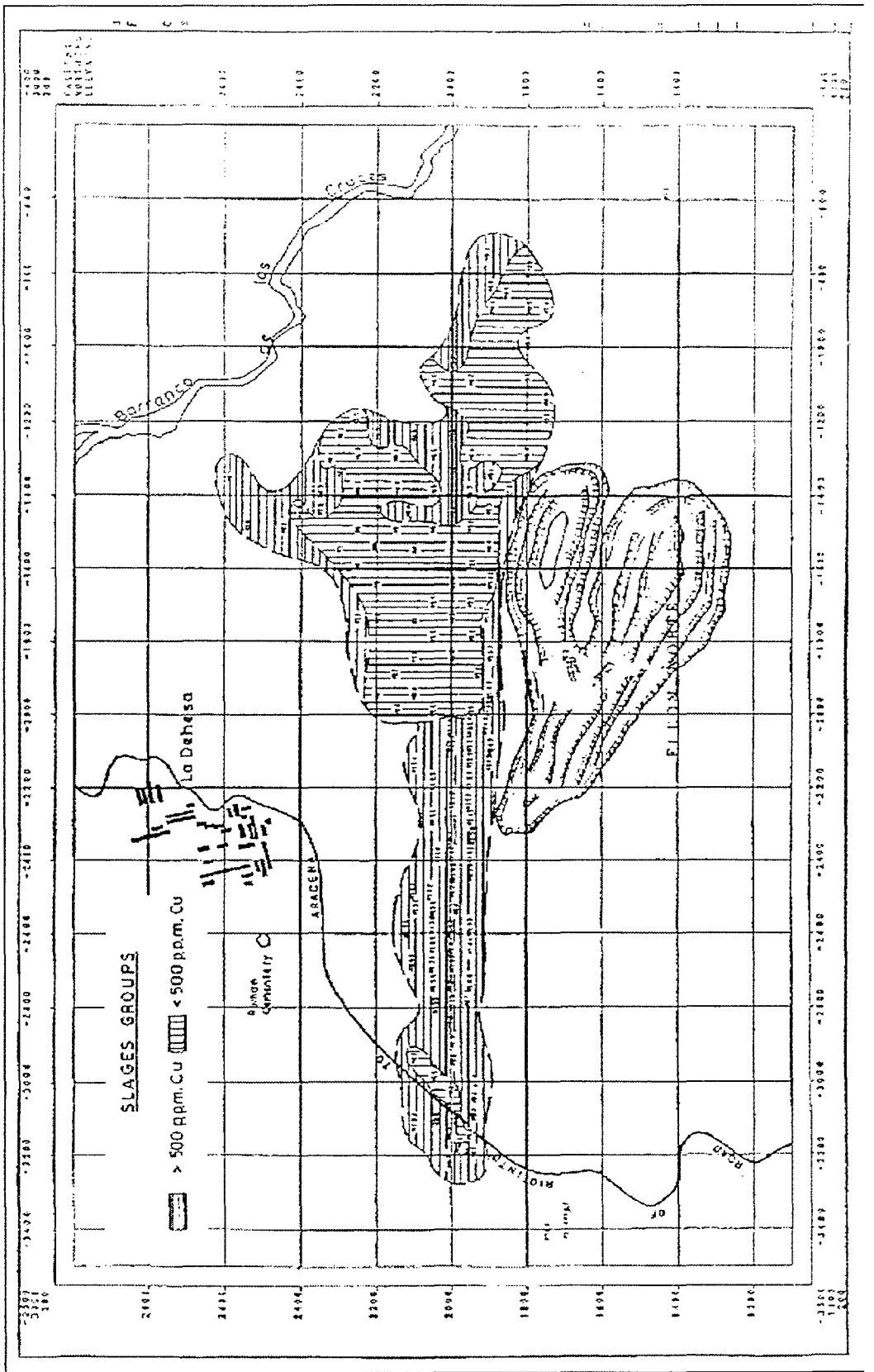
De acuerdo con la distribución de metales dentro de las escorias se observa que en general estas son bastante homogéneas salvo en los contenidos en cobre; en base a este metal sí se pueden definir dos grupos bien marcados: un grupo de escorias (40% del total de las muestras) tenía un contenido menor de 500 p.p.m. en cobre y el otro grupo de escorias (60% restante del total de las muestras) tenía un contenido superior a 500 p.p.m. en cobre. Ambos grupos de muestras tenían una distribución espacial bien definida, dando lugar a dos zonas tal como se muestran en el plano nº 13.

En la tabla 4 se muestran las estadísticas de todos los metales en cada uno de los dos grupos de escorias.

Por tanto podemos considerar las escorias con > 500 p.p.m. de cobre, como procedentes de esta metalurgia, y las que tienen < 500 p.p.m. de cobre como procedentes de la metalurgia de la plata.



Plano nº 12: Cu. Contenido debajo de las escorias. Fuente: FÉLIX GARCÍA PALOMERO, 1991



Plano nº 13: Grupos de escoriales. Fuente: FÉLIX GARCÍA PALOMERO, 1991

TABLA Nº 3

Datos de los ensayos de las muestras de sondeos en el bedrock, debajo de los montones de escorias

Leyenda
A.- Número del sondeo.
B.- Profundidad de cada muestra desde la boca del sondeo (de 00,00 m a 00,00 m).
C.- Contenido de cobre de las muestras (p.p.m.)
D.- Contenido de azufre de las muestras (p.p.m.)
E.- Contenido de plomo de las muestras (p.p.m.)
F.- Contenido de cinc de las muestras (p.p.m.)
G.- Contenido de oro de las muestras (p.p.m.)
H.- Contenido de plata de las muestras. (p.p.m.)

A	B		C	D	E	F	G	H
1	16,00	18,00	100	1.000	3.000	100	0,20	11,50
1	18,00	20,00	100	1.000	2.000	100	0,05	0,50
2	28,00	30,00	100	1.000	2.300	100	0,10	7,50
2	30,00	32,00	100	1.000	2.000	100	0,05	1,00
3	38,00	40,00	100	5.000	2.000	100	0,40	34,50
3	40,00	42,00	100	1.200	1.800	100	0,25	14,50
4	28,00	30,00	100	3.000	6.500	100	1,10	33,50
4	30,00	32,00	100	1.000	1.700	100	0,30	6,50
5	40,00	42,00	100	1.000	5.400	100	0,25	23,00
5	42,00	44,00	100	1.000	1.400	100	0,15	4,00
6	32,00	34,00	100	7.500	3.200	100	0,40	29,50
6	34,00	36,00	100	1.000	800	100	0,05	11,00
6	36,00	38,00	100	1.000	500	100	0,05	10,50
7	6,00	8,00	100	1.000	9.200	100	0,40	35,00
7	8,00	10,00	100	1.000	1.000	100	0,15	8,00
8	28,00	30,00	100	9.000	6.000	100	0,30	13,50
8	30,00	32,00	100	1.000	1.000	100	0,10	0,50
9	12,00	14,00	100	6.000	3.600	100	0,25	15,00
9	14,00	16,00	100	1.000	800	100	0,10	4,00
9	16,00	18,00	100	1.000	500	100	0,10	5,00
10	4,00	6,00	100	1.000	3.400	100	0,20	14,50
10	6,00	8,00	100	1.000	2.000	100	0,10	7,00
11	2,00	4,00	100	1.000	1.400	100	0,15	13,00
11	4,00	6,00	100	1.000	800	100	0,05	6,00
12	6,00	8,00	100	9.500	7.100	100	0,50	63,50
12	8,00	10,00	100	1.000	800	100	0,10	4,50
13	4,00	6,00	100	2.000	1.400	100	0,10	8,50
13	6,00	8,00	100	1.000	500	100	0,05	1,50
14	18,00	20,00	100	7.500	5.400	100	0,50	85,50
14	20,00	22,00	100	1.000	800	100	0,05	6,50
14	22,00	24,00	100	1.000	500	100	0,10	4,50
15	10,00	12,00	100	1.000	1.400	100	0,10	21,00

A	B		C	D	E	F	G	H
15	12,00	14,00	100	1.000	1.000	100	0,10	12,50
16	14,00	16,00	100	1.000	4.500	100	0,60	103,00
17	14,00	16,00	100	1.000	5.400	100	0,40	16,00
17	16,00	18,00	100	1.000	1.600	100	0,20	10,50
18	8,00	10,00	100	14.000	9.200	100	1,05	71,50
18	10,00	12,00	100	1.000	1.800	100	0,15	8,00
18	12,00	14,00	100	1.000	800	100	0,05	6,00
19	8,00	10,00	100	1.000	1.000	100	0,10	11,50
19	10,00	12,00	100	1.000	800	100	0,10	4,50
19	12,00	14,00	100	1.000	800	100	0,10	4,00
20	8,00	10,00	100	3.000	6.000	100	0,70	127,00
20	10,00	12,00	100	1.000	1.000	100	0,15	10,00
20	12,00	14,00	100	1.000	1.000	100	0,10	10,00
20	14,00	16,00	100	1.000	1.000	100	0,05	3,00
21	20,00	22,00	100	5.000	4.300	100	0,30	65,00
21	22,00	24,00	100	1.000	1.400	100	0,10	8,00
21	24,00	26,00	100	1.000	1.000	100	0,05	5,50
22	14,00	16,00	100	1.000	9.200	100	0,50	75,00
22	16,00	18,00	100	1.000	800	100	0,05	6,00
22	18,00	20,00	100	1.000	800	100	0,05	5,00
23	2,00	4,00	100	2.000	5.400	100	0,35	51,00
23	4,00	6,00	100	1.000	800	100	0,05	1,50
23	6,00	8,00	100	1.000	800	100	0,10	4,50
23	8,00	10,00	100	1.000	800	100	0,10	2,50
24	40,00	42,00	1.000	1.000	900	200	0,15	7,50
24	42,00	44,00	800	1.000	800	200	0,10	5,50
25	14,00	16,00	100	1.000	1.200	100	0,05	25,00
25	16,00	18,00	100	1.000	800	100	0,05	12,00
26	12,00	14,00	100	2.000	2.000	100	0,15	19,50
26	14,00	16,00	100	1.000	1.200	100	0,05	10,00
26	16,00	18,00	100	1.000	1.400	100	0,05	15,00
27	22,00	24,00	100	1.000	2.200	100	0,15	17,00
27	24,00	26,00	100	1.000	1.400	100	0,05	6,00
28	18,00	20,00	100	3.000	3.400	100	0,25	39,00
28	20,00	22,00	100	1.000	600	100	0,50	23,00
28	22,00	24,00	100	1.000	600	100	0,10	4,50
29	30,00	32,00	100	1.000	2.200	100	0,20	18,50
29	32,00	34,00	100	1.000	800	100	0,15	6,00
29	34,00	36,00	100	1.000	800	100	0,05	5,00
30	28,00	30,00	200	1.000	2.300	100	0,25	8,50
30	30,00	32,00	200	1.000	1.400	200	0,10	5,50
31	22,00	24,00	400	1.000	3.300	300	0,25	25,00
31	24,00	26,00	200	1.600	1.500	300	0,10	10,50
31	26,00	28,00	300	1.000	2.200	400	0,15	15,00
31	28,00	30,00	200	1.000	2.900	200	0,25	14,00
31	30,00	32,00	100	1.000	400	400	0,10	3,50

A	B		C	D	E	F	G	H
32	12,00	14,00	100	21.000	14.000	100	1,25	55,00
32	14,00	16,00	100	20.000	18.000	100	1,50	160,00
32	16,00	18,00	100	18.000	15.000	100	3,20	79,50
32	18,00	20,00	100	1.500	3.600	100	3,10	215,00
32	20,00	22,00	100	5.000	1.400	100	1,55	99,00
32	22,00	24,00	100	7.500	1.000	100	0,20	18,50
32	24,00	26,00	100	1.000	1.500	100	0,10	1,00
32	26,00	28,00	100	1.000	1.300	100	0,05	0,50
33	30,00	32,00	100	10.000	3.400	100	0,15	22,00
33	32,00	34,00	100	1.000	2.800	100	0,10	17,00
33	34,00	36,00	100	1.000	3.200	100	0,05	19,50
34	10,00	12,00	1.100	7.100	16.100	400	1,85	10,50
34	12,00	14,00	1.800	11.500	20.700	300	2,10	32,50
34	14,00	16,00	1.700	26.200	23.000	100	1,65	57,00
34	16,00	18,00	1.800	41.400	22.500	100	1,35	77,00
34	18,00	20,00	1.900	49.000	24.600	100	2,05	95,50
34	20,00	22,00	2.300	13.000	15.100	100	0,75	120,50
34	22,00	24,00	1.300	20.100	23.600	100	0,30	18,50
34	24,00	26,00	1.300	19.700	20.500	100	1,10	146,00
34	26,00	28,00	1.200	10.100	16.300	100	0,75	28,50
34	28,00	30,00	1.500	10.900	2.800	100	0,15	1,50
34	30,00	32,00	1.600	11.800	1.400	100	0,10	1,00
34	32,00	34,00	1.800	12.300	1.700	100	0,10	3,00
34	34,00	36,00	1.400	14.800	1.400	100	0,10	1,00
35	16,00	18,00	100	26.000	6.500	100	1,60	52,50
35	18,00	20,00	100	15.000	4.800	100	0,55	47,50
35	20,00	22,00	100	12.500	3.800	100	0,30	22,50
35	22,00	24,00	100	8.000	2.600	100	0,25	23,50
35	24,00	26,00	100	1.000	1.600	100	0,10	6,50
35	26,00	28,00	100	1.000	3.600	100	0,10	10,50
36	10,00	12,00	500	2.400	6.600	200	0,50	26,00
36	12,00	14,00	400	1.000	300	200	0,10	2,50
37	4,00	6,00	100	10.000	3.600	100	0,25	24,50
37	6,00	8,00	100	2.000	2.000	100	0,10	8,50
38	18,00	20,00	200	1.000	15.000	100	0,30	7,50
38	20,00	22,00	200	1.000	6.000	100	0,10	1,00
38	22,00	24,00	200	1.000	2.000	100	0,05	0,50
39	6,00	8,00	4.100	9.100	2.800	900	0,20	27,50
39	8,00	10,00	1.100	1.000	600	400	0,05	2,00
40	16,00	18,00	3.600	10.400	5.100	300	0,40	40,50
41	14,00	16,00	100	1.000	2.800	100	0,25	11,50
41	16,00	18,00	100	1.000	7.800	100	0,15	0,10
42	10,00	12,00	100	30.000	6.600	100	0,60	26,25
42	12,00	14,00	100	5.000	2.000	100	0,10	12,00
43	24,00	26,00	2.600	2.100	1.300	400	0,20	9,00
43	26,00	28,00	400	5.200	300	200	0,10	1,00

A	B		C	D	E	F	G	H
43	28,00	30,00	500	2.200	200	200	0,10	1,00
44	30,00	32,00	100	5.000	1.000	100	0,20	7,00
44	32,00	34,00	100	1.000	1.000	100	0,10	8,00
44	34,00	36,00	100	1.000	1.000	100	0,05	1,00
45	24,00	26,00	600	1.000	1.000	500	0,25	23,00
45	26,00	28,00	600	1.000	1.600	500	0,25	9,00
45	28,00	30,00	500	1.000	1.000	500	0,05	3,00
46	22,00	24,00	400	1.000	800	200	0,10	5,00
46	24,00	26,00	300	1.000	200	200	0,05	1,00
47	6,00	8,00	100	4.000	500	100	0,15	3,00
47	8,00	10,00	100	1.000	800	100	0,20	2,00
47	10,00	12,00	100	1.000	800	100	0,05	0,50
48	36,00	38,00	100	9.800	2.300	100	0,15	5,00
48	38,00	40,00	100	16.000	1.000	100	0,05	0,50
48	40,00	42,00	100	16.000	1.200	100	0,05	0,50
49	8,00	10,00	500	20.000	5.100	100	0,95	34,00
49	10,00	12,00	500	5.000	2.600	100	0,15	10,00
49	12,00	14,00	500	1.000	1.200	100	0,10	3,00
49	14,00	16,00	500	1.000	800	100	0,20	1,00
49	16,00	18,00	500	1.000	800	100	0,05	0,50
50	6,00	8,00	100	1.200	5.600	100	0,90	25,00
50	8,00	10,00	100	1.000	800	100	0,10	1,50
50	10,00	12,00	100	1.000	800	100	0,15	1,50
51	18,00	20,00	100	16.000	8.200	100	1,90	121,00
51	20,00	22,00	100	13.000	6.700	100	1,95	142,00
51	22,00	24,00	100	13.000	6.700	100	2,30	88,00
51	24,00	26,00	100	20.000	8.000	100	3,05	88,00
51	26,00	28,00	100	18.000	9.200	100	2,90	88,00
51	28,00	30,00	100	18.000	9.000	100	2,90	105,00
51	30,00	32,00	100	20.000	9.200	100	2,30	70,00
51	32,00	34,00	100	7.500	6.800	100	0,90	124,00
51	34,00	36,00	100	5.000	3.400	100	0,30	25,50
51	36,00	38,00	100	1.000	1.400	100	0,05	4,50
51	38,00	40,00	100	1.000	1.300	100	0,15	3,50
52	24,00	26,00	100	5.000	1.000	100	0,25	6,00
52	26,00	28,00	100	1.000	800	100	0,15	2,00
52	28,00	30,00	100	1.000	1.600	100	0,24	3,50
52	30,00	32,00	100	1.000	800	100	0,10	1,00
52	32,00	34,00	100	1.000	800	100	0,20	2,00
53	10,00	12,00	100	1.000	2.600	100	0,15	7,00
53	12,00	14,00	100	1.000	2.000	100	0,05	3,00
53	14,00	16,00	100	1.000	800	100	0,05	2,00
54	2,00	4,00	100	1.000	800	100	0,30	5,50
54	4,00	5,00	100	1.000	800	100	0,15	1,00
55	14,00	15,00	100	12.500	2.000	100	0,55	19,00
55	15,00	16,00	100	1.000	1.600	100	0,20	5,50

A	B		C	D	E	F	G	H
55	16,00	18,00	100	10.000	1.800	100	0,15	6,00
55	18,00	20,00	100	17.500	1.600	100	0,20	5,50
55	20,00	22,00	100	17.000	1.700	100	0,25	57,50
55	22,00	24,00	100	3.500	7.000	100	0,20	13,00
55	24,00	26,00	100	3.000	6.800	100	0,20	9,00
55	26,00	28,00	100	3.000	21.000	100	0,05	9,00
55	28,00	30,00	100	5.000	35.000	100	0,15	14,50
55	30,00	32,00	100	5.000	22.000	100	0,05	7,50
55	32,00	34,00	100	2.000	5.600	100	0,05	12,50
55	34,00	36,00	100	3.000	3.000	100	0,05	37,00
55	36,00	38,00	100	2.500	2.200	100	0,05	32,00
55	38,00	40,00	100	7.000	2.000	100	0,40	205,00
55	40,00	42,00	100	1.000	1.800	100	0,05	111,50
55	42,00	44,00	100	1.400	1.400	100	0,05	40,00
55	44,00	46,00	100	1.000	1.400	100	0,05	17,50
55	46,00	48,00	100	1.000	1.800	100	0,05	21,50
55	48,00	50,00	100	1.000	3.000	100	0,05	12,00
55	50,00	53,10	100	1.000	2.800	100	0,05	12,00
56	32,00	34,00	100	10.000	6.000	100	0,75	75,00
56	34,00	36,00	100	1.000	800	100	0,05	3,50
56	36,00	38,00	100	1.000	800	100	0,10	4,50
57	4,00	6,00	100	9.400	16.000	100	1,20	61,50
57	6,00	8,00	100	1.000	1.000	100	0,05	4,50
57	8,00	10,00	100	800	1.000	100	0,05	3,50
58	4,00	6,00	100	37.500	10.000	100	2,20	122,00
58	6,00	8,00	100	25.000	11.500	100	1,60	121,00
58	8,00	10,00	100	12.500	6.000	100	0,65	58,00
58	10,00	12,00	100	11.000	7.400	100	0,80	57,00
58	12,00	14,00	100	22.500	11.500	100	1,00	93,00
58	14,00	16,00	100	10.000	7.000	100	0,95	48,00
58	16,00	18,00	100	7.500	8.800	100	0,50	41,50
58	18,00	20,00	100	1.000	1.000	100	0,10	3,50
58	20,00	22,00	100	1.000	800	100	0,10	1,00
59	12,00	14,00	100	1.000	800	100	0,05	2,00
59	14,00	16,00	100	1.000	800	100	0,20	2,00
59	16,00	18,00	100	1.000	800	100	0,05	1,00
60	14,00	16,00	100	10.000	5.400	100	0,10	18,00
60	16,00	18,00	100	1.000	2.600	100	0,05	10,50
60	18,00	20,00	100	9.000	2.600	100	0,05	6,50
60	20,00	22,00	100	10.000	2.700	100	0,05	3,50
60	22,00	24,00	100	10.500	2.500	100	0,05	4,00
61	8,00	10,00	100	1.000	1.400	100	0,15	8,50
61	10,00	12,00	100	1.000	1.000	100	0,80	8,00
61	12,00	14,00	100	1.000	800	100	0,05	3,00
62	6,00	8,00	100	5.000	4.800	100	0,35	42,00
62	8,00	10,00	100	1.000	900	100	0,05	2,50

A	B		C	D	E	F	G	H
62	10,00	12,00	100	1.000	1.400	100	0,15	2,50
63	6,00	8,00	600	2.000	1.000	100	0,15	4,00
63	8,00	10,00	500	1.000	1.000	100	0,15	2,50
63	10,00	12,00	500	1.000	1.000	100	0,15	2,00
64	6,00	8,00	100	1.000	800	100	0,05	3,00
64	8,00	10,00	100	1.000	800	100	0,05	2,00
64	10,00	12,00	100	1.000	800	100	0,05	1,50
66	10,00	12,00	100	1.000	1.800	100	0,25	10,00
66	12,00	14,00	100	1.000	1.800	100	0,15	3,00
66	14,00	16,00	100	1.000	1.800	100	0,10	2,50
67	10,00	12,00	1.800	15.000	15.000	100	1,45	102,50
67	12,00	14,00	100	1.000	1.500	100	0,15	6,00
67	14,00	15,00	100	1.000	1.200	100	0,10	6,00
68	22,00	24,00	100	2.500	1.000	100	0,05	3,50
68	24,00	26,00	100	2.500	800	100	0,05	3,00
69	20,00	22,00	100	1.000	700	100	0,05	3,00
69	22,00	24,00	100	1.000	500	100	0,05	3,00
70	30,00	32,00	300	1.400	1.200	300	0,10	12,50
71	2,00	4,00	300	4.400	1.400	300	0,10	13,50
71	4,00	6,00	100	1.000	500	300	0,10	7,00
72	20,00	22,00	900	4.600	500	200	0,10	5,50
72	22,00	24,00	1.400	1.800	400	200	0,05	3,00
73	32,00	34,00	600	1.000	800	200	0,10	6,00
73	34,00	36,00	300	1.000	500	200	0,10	2,50
74	6,00	8,00	100	38.600	10.000	100	1,55	51,50
74	8,00	10,00	100	76.000	7.900	100	1,20	39,00
74	10,00	12,00	100	9.100	2.700	100	0,15	12,00
74	12,00	13,00	100	8.400	2.300	100	0,10	4,50
75	30,00	32,00	100	1.000	1.200	600	0,10	3,50
76	19,60	22,00	100	1.000	6.000	100	0,50	13,00
76	22,00	24,00	100	1.000	4.200	100	0,20	7,50
76	24,00	26,00	100	2.000	3.200	100	0,15	1,00
76	26,00	28,00	100	5.000	2.200	100	0,10	3,00
76	28,00	30,00	100	3.000	3.600	100	0,10	1,00
76	30,00	32,00	100	2.000	2.800	100	0,05	1,00
76	32,00	34,00	100	15.000	2.400	100	0,05	0,30
76	34,00	36,00	100	13.000	4.200	100	0,05	0,30
76	36,00	38,00	100	7.500	4.000	100	0,10	11,00
76	38,00	40,00	100	2.000	1.200	100	0,10	28,00
76	40,00	44,00	100	1.000	2.200	100	0,10	19,00
76	44,00	46,00	100	60.000	800	100	0,05	1,00
76	46,00	48,00	100	20.000	1.000	100	0,10	4,50
76	48,00	50,00	100	15.000	5.000	100	0,10	3,00
76	50,00	52,10	100	20.000	9.000	100	0,15	11,50
77	8,00	10,00	300	7.000	1.900	100	0,15	12,50
77	10,00	11,00	300	5.500	1.800	100	0,10	2,00

A	B		C	D	E	F	G	H
78	6,00	8,00	1.900	8.400	1.400	500	0,10	13,00
78	8,00	10,00	700	2.900	1.100	400	0,10	9,00
79	2,00	4,00	300	7.600	1.400	100	0,05	6,00
79	4,00	6,00	500	8.000	2.800	200	0,25	17,00
79	6,00	8,00	300	15.600	700	200	0,10	6,00
81	24,00	26,00	600	4.200	8.000	100	0,55	30,50
81	26,00	28,00	200	1.000	2.400	100	0,25	5,50
81	28,00	30,00	200	4.300	700	100	0,10	0,50
82	28,00	30,00	800	8.100	11.500	200	0,80	47,00
82	30,00	32,00	1.001	1.000	500	100	0,10	0,50
83	36,00	38,00	300	3.400	5.100	200	0,25	18,00
83	38,00	40,00	400	4.500	3.900	200	0,20	15,00
83	40,00	42,00	600	6.900	6.400	100	0,30	30,00
83	42,00	44,00	700	1.000	8.300	200	0,30	12,00
83	44,00	46,00	200	1.700	2.400	300	0,10	1,50
83	46,00	48,00	100	1.000	300	300	0,20	0,50
83	48,00	50,00	100	5.900	400	200	0,10	0,50
85	44,00	46,00	800	2.500	7.100	1.500	0,40	26,50
85	46,00	48,00	400	5.900	4.300	1.800	0,55	18,50
85	48,00	50,00	500	2.400	2.500	1.200	0,20	11,50
85	50,00	52,00	200	1.000	700	800	0,05	3,50
86	44,00	46,00	500	1.000	5.000	200	0,30	20,50
86	46,00	48,00	100	2.000	600	400	0,10	3,50
86	48,00	50,00	100	2.000	900	500	0,10	4,50
87	36,00	38,00	100	7.000	8.200	100	0,55	59,00
87	38,00	40,00	100	1.000	2.800	100	0,15	9,50
87	40,00	42,00	100	1.000	2.400	100	0,10	7,00
87	42,00	44,00	100	1.000	2.000	100	0,15	7,50
88	26,00	28,00	100	1.000	1.600	100	0,10	8,00
88	28,00	30,00	100	1.000	800	100	0,05	4,50
88	30,00	32,00	100	1.000	1.200	100	0,05	1,50
88	32,00	34,00	100	1.000	600	100	0,05	3,00
88	34,00	36,00	100	1.000	1.200	100	0,10	5,00
89	18,00	20,00	100	1.000	2.600	100	0,20	11,50
89	20,00	22,00	100	1.000	2.000	100	0,10	8,00
89	22,00	24,00	100	1.000	800	100	0,10	9,00
90	32,00	34,00	400	4.200	8.600	300	0,75	38,00
90	34,00	36,00	200	1.200	3.200	200	0,60	15,00
90	36,00	38,00	200	1.000	800	300	0,15	5,00
90	38,00	40,00	200	1.300	700	300	0,15	6,50
90	40,00	42,00	200	1.000	500	200	0,15	7,50
90	42,00	44,00	200	1.800	300	200	0,15	8,50
91	36,00	38,00	200	3.700	1.300	300	0,20	24,50
91	38,00	40,00	200	1.100	900	200	0,15	15,50
91	40,00	42,00	200	4.600	600	200	0,10	16,50
92	30,00	32,00	400	7.400	3.200	300	0,15	14,00

A	B		C	D	E	F	G	H
92	32,00	34,00	200	1.000	500	200	0,10	3,00
92	34,00	36,00	200	1.000	500	300	0,05	3,00
92	36,00	38,00	200	1.400	1.000	300	0,05	2,50
92	38,00	40,00	200	1.000	500	200	0,05	3,50
93	16,00	18,00	400	1.000	2.800	200	0,20	16,50
93	18,00	20,00	300	2.200	2.600	100	0,20	12,50
93	20,00	22,00	600	4.600	6.100	100	0,45	43,56
93	22,00	24,00	700	1.700	6.400	100	0,25	47,00
93	24,00	26,00	500	1.800	3.800	100	0,25	30,00
93	26,00	28,00	500	1.000	300	200	0,05	5,00
93	28,00	30,00	200	2.100	600	100	0,05	9,00
94	26,00	28,00	100	2.500	3.600	100	0,35	12,50
94	28,00	30,00	100	5.000	3.800	100	0,60	44,50
94	30,00	32,00	100	1.000	2.800	100	0,25	16,50
94	32,00	34,00	100	5.000	1.400	100	0,10	6,00
94	34,00	36,00	100	3.000	1.200	100	0,10	5,00
94	36,00	38,00	100	10.000	800	100	0,05	4,50
94	38,00	40,00	100	5.000	1.800	100	0,05	4,00
94	40,00	42,00	100	2.500	1.400	100	0,05	3,00
95	16,00	18,00	200	1.500	2.900	200	0,25	13,00
95	18,00	20,00	200	1.000	2.500	200	0,20	10,00
95	20,00	22,00	200	1.000	2.100	100	0,30	10,00
95	22,00	24,00	100	1.000	1.100	100	0,15	6,50
95	24,00	26,00	100	4.300	400	100	0,10	3,50
95	26,00	28,00	100	1.000	300	100	0,10	5,50
95	28,00	30,00	100	1.000	300	100	0,10	3,00
95	30,00	32,00	100	1.000	400	100	0,10	4,50
95	32,00	34,00	100	1.000	300	200	0,05	0,50
95	34,00	36,00	200	1.000	200	200	0,05	4,00
95	36,00	38,00	100	1.000	200	200	0,05	3,00
95	38,00	40,00	100	1.000	200	200	0,10	3,00
95	40,00	42,00	100	1.000	100	200	0,05	2,50
95	42,00	44,00	100	1.000	100	200	0,05	3,50
96	18,00	20,00	100	1.000	700	100	0,05	9,00
96	20,00	22,00	100	1.000	300	100	0,05	3,50
96	22,00	24,00	100	1.000	400	200	0,10	4,00
96	24,00	26,00	100	1.000	300	100	0,05	4,50
97	26,00	28,00	200	1.000	2.100	200	0,20	11,00
97	28,00	30,00	200	1.000	400	200	0,05	0,50
98	20,00	22,00	1.200	8.200	14.000	300	0,85	78,50
98	22,00	24,00	200	1.000	1.100	900	0,35	36,00
98	24,00	26,00	200	1.000	300	1.200	0,20	14,50
98	26,00	28,00	100	1.000	200	300	0,15	17,00
98	28,00	30,00	100	1.000	100	100	0,15	9,00
99	20,00	22,00	800	4.500	9.600	200	0,60	53,00
99	22,00	24,00	600	1.000	400	200	0,10	4,50

A	B		C	D	E	F	G	H
99	24,00	26,00	300	1.000	300	200	0,15	3,00
99	26,00	28,00	100	1.000	100	200	0,10	3,50
99	28,00	30,00	100	1.000	100	200	0,05	1,00
101	14,00	16,00	300	1.000	2.100	300	0,25	21,50
101	16,00	18,00	200	2.100	500	200	0,10	5,50
102	8,00	10,00	2.700	21.000	2.400	100	0,10	15,00
102	10,00	12,00	3.200	22.900	3.600	100	0,10	9,00
102	12,00	14,00	3.900	22.900	2.800	100	0,05	9,50
102	14,00	16,00	600	6.000	1.600	100	0,05	4,00
102	16,00	18,00	100	1.700	800	500	0,05	3,50
102	18,00	20,00	100	3.200	800	100	0,05	0,50
102	20,00	22,00	100	2.000	500	700	0,05	0,50
102	22,00	24,00	100	8.400	700	600	0,05	1,00
102	24,00	26,00	100	1.000	900	100	0,05	0,50
102	26,00	28,00	100	14.000	700	900	0,05	1,50
103	14,00	16,00	100	1.000	2.600	100	0,10	7,00
103	16,00	18,00	100	1.000	3.400	100	0,20	12,50
103	18,00	20,00	100	1.000	2.800	100	0,20	10,00
103	20,00	22,00	100	1.000	2.700	100	0,15	5,00
103	22,00	24,00	100	1.000	1.800	100	0,10	1,00
103	24,00	25,00	100	1.000	1.200	100	0,10	2,00
104	6,00	8,00	1.700	1.000	1.200	100	0,10	7,00
104	8,00	10,00	1.200	1.000	1.700	100	0,20	8,00
104	10,00	12,00	400	1.000	600	200	0,05	4,00
104	12,00	14,00	600	1.000	1.600	100	0,10	8,00
105	14,00	16,00	200	1.000	1.000	100	0,15	10,00
105	16,00	18,00	200	1.000	600	100	0,10	10,00
105	18,00	20,00	300	1.000	1.000	100	0,20	10,00
105	20,00	22,00	300	1.000	500	200	0,10	6,00
105	22,00	24,00	400	1.000	800	100	0,15	10,00
105	24,00	26,00	300	1.000	1.400	200	0,15	12,00
105	26,00	28,00	300	1.000	200	100	0,10	8,00
105	28,00	30,00	300	1.000	200	100	0,05	2,00
105	30,00	32,00	200	1.000	500	100	0,10	9,00
105	32,00	34,00	200	1.000	400	100	0,10	6,00
106	22,00	24,00	100	1.000	2.100	100	0,10	6,50
106	24,00	26,00	100	1.000	1.400	100	0,05	4,00
106	26,00	28,00	100	1.000	1.300	100	0,05	2,50
106	28,00	30,00	100	1.000	1.000	100	0,05	3,00
107	22,00	24,00	200	1.000	600	200	0,10	7,50
107	24,00	26,00	300	1.000	800	200	0,15	4,50
107	26,00	27,00	200	1.000	700	100	0,10	6,00
108	28,00	30,00	300	1.000	900	200	0,10	9,00
108	30,00	32,00	500	6.900	900	200	0,10	7,00
108	32,00	34,00	600	4.400	1.200	200	0,10	7,00
108	34,00	36,00	500	3.000	1.000	200	0,10	6,00

A	B		C	D	E	F	G	H
109	12,00	14,00	400	1.500	3.200	200	0,60	60,00
109	14,00	16,00	800	4.600	3.600	200	0,35	41,00
110	10,00	12,00	200	1.000	800	100	0,05	10,00
110	12,00	14,00	200	1.000	800	100	0,05	7,00
110	14,00	16,00	200	1.200	800	100	0,05	7,00
110	16,00	18,00	200	1.000	600	100	0,05	9,00
111	18,00	20,00	400	1.000	1.900	200	0,15	11,50
112	30,00	32,00	300	1.000	2.600	200	0,10	11,50
112	32,00	34,00	300	1.000	2.300	200	0,10	10,00
113	18,00	20,00	100	1.000	1.000	200	0,15	8,50
113	20,00	21,00	100	1.000	500	200	0,10	4,50
114	22,00	24,00	200	1.000	1.500	200	0,10	13,00
114	24,00	26,00	100	1.000	400	300	0,05	9,00
114	26,00	28,00	300	1.000	600	200	0,40	8,00
115	22,00	24,00	300	2.600	4.600	300	0,40	9,00
116	8,00	10,00	100	1.000	500	300	0,05	11,00
116	10,00	12,00	100	1.000	400	200	0,10	10,00
116	12,00	14,00	200	1.000	100	200	0,10	6,00
117	8,00	10,00	800	6.900	10.900	200	0,85	39,50
117	10,00	12,00	200	1.000	800	200	0,10	2,50
117	12,00	14,00	200	1.000	700	200	0,10	2,50
118	10,00	12,00	200	1.800	900	200	0,10	3,50
118	12,00	14,00	100	1.000	500	200	0,05	2,00
119	10,00	12,00	100	1.000	1.700	200	0,15	21,50
119	12,00	14,00	100	1.700	700	200	0,10	11,00
120	8,00	10,00	200	1.000	2.600	200	1,20	16,00
121	8,00	10,00	200	1.000	1.100	200	0,10	13,00
122	18,00	20,00	700	1.000	7.600	300	0,50	25,50
122	20,00	21,00	300	1.000	1.600	200	0,15	10,00
123	2,00	4,00	300	1.500	4.900	200	0,45	26,00
124	4,00	6,00	200	1.000	1.100	200	0,10	13,50
125	2,00	4,00	200	1.000	1.400	100	0,10	15,00
125	4,00	6,00	200	1.200	500	100	0,05	9,00
126	14,00	16,00	300	1.000	3.500	100	1,70	24,00
127	10,00	12,00	400	3.700	9.100	200	0,40	40,00
127	12,00	13,00	200	1.000	1.800	200	0,10	14,50
128	10,00	12,00	300	1.000	3.800	300	0,20	48,00
128	12,00	13,00	700	1.100	2.100	500	0,15	5,00
129	8,00	10,00	100	1.000	500	200	0,05	10,00
130	26,00	28,00	300	1.000	2.100	200	0,20	12,00
130	28,00	30,00	200	1.000	1.100	200	0,10	7,50
131	26,00	28,00	300	2.700	8.000	200	0,40	35,00
131	28,00	29,00	100	9.600	3.400	200	0,25	19,00
132	28,00	30,00	300	1.000	1.800	200	0,15	11,50
133	14,00	16,00	200	6.800	1.200	300	0,15	11,50
133	16,00	18,00	200	1.000	2.200	300	0,35	16,50

A	B		C	D	E	F	G	H
134	20,00	22,00	200	3.800	1.700	200	0,20	16,00
134	22,00	24,00	200	1.000	1.600	200	0,20	14,00
135	24,00	26,00	100	1.000	2.000	100	0,30	16,00
136	24,00	26,00	400	3.500	7.500	300	0,60	42,50
136	26,00	27,00	100	1.000	900	300	0,15	9,50
137	14,00	16,00	200	1.000	1.300	100	0,20	12,50
137	16,00	18,00	100	1.000	600	200	0,15	9,00
137	18,00	20,00	100	1.000	400	200	0,10	8,50
137	20,00	22,00	100	1.000	300	200	0,10	7,00
138	18,00	20,00	100	1.700	1.100	200	0,15	10,00
139	18,00	20,00	200	1.000	2.700	300	0,10	6,00
140	22,00	24,00	300	1.100	1.800	300	0,20	12,50
140	24,00	26,00	300	1.000	1.500	300	0,15	12,50
141	22,00	24,00	200	1.000	2.600	300	0,15	15,00
141	24,00	26,00	100	1.000	1.800	200	0,10	10,00
142	4,00	6,00	200	1.000	1.500	300	0,20	17,50
143	2,00	4,00	200	1.000	4.300	200	0,45	65,50
143	4,00	6,00	100	1.000	800	300	0,10	14,50
144	14,00	16,00	100	6.300	600	100	0,25	38,50
144	16,00	17,00	100	2.900	200	100	0,45	33,00
145	10,00	12,00	100	1.000	600	100	0,10	19,50
146	12,00	14,00	300	1.800	4.500	300	0,60	96,00
146	14,00	16,00	100	1.000	800	200	0,10	17,50
147	14,00	16,00	200	1.000	1.500	100	0,20	31,00
148	16,00	17,00	100	1.000	500	300	0,10	11,00
149	8,00	10,00	500	19.200	5.600	100	0,55	74,00
149	10,00	11,00	200	1.000	1.300	100	0,15	19,00

Fuente: FÉLIX GARCÍA PALOMERO, 1986

5.2.3 Volumen de escorias

En base a los datos de los sondeos se reconstruyó el yacimiento de escorias cuya cubicación dio la cifra de unos seis millones de toneladas, si a esta cantidad se le suman las escorias utilizadas en carreteras, obras civiles de la mina, fundente de los hornos, balasto para el ferrocarril de Riotinto a Huelva, etc., el volumen total de escorias antiguas lo podemos estimar en unos ocho o nueve millones de toneladas, cifra muy inferior a la anteriormente citada de 20 millones de toneladas.

TABLA Nº 4

Estadística de los dos grupos de escorias

Grupo con contenido en cobre < 500 p.p.m.						
Metales	**Cu %**	**S %**	**Pb %**	**Zn %**	**Au ppm**	**Ag ppm**
Número de datos	165	165	165	165	165	165
Valor medio	0,013	1,87	0,77	0,027	1,22	85,87
Varianza	0,0001	1,72	0,30	0,008	0,59	3.606,05
Desviación típica	0,010	1,31	0,55	0,090	0,76	60,05
Grupo con contenido en cobre > 500 p.p.m.						
Metales	**Cu %**	**S %**	**Pb %**	**Zn %**	**Au ppm**	**Ag ppm**
Número de datos	259	259	259	259	259	259
Valor medio	0,208	0,84	1,56	0,045	1,07	89,64
Varianza	0,065	0,53	0,55	0,035	0,37	2.838,25
Desviación típica	0,255	0,73	0,74	0,188	0,60	53,27

Por tanto podemos considerar las escorias con > 500 p.p.m. de cobre, como procedente de esta metalurgia, y las que tienen < 500 p.p.m. de cobre como procedentes de la metalurgia de la plata; considerando el volumen total de escorias como 9 millones de toneladas, tendremos 5,4 millones de toneladas de escorias de cobre, y 3,6 millones de toneladas de escorias procedentes de la metalurgia de la plata.

SALKIELD (1987, 13) que dedicó su vida profesional a la metalurgia de Riotinto, estableció basado en sus conocimientos y posiblemente en ensayos con minerales jarosíticos extraídos por la RTCL que 1 tm. de mineral generaban 4,5 tm. de escorias, lo que hace que el mineral jarosítico extraído por los romanos fue 800.000 tm.; basados en los datos del cuadro XXXIII el contenido en plata sería de 1.241,6 tm. y el de oro de 18.560 kg. Suponiendo un rendimiento metalúrgico del 80% la plata obtenida por los romanos sería de 993,28 tm. y el oro (aunque desconocemos si lo beneficiaban) 14.848 kg[18].

Como se verá más adelante, la metalurgia del cobre romana, al no encontrarse mata de cobre entre las escorias, debió de ser similar a la del siglo

XVIII y primera mitad del XIX; basados en los datos del cuadro XIII y SALKIELD (1987, 28), una tonelada de mineral de cobre generaba entre 1,4-1,5 toneladas de escorias, por tanto los 5,4 millones de toneladas de escorias de la metalurgia del cobre, procedían de 3.600.000 toneladas de mineral de cobre, siendo generalmente asumido que explotaban leyes superiores al 10% (SALKIELD, 1987, 11), considerando este límite inferior, el cobre contenido sería de 360.000 toneladas, que para un rendimiento metalúrgico del 80%, el cobre obtenido sería de 288.000 toneladas.

5.2.4 Posible ubicación de las áreas de extracción minera

Si se considera el volumen total de escorias con sus contenidos medios en metales preciosos y cobre, no es posible localizar una parte del yacimiento de gossan de la que pudieran proceder los minerales que originaron estas escorias. No obstante, teniendo en cuenta el volumen total original de la masa de gossan (75-100 millones de toneladas) con una estructura interna definida por el reparto y distribución de metales, y de acuerdo con los tipos de escorias anteriormente descritos, podemos deducir la procedencia de los minerales que originaron estos dos tipos de escorias.

En la fig. 42 se muestra una sección transversal del Cerro Colorado en la que se definen todos los tipos de rocas y la situación de los diferentes tipos de mineralización.

Si admitimos que los dos tipos de escorias descritos, corresponden a dos tipos de minerales diferentes, dentro del yacimiento de gossan sólo existe una zona para cada uno de estos minerales. Tal como se muestra en la fig. 42, los minerales que originaron escorias bajas en cobre (132 p.p.m. Cu, 1,22 p.p.m. Au y 86 p.p.m. Ag) solamente pueden proceder de la parte basal de la capa de gossan en las zonas topográficamente altas con una fuerte lixiviación del cobre (nº 6 de la sección transversal de dicha fig. 42). Esta zona basal es la que tradicionalmente se viene citando como zona de jarositas.

[18] RAMBAUD (1969) la cantidad de metales extraídos por los romanos (basado en los 20 millones de toneladas de escorias) las fijaba en 60 toneladas de oro y 4.000 de plata.

También tenemos que tener en cuenta que parte de esas escorias procedían del beneficio de los sulfuros masivos, que como vimos en el capítulo dedicado a la minería fueron explotados ampliamente por los romanos.

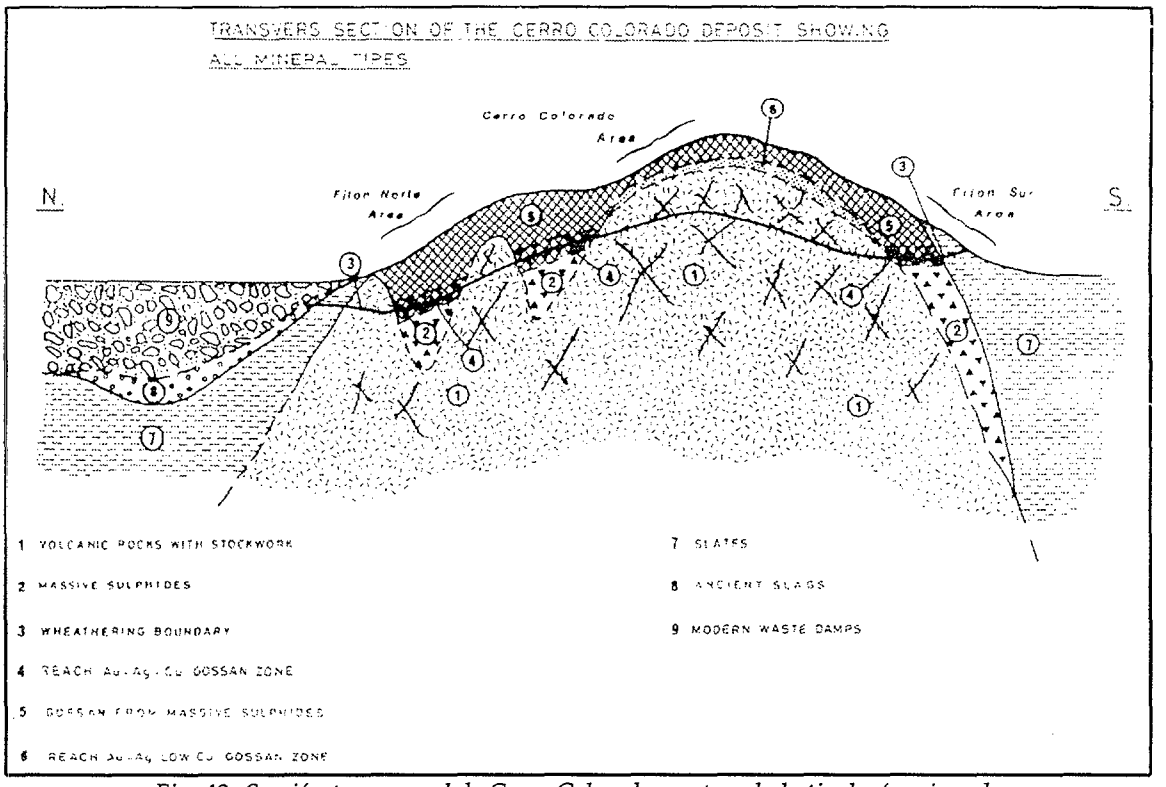


Fig. 42: Sección transversal de Cerro Colorado mostrando la tipología mineral.
Fuente: FÉLIX GARCÍA PALOMERO, 1991

Los minerales que originaron escorias con mayor contenido en cobre (2.081 p.p.m. Cu, 1,08 p.p.m. Au y 90 p.p.m. Ag) solamente pueden proceder de zonas topográficamente bajas próximas a las zonas de sulfuros (transición de gossan a sulfuros secundarios), en las que las aguas freáticas producen una precipitación de los elementos lixiviados en niveles más altos (cobre y plata principalmente). Esta zona se indica en la fig. 42 con el nº 4.

El grupo de escorias con contenido en cobre inferior a 500 p.p.m. podemos considerarlo por tanto como procedente de la fundición de los minerales de plata y el que tiene contenido en cobre superior a 500 p.p.m. como procedente de la metalurgia del cobre. Pero conforme con la tabla 4 el grupo de escorias considerado como procedente de la metalurgia de la plata contiene menos plomo (0,77%) (necesario para recuperarla) que el procedente de la

metalurgia del cobre (1,56%), esta aparente contradicción podemos explicarla considerando que en la metalurgia de la plata se agregaba plomo, que se traía de Nueva Carthago, en la fundición, produciéndose: escorias, speiss (metal blanquillo) y plomo-plata. El bullion plomo-plata se llevaba a la copelación obteniéndose plata y litargirio (PbO) que se volvía a reutilizar en el proceso. El metal blanquillo era de nuevo tratado en época romana y en el siglo XIX, recuperándose plata y plomo que era de nuevo reutilizado, para reflejar esto, RUA FIGUEROA (1859, 93) compara los análisis efectuados a dos muestras de metal blanquillo (cuadro XXXV) en que la diferencia entre ellas se debe a que la número II habría sido reutilizada para extraerle la plata y el plomo.

CUADRO XXXV

Análisis de dos muestras de metal blanquillo

	Expresado en %	
	I	**II**
Sílice	0,100	1,000
Carbón	-	0,275
Cobre	2,794	1,231
Hierro	51,837	59,803
Plomo	17,026	Indicios
Antimonio	3,600	10,242
Plata	0,030	-
Arsénico	21,500	25,106
Azufre	2,342	2,137
Cal	0,413	Indicios
Magnesia	Indicios	Indicios
Pérdida	0,358	0,206
	100,00	100,00

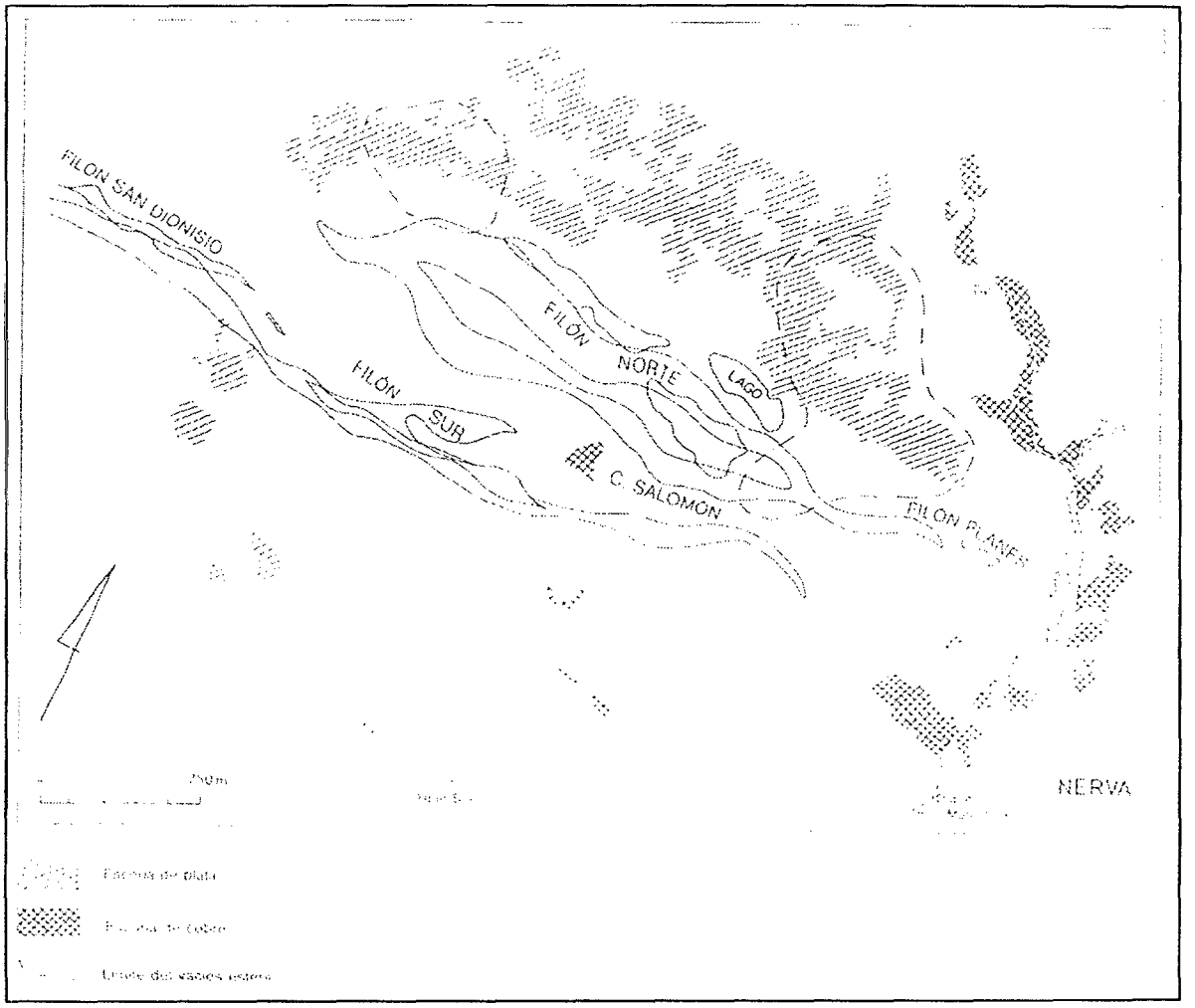
Según RUA FIGUEROA, 1859, 93

Como consecuencia del trabajo realizado por el Departamento de Exploración Minera de R.T.M. y de los criterios que hemos establecido, se observa la falta de coincidencia entre el plano 13 y el plano 14 *"Montones de escorias de plata y cobre, relacionados con los principales depósitos de minerales explotados en la antigüedad y en tiempos modernos (basado en datos del mapa de 1924)"* (BLANCO FREIJEIRO y ROTHENBERG, 1981, 101), que atribuimos a que este último plano ha sido elaborado basado en datos superficiales y no en una investigación exhaustiva a base de una campaña de sondeos que alcanzase

el bed-rock, tampoco olvidemos que en 1981 al estar las escorias cubiertas por las escombreras de los cielos abiertos la única forma de llegar a resultados reales era mediante la realización de sondeos mecánicos.

5.2.5 Lixiviación de las escorias

Una vez descritos los dos tipos de escorias en función de su contenido en cobre y admitiendo que se originaron de materiales diferentes con una supuesta localización, sorprende el bajo contenido en cobre de estas escorias.



Plano nº 14: Montones de escorias de plata y cobre, relacionados con los principales depósitos de minerales explotados en la antigüedad y en tiempos modernos (basado en datos de un mapa de 1924). Fuente: BLANCO FREIJEIRO et al, 1981, 101

La razón de este bajo contenido hay que buscarla en la lixiviación que han sufrido en sus más de 2.000 años de existencia; esta lixiviación se deduce del contenido en cobre, oro y plata, de las rocas del bed-rock. Estos contenidos son muy anómalos en oro y plata, elementos menos solubles que el cobre; pero también son anómalos en cobre, con mayores contenidos en la vertical de las escorias que a su vez tienen alto contenido en cobre, tal como se indica en los planos 12 y 13.

5.2.6 Resultados de la campaña de sondeos mecánicos de 1984

Se ha obtenido información relativa a la actividad minero-metalúrgica que dio lugar a dichos materiales. De esta información se han sacado las siguientes conclusiones:

a) Se reconstruyó por primera vez la topografía original de los yacimientos de Riotinto.
b) Se ha podido evaluar el volumen real de escorias así como sus contenidos en los metales más importantes (Cu, S, Pb, Zn, Au, Ag).
c) Se pudo definir y delimitar dos tipos principales de escorias en función de sus contenidos en cobre. Estos tipos parecen corresponder a dos tipos de gossan y no a tipos de tratamiento.
d) Se ha podido localizar la posible procedencia de los materiales que dieron origen a los dos tipos de escorias.
e) Se observó un proceso de lixiviación de escorias que originó un enriquecimiento de su bed-rock en cobre, oro y plata.
f) Hemos podido delimitar los dos tipos de escorias,unas como procedentes de la metalurgia de la plata (< 500 p.p.m. de cobre) y otras como procedentes de la metalurgia del cobre (> 500 p.p.m. de cobre).

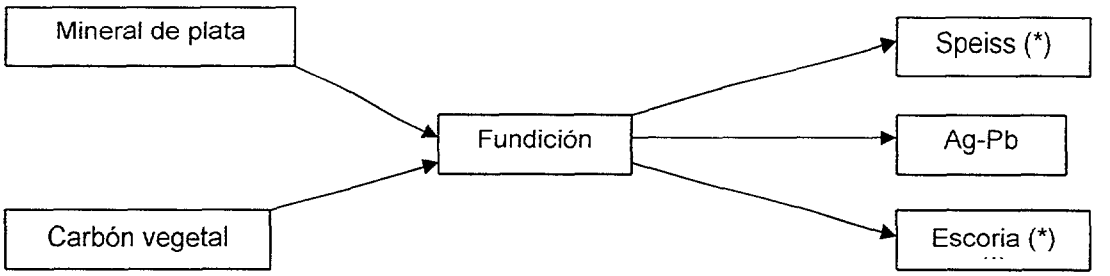
5.2.7 Metalurgia de la plata

Esta metalurgia antigua se ha venido estudiando desde la segunda mitad del siglo XIX, conociendo los metalurgistas antiguos el procedimiento de la fundición de minerales cupro-argentíferos con agregados plomizos, así como la

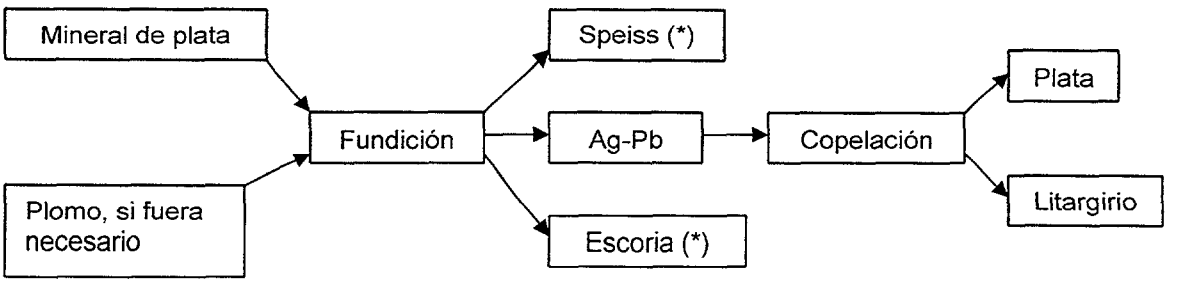
copelación del plomo argentífero obtenido por este tratamiento; siendo el metal blanquillo (speiss) las últimas matas procedentes de este sistema de fundición (GONZALO TARÍN, 1888, T. II. 37). La fundición de los minerales jarosíticos se comenzó a estudiar a comienzos del siglo XX, siendo los métodos propuestos para la extracción de la plata los siguientes (HUNT, 1988 a, 174):

GRÁFICO Nº 9

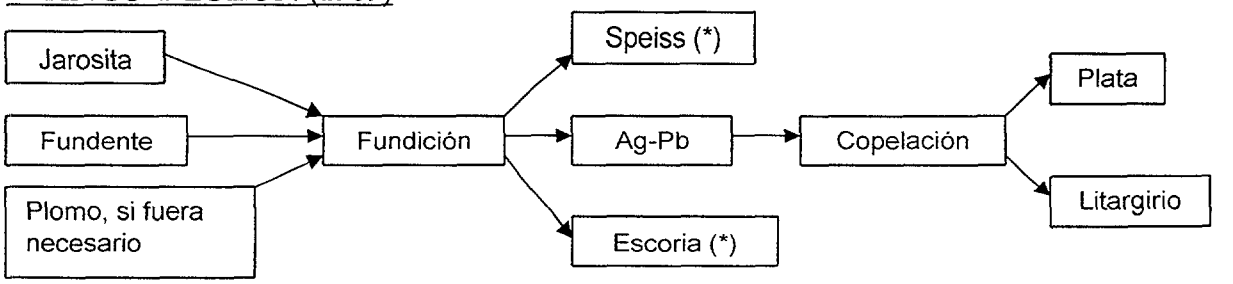
JENKINS (1902)



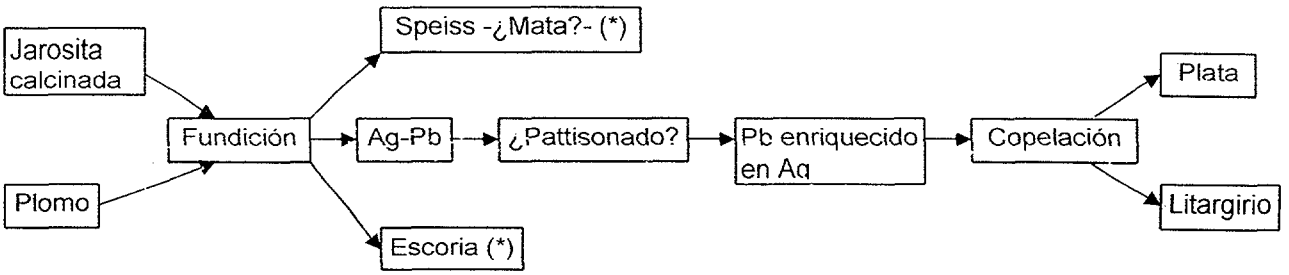
DOUGLAS (1924)



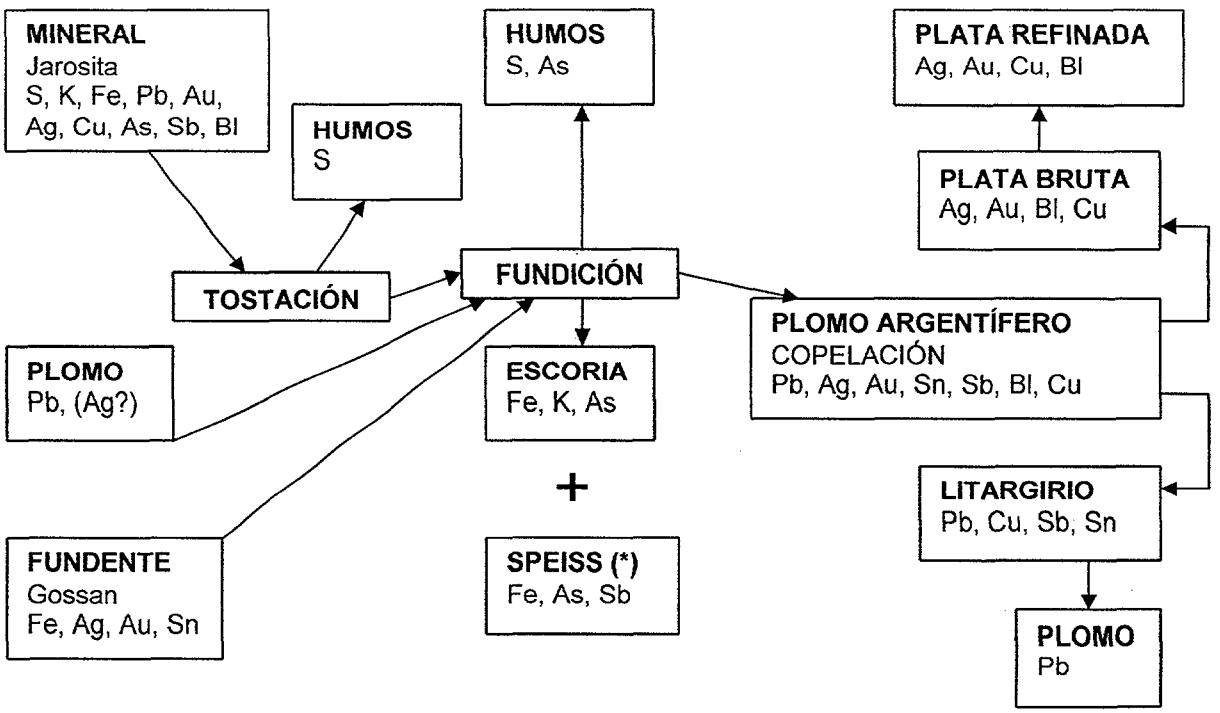
BLANCO Y LUZÓN (1969)



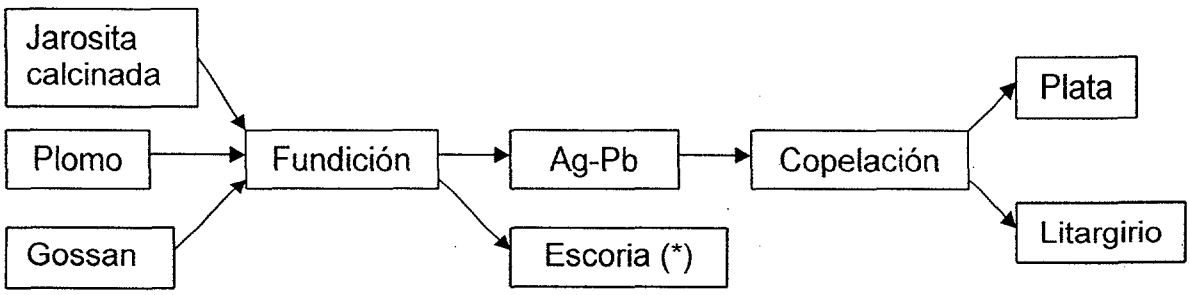
BACHMANN (1980)



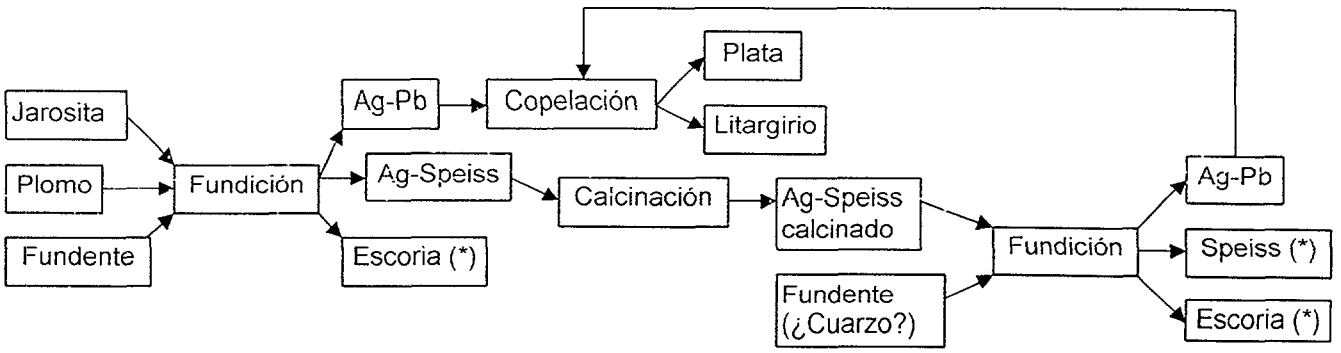
CRADDOCK et al (1985)



GONZÁLEZ Y PÉREZ (1986)



HUNT (1988)



(*) A escombrera

Métodos propuestos para el beneficio de la plata en la antigüedad en Riotinto

Fuente: HUNT ORTIZ, 1988 a, 187

5.2.7.1 El proceso metalúrgico

El mineral jarosítico conteniendo sulfuros, sulfatos y óxidos de hierro, plomo, oro, plata, cobre, estaño, antimonio, arsénico y bismuto se calcinaba previamente con objeto de eliminar los sulfuros que pasarían a óxidos, perdiéndose parte del azufre que se iría con los humos en forma de anhídrido sulfuroso y del arsénico. La plata la tendríamos en el mineral calcinado como sulfato.

La calcinación de la argentojarosita daría:

- $2AgFe_3(OH)_6(SO_4)_2 \rightarrow SO_4Ag_2 + (SO_4)_3Fe_2 + 2Fe_2O_3 + 6H_2O$

A continuación el mineral calcinado era llevado al horno semiesférico que alcanzaría temperaturas de hasta 1.200 ºC, donde se cargaba junto con plomo para la imbibición y fundente (mineral de gossan de las monteras); se formarían tres compuestos que de arriba a abajo serían: la escoria (silicato de hierro); speiss (arseniuro de hierro) y plomo argentífero conteniendo plata, oro, antimonio, bismuto, cobre, etc.

Las reacciones serían las siguientes:

- $SAg_2 + 2Pb \rightarrow Ag_2Pb + SPb$
- $SO_4Ag_2 + 3Pb \rightarrow Ag_2Pb + 2PbO + SO_2$
- $SAg_2 + 2PbO \rightarrow 2Ag_2Pb + SO_2$
- $SAg_2 + SO_4Pb \rightarrow Ag_2Pb + 2SO_2$

El plomo argentífero se trataría por copelación, proceso que era conocido en el Mediterráneo desde el II milenio a.C., con objeto de separar el plomo de la plata y del oro, exponiendo la superficie del metal fundido al rojo a la acción de una corriente de aire. El plomo se combinaba con el oxígeno, formando litargirio (PbO), fusible, que se sangraba exponiendo superficies nuevas del baño metálico a la acción del aire. El cobre y demás metales ordinarios eventualmente presentes se oxidaban también, y sus óxidos que se disolvían en el plomo, eran evacuados con éste. El óxido arrastraba, sin embargo, una pequeña parte de los metales nobles, particularmente cuando la aleación era muy rica. El bismuto permanecía inalterable hasta el fin.

La plata bruta (impura) la volvían a tratar por copelación para refinarla.

El litargirio era llevado a los crisoles del speiss donde era tratado junto con éste, o bien, se reducía mezclándolo íntimamente con carbón menudo, fundiéndolo en un horno cuya solera debía estar protegida con una capa de carbón para evitar la corrosión. El plomo obtenido se volvía a utilizar en una nueva carga del horno de fundición (RHEA, 1957, 267 y 300).

El speiss se calcinaba en crisoles con objeto de eliminar el hierro y el arsénico, recuperándose la plata y el plomo, como se comprueba por el bajo contenido de estos elementos en los escoriales de Riotinto. La sílice añadida como fundente originaba una escoria fayalítica en la fundición, produciendo la adición de plomo un régulo de plomo-plata que podía refinarse por copelación o bien cargarse en el horno de fundición. Algo de speiss quedaba retenido en la escoria como se ha comprobado por los análisis de los glóbulos de plomo-speiss de ella (PÉREZ MACÍAS, 1998, 106).

La disposición de las escorias en montones diversos, más o menos separados unos de otros, hace suponer que habría gran número de hornos y que éstos estarían en las inmediaciones de los pozos o socavones. La figura nº 43 representa un horno hallado en los antiguos escoriales de las minas de

Tharsis. Los trozos de residuos y las toberas de barro encontradas en algunos escoriales, permiten pensar que los hornos fueron alimentados por una corriente de aire forzada, que se obtendría por medio de fuelles movidos a brazo, dado que los sitios que los escoriales ocupaban no eran lo más a propósito para el empleo de otra clase de fuerza motriz, ni para usar otros medios mecánicos (GONZALO TARÍN, 1888, T. II. 39) de la misma opinión era ELHUYAR en su "Relación sobre las minas de Riotinto".

La forma del horno era semejante a los hornos castellanos empleados en el siglo XIX en la metalurgia del cobre, estando bastante bien conservado, faltándole únicamente el pecho o parte delantera, consistiendo la parte baja hasta la altura de la tobera en un hoyo abierto en pizarra, de cuyo material refractario estaban también formadas las paredes.

RUA FIGUEROA, al ocuparse del mismo asunto, dice: "*Según refiere AMEILLON, la forma de algunas tortas o panes de escorias encontrados entre los antiguos trabajos de los romanos dan lugar a creer que sus hornos debían parecerse a los que todavía se usan en Cataluña y en una gran parte de los Pirineos para la extracción del hierro. El autor de la Historia Natural del mundo cita el empleo de los fuelles para obtener la espuma de la plata, lo cual puede significar el antiguo procedimiento de copelación, empleando la acción del aire inyectando mecánicamente como medio oxidante del plomo*" (GONZALO TARÍN, 1888, T. II. 44).

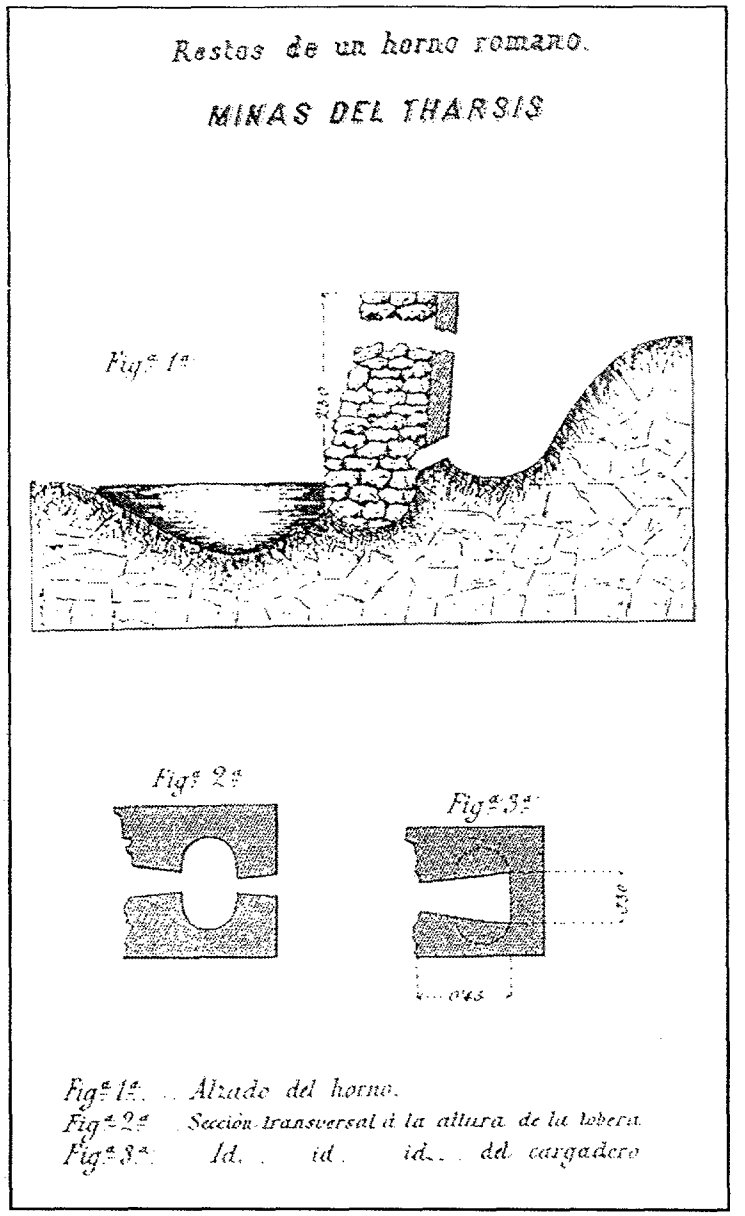


Fig. 43: Restos de un horno romano. Fuente: GONZALO TARÍN, 1888, lámina nº 7

En la década de 1880 JOHN F. ALLAN (1888, 27-51) describió un horno romano descubierto en Riotinto:

"Un lado está excavado en la roca, estando rodeado de una pared semicircular de siete pies de alto, dejando una sección circular de dos pies y medio de diámetro, con aberturas inferiores para el rebose de la escoria y la admisión de aire".

Las necesidades de plomo eran cubiertas por el propio mineral o galena que se encontraba en algunos de los filones, pero a partir del siglo II a.C. también se importaba plomo de otras zonas, como mostraban dos lingotes de

plomo con el troquel Nova Carthago encontrados en Riotinto (ROTHENBERG et al, 1990, 2).

5.2.8 Metalurgia del cobre

Se han propuesto varios procedimientos metalúrgicos para el beneficio del cobre en época romana, así GONZALO TARÍN (1888, T. II. 43) creía que los minerales de cobre y los de plata se sometían a una calcinación previa, tal como se hacía en los siglos XVIII y XIX, fundiéndose posteriormente para obtener cobre negro. El cobre negro obtenido sería afinado en otros hornos semejantes a las copelas alemanas, y el rico en plata y plomo se desplataría a su vez añadiéndole el plomo necesario. SALKIELD (1987, 14) pensaba que los romanos fundían carbonatos de cobre con calcosita, no habiendo necesidad de remover el sulfuro dado que había suficiente óxido de cobre para reaccionar con él durante la fundición. Tampoco la fundición de plata debía presentar problema puesto que el plomo estaba presente como sulfato, fácilmente reducible por el carbón, produciendo la aleación de plomo-plata.

La hidrometalurgia pudiera también haber sido utilizada en Riotinto para producir cobre durante la época romana, para ello recogerían las estalactitas de vitriolos formadas en las galerías de mina o bien los lixiviados de los minerales sulfurosos a los que por medio de calor se conseguiría su cristalización, estos sulfatos de cobre se fundirían con sílice como fundente y carbón obteniéndose el cobre (HUNT ORTIZ, 1988, 180-181) no teniéndose constancia de que se emplease la cementación natural, cosa improbable debido al estado de la tecnología del hierro.

Hasta la fecha no se ha encontrado mata de cobre en los escoriales, por lo que el proceso metalúrgico empleado para su obtención debió de ser semejante a la vía seca utilizada durante el siglo XVIII y primera mitad del siglo XIX, consistente en una calcinación a muerte al aire libre, una fundición con carbón que daría cobre negro y un posterior afino, este sistema será desarrollado ampliamente cuando estudiemos los citados siglos.

Como prueba del perfeccionamiento de la metalurgia romana del cobre RUA FIGUEROA (1868, 243) da los análisis efectuados a un clavo de cobre encontrado en unas de las sepulturas de la Dehesa de Riotinto y de un pedazo de cobre bruto hayado entre las escorias de aquella época (cuadro XXXVI):

CUADRO XXXVI

	Clavo de cobre	**Cobre bruto**
Cobre	99,900	98,192
Hierro	0,087	1,085
Azufre	0,013	0,161
Antimonio	Indicios	0,179
Plomo	-	Indicios
Sustancia terrosa	-	0,383
	100,000	100,000

Análisis de un clavo y un trozo de cobre bruto de época romana. Según RUA FIGUEROA, 1868, 243

Se lamentaba RUA FIGUEROA de que en 1868 la metalurgia moderna de Riotinto aún no había alcanzado el grado de perfeccionamiento de la romana.

5.2.9 Metalurgia del hierro

La fundición de hierro (utilizado para la fabricación de herramientas) debió de realizarse en pequeñas cantidades, empleándose gossan (óxidos e hidróxidos de hierro) transportado (Mesa de los Pinos) por su menor proporción de arsénico. El sistema de fundición de hierro consistiría en la reducción de los óxidos e hidróxidos a una temperatura inferior a 1.535 ºC (temperatura de fusión del hierro), en que la escoria sería líquida (1.150 ºC), pudiéndose separar del metal. Este hierro sería muy arsenical, lo que le daría dureza y protegería de la oxidación (HUNT ORTIZ, 1988, 180).

5.3 La etapa moderna

Al igual que se hizo para la minería, la metalurgia la vamos a dividir en los siguientes periodos:

1º. El de los asentistas (1725-1783). Que a su vez se subdivide en WOLTERS (1725-1727); al que siguió su sobrino TIQUET (1727-1758); y finalmente SANZ (1758-1783). En el que se empleó la vía seca a excepción de cortos periodos de tiempo en que WOLTERS y TIQUET utilizaron la cementación natural.

2º. Primera explotación por el Estado (1783-1829), que a su vez podemos subdividirla en dos subperiodos: de 1783 a 1810 en que se paralizan las minas como consecuencia de la guerra de la independencia, y de 1810 a 1829 cuando vuelven a alquilarse, en que se produce una lenta rehabilitación de las minas. En este periodo se reinstala (1788) la cementación natural, que junto con la vía seca son los métodos metalúrgicos utilizados.

3º. Alquiler de las minas al marqués de REMISA (1829-1849), periodo en el que se instalan en 1831 los primeros hornos de reverbero para el afino; en 1839 comienza la calcinación en teleras y en 1845 se sustituye la vía seca por la cementación artificial de los minerales.

4º. Segunda explotación por el Estado (1849-1873); se continúa el beneficio por vía húmeda únicamente, caracterizándose por las continuas propuestas de nuevos métodos metalúrgicos por parte de los ingenieros, sobre todo la fundición por matas, para conseguir una mayor recuperación del cobre; propuestas que se estrellaron siempre contra el muro de la administración.

5.3.1 El periodo de los Asentistas (1725-1783)

Rehabilitadas las minas por WOLTERS en 1725 durante los dos años que estuvo al frente de ellas comenzó el desagüe, extrayéndoles a estas aguas ácidas, pequeñas cantidades de cobre, obteniendo por desecación de las mismas, una vez recuperado el cobre, pequeñas cantidades de caparrosa verde (sulfato de hierro), que en la época era muy cotizada, utilizándose para el tinte de lanas, seda, algodón, hilo para sombreros; y también en la elaboración de medicinas, agua fuerte y otros usos.

SAMUEL TIQUET, estuvo al frente de las minas desde 1727 a 1758 fecha en que muere. Desde los comienzos de su Asiento, llevó a cabo las actividades de recuperación del cobre de las aguas vitriólicas procedentes de los pozos

Amargos y de la Cañería (socavón de desagüe) Alta del Escudo del Carmen por cementación natural. Las cantidades obtenidas por este procedimiento (RUA FIGUEROA, 1859, 161-165), no debían pasar de los 460 kilogramos anuales.

De los primeros años del Asiento, apenas hay otras noticias que las de la llegada de operarios extranjeros que, en las diligencias y testimonios de Agosto de 1727, con motivo de la solicitud de TIQUET para que se despachase a su nombre cédula de continuación del Asiento, por fallecimiento de su tío, figuran en número de 18, entre los cuales se cuentan mineros y fundidores suecos y un inglés ingeniero de las máquinas. La mayor parte de los fondos conseguidos se debieron invertir en el reconocimiento y desagüe del criadero, pudiéndose suponer que mientras no se resolvió el problema de la fundición de los minerales, se obtendrían algunos productos de la venta de vitriolo y caparrosa.

Desde la fecha en que se hizo cargo de las minas TIQUET, apenas se encuentran noticias sobre el estado de los trabajos hasta 1742 en que se dió comisión al segundo teniente de Sevilla D. CRISTOBAL IGNACIO DE MONTILLA QUIÑONES para que pasase a Riotinto a recoger muestras de vitriolo y caparrosa para compararlas con las de las fábricas de Aragón y otros puntos. Emprendió este comisionado el viaje el 24 de Julio encontrando las minas desiertas de obreros a causa de haberse fugado temiendo la llegada de un destacamento de tropa mandada por el asistente de Sevilla, que se dirigía a prenderles, porque habían arrestado a un alcalde de Zalamea la Real. En Septiembre tuvo aviso la Junta de Comercio, Moneda y Minas de que los obreros habían regresado a los trabajos, y el 20 de Noviembre cumplimentó aquél su comisión pasándose las muestras con oficio de 1 de Diciembre a D. SALVADOR JOSÉ MANSO para que informase respecto a su calidad.

En 1746 presentó TIQUET a la Junta de Comercio, Moneda y Minas una solicitud en la que decía, que en 1725 se había concedido a su tío LIEBERTO WOLTERS la autorización para explotar las minas de Guadalcanal, Riotinto, Cazalla, Galarosa y Aracena y posteriormente para que pudiese beneficiar sólo las de Riotinto y Aracena, a su muerte y como heredero, había continuado en el beneficio de las minas, aunque sólo había podido lograr el modo de fabricar

vitriolo y caparrosa, por lo cual solicitaba un nuevo Asiento para el beneficio de estos géneros.

La Junta de Comercio conservaba el informe remitido por el comisionado sobre el modo de fabricar estos productos, los caudales que se consumían en ello, los operarios necesarios, las labores hechas y los motivos de los accidentes que hubo en ocasiones, había hecho reconocer aquellas muestras que resultaron ser de la mejor calidad que se conocía en España, donde se necesitaban inmensas cantidades para medicinas, tintes, sombreros, pinturas y otros fines, creía se podían producir hasta 12.000 arrobas de vitriolo y caparrosa al año, siempre que estuviesen bien atendidas con 30 peones y demás personas y medios necesarios, además de la cantidad de 16.000 libras de cobre, lo cual persuadió a la Junta de los abultados ingresos que obtendría la monarquía con el nuevo invento de estas fábricas, por lo que se le concedió a TIQUET un nuevo Asiento por treinta años (ALDANA, 1875, 33-36).

Se sabe que los fundidores suecos traídos a Riotinto por el Asentista, encontraron graves problemas para tratar los minerales que se habían descubierto en la parte oriental del Cerro Salomón. La puesta en marcha de la primera fundición de cobre se realizó en 1747. Tal fundición, denominada El Chorrito y posteriormente, Santa María, fue destinada a fabricar cobre negro, que se enviaba a Sevilla para su posterior afino, forma en que se comercializaba.

En principio, la producción de cobre por vía seca debió de ser muy pequeña en tanto se conseguía la técnica metalúrgica adecuada, hecho que RUA FIGUEROA sitúa en 1750.

En 1750 se inauguró la fundición denominada Nuestra Señora de los Desamparados, tratándose en ella los minerales calcinados para la obtención de cobre negro, que se refinaba en la antigua fundición de El Chorrito, con lo que se completaba el proceso de obtención del cobre, mineral de mina, calcinación en montones cónicos al aire libre, fundición para la obtención de cobre negro, y afino.

Una vez puestos a punto los hornos y adquirida la suficiente experiencia por los fundidores, se empezó a obtener producciones de cobre fino de cierta

importancia, así la producción media para el período 1755-1758 fue de 26.747 kilogramos de cobre roseta (ALDANA, 1875, 63).

En 1752, TIQUET manifestó a la Junta de Accionistas que últimamente había descubierto *"un raro modo de transmutar el fierro en cobre el más hermoso en calidad sólo con meterlo en el agua que aquellas minas producen"*; pero que le producía un gran trastorno la conducción del hierro a aquellas minas, debido a la obligación de tener que pagar derechos de saca de la ciudad de Sevilla, lo que no sólo le aumentaba los costes, sino que además le causaba retraso la obtención de los permisos necesarios, además el cobre que producía el hierro pagaba los derechos de treintena, por lo que solicitaba se le liberase del pago del derecho del hierro (ALDANA, 1875, 47).

Diversos autores como EZQUERRA DEL BAYO (1841) y MADOZ (1847, 122) establecen que la cementación natural fue implantada en Riotinto en 1788 por ANGULO, aunque como acabamos de ver lo hizo TIQUET, también RUA FIGUEROA (1859) en su libro *Ensayo sobre la historia de las minas de Rio-Tinto* demuestra claramente que fue introducida por TIQUET en 1752, dando los siguientes datos tomados de los archivos de la mina de la que era director.

Hierro depositados en los canales de cementación (cuadro XXXVII):

CUADRO XXXVII

	Arrobas	**Libras**
Día 9 de Mayo de 1752 a las 12 horas del mediodía. Planchuela de Vizcaya	24	1
Hierro Viejo	6	21
Día 10 a las 11 horas de la mañana	2	7
Día 15 a las 7 h. de la noche. Planchuela de Vizcaya	49	2
Día 16 a las 10 h. de la mañana. Planchuela de Vizcaya	3	14
Día 19 a las 10 h. de la mañana. Planchuela de Vizcaya	23	24

Hierro depositado en los canales de cementación del 9 al 19 de Mayo de 1852
Fuente: NASH, 1904, 141

El cobre que obtuvo por este sistema se desconoce y probablemente fue pronto abandonado, debido creemos al elevado coste del hierro, entre precio, derechos de saca de Sevilla y transporte a Riotinto.

La cementación natural había sido descrita por BASILIO VALENTÍN a comienzos del siglo XV en su obra *Currus triumphalis antimoni* y más tarde por ALONSO BARBA (1640, libro 3º capítulo 14) en su libro *Arte de los metales* y era conocida en Riotinto pues en la autorización dada en 1661 a ALONSO DE GARFIAS se hacía mención a este sistema.

En 1695 autorizó la Corona a ROQUE DE SALAS y ULLOA a extraer cobre y otros metales de las aguas vitriólicas de los ríos Tinto y Tintillo.

Por tanto, lo que hizo ANGULO, fue reestablecer el proceso de cementación, no siendo él el que lo descubrió ni el que lo aplicó primero (NASH, 1904, 141).

Sobre la cementación natural existe una anécdota curiosa protagonizada por GABRIEL ALEJANDRO SANZ (hermano de FRANCISCO SANZ) que dirigió el 30 de Junio de 1790 un escrito al Excmo. Sr. Ministro D. PEDRO DE LERENA, que decía así (ALDANA, 1875, 125-126):

> *"Excmo. Sr.: Desde el año 79 en que, en virtud de Real Orden se me separó de la Contaduría de las Reales Minas de Cobre de Rio-Tinto, sin tener antecedente ni haber para ello el más leve motivo, me sorprendí de tal manera, que perdí la salud de tal modo, que no he podido lograr restituirme a mi robusted, pero siempre he conservado mi afición al Real Servicio, y en los ratos que he tenido de alivio, viendo el alboroto que ha causado el beneficio del hierro viejo en cobre en las dichas Minas, por honor de la verdad he trabajado el adjunto papel para que V.E. lo mande examinar; y si contra él se dijese algo, y V.E. tuviese a bien que se me participe, diré lo que mi cortedad alcanzase, y mientras me repito a la obediencia de V.E., deseando que Nuestro Señor guarde a V.E. por muchos años, como deseo.- Zalamea la Real y Junio 30 de 1790.- B.L.M. de V.E. su más atento servidor.- GABRIEL ALEJANDRO SANZ".*
>
> Este papel, al que alude ESCOSURA, en su *"Memoria de la fundicion de los minerales de Rio-Tinto"*, publicada en el tomo II de

los Anales de Minas, 1845, en la que dice, página 357, *"pretendía demostrar que el cobre de cementación era un hierro teñido de cobre, lamentándose del descrédito de esto ocacionaba a los cobres españoles, creyéndose autorizado a decir cuantos desatinos podían conducirle a dar visos de probabilidad de su aserto. No concebía, o no quería concebir, que el hierro se disolviese en las aguas vitriólicas para reemplazar el cobre, y a cada momento se preguntaba por el paradero del hierro. Después de citar, en fin, la Sagrada Escritura, comparando el laton al oricalcos con que se decoró al templo de Salomón, de sacar por texto al P. Feijoó y encomiar experimentos que probaban más bien la precipitación del cobre por el hierro, que esa especie de aleación que él suponía, concluye diciendo que la cementación es una operación muy curiosa de la química, de la que no puede redundar ningún provecho al Estado.*

La Real Sociedad patriótica de Sevilla pidió informe sobre esta comunicación a D. PEDRO HENRY, catedrático de matemáticas, y leído aquel en Junta de 12 de Mayo de 1791, quedó SANZ por un charlatán presuntuoso, y explicada por HENRY la cementación con una precisión y rigor admirables. Después de refutadas todas las teorías y absurdas demostraciones del supuesto Director.

Remitiéronse por entonces varias muestras de cobre a D. PEDRO GUTIÉRREZ BUENO, catedrático de química en Madrid, quien declaró que el cobre de cementación era de la misma calidad que el obtenido por fundición, notándose en la relación que hace de sus ensayos, en los prudentes consejos que da para que se examinen las aguas, antes de dar por concluida la cementación, y en alguna que otra observación sobre el punto de afinación, que era persona que se hallaba a la altura de los conocimientos de su época".

Una de las partidas del Resúmen de los Bienes Muebles, Raíces, Semovientes y Frutos de Minas que quedaron por muerte de D. SAMUEL TIQUET, Asentista de las Minas de Rio-Tinto era la siguiente:

"Una porción grande preparada, calcinada y por calcinar para la fábrica de caparrosa".

CUADRO XXXVIII

Años	kg. de cobre fino	Años	kg. de cobre fino
1727-1736	-	1750	3.256
1737	300	1751	3.270
1738-1741	-	1752	6.170
1742	300	1753	17.955
1743-1746	-	1754	10.410
1747	6.924	1755	23.870
1748	663	1756	35.270
1749	622	1757	24.255
		1758	23.595
Total de cobre fino producido 156.860 kg.			

Producción de cobre fino de fundición durante el Asiento de TIQUET (14/11/1727 a 11/9/1758)
Fuente: FLORES CABALLERO, 1983 a, 35

Lo que nos lleva a que la cementación artificial fue utilizada en Riotinto antes de que obtuviese en 1845 FELIPE PRIETO privilegio de invención para este tipo de beneficio.

A TIQUET hay que reconocerle su perseverancia en llevar a cabo un proyecto, que inició su tío WOLTERS, en el que creía firmemente pese a las dificultades administrativas, y de todo tipo que encontró en su camino, resolvió los problemas de hallar y extraer de la mina el mineral de ley suficiente para dar resultados por fundición, de reducirlo a cobre negro para después afinarlo, y de poner a punto la cementación natural, para lo que trajo metalúrgicos de Suecia y Alemania.

La producción de cobre fino durante el asiento de TIQUET se refleja en el cuadro XXXVIII.

A la muerte de SAMUEL TIQUET en septiembre de 1758, le sucede en la administración de las minas FRANCISCO TOMAS SANZ, que además hereda de las 799 acciones de la empresa que poseía TIQUET 374½ acciones.

El período de SANZ al frente de las minas (1758-1783) se caracteriza por un aumento progresivo de la producción de mineral y por consiguiente de

cobre, así la producción de cobre roseta que obtenía por vía seca pues abandonó la cementación natural que había comenzado TIQUET, pasó de las 36 toneladas obtenidas en 1759 a 108 en 1777, lo que supone una producción media durante este período de 75 toneladas de cobre roseta.

La etapa de SANZ se caracterizó por la regularidad de las producciones de mineral y de cobre roseta, lo que significa que se había conseguido poner a punto el beneficio metalúrgico, pudiéndose denominar a la misma como de la consolidación.

Para la ampliación de las actividades mineras, SANZ practicó desmontes para contar con las plazas de calcinaciones necesarias para el beneficio de los minerales. Para 1769 tenía construidas las fábricas de fundición denominadas San José, San Francisco de Paula y San Francisco de Borja y Nuestra Señora de los Desamparados; las fábricas de afino conocidas por San Gabriel y Nuestra Señora del Rosario, con sus carboneras, máquinas corrientes y herramientas.

Había conseguido SANZ que los operarios españoles adquirieran el secreto de refino, que era operación secreta de los hermanos PERINGER, maestros alemanes, a los cuales había llevado a las minas (ALDANA, 1875, 80).

SANZ comprobó que pronto se llegaría al agotamiento del bosque, lo que produciría la paralización de las actividades, por falta de madera para la entibación de las galerías y combustibles para los hornos, para evitar esto hizo traer de Niebla piñones, sembrando siete fanegas y media en las laderas de los Cerros de San Dionisio, Mesa de los Pinos, Pie de la Sierra y otros puntos del término, también plantó más de 50.000 chopos.

CUADRO XXXIX

Años	kg. de cobre fino	Años	kg. de cobre fino
1758	11.619	1771	76.776
1759	36.591	1772	82.930
1760	60.630	1773	73.935
1761	70.300	1774	79.605
1762	58.841	1775	92.246
1763	84.724	1776	93.166
1764	65.337	1777	108.119
1765	46.726	1778	105.901
1766	51.851	1779	81.734
1767	62.042	1780	92.822
1768	78.593	1781	91.539
1769	64.153	1782	76.400
1770	65.159	1783	13.736
Total cobre fino producido 1.820.475 kg.			

Producción de cobre fino de fundición, durante la administración de SANZ (12/9/1758 a 31/1/1783). Fuente: FLORES CABALLERO, 1983 a, 35

La creación innegable de SANZ y mérito por todos reconocido fue la repoblación de los bosques, previendo la futura paralización de las minas por la falta de madera para la entibación y los procesos metalúrgicos.

En este período la plantilla de personal, tanto de la explotación de mina, como de las fundiciones y demás dependencias estaba compuesta casi en su totalidad por españoles, alcanzando en 1770 la cifra de 450 operarios (ALDANA, 1875, 123), lo que da idea de la importancia que las minas tenían para la zona.

Con SANZ, las explotaciones lograron superar la producción anual de 100 toneladas de cobre roseta (cuadro XXXIX), dejando construidas y a pleno funcionamiento al final de su mandato, las fundiciones y afinos de San Francisco Javier, San Antonio (Los Planes), San Juan Bautista, La Concepción, San José, Nuestra Señora de los Desamparados (construida anteriormente), San Francisco de Paula, San Francisco de Borja, Nuestra Señora del Rosario, Santa María y San Gabriel. También dejó equipos, plantas auxiliares, viviendas y edificios industriales, que fueron prueba fehaciente de la labor por él realizada, abasteciendo al reino con cerca de 300.000 libras de cobre refinado al año.

El promedio anual de los 24 años en que estuvo SANZ al frente de las minas fue de 6.503 arrobas de cobre fino.

A SANZ se debió el convertir el establecimiento en un verdadero centro industrial, una vez superadas las dificultades de la puesta en servicio del sistema metalúrgico de vía seca, y su visión de futuro repoblando el bosque.

5.3.2 La primera explotación por el Estado (1783-1829)

En agosto de 1783 las minas pasan a ser gestionadas directamente por la Real Hacienda Pública, siendo su primer administrador MANUEL AGUIRRE, al que sucedió MELCHOR JIMÉNEZ, desempeñando ambos dos mandatos. En este periodo Riotinto adquirió un auge verdaderamente desconocido, lográndose en 1797 una producción de cobre fino de 230.846 kg., de los que 209.981 kg. procedían de las fundiciones y el resto de la cementación natural (FLORES CABALLERO, 1983 a, 10).

El 29 de Diciembre de 1786 fue comisionado FRANCISCO ANGULO para visitar las minas de Riotinto, de su primer informe de fecha 30 de Enero de 1787 destacamos:

> *"La calcinación del mineral es uno de los puntos más esenciales, y me parece que no se hace aquí con la economía que se debiera. Es tan sulfúreo este mineral, que necesita de tres calcinaciones a lo menos, y como la leña cuesta aquí bastante cara, no puede menos de salir esta operación muy costosa. Yo he visto practicar en Goslar, en el Hannover un método de calcinación con un género de mineral semejante a éste, mucho más económico, porque se recoge en el primer fuego una grande cantidad de azufre, cuyo producto ayuda y aún casi compensa los gastos de leña. Deseoso de establecer aquí este método, aunque falto de aquella destreza en la manipulación o arte de conducir el fuego que sólo se adquiere con el hábito voy a hacer un experimento, y si el éxito correspondiese a mis deseos, creo que podría ser muy útil.*
>
> *No obstante, no deben extraerse más cantidades que las necesarias para el consumo actual, a lo menos mientras exista el método de*

calcinación presente, porque estando este mineral expuesto a la humedad, tiene la propiedad de convertirse en partes tan menudas, que su calcinación es imposible, porque, tapando todos los huecos, impide la circulación de aire y se ahoga el fuego. De aquí vienen las cantidades inmensas de mineral en polvo, que se hallan arrojadas en los escombros.

.....

.....

Para examinar si las fundiciones dan todo el cobre que el mineral contiene, sería preciso hacer ensayos comparativos. Ni es fácil asegurar sin ellos, si la construcción actual de los hornos es la más a propósito o no. Sólo aseguraré a V.E. que hay hornos y aguas suficientes para sacar grandes cantidades de cobre; pero falta el carbón que de los lugares circunvecinos traen aquí en cargas chicas, con grande trabajo por entre estas sierras ásperas.

En cuanto al refino es siempre más conveniente el hacerlo en hornos de reverbero. Es verdad que como la leña cuesta aquí tan cara, es menester calcular de antemano si tiene más cuenta o no. A mi paso por Sevilla, estuve en la casa de fundición de cañones, para ver el uso que se hacía del cobre de Rio-Tinto y los defectos que se notaban allí en él, y hallé que no eran otros sino el no tener el punto suficiente. Esto proviene de que aquí se da al cobre el punto necesario para usarlo en martinetes y que en la fundición de cañones se necesita de un punto más alto. Si PERINGER, el aleman que ha venido de Barcelona a establecer en Sevilla los hornos de reverbero, queda allí, bien podría yo tratar con él de establecerlos aquí también, y así saldría ya de aquí el cobre refinado con el punto refinado para aquellas fábricas y con menos gastos".

Al abandonar las minas ANGULO dejó al Administrador unas instrucciones escritas que tratan de las diversas partes del establecimiento, de las que comentamos las relacionadas con el procedimiento metalúrgico (ALDANA, 1875, 151-156).

Respecto a la calcinación dice haber ensayado un horno, formado todo con mineral crudo, cubierto por los lados con lajas para que no lo destruyan las lluvias, con lo cual se recogía algo de azufre, que hasta ese momento se perdía. Para evitar el agua de lluvia propuso la construcción de un horno cerrado por encima y para disminuir el consumo de leña, él había cerrado con dos paredes agujereadas un espacio de cinco pies de altura, catorce de largo y cinco de ancho, habiendo sido sus pruebas favorables dejando destapados los agujeros inferiores, propone hacer otras paredes con sólo una hilera de agujeros, al nivel del suelo, doble mayores que los que él había realizado, dándole al horno dos o tres pies más de ancho, con lo que esperaba mejorar los resultados por él obtenidos.

Decía que era indispensable llevar cuenta exacta del número de tareas que se sacaban, del número de hornos que se armaban de primero, segundo y tercer fuego, y de la cantidad de mineral que se fundía diariamente en cada fundición, no medido con carro como hasta ese momento, sino pesado. Comentaba que la falta de esos datos precisos había hecho cometer errores extraordinarios en los cálculos anuales de los productos.

Continuaba hablando del pinar, del pozo de Nerva y de las fundiciones, cuyas manipulaciones consideraba que eran defectuosas, pues unas veces producían los hornos el 5% y otras el 7% del mineral calcinado que se fundía en ellos, llegando unas veces los productos a cinco arrobas y otras veces a ocho. También se ocupaba de los fuelles y de los árboles de las ruedas, y resalta las ventajas de las fundiciones de los Planes, porque tenían más agua, destacando que se conocía poco la dirección de la nariz del horno que era la llave de la fundición.

En el oficio dirigido al Ministro con que acompaño la copia de las instrucciones que había dejado al Administrador de las minas decía en uno de sus párrafos:

> *"Permítame V.E. que al separarme de este establecimiento importantísimo y uno de los más vastos de Europa, le reitere la necesidad de adquirir hombres instruidos en otros establecimiento, hombres versados, capaces de ponerse al frente de estas materias, los*

cuales ayudados de buenos operarios puedan conducirlo a fuerza de tiempo y de un trabajo asiduo al punto de perfección de que son susceptibles".

En la descripción de los trabajos de Riotinto, que ANGULO remitió al Ministro de Hacienda LERENA el 30 de Enero de 1787, dice en la parte que trata de la mina:

"El aire que circula en las grandes excavaciones que hay, ayudado de la humedad, destruye el azufre en que el mineral abunda; el ácido vitriólico que de esta destrucción resulta ataca al cobre y al hierro contenido en el mineral, y uniéndose con estos dos metales forma, con el primero, el vitriolo que llaman de cobre, o azul, o de Chipre, que todo es uno, y con el segundo, el vitriolo de hierro, o de Marte, o verde, o caparrosa, sustancias ambas en que se hace un grande consumo en las artes. Estos dos vitriolos, casi siempre unidos, guarnecen la mayor parte de las paredes y cielos de las calles y plazas de la mina, formando en todas partes grandes estalactitas o columnas, verdes y azules, y disolviéndolas las aguas que se filtran por entre las rocas, forma las que llaman aguas agrias, que tienen la propiedad de convertir el hierro en cobre, porque teniendo el ácido vitriólico mayor intimidad con aquél que con éste, luego que se echa el hierro dentro del agua, lo disuelve y suelta el cobre. De aquí resultan tres ramos de industria casi enteramente abandonados hoy día aquí, que podrían dar grande lucro e impedir la extracción de mucho dinero fuera del reino, que son el del vitriolo de Chipre, el de la caparrosa y el de cobre precipitado, que es el más puro y el mejor de todos los cobres.

También se halla en la mina un género de mineral que, abundando en azufre y escaseando en cobre, se arroja como inútil. Se podría sacar de él azufre y reparar así la pérdida que el abandono de la mina de Conil ha debido causar, evitando así la introducción de este género o de parte de él de fuera del reino."

Recomienda la conservación de la cañería de cementación, descuidada anteriormente, y una visita quincenal a la misma por parte de los capataces.

En carta de AGUIRRE, en su segunda época, a ANGULO, de 1 de Septiembre de 1789, referente también a las aguas vitriólicas, se dice (ALDANA, 1875, 282):

> *"Ejecutada con Diego y los ayudantes la medida de la agua vitriólica que arroja la mina en determinado tiempo, hallé en cinco operaciones que en el espacio de un minuto justo da 840 cuartillos, que pesan 800 libras, y por consiguiente, en una hora 1.400 de la medida de vino, que pesan exactamente 48.000 libras.*
>
> *Sabe Vd. que en los meses lluviosos aumenta esta agua una tercera parte por las muchas filtraciones que recoge.*
>
> *Las 200 varas de canales construidas en la cañería, han dado en el determinado tiempo de 48 días de la segunda saca 212½ arrobas de cobre refinado en punto de artillería, que unidas a las de la primera hacen 502½ hasta el día 30 de Julio anterior, en que no se incluyen las de la primera prueba de mi oficio del año pasado. Hasta el día ha ganado el Rey con sólo la formal labor, más de 50.000 reales netos".*

Para la obtención de este cobre se consumieron en la cañería de las aguas vitriólicas 13.886 arrobas 11 libras y 4 onzas de hierro viejo, y 13 arrobas y 12 libras de hierro nuevo y en los hornos de afino 24.000 marquillas de carbón. Por estos datos la arroba de cobre de cementación consumió 1,67 arrobas de hierro.

El cuadro XL da el cobre de cementación fabricado en las minas de Riotinto en el periodo comprendido desde 1789 a 1795.

CUADRO XL

Año	Arrobas	Libras	Onzas
1789 (refinado para bocas de fuego)	1.046	18	-
1790 (refinado para bocas de fuego)	1.266	-	-
1791 (refinado para bocas de fuego)	904	-	-
1792 (refinado para bocas de fuego)	983	6	4
1793 (refinado para bocas de fuego)	1.120	18	12
1794 (refinado para bocas de fuego)	1.304	6	4
1794 (refinado a punto de martinete)	113	18	12
1795 (refinado para bocas de fuego)	1.568	18	12
Total.....	8.307	11	12

Cobre de cementación fabricado en las minas de Riotinto en el periodo comprendido desde 1789 hasta 1795. Fuente: ALDANA, 1875, 284

En los años 1796 y 1797 se consumieron en la cañería de las aguas vitriólicas 5.629 arrobas y 10 libras de hierro viejo, obteniéndose 3.501,5 arrobas de cobre fino a punto para bocas de fuego, de las que correspondían 1.591,75 al año 96 y 1.909,75 al 97.

En escrito de fecha 2 de Noviembre de 1798 dirigido al Ministro de Hacienda informando sobre la posible subida del precio del cobre en uno de sus párrafos decía ANGULO:

"El alcance o descubierto, que en el espacio de quince años que hace que aquellas Reales Minas se benefician de cuenta de la Real Hacienda, asciende, según la Dirección General de Rentas, a 850.808 reales de vellón, es tanto más digno de atención, cuanto el ramo de cobre de cementación, desconocido antes allí, creado por mi, e independiente enteramente de las demás labores, ha producido desde el año de 1789, en que se estableció, hasta el 97 inclusive de que tengo noticias, 11.811 arrobas de cobre fino, ..."

A MELCHOR JIMÉNEZ le sustituyó VICENTE LETONA, empleado de las minas que estuvo en el cargo hasta octubre de 1818, estando marcado este mandato por una gran irregularidad en la producción de cobre, debido a las escasas posibilidades del Erario Público como consecuencia primero de la alianza militar de CARLOS IV con Francia frente a Inglaterra, perdiéndose las batallas del cabo de San Vicente (1797) y de Trafalgar (1805), que provocaron el cierre de la mayor parte de las fábricas de la Real Hacienda, clausurándose en

1807 la de Artillería de Sevilla, de la que eran suministrador de cobre las minas de Riotinto.

El segundo hecho que ocurre en la etapa de LETONA es la invasión francesa, lo que reduce aún más las posibilidades del Erario Público, lo que unido a la ocupación de Sevilla por las tropas francesas imposibilita la llegada a las minas del hierro necesario para la cementación, que obliga a la paralización de toda actividad durante los años 1811, 1812, 1813, 1814 y 1816. En 1815 se produjeron 150 arrobas, 12 libras y 8 onzas de cobre por cementación natural.

La rehabilitación de las minas después de su cierre en 1810 fue enormemente lenta y costosa, realizándose solamente trabajos de aprovechamiento de las aguas agrias de mina, por cementación natural, entre 1815 y 1823 la precariedad de medios es absoluta, y es precisamente en este período cuando acontecen diversas ofertas de la iniciativa privada que desea explotarlas en régimen de alquiler (FLORES CABALLERO, 1983b, 4).

Sucedió a LETONA en la dirección de las minas JOSÉ MIAJA y PINGARRÓN, que estuvo en el cargo hasta el 24 de abril de 1829.

En 1823 tras una visita a las minas, el inspector FAUSTO DE ELHUYAR (1854, 50-118), elaboró una importante memoria, fechada el 12 de Febrero de 1823, con objeto de reorganizar los trabajos e introducir importantes mejoras, que desgraciadamente no llegaron a realizarse.

Comentaba que en los cinco primeros años de administración de las minas por el Estado todo continuó como en época de SANZ, pero en el año 1788 supuso un punto de inflexión al aprobarse el reglamento que tan necesario era para su gobierno, a lo que se unió la suficiente aportación económica, progresando hasta 1798 inclusive, durante estos diez años se produjeron 773.856 arrobas de cobre afinado a punto de bocas de fuego, obteniéndose unos beneficios de 12.918.303 reales. Desde finales de 1799 empezó la decadencia del establecimiento, como consecuencia de no recibir la necesaria consignación económica, aumentando progresivamente su desatención hasta 1810 en que se paralizan todas las labores como consecuencia de la llegada de los franceses a Sevilla, paralización que continuaba hasta la fecha del informe, a excepción del aprovechamiento parcial, y mal atendido también, del cobre de cementación

que a pesar de ello había sufragado los sueldos de un corto número de empleados necesarios para cuidar de sus diferentes oficinas, y contar con personal preparado cuando se restablecieron los trabajos.

La importancia de la cementación natural se comprende fácilmente sabiendo que desde el año 1799 hasta principios de 1810, en que se paralizó, se produjeron 22.414 arrobas de cobre afinado a punto de bocas de fuego, de 1820 a 1822 se obtuvieron 4.935, con el escaso gasto que ocasionaba su funcionamiento y conservación, pues con sólo dos operarios se hacían las faenas de colocar el hierro en las canales por donde circulaba el agua vitriólica, quitarle cada quince días la cáscara de cobre que se iba formando sobre él, que seguidamente se llevaba a la fábrica de afinación. El coste del cobre de cementación era mucho menor que el obtenido por fundición.

La campaña de cementación natural del año 1820 había durado cinco meses obteniéndose 2.318 arrobas de cobre con un consumo de hierro de 3.030 arrobas, correspondiendo a cada unidad de cobre 1,31 de hierro.

Recomendaba con objeto de obtener una compensación económica por el consumo de hierro, la extracción de éste de las aguas por medio de su concentración al fuego y la correspondiente cristalización del vitriolo marcial (SO_4Fe), que ya se explotaba en época de TIQUET, conocido en el comercio como caparrosa verde, este beneficio se realizaría después de servir las aguas de agente motor en las fábricas de fundición y afinación, pues eran las únicas con que se contaba para mover los fuelles. También podían beneficiarse las tierras que resultaban del arranque del mineral, de las costras desprendidas de las bóvedas y pilares, vitriolizadas por el agua y la humedad de la mina (este beneficio fue motivo posteriormente de un subarriendo por parte REMISA a la empresa "Los Planes"), aprovechándose al mismo tiempo su disolución para aumentar el producto de la cementación con el cobre que contuvieran. Así mismo podían aprovecharse las masas de estalactitas cobrizas que espontáneamente se formaban en las mismas labores con las aguas de infiltración, procurando introducirlas en el mercado en este mismo estado.

De nuevo se carecía de planos de las labores de cementación y de la mina, que eran tan útiles para la buena marcha de los trabajos, por lo que era

necesario realizarlos cuanto antes[19], podía inferirse de ciertos datos que el origen de las aguas se encontraba a poca distancia del tiro de Santa Bárbara en dirección Suroeste, y a muy poca profundidad respecto del tercero y último piso de la mina. A él se había llegado por medio de un socavón inferior al que servía de entrada a la mina, en la dirección de Sur a Norte, sin comunicación con las labores de la mina, aunque le servía de desagüe natural, existía además un tercer socavón de origen romano todavía más bajo, cegado, que el último asentista había intentado rehabilitar, desescombrandolo hasta cierta distancia, de la que no pudo pasar por los derrumbes que se producían. Este tercer socavón tenía su entrada colindante a la fábrica de fundición llamada San Luis y podría hacerse uso de él cuando las labores de la mina adquirieran mayor profundidad.

El socavón de cementación constaba de tres tramos: el primero con canales, empezando por el origen de las aguas, tenía una pequeña represa en su inicio, contando con 114,14 varas de longitud horizontal y descenso de 114,5 pulgadas; el segundo tramo sin canales tenía una extensión de 171,25 varas con 36 pulgadas de descenso en el mismo; el tercer tramo con canales tenía una longitud de 118,5 varas con descenso de 85,5 pulgadas; finalmente existía un cuarto tramo sin canales con una longitud de 77,25 varas con descenso de 19 pulgadas. La pendiente media que correspondía a toda la extensión era de 0,40 pulgadas por vara.

La longitud horizontal de los dos extremos de las canales era de 232,64 varas, y la del socavón entero 481,14 varas, por lo que podía, por tanto duplicarse el canaleo, y con este aumento de extensión era de esperar que se recuperase todo el cobre de las aguas, aumentándose la producción con el único gasto del hierro que se necesitase, ya que por repetidas pruebas se había comprobado que las aguas que salían del socavón, aún llevaban cobre, habiendo dado lugar a que hubiese quien solicitara la concesión de este derrame, para aprovecharlo, bajo el descuento de 500 reales diarios de un crédito contra la Real Hacienda hasta su total extinción.

[19] Recuérdese que se realizaron con motivo de la visita de ANGULO en 1788, pero posteriormente no se debieron actualizar, para finalmente perderse.

ELHUYAR proyectó un nuevo canaleo al que dio la mayor pendiente posible de manera uniforme, pues había observado que entre el cobre procedente de las canales del primer tramo y las del tercero había alguna diferencia, aunque corta, en la afinación, necesitando el último más tiempo, consumo de carbón y pérdida de peso que el primero, por lo que estudió el modo de obtener una mayor pendiente media. La necesidad de tomar el derrame de las aguas sobrantes de la cementación en la boca o entrada del socavón para conducirlas a las fábricas de fundición y afinación, no permitía rebajar el piso en este extremo, y para elevar mucho su cielo o techo, existía el inconveniente de estar rodeado de trabajos antiguos de poca seguridad, con la posibilidad de algún hundimiento de consideración si se les tocaba, llegando a la conclusión, con ambos impedimentos, que debía dar al canaleo en toda su extensión la pendiente de media pulgada por vara, teniendo para ello que elevar la represa de su origen más de una vara, lo que podía realizarse sin problema y elevar moderadamente en algunos tramos el techo del socavón, esta importante mejora no llegó a realizarse.

El modo operativo consistía en la colocación de forma longitudinal en los canales de las barras de hierro, planchuela o platina, una al lado de la otra, solapándose un poco respectivamente para que quedasen en la mayor parte en hueco por abajo, de forma que el agua pudiese bañar su superficie inferior y superior. Dejadas en esta disposición se iban cubriendo de cobre precipitado del agua, formándose al cabo de unos días una vaina sobre cada barra de hierro; cada quince días se les quitaban las vainas (cascarilla), que se recogían para llevarlas a la afinación, y el hierro que quedaba se volvía a colocar de la misma manera que la primera vez, agregándose el consumido. De esta forma continuaba repitiéndose cada quince días la maniobra, mientras había hierro con que alimentarla.

La calcinación de los minerales se ejecutaba en grandes plazas formadas al aire libre en las inmediaciones de los pozos, sin separación alguna de clases dada su uniformidad.

Encontrandose las calcinaciones paradas, describe ELHUYAR lo que le contaron de como se formaban. Sobre una capa circular de cinco a seis varas de

diámetro y media vara de alto de cepas o raices de brezo, madroño, lentisco y leña de encina, cubierta con algunos haces extendidos de rama de brezo, se formaba otra de mineral crudo de una tercia, y sobre ella, dejando un vacío en toda la circunferencia, se iba subiendo en medio un cono con los pedazos mal quemados de la segunda y tercera calcinación, llamados duros, que se cubrían alrededor con mineral crudo, conservándose en el centro un hueco que desde la capa de leña subía hasta el vértice, que se llenaba de carbón para encender por él el horno. Así llamaban al montón cónico que de este modo se formaba, sin mineral menudo que lo cubriese, empleándose en su construcción tres tareas de mineral crudo de a 140 cubetas de siete arrobas cada una, componiendo 735 quintales. Su quema que sólo se hacía en verano a causa de las pérdidas que se producían con las aguas de las demás estaciones, duraba de 12 a 15 días, ardiendo el montón sin que nadie cuidase su progreso. De carbón se consumía una marquilla por horno, formándose muchos a la vez.

La segunda y tercera calcinación que se daban a los mismo minerales, sólo se distinguía de la anterior en la uniformidad con que se cargaban los hornos y en la separación que al fin de la operación se hacía de los pedazos mal quemados para destinarlos a la primera; siendo igual el gasto de leña y carbón y más corta su duración, que especialmente en la tercera no pasaba de ocho días. El coste y la duración de estas operaciones parecían bien moderados, pero el abandono en que se dejaban ofrecía reparo, debiéndose producir mucha desigualdad en la quema, y resultar en las dos últimas abundancia de duros que volvían a la primera[20].

La misma inactividad de las calcinaciones reinaba en las fundiciones. No se llevaba ningún control del mineral calcinado que entraba en ellas, ni del fundido en sus hornos por días ni por semanas, ni de la proporción de su mezcla con las escorias, único fundente que se había empleado, habiéndose realizado todo a ojo y como mejor le había parecido a los mismos fundidores, no habiendo más constancia que el producto en cobre negro que se había obtenido cada quince días, por lo que era absolutamente imposible formar

[20] Desde la época a que se refiere ELHUYAR, la calcinación de los minerales sufrió modificaciones, adoptándose por último las llamadas teleras, que en 1839 había ensayado con buen éxito GOYANES.

juicio sobre el modo en que se habían practicado esas operaciones, ni de la correspondencia de sus productos a la ley de los minerales de que habían procedido, sino por inferencias inexactas. Sólo podía suponerse de la pesadez y aspecto compacto de las escorias, que no habían sido dirigidas con el debido conocimiento y acierto. Por la contaduría sólo pudo deducir que la producción media por horno de cobre negro en 24 horas había sido de 4,75 arrobas. Era indispensable que una vez que se reanudara la actividad en la fundición se averiguara por ensayos docimásticos del mineral crudo, calcinado, del cobre negro y refinado la ley en cobre, proponiendo ELHUYAR que se realizarán algunas pruebas a fin de averiguar si no sería más conveniente fundir el mineral con una o dos calcinaciones, y obtener en una primera fundición mata en lugar de cobre negro, para reducir aquellos después de bien calcinados al estado de este último por segunda fundición[21]; pues aunque parecía una duplicación gravosa, podría por el contrario ser un modo de economizar el gasto y obtener mayor producto.

La escasez de agua de la zona, había hecho necesaria la multiplicación de las oficinas para la fundición de los minerales, que alcanzaban la cifra de diez. De ellas se hallaban cuatro situadas en la cañada que bajaba de las minas y de la población, y las demás en la falda Norte del Cerro Salomón, a un cuarto de legua de las mismas. Las primeras dependían para el giro de las ruedas hidráulicas de cubos, que hacían de motor de los fuelles, del agua que salía del socavón de cementación después de haber agotado el cobre, y las segundas de la que manaba de un venero elevado que nacía en la Cueva del Lago. Cada una tenía dos hornos castellanos con un sólo fuelle doble de cuero, que era utilizado alternativamente en ellos. Dos de las primeras estaban en buen estado, encontrándose las demás bastante deterioradas necesitando amplias reparaciones.

[21] La fundición por matas fue propuesta reiteradamente por diversos ingenieros entre los que destacan ESCOSURA, ANCIOLA, COSSÍO, RUA FIGUEROA y los de la Comisión de Visitas de 1867, sin que llegase a establecerse en la etapa española de las minas.

La multiplicidad y separación de estas fábricas era el mayor problema del establecimiento pues dificultaba su control, pero su solución era difícil ya que su origen estaba en la falta de agua de la zona.

La afinación del cobre, tampoco funcionaba cuando visitó las minas ELHUYAR, porque aunque había stocks de metales faltaba el carbón; se ejecutaba en una especie de cazuelones llamados copelas, formados de carbonilla bien apretada sobre un fogón de mampostería, con el auxilio del soplo de un fuelle como los de los hornos de fundición; dos de estas copelas estaban pareadas sobre un mismo fogón, y un solo fuelle les servía alternativamente. Recién formadas las copelas admitían de cuatro a cinco arrobas de cobre negro o del de cementación en cada afinado; a medida que se agrandaban con el uso se aumentaba la carga, llegando al final a diez u once arrobas. La operación en las nuevas duraba unas tres horas y media para el punto de martinete con los cobres negros, y dos y media con los de cementación, y en adelante se alargaba en proporción a la mayor carga que recibían; para el de bocas de fuego se dilataba media hora más con los primeros, y la mitad con los segundos. De las demás circunstancias, y del verdadero consumo de carbón, no pudo obtener datos seguros.

Para esta operación había en la cañada que bajaba de las minas y de la población una fábrica con dos copelas, y en "Los Planes" se había convertido en otra igual una que anteriormente era de fundición. Por los apuntes de la contaduría, referentes a las afinaciones del año 1803, resultaba que en la primera, única en actividad entonces, hubo meses que se afinaron 1.500 arrobas de cobre negro. En las limitadas al punto de martinete, salió la merma del 29%, y en las que se extendieron al de las bocas de fuego, al 35%; lo que daba a entender la poca calidad de los cobres negros, y que en la fundición de que provenían no se había procedido del modo más conveniente, o que en la misma afinación hubo defectos, y no sería extraño los hubiese habido en ambas. Confirmaba más este juicio la desigualdad que se notaba entre los resultados de las partidas mensuales de una misma especie, habiendo entre los puntos de martinete una cuya merma ascendió al 34%, y entre las de las bocas de fuego otra que llegó al 43%.

De lo que sucedía con los cobres de cementación en su afinación no pudo formarse ninguna idea. Las cáscaras en cuya forma salían de aquella operación mojadas de la misma agua vitriólica, se procuraba conservarlas bien húmedas para evitar desperdicios, se llevaban en el mismo estado a la fábrica de afinación, en donde se recibían sin peso ni medida, cuidando de mantenerlas jugosas y de rociarlas con agua cuando se resecaban, hasta el mismo acto de su afinación, y a veces aun después de puestas al fuego. Esta precaución estaba dirigida a evitar que el aire del fuelle desparramara o levantase el polvillo o partículas menudas de cobre que acompañaban a las vainas o verdaderas costras, habiéndose observado que sin ella y aun con ella se elevaban hasta los tejados, de donde de vez en cuando se recogían para echarlas en la fundición del mineral. Al fuego se echaban a discreción y a ojo, según lo requería el ensanche de la copela y juzgaba el afinador que podía cargarla, sin cuenta ni razón. Los ciscos que resultaban del carbón al final de la operación, se apartaban de la superficie del metal líquido, se recogían y guardaban para aprovechar en la fundición del mineral las granallas que llevaban en bastante cantidad, no realizándose ningún control de ellas. De todo esto resultaba que no había modo de cotejar el producto que rendía la operación con el verdadero material del que procedía, y lo único que se reconocía es que éste experimentaba menos merma que el cobre negro, y el que provenía del canaleo alto menos que el del bajo. La afinación practicada en los referidos términos, aunque sencilla al parecer, debía resultar más costosa, lenta y de menos productos que ejecutada en grande. Por esta razón en las zonas importantes de minas de cobre de Europa, se hacía en hornos de reverbero[22] con cuarenta o cincuenta quintales a la vez; con él se conseguiría un menor gasto, no se producirían mermas tan grandes en el cobre negro, disminuyéndose el polvoreo de los de cementación por lo moderado de la corriente de aire durante la operación, por todo ello aconsejaba su instalación.

La oficina de la cañada de la población era la que se utilizaba para esta operación, siendo una de las peores del establecimiento.

[22] Ya había sido recomendada su utilización por ANGULO en 1787, no siendo instalado hasta 1831 en época de REMISA.

ELHUYAR recomendaba para la mejora del beneficio metalúrgico lo siguiente:

1º. El nuevo canaleo del socavón de cementación debía realizarse conforme a los términos proyectados, aumentándose todo lo que se pudiese su pendiente, si la experiencia desmostraba que no era necesaria toda la extensión de la galería, así como en caso de ser demasiado impura la cáscara en su afinación, se realizarían las modificaciones necesarias.

2º. La habilitación inmediata de las dos fábricas de fundición de la cañada, llamadas San José y San Francisco de Borja, que eran igualmente necesarias y urgentes para fundir los minerales que había calcinado; estas dos fábricas eran las mejores de todas, no necesitando más reparación que mudar una viga. Después de ellas se procedería a la reparación de la inmediata de San Luis, que tampoco necesitaba mucho.

3º. Al mismo tiempo que aquellas dos primeras fábricas, debía surtirse de carbón la afinación, llamada de Santa María, que también estaba próxima y era la más inmediata a la población; debiendo hacerse la afinación en los mismos términos que hasta entonces, reservándose para más adelante el establecimiento de los hornos de reverbero, y procurando entre tanto que en la operación se procediera con el cuidado y exactitud correspondiente. El afino de los cobres de cementación en que desde luego podía ocuparse, hacía en algún modo preferente su habilitación a la de las indicadas fundiciones.

4º. Para la prueba de obtención de cobre por fundición por matas, proponía la formación de hornadas de calcinación que sólo contuviesen mineral crudo, sin mezcla de pedazos duros de otra calcinación anterior, el mineral calcinado se llevaría al horno de fundición, cuyo resultado debía ser mata en lugar de cobre negro; a esta mata podía dársele una segunda calcinación, tratando del mismo modo su resultado. En toda la operación se controlaría el peso del mineral y sus resultados.

Con estos minerales así calcinados se efectuaría con separación la primera fundición en uno de los hornos de la fábrica de San Luis, sino estuviese ocupada con la corriente, o interrumpiéndola si lo estuviese, por no recurrir a la

cuarta de los Desamparados a causa de su mal estado. Con la misma separación se calcinarían los productos de ambas fundiciones cuantas veces fuera necesario, en hornos menores adecuados, que sin gran costo se armarían en la inmediación, reduciéndose a unas paredes de piedra y lodo de poca elevación. Después de calcinados se volverían a fundir con igual distinción en el propio horno u otro equivalente, para obtener de cada uno el cobre negro, y de su cotejo en este estado y del producto de su posterior afino, con el del método corriente, con consideración a sus respectivos gastos, deducir cual de ellos pudiera ser más ventajoso para adoptarlo en lo sucesivo.

También recomendaba que hubiese abundante surtido de hierro, y que siempre hubiese suficiente repuesto de él en el almacén para no perder momento en aprovechar el precioso producto de las aguas vitriólicas.

La Dirección General de Rentas influenciada por el informe de ELHUYAR, decidió con carácter urgente el envío en 1823 de 3.000 quintales de planchuela y 10.000 reales para la realización de la ampliación y mejoras de la cañería de cementación, a fin de obtener un rendimiento de 10.000 arrobas anuales de cobre fino, para que con las correspondientes utilidades se fueran realizando las reparaciones necesarias en las diversas fábricas y conseguir la rehabilitación de las explotaciones después de los años de inactividad (EZQUERRA DEL BAYO, 1852, 30-31).

Por Real Orden de 7 de Julio de 1824 fue nombrado JOSÉ MARTÍNEZ MARCO encargado especial de las labores de cementación, con la categoría de Subdirector del establecimiento (ALDANA, 1875, 278).

Con fecha 23 de Marzo de 1823, se autorizó, por la Junta deL Crédito Público, con el visto bueno de ELHUYAR, a JUAN SANTANA BOLAÑOS, vecino de Zalamea la Real, el aprovechamiento del derrame de las aguas vitriólicas de la cañería de cementación, después de ser aprovechadas para cobre y servir de motor de los fuelles de las fábricas de fundición y afino, que hasta entonces se dejaban correr al río sin aprovechamiento alguno. Por esta concesión pagaría 500 reales diarios, que serían descontados de la deuda que la Real Hacienda tenía con él por importe de 396.738 reales, por unas ventas de trigo que le hizo (ALDANA, 1875, 287).

La concesión de SANTANA BOLAÑOS fue interrumpida en 1825, pero de nuevo se le autorizó en el mismo año, a beneficiar las aguas y a afinar la cáscara producida de su propia cementación. Las condiciones económicas de las dos etapas fueron diferentes; en la primera, SANTANA BOLAÑOS descontaba 500 reales diarios de su crédito a la Real Hacienda, y en la segunda si existían beneficios, serían descontados de la deuda que tenía la Hacienda y si había pérdidas correrían por cuenta del interesado. El 2 de Mayo de 1829, presentó el hijo de SANTANA BOLAÑOS, BRUNO, solicitud de liquidación por fallecimiento de su padre. SANTANA BOLAÑOS obtuvo en las dos etapas de su beneficio 1.657 arrobas de cobre fino, de las que correspondieron prácticamente la mitad a cada una de ellas, siendo la relación hierro/cobre de 1,70 (ALDANA, 1875, 287-297).

La cementación natural era el sistema más barato de obtención de cobre y que menos daño producía al medio ambiente, aunque siempre estuvo descuidada, por diversas causas entre las que destacamos: inadecuada pendiente dada a los canaleos; tramos de la cañería de cementación, en que no existían, yendo las aguas ácidas por el piso de la mina con la consecuencia pérdida de parte de ellas; deficiente suministro de hierro; y no darse la suficiente longitud a los mismos con objeto de poder agotar todo el cobre. Indudablemente si se hubieran corregido todas estas causas, la producción hubiera sido mucho mayor, estando su techo en la cantidad de agua ácida que manaba del socavón de desagüe de la mina.

Durante este periodo que estuvo administrada la mina por la Real Hacienda se distinguen varias fases: los cinco primeros años en que prácticamente se continuó como con SANZ, en 1788 adquirió más formalidad el establecimiento con la instrucción (ANGULO) y reglamento dictados para su gobierno, y haber sido atendido con la competente consignación, progresando hasta 1798 inclusive, comenzando el declive del establecimiento a partir de esa fecha, debido a las escasas posibilidades el Erario Público como consecuencia primero de la alianza militar de CARLOS IV con Francia frente a Inglaterra, perdiéndose las batallas del Cabo de San Vicente (1797) y de Trafalgar (1805), que provocaron el cierre de la mayor parte de las fábricas de la Real Hacienda,

clausurándose en 1807 la de Artillería de Sevilla, de la que era suministrador de cobre la mina de Riotinto.

El segundo hecho es la invasión francesa, lo que reduce aún más las posibilidades del Erario Público, lo que unido a la ocupación de Sevilla por las tropas francesas imposibilita la llegada a las minas del hierro necesario para la cementación, que obliga a la paralización de toda actividad durante los años 1811, 1812, 1813, 1814 y 1816. En 1815 se produjeron 150 arrobas, 12 libras y 8 onzas de cobre por cementación natural.

La rehabilitación de las minas después del cierre de 1810 fue enormemente lenta y costosa, realizándose solamente trabajos de aprovechamiento de las aguas agrias de mina, por cementación natural, entre 1815 y 1823 la precariedad de medios es absoluta, y es precisamente en este periodo cuando acontecen diversas ofertas de la iniciativa privada que desea explotarlas en régimen de alquiler (FLORES CABALLERO, 1983 b, 4).

CUADRO XLI

Años	kg. de cobre de fundición	kg. de cobre fino de cementación natural	kg. de cobre fino total
1783	83.095	-	83.095
1784	136.264	-	136.264
1785	155.954	-	155.954
1786	105.680	-	105.680
1787	88.237	-	88.237
1788	108.441	9.693	118.134
1789	132.591	12.031	144.622
1790	137.317	14.095	151.412
1791	158.866	10.398	169.264
1792	131.501	11.306	142.807
1793	141.100	12.892	153.992
1794	120.327	13.552	133.879
1795	205.315	17.978	223.293
1796	161.518	16.333	177.851
1797	209.981	20.865	230.846
1798	193.142	15.993	209.135
1799	92.376	15.239	107.615
1800	165.211	12.399	177.610
1801	105.991	10.222	116.213
1802	53.625	8.463	62.088
1803	93.574	9.397	102.971
1804	48.331	9.940	58.271
1805	22.584	2.743	25.327
1806	32.643	5.404	38.047
1807	4.854	14.438	19.292
1808	69.228	10.874	80.102
1809	76.583	9.761	86.344
1810	21.950	-	21.950
1811-1814	-	-	-
1815	-	1.731	1.731
1816	-	-	-
1817	-	8.914	8.914
1818	-	5.245	5.245
1819	-	843	843
1820	-	26.662	26.662
1821	-	26.836	26.836
1823	-	11.940	11.940
1824	-	41.096	41.096
1825	52.545	38.498	91.043
1826	68.951	58.954	127.905
1827	44.107	59.897	104.004
1828	470	45.486	45.956
1829	204	17.223	17.427
Totales	3.222.556	607.341	3.829.897

Producción de cobre fino durante la administración del Estado (1/2/1783 a 24/4/1829)

Fuente: FLORES CABALLERO, 1983 a, 88 y 1983 b, 32

Tras la importante Memoria de FAUSTO DE ELHUYAR, dictándose como consecuencia de ella una Real Orden de 1 de Enero de 1825 (Anexo XIII) que pretendía reorganizar los trabajos e introducir importantes mejoras, que lamentablemente apenas comenzaron a realizarse, apostando el Ministerio de Hacienda por un nuevo arrendamiento de las minas, pese a que en 1826 se alcanzó una producción de cobre fino de 127.905 kg.

La explotación por la Real Hacienda se caracterizó por la penuria económica, que impedía realizar las mejoras tecnológicas propuestas por los ingenieros, la falta de materias primas fundamentales para la producción de cobre, como el hierro necesario para la cementación, etc., lo que hacía que las minas no fueran rentables y supusieran una carga para el Erario Público, llevando primero a su alquiler por el marqués de REMISA, y que poco a poco fuera cuajando la idea de venderlas.

La producción de cobre fino durante ese primer periodo de la administración de la mina por el Estado viene reflejada en el cuadro XLI.

5.3.3 El alquiler al marqués de REMISA (1829-1849)

Establecido el pliego de condiciones (Anexo XIV) para el arrendamiento de las minas de Riotinto, éstas se adjudicaron al mejor postor que fue GASPAR REMISA, marqués de REMISA, por un período de 20 años haciéndose cargo de las minas el 24 de abril de 1829, que ofreció pagar 270.000 reales anuales durante los primeros 10 años y 300.000 reales anuales durante los restantes 10 años.

REMISA desde el inicio del contrato, lo fue incumpliendo sistemáticamente, no realizando las mejoras ofertadas, llevando a cabo grandes extracciones de vitriolos y tierras vitriólicas, así como grandes talas de arboleda para cubrir las necesidades de madera y carbón vegetal de los hornos.

Según los cálculos del pliego de condiciones, existían en el término de las minas 444.000 pinos, valorados en 1.500.000 reales, 1.700 encinas y 300 chopos con un valor de 211.000 reales, todos ellos procedentes de las reforestaciones realizadas en la época de SANZ, en el contrato que se firmó se fijaba el número

de árboles que se podían talar anualmente, así como la reposición de los mismos. El incumplimiento de esta cláusula llevó a que al final del contrato de REMISA, la arboleda existente fuera una quinta parte de la inicial con una pérdida para la Hacienda Pública de 1.273.316 reales.

Recibió REMISA, las minas en un estado deplorable, debido al abandono en que se encontraban desde principios de siglo, con seis fábricas en funcionamiento (cinco fundiciones y una de afino), encontrándose las 12 restantes arruinadas. Las únicas actividades que se encontraban a pleno rendimiento, en el momento de la recepción de las minas, eran las de cementación natural, cuya capacidad de producción anual se situaba entre las 45-60 tm. de cobre.

Inicia las labores metalúrgicas por vía seca, que se encontraban casi abandonadas, continuando con la cementación natural. Desde el inicio de las actividades por REMISA, se dedicó a poner a pleno rendimiento las explotaciones mineras y a la restauración de las 18 fábricas que se destinaban a la fundición y afino del cobre, instalando los primeros hornos de reverbero para afino que empezaron a marchar el 3 de Agosto de 1831, habiendo sido construidos bajo la dirección de D. ALEJANDRO ESPELETA (RUA FIGUEROA, 1868, 221). En esta época un 85% de la producción total de cobre procedía del sistema de vía seca o fundición de minerales, correspondiendo el 15% restante a la vía húmeda o cementación natural.

En 1835 EZQUERRA (1852) visitó Sajonia comisionado por S. M. para conocer las actividades metalúrgicas relativas a la recuperación del cobre a partir de los minerales cobrizos. En esta comisión, llevó consigo diversas muestras de minerales de varias minas españolas, entre ellas las de piritas de Riotinto, quedando sorprendido cuando todos los profesores y expertos en fundición, al ver las muestras de piritas, le preguntaron cual era su contenido en plata viéndose obligado a confesar su desconocimiento.

Los análisis de las muestras llevadas a Sajonia de los minerales de las minas de Riotinto se reflejan en el cuadro XLII:

CUADRO XLII

Análisis realizado por	Contenidos de metal en un quintal de piritas	
	Cobre	Plata
CARLOS KERSTEN: Profesor de química analítica y asesor de la dirección de las fundiciones de Sajonia	5,5%	Plata aurífera sin cuantificar
DEL OBERSCHIEDS-GUARDEIN SIEGHAR: Profesor de docimasia en la Real Academia de Freiberg	4,0 libras	0,125 onzas
CARLOS FEDERICO PLATTNER: Ensayador de las compañías de minas	5,5 libras	0,2 onzas
LORENZO MÚJICA	6,0 libras	0,125 onzas
JOAQUÍN EZQUERRA DEL BAYO	7,0 libras	0,2 onzas

Análisis de la cantidad de cobre y plata contenida en los minerales de Riotinto
Fuente: EZQUERRA DEL BAYO, 1852, 54-55

Los análisis de CARLOS KERSTEN daban una composición de la pirita del 40,6% de hierro, el 53,5% de azufre y el 5,5% de cobre. El 0,40% se componia de otras sustancias, entre las que detectó una pequeña proporción de plata aurífera, que no cuantificó.

Según los análisis expuestos, la cantidad de plata contenida en un quintal métrico de cobre afinado era (cuadro XLIII):

CUADRO XLIII

Según los análisis de:	**Expresado en onzas**	**Expresado en gramos**	**Gramos por tm. de cobre afinado**
OBERSCHIEDS	3,125	109,375	1.094
PLATTNER	3,636	127,260	1.273
MÚJICA	2,071	72,485	725
EZQUERRA	2,857	99,995	1.000

Contenido de plata por quintal de cobre afinado procedente de las piritas de Riotinto
Fuente: EZQUERRA DEL BAYO, 1852, 54-55

EZQUERRA, basado en el dato medio de 3 onzas de plata por quintal de cobre afinado (1.000 grs/tm.), calculó el rendimiento anual al recuperar la plata contenida en el cobre afinado en Riotinto.

En su visita a Sajonia visitó Grünthal, para conocer las manipulaciones del aprovechamiento de la plata de los minerales cobrizos, por el método de resudación, gracias al cual se separaba la plata que contenía el cobre por medio del plomo. En opinión de EZQUERRA, este fue el método que usaron los explotadores de Riotinto en la antigüedad para aprovechar la plata y oro que

contenían las piritas (FLORES CABALLERO, 1983 b, 56-57). Durante el periodo 1725-1873 no se benefició la plata a pesar de la insistencia de EZQUERRA ante sus superiores.

En Septiembre de 1837 llegó a las minas D. VICENTE LÓPEZ PREVE, a ocupar la plaza del director por la empresa, al retirarse D. ALEJANDRO VICENTE EZPELETA. PREVE tuvo la idea de comenzar la fabricación de caparrosa verde, pero no como pudiera hacerse por la Hacienda, es decir, aprovechando las aguas de la cañería de cementación natural después de beneficiar el cobre, sino sacándola de los vitriolos de la mina que al mismo tiempo debían producir así una gran cantidad de dicho metal. Sin conocimiento alguno del Gobierno, y sin que tal beneficio se hallase comprendido en el plan de labores, aprobado por la Dirección General de Minas, comenzó la extracción de los vitriolos (estalactitas) y tierras vitriólicas[23] de la mina, proyecto en el que sólo la empresa había de obtener beneficios, pues para la Hacienda no iban a resultar sino pérdidas acabado el arrendamiento. PREVE montó en 1839 en Los Planes este beneficio (ALDANA, 1875, 343), obteniéndose más de 1.000 arrobas mensuales a partir de 1841.

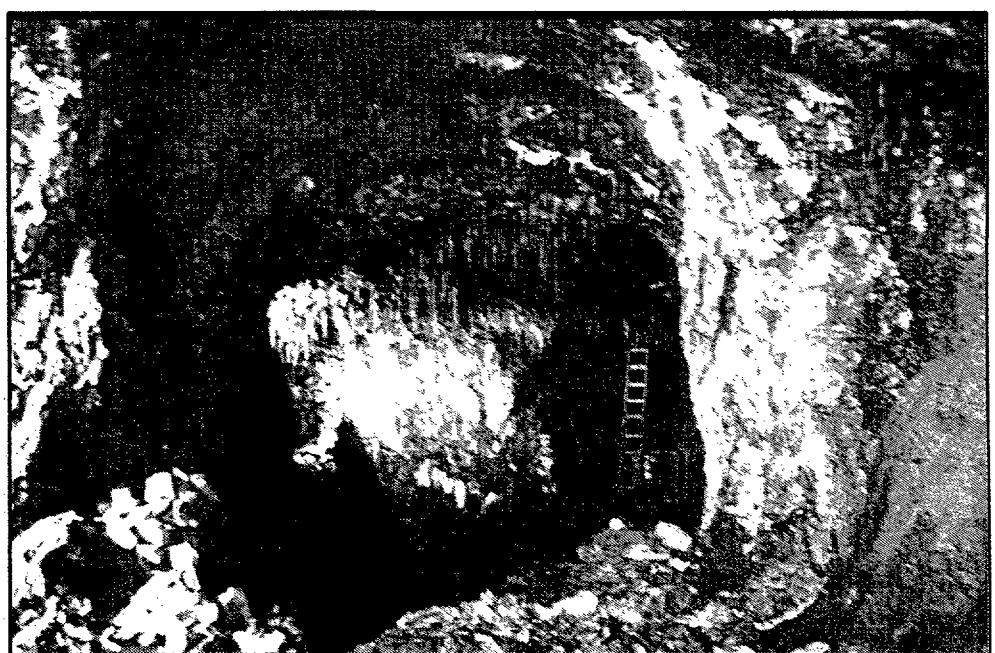


Foto nº 11: Estalactitas de vitriolos en Cueva del Lago (década de 1880)
Fuente: Archivo Fundación Riotinto

[23] Menudos de mineral que no podían utilizarse en las calcinaciones que se dejaban en las galerías y por la acción de la humedad y el aire se vitriolizaban.

En Febrero de 1840 giró una visita oficial a las minas el subinspector del cuerpo de ingenieros de minas D. FERNANDO CARAVANTES, en su informe al hablar de la cañería de Cueva del Lago (foto nº 11) exponía los infructuosos esfuerzos del administrador JIMÉNEZ, y más tarde del director de la empresa REMISA, EZPELETA, para obtener resultados de la cementación allí establecida, hasta que los logró el director por el Gobierno D. BERNARDO LARREA; según su oficio de 22 de Octubre de 1831; pero aunque autorizado por la Dirección para continuar los experimentos, pasaron seis años hasta que el director PREVE estableció 172 varas de canaleo, que daban anualmente de 60 o 70 arrobas de cobre fino (ALDANA, 1875, 346).

En 1839 se realizó la reforma más importante del sistema de calcinación del mineral, que se debió a IGNACIO GOYANES, estableciendo las teleras, cuyo uso fue sancionado por una larga experiencia, ya que con ellas se conseguía una economía considerable de tiempo y de combustible (GONZALO TARÍN, 1888, T. II. 285).

En Junio de 1841 efectuó una visita a las minas el ingeniero D. FRANCISCO DE SALES GARCÍA, realizando un informe al respecto, en el que figuraban los siguientes datos sobre la vía seca tal como se realizaba en esa época (RUA FIGUEROA, 1868, 116):

En dicho año, cada horno fundía en 24 horas: 117 arrobas de mineral, consumiéndose 85 de carbón, con un resultado de 6 arrobas de cobre negro, dando 125 arrobas de este último en el afino 94 de cobre. Según esto, y suponiendo que el mineral perdiese en tres calcinaciones el 35% de su peso, el rendimiento equivalía a 2,50% de cobre de mineral crudo fundido. La ley del cobre negro, consignada en este escrito y en la Memoria de EZQUERRA, oscilaba entre 75 y 80%.

En la memoria de D. CASIANO DE PRADO sobre la entrega del establecimiento a la Hacienda en Abril de 1849, cuando concluyó el alquiler a REMISA, se dice que la empresa empezó a arrancar los vitriolos de la mina para beneficiarlos, sin autorización para ello, desde 1839 hasta el año 1846, en que

una Real Orden de 16 de Junio los declaró, así como las tierras[24] vitriólicas, comprendidos en la primera condición de la escritura de contrato. Una memoria del ingeniero D. ROBERTO KITH (1846, 353-377), sobre la cementación artificial, expone que según datos por él calculados ascendían a cerca de 3.500.000 arrobas de tierras y vitriolos las extraídas de la mina desde 1839 hasta Septiembre de 1846; pero D. CASIANO DE PRADO rectificaba la cifra, diciendo que en el informe mandado por el director en Febrero de 1846 graduaba cinco revezos de aquellas materias por cada día de trabajo, y sin duda por equivocación del escribiente se daban a cada revezo 260 arrobas en lugar de 260 cubas de tres arrobas, resultando entonces un revezo con 780, cinco revezos 3.900 para cada día, y trescientos de trabajo por año daban en seis años 7.020.000 arrobas de vitriolos y tierras. Desde 1846 hasta la entrega de las minas, se extraían dos revezos por día de trabajo, lo que daba 936.900 arrobas, que unidas a la cifra anterior, hacían 7.956.900 arrobas extraídas. Añadía PRADO que no por permitirse la extracción de vitriolos quedaba exenta la empresa de abonar a la Hacienda el valor de las referidas materias, sobre todo de aquellas que existían (y eran las más) antes del año 1829, y en todo caso de responder de los perjuicios que por la misma causa pudiesen resultar a la finalización del contrato, creyendo que la empresa era responsable de la pérdida que había sufrido el producto de la galería de cementación con la imprudente extracción de vitriolos, cuya pérdida superaba las 2.000 arrobas por año. Estas extracciones de vitriolos y tierras eran en cantidad diez veces mayor que la que podía pertenecer a la empresa, pues eran el resultado de un siglo de explotación de las minas, pudiéndose calcular en seis millones de arrobas, cuando menos, los vitriolos y tierras vitriólicas del interior de las minas, que pertenecían a la Hacienda, que a un valor de un real en quintal, que era el admitido para el mineral crudo, resultaban 1.989.000 reales, no habiendo motivo alguno para que no fuesen abonados a la Hacienda, aunque REMISA no llegó a abonarlos.

D. LUIS DE LA ESCOSURA (1845, 351-374) escribió una importante Memoria por orden de la Dirección General de Minas titulada "De la fundición

[24] Según RUA FIGUEROA (1868, 30) la producción de tierras podía calcularse, aproximadamente, en el 6 ó 7% del total del mineral arrancado.

de los minerales de las minas de Rio-Tinto" que describe la cementación natural y la vía seca, tal como se realizaba en aquella época, anterior a la cementación artificial, que pasamos a comentar.

Decía ESCOSURA que la disposición particular de la mina, con excavaciones espaciosas, pudiendo el aire circular con libertad, el agua que se filtraba por las paredes de las excavaciones y la naturaleza misma de la mina; pero sobre todo las dos primeras causas contribuían sobremanera a descomponer el mineral, convirtiendo los sulfuros de las piritas en sulfatos, vitriolos o caparrosas de cobre y de hierro respectivamente. Esta descomposición era tan general en la mina, que nadie al cruzar sus galerías vacilaría en asegurar que era una mina de sulfatos más bien que de sulfuros o piritas de cobre y de hierro. La descomposición no era sin embargo más que superficial y la cantidad de sulfatos que se extraía con respecto a la de sulfuros era muchísimo menor, como demostraba el estado de la producción de la mina.

Las aguas de la mina, que contribuían (combinando su acción con la del oxígeno del aire), a oxidar las piritas, disolvían los sulfatos de cobre y de hierro, corriendo cargadas de estas sustancias a la parte inferior de las labores de la mina, terminando saliendo por el socavón de cementación, una vez beneficiado el cobre.

Hacía pocos años que una empresa particular había contratado a la de las minas los sulfatos que podían extraerse por los pozos de la mina en estado sólido[25]. Disolvían este mineral en grandes balsas, precipitando el cobre con barras de hierro, evaporando posteriormente parte de las aguas para obtener sulfatos de hierro o caparrosa. Posteriormente entregaban el cobre a la empresa de las minas para afinarle en copelas.

Comentaba, que no sólo era inútil, sino perjudicial quitar a menudo la cáscara de cobre creyendo que el hierro no podría cementar de otro modo[26], porque se formaría mayor cantidad de óxido de hierro que impurificaría al cobre.

---

[25] Su aprovechamiento había sido recomendado por ELHUYAR en 1823.

[26] Recordemos que ELHUYAR en su informe de 1823, recomendaba aumentar la frecuencia de la retirada de la cáscara de cobre que recubría al hierro.

EZQUERRA proponía varias modificaciones que le parecían a ESCOSURA importantísimas. De las 436 varas se aprovechaban únicamente para la cementación 335 varas y las 101 restantes las dejaba a nivel para el descascaro. En lugar de un canal proponía dos, uno en cada hastial para poder dejarlas alternativamente en seco y limpiar la cascarilla. Creía ESCOSURA que sería conveniente forrar de plomo los canales y poner uno solo, nada más que por razón de economía, y cuando quisiera dejarse un trozo en seco, separarle con compuertas verticales del resto del canal y de compuerta a compuerta poner un sifón para no interrumpir la corriente. Los sifones podían tener cinco varas y dejar en la canal de cinco en cinco varas ranuras para colocar compuertas en el caso necesario. Los sifones podían ponerse en la parte superior que era lo mejor o por debajo, según lo permitiera la galería. En el último caso habría que hacer agujeros en el fondo del canal para poner los sifones, no habiendo inconveniente de que fueran de brazos cortos. Deberían hacerse de plomo con dos bocas cónicas una para llenarlos después de colocados y la otra para dar salida al aire. El desnivel que pudiera haber en las cinco varas de longitud del sifón, bastaría para establecer la corriente, si a esto acompañaba un poco de destreza en la persona que lo manejara para sumergir oportunamente los brazos; y si se adoptaba, como parecía muy conveniente, el plan de EZQUERRA de dividir la galería en trozos a nivel y a desnivel, en ese caso aún sería más fácil el manejo de este aparato.

El cobre de la cañería de cementación se llamaba cascarilla de la cañería; algunas veces antes de afinarse se fundía, cuya operación era conocida con el nombre de "*derretido de la calderilla*".

Antes de fundir los minerales, se calcinaban tres veces consecutivas para separar todo el azufre, y obtener óxidos de cobre y de hierro.

La operación se ejecutaba al aire libre en montones de dos formas distintas.

Unos eran cónicos y se llamaban hornos cónicos y otros de forma piramidal se llamaban teleras por su forma, una vez calcinado, de un pan de la zona.

Para construirlos se empezaba poniendo una capa de leña (cepa o encina) en forma radiada si el horno había de ser cónico o formando castilletes con los maderos, si había de ser de los llamados teleras.

Les dejaban canales para que circulara el aire, en el centro una chimenea, y se empezaba cargando lo más grueso, poniendo el mineral menudo encima y al exterior.

Después de calcinado se descargaba y se fraccionaban los productos, del modo siguiente: la parte más baja del horno como estaba más expuesta al fuego, normalmente se fundía y se llamaba solera. El mineral bien calcinado se separaba, conociéndose con el nombre de metal y se llamaban duros a los trozos mal calcinados.

El combustible se medía de un modo particular. Se llamaba horno de leña a la cantidad de este combustible que podía colocarse en un círculo de 2,88 varas de radio (que era el de los hornos cónicos) y 0,42 de altura. En general un horno de leña contenía 20 cargas de ese combustible; y en los hornos cónicos se consumían tres hornos de leña en la calcinación, una en cada fuego.

En las teleras se consumían siete hornos de leña en la calcinación, a razón de una tercera parte en cada fuego.

Cuando se cargaba un horno cónico para darle el primer fuego, se ponían 950 quintales de mineral; durando su combustión 20 días y 8 ó 10 días solamente en el 2º y tercer fuego; al final del 2º fuego se obtenían de 50 a 200 arrobas de metal y de 400 a 500 al cabo del tercer fuego.

En una telera se cargaban 2.800 quintales de mineral. El primer fuego duraba un mes; 20 días el segundo y 15 el tercero. Al cabo del 2º fuego se obtenían de 400 a 800 arrobas de metal y al final del 3º 1.200 a 1.600 arrobas de metal.

De los datos anteriores se infiere el cuadro XLIV:

CUADRO XLIV

	En los hornos cónicos	En las teleras
Mineral (quintales)	100	110
Leña (cargas)	6,3	5
Para cargar y descargar (reales de vellón)	8,4	6,25
Tiempo (horas)	100	56
Quintales de metal obtenidos	13,15	14,29

Carga de horno cónico y de una telera. Fuente: ESCOSURA, 1845, 361

De lo que resultaba que, considerada económicamente la cuestión, las teleras eran preferibles a los hornos cónicos, en los que había más gastos y relativamente menos producto, y se empleaba también mucho más tiempo.

Las reacciones químicas que se producían eran las siguientes:

- $2Cu_2S + 3O_2 \rightarrow 2\,Cu_2O + 2\,SO_2$ (1)
- $2CuO + SO_2 \rightarrow Cu_2O + SO_3$
- $CuO + SO_3 \rightarrow CuSO_4$
- $Cu_2S + 3SO_3 \rightarrow Cu_2O + 4SO_2$
- $S_2CuFe + 2O_2 \rightarrow CuO + FeO + 2SO_2$
- $2As_2S_3 + 9O_2 \rightarrow 2As_2O_3 + 6SO_2$
- $2Sb_2S_3 + 9O_2 \rightarrow 2Sb_2O_3 + 6SO_2$
- $2FeS_2 \rightarrow 2FeS + S_2$
- $S_2 + 2O_2 \rightarrow 2SO_2$ (2)
- $2FeS + 3O_2 \rightarrow 2FeO + 2SO_2$ (3)
- $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$
- $FeO + SO_3 \rightarrow FeSO_4$

Siendo las reacciones (1), (2) y (3) muy exotérmicas.

La calcinación de los minerales era la operación más interesante de cuantas se ejecutaban para beneficiar el cobre, y de la que dependía el éxito de la fundición por completo. Algunas consideraciones sobre la naturaleza de los minerales de cobre y los fenómenos que se verificaban en la calcinación, bastarán para demostrar la influencia de esta operación, accesoria si se quiere y de poco interés en otros minerales, pero la más importante de todas por lo que respecta al cobre.

Las dificultades que se presentaban en el beneficio de los minerales, lo mismo que en los ensayos docimásticos, decía ESCOSURA, no dependían nunca de la composición química del mineral, que no había dificultad en separar el cobre del azufre, del oxígeno o de otro cuerpo cualquiera, porque la química suministraba medios para ello; lo que complicaba las operaciones y en lo que debía fijar toda su atención el que quiera ensayar o fundir un mineral, es en las materias, sobre todo metálicas, que están mezcladas con el metal que se quiere beneficiar. Los de Riotinto contenían por ejemplo: 6,25 de sulfuro de cobre, 89,6 de pirita de hierro y el resto hasta 100 de ganga.

El cobre era la veinteava parte del mineral que debía pasar por el horno y en el que debía fundirse todo, para separar lo útil de lo inútil.

El problema en Riotinto se reducía a separar el cobre del azufre, del hierro y de la ganga, y a formar con los dos últimos, compuestos fusibles que serán, por la naturaleza de sus elementos, más ligeros que el cobre.

Tostando convenientemente el mineral, se separaba todo el azufre, y se convertía la mayor parte del hierro en óxido; en cuyo estado podía combinarse con las gangas y formar los compuestos fusibles o escorias.

Si además tuviera arsénico, antimonio y zinc, se separarían casi totalmente estos metales en la calcinación.

La experiencia había demostrado que los minerales de cobre no podían desulfurarse completamente en la calcinación, aunque se repitiera varias veces; o que si llegaba a lograrse desulfurarlos de una vez, se perdía mucho, porque, parte del cobre oxidado se escorificaba, y lo que restaba de metal salía de mala calidad.

En Riotinto se hacían tres calcinaciones sin intermisión y después se fundía una sola vez el mineral calcinado (metal), que por este sistema no producía cobres tan puros ni de tan buenas propiedades, como era de esperar de minerales que, aunque pobres, eran de excelente calidad, pues no tenían apenas arsénico, ni plomo, ni zinc, ni estaño..., como acontecía en otros puntos; además se producía una importante pérdida de cobre debida a este método.

En la calcinación de los minerales de Riotinto, se empleaba demasiado combustible, y la prueba era que siempre se obtenía en cada fuego una cantidad

considerable de mineral fundido y sin descomponer, al que llamaban solera. Cuando los sulfuros llegan a fundirse ya no se descomponen y todo el calor empleado en su fusión representaba una pérdida considerable de combustible.

ESCOSURA creía que deberían tostarse los minerales una sola vez, evitando la formación de la solera (sulfuros fundidos); pasar el calcinado por el horno de fundición, no para obtener cobre, sino para separar la mayor parte de la ganga y un poco de hierro en las escorias, y todo el cobre con el resto del hierro en las matas[27]. Tostadas las últimas se fundirían de nuevo añadiendo sílice si se creyera conveniente para escorificar el hierro, pudiendo obtenerse; escorias formadas con el hierro y la sílice,matas o sulfuros no descompuestos, y algo de cobre negro.

Los minerales calcinados se fundían en hornos de manga bastante bajos, también llamados castellanos o alemanes (figuras 44 y 45 y foto 12). Eran de forma prismática, de crisol semiesférico; el trabajo se ejecutaba dentro del horno y la escoria salía continuamente por dos orificios (piqueras) separadas por un muro vertical al que llamaban pie. Éste en unión con las piqueras formaban los *"bigotes"* del horno. A cada orificio, sangría, o piquera, correspondía una pileta a la que daban el nombre de *"copelas"* en Riotinto; atendiendo a esta disposición pudiera muy bien decirse que eran *"hornos de anteojo"*.

Se ponían pareados y para construirlos se levantaban primero tres macizos de mampostería, de base rectangular, de tres varas de largo por 1,50 de ancho, el lado menor se colocaba al frente del horno. Entre macizo y macizo había 2,20, que era el espacio que ocupaba la camisa y la cuba del horno. Apoyándose en los macizos se construían dos arcos de bóveda y encima se levantaba un muro, que servía para formar la chimenea del horno. Por la parte posterior se levantaba otro muro vertical, dejando una bóveda inclinada para la tobera del fuelle.

[27] La fundición por matas ya había sido propuesta por ELHUYAR en su informe de 1823.

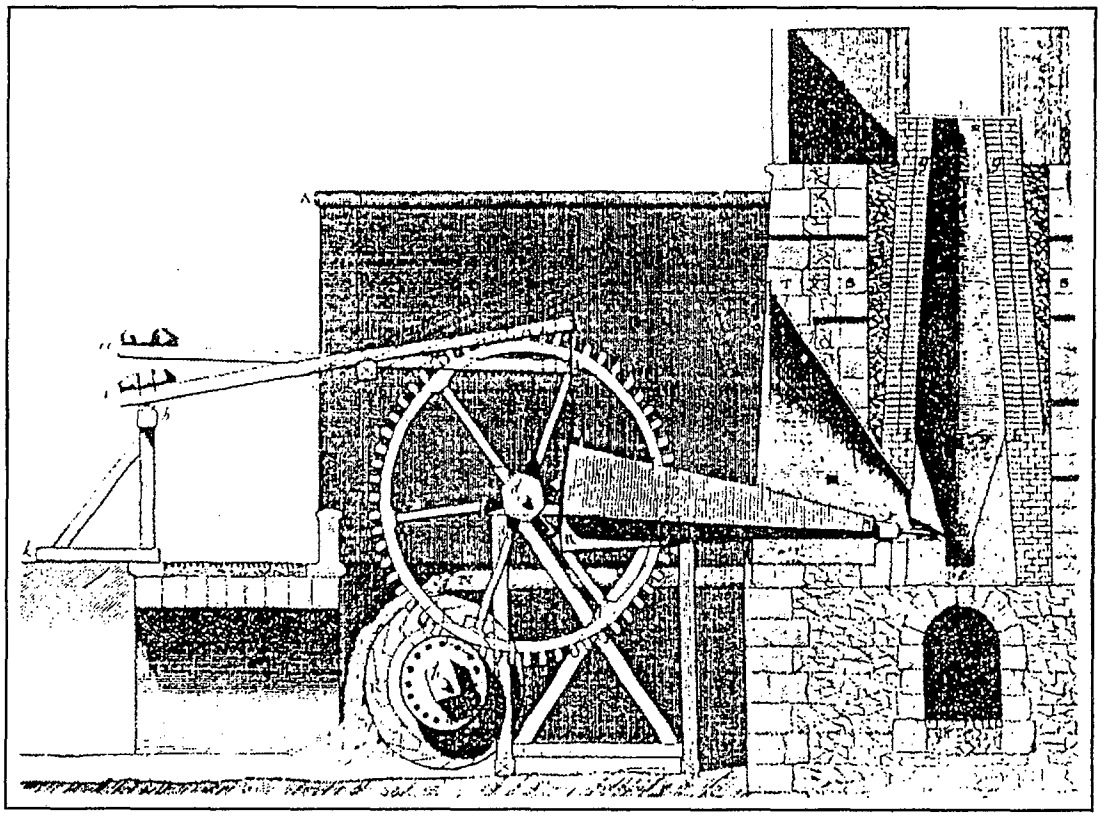


Fig. 44: Horno de fundición. Fuente: FRÍAS GÓMEZ et al, 1988, 497

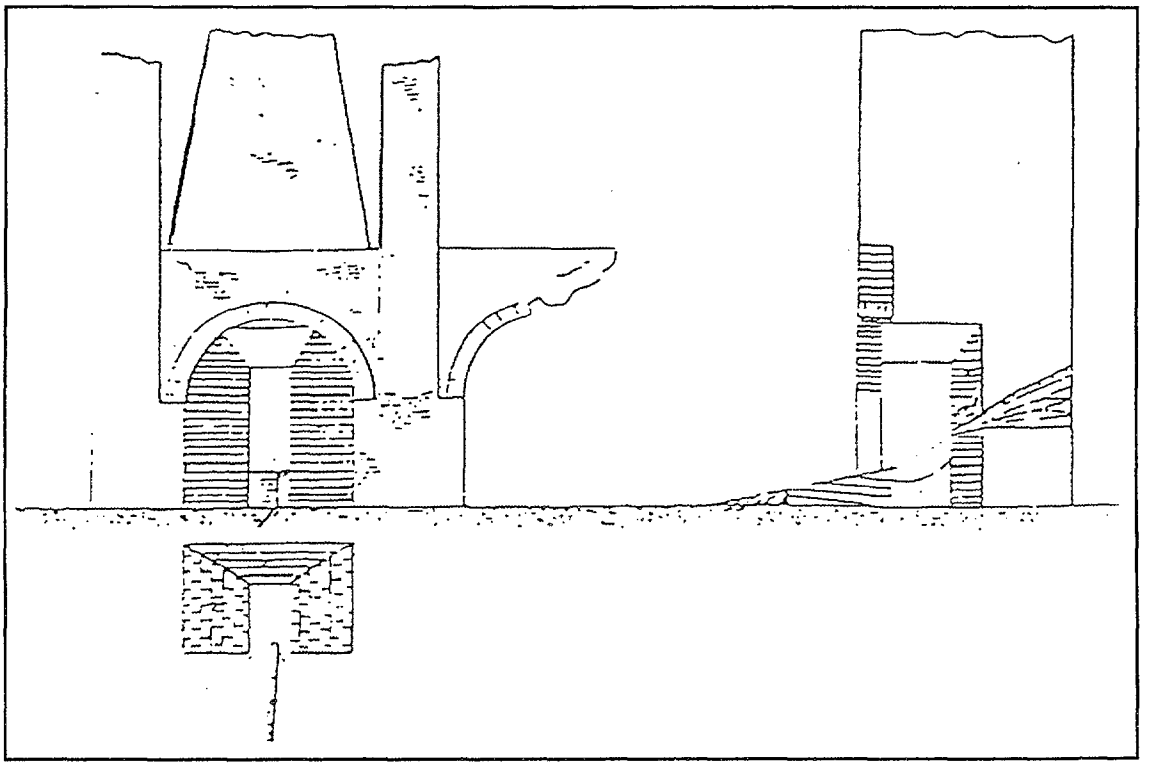


Fig. 45: Horno de fundición utilizado por REMISA en la década de 1840

Fuente: ESCOSURA, 1845, lámina V

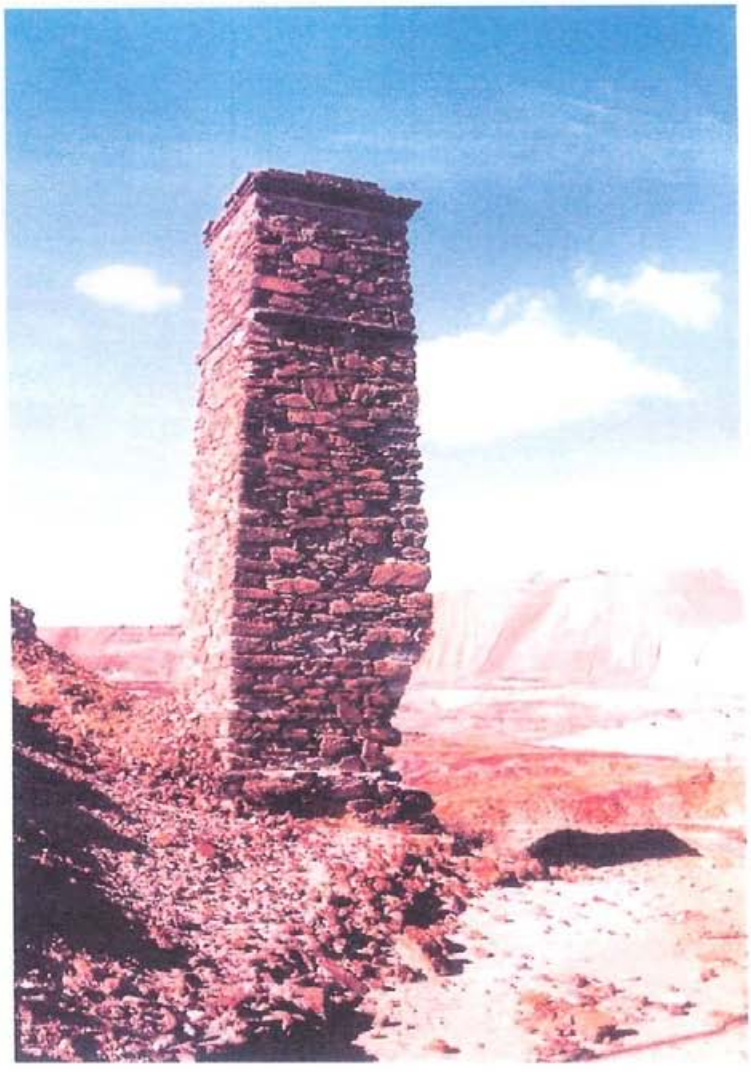


Foto nº 12. Restos actuales de un horno de fundición de la época de REMISA. Fuente: E. Romero

Para formar la cuba del horno se construían tres muros verticales, de ladrillos refractarios, para cada horno, dos laterales que se apoyaban en dos macizos de mampostería y el posterior o correspondiente a la tobera. Estos tres muros, que tenían cada uno dos varas de altura y su talud o derrame en la parte superior, formaban parte de la camisa del horno. Para completarla se hacía con arcilla el crisol, dándosele cierta inclinación y media vara de altura en el punto más alto; de manera que, para la cuba quedaba únicamente 1,50. Se construía al mismo tiempo el pie, la piquera y las copelas, y finalmente el pecho o muro delantero, que se destruía al fin de cada campaña. El talud de los muros de la camisa tenía por objeto hacer que el mineral, en vez de quedarse atascado en la boca, bajase a la cuba, resbalando por esos planos inclinados. La tobera estaba a

media vara de la parte más alta del crisol, es decir que, desde la tobera al nivel superior de la camisa había solamente una vara.

La sección horizontal del horno era rectangular; el muro de la tobera, tenía media vara de ancho,y una vara los laterales.

Cada par de hornos formaba una oficina o departamento separado, y todos ellos estaban colocados en la dirección de un arroyo, de donde se tomaban las aguas para mover las ruedas, que estaban, por lo general, mal construidas.

Cuando el crisol estaba lleno de cobre, se sangraba el horno. La escoria salía por una de las piqueras y la otra permanecía cerrada hasta que, la primera copela se llenaba completamente.

Como fundente se empleaban escorias romanas.

Se preparaba de una vez la mezcla que podía consumir el horno en un mes, llamándose a esto la "*mesada*". Para 10 partes de metal (mineral calcinado) se mezclaban 14 de escorias.

Se cargaban los hornos con barcales de madera; en 14 horas se echaban de 24 a 30 cargas según el estado del horno, de a seis barcales cada una por término medio, y en el mismo tiempo se consumían 70 marquillas, que hacían 84 arrobas de carbón de brezo.

En los dos primeros días de la campaña de un horno se sangraba dos veces en las 24 horas. En los restantes una sola vez (generalmente al amanecer) porque se agrandaba la cavidad del crisol, o el pozo como lo llamaban los fundidores.

En las 24 horas se fundían 100 arrobas de metal, obteniéndose de seis a siete arrobas de cobre negro.

Las campañas de los hornos eran de cinco a seis días y a veces de cuatro, porque al cabo de este tiempo era necesario hacer alguna recomposición en la camisa.

Las reacciones eran las siguientes:

- $CuO + CO \rightarrow Cu + CO_2$
- $Cu_2O + CO \rightarrow 2Cu + CO_2$
- $CuO + C \rightarrow Cu + CO$

- $Cu_2O + C \rightarrow 2Cu + CO$
- $CuSO_4 \rightarrow CuO + SO_3$

El hierro con otras impurezas formaba una escoria, que sobrenadaba en el crisol.

- $SiO_2 + FeO \rightarrow SiO_3Fe$

La afinación del cobre negro tenía siempre por objeto purificarle de las sustancias que lo hacían quebradizo y algunas veces darle también el grado conveniente de maleabilidad para forjarle, laminarle, etc.

Los cobres negros a partir de 1831 se afinaban en hornos de reverbero (figuras 46 y 47). La plaza era circular y tenía a un lado la rejilla con puerta para el hogar y cenicero bastante profundo. La bóveda que cubría la plaza era semiesférica e independiente del hogar. Tenía la primera su comunicación con la chimenea por varios conductos verticales. El fuelle y la puerta del trabajadero estaban enfrente uno del otro, y la sangría se efectuaba por el lado opuesto a la rejilla, recibiendo el metal en dos vaciaderas.

La plaza se formaba con carbonilla compuesta de carbón y arcilla.

En las primeras horas se calentaba poco a poco el horno, hasta que se fundía el cobre y en las cinco últimas se daba viento, pasándose al periodo de oxidación. De vez en cuando se echaba un poco de carbonilla para formar la escoria, y se iban sacando muestras, en espetones de hierro, para observar la fractura, y el color del cobre, y en una cucharita para ver el grado de maleabilidad. Cuando el color del cobre era completamente rojo, sin manchas blancas, y cuando se dejaba trabajar sin abrirse presentando una fractura de grano muy fino, sangraban el horno, recibiendo la fundición primero en una vaciadera y cuando estaba llena en otra.

Se enfriaba con agua la superficie del cobre y este enfriamiento se extendía hasta cierta profundidad. Se levantaba con espetones la parte enfriada y entre cuatro obreros la transportaban en barras de hierro a una balsa inmediata para evitar que se oxidase. Se volvía a enfriar de nuevo el cobre líquido y se levantaba de nuevo otro disco, y así se continuaba hasta el último. El cobre adquiría al enfriarse un color de cochinilla y se llamaba por esto cobre roseta.

En 24 horas podían afinarse 125 arrobas de cobre y se consumía un horno de leña.

La cáscara de la cañería se afinaba toda en los mismos hornos, con la diferencia de que, la oxidación con el fuelle duraba únicamente de un cuarto a media hora cuando más.

Las escorias de afinación contenían poco óxido de cobre, pero bastante cobre metálico que arrastraban mecánicamente, un poco de sulfuro de cobre y de hierro. Se fundían en hornos de manga lo mismo que el mineral calcinado; y el cobre negro se afinaba dos veces consecutivas en el horno de reverbero; la primera afinación se llamaba de derretido.

Cuando los pedidos lo requerían, también se afinaban dos veces los cobres negros del mineral; pero esto no acontecía con frecuencia.

El cobre se vendía generalmente a la fundición de cañones de Sevilla y para los martinetes, distinguiéndose dos puntos de afinación, el de artillería y el de martinete, más puro el primero que el último. En Sevilla se afinaba de nuevo y cubría perfectamente su objetivo, porque para el bronce no se necesitaba un cobre de primera calidad.

También se vendía para las casas de moneda en las que por lo menos se fundía otra vez, y las fábricas de San Juan de Alcaraz empleaban este cobre para la calderería.

El cobre de cementación obtenido en los pilones en que se disolvían los sulfatos de las minas (vitriolos) se llamaba cobre de Los Planes, que era el lugar en que se realizaba este beneficio, afinándose en copelas de un pie de diámetro, revestidas de carbonilla, colocadas delante de la tobera del fuelle y debajo de una chimenea.

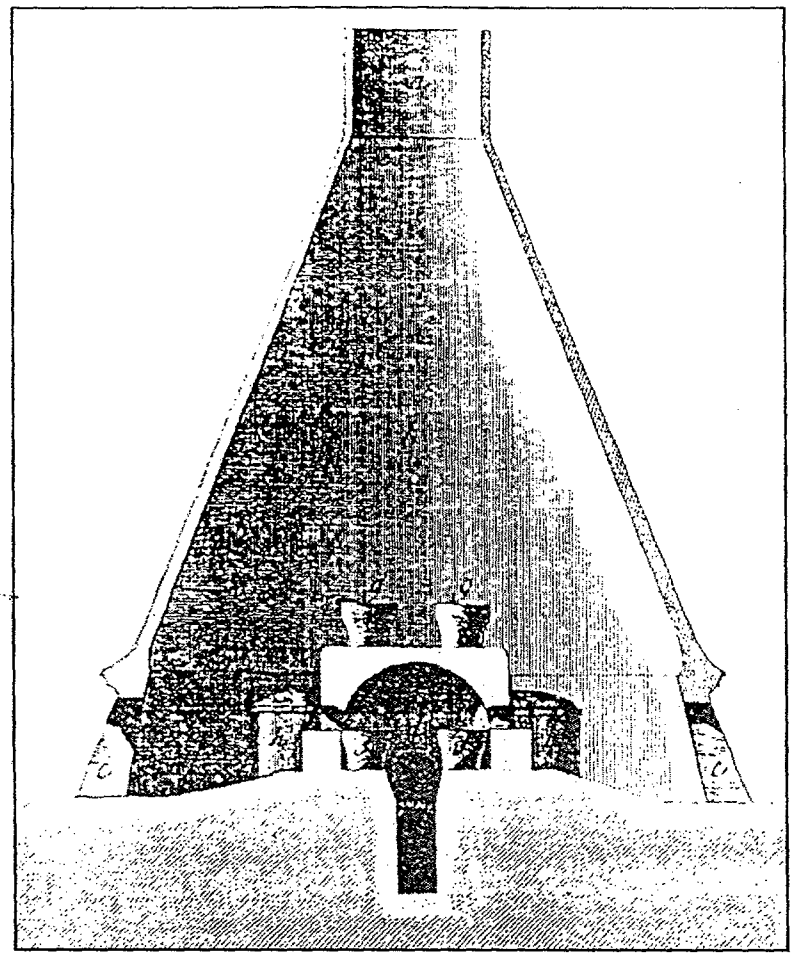


Fig. 46: Horno reverbero utilizado para el afino del cobre. Fuente: FRÍAS GÓMEZ et al, 1988, 497

Después de cargada la copela se le echaba el combustible encima, se afinaba como en una fragua, y a continuación se vertía en vaciaderas, formándose las rosetas de la manera que ya se ha explicado.

El cobre obtenido, tanto el de los minerales como el de cementación no servía sino para trabajos groseros. En general estaba mal afinado basándose ESCOSURA para atribuir su calidad a la afinación, en que el cobre de cementación que sólo podía estar mezclado con hierro, participaba también de las mismas propiedades.

Se distinguían en la afinación del cobre varios periodos, de los que dependía siempre la bondad del metal. Si en el primero se calentaba poco a poco el cobre y se le fundía, sin elevar demasiado la temperatura, se podía desalojar el arsénico y el azufre, casi en su totalidad. En el segundo periodo en que se aplicaba el fuelle, se oxidaba el hierro y algún otro metal, caso de que lo

hubiese; si se continuaba mucho tiempo la oxidación, parte del cobre se oxidaba también, esparciéndose uniformemente en la masa de cobre metal; de manera que oxidándose cobre, se lograba separarle totalmente de los demás metales, aunque se formaba al mismo tiempo cierta cantidad de óxido cuproso. La combinación del cobre con su óxido era un compuesto quebradizo.

En Riotinto se beneficiaba un mineral muy pobre, el combustible era escaso, y en general la pérdida no era muy considerable; sin embargo, este aprovechamiento del metal empeoraban la calidad del cobre.

Había observado ESCOSURA que el fundente que se echaba en el horno de reverbero para formar la escoria no formaba un compuesto fluido, por lo que arrastraba mucho cobre metal; en general la escoria no tenía el color rojo muy subido, es decir que no contenía mucho óxido de cobre, y si esto era prueba de economía hacía sospechar con fundamento que la oxidación no había sido suficiente para desalojar todo el hierro, por lo que debería pasarse de punto el cobre prolongando si fuese necesario el periodo de oxidación, berlingando[28] continuamente y manteniendo el cobre a una temperatura elevada, algo mayor que la necesaria para la fusión, circunstancia que no se tenía siempre presente en la afinación del cobre; de este modo se perdería algo más porque la escoria contendría bastante óxido de cobre, pero se lograría separar todo el hierro y recobrándose en trabajos secundarios el cobre de las escorias. Llegado este momento podría traerse el cobre a punto parando el fuelle, cubriendo con carbón el baño, cebando el hogar y escorificando hasta darle el grado de maleabilidad.

En el afino por el fuego, el oxígeno del aire se emplea para oxidar el cobre, y el óxido cuproso así formado transporta el oxígeno al baño donde elimina algunas de las impurezas que éste contiene. El arsénico y el antimonio se pueden oxidar tan sólo hasta cierto límite.

[28] El berlingado consistía en remover el baño de cobre fundido con una vara verde, desprendiéndose vapor de agua y óxidos de carbono, que producía cierto hervor en el metal que facilitaba la oxidación.

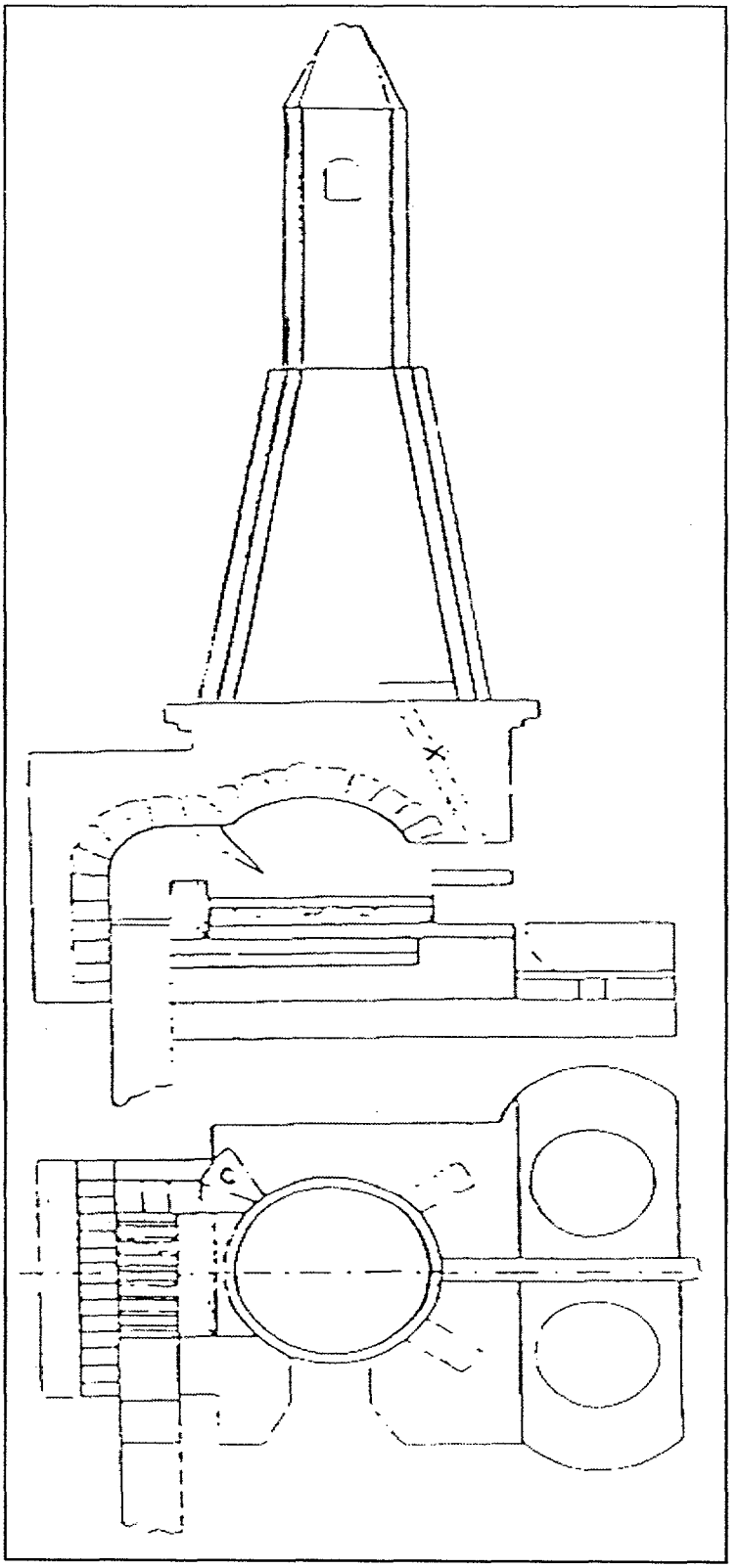


Fig. 47: Horno de reverbero utilizado en el afino en la década de 1840

Fuente: ESCOSURA, 1845, lámina V

Las reacciones químicas que se producían en el afino eran las siguientes:

- $4Cu + O_2 \rightarrow 2Cu_2O$
- $Cu_2O + SiO_2 \rightarrow Cu_2O.SiO_2$
- $5Cu_2O + 2As \rightarrow As_2O_5 + 10Cu$
- $As_2O_5 + Cu_2O \rightarrow Cu_2O.As_2O_5$
- $5Cu_2O + 2Sb \rightarrow Sb_2O_5 + 10Cu$
- $Sb_2O_5 + Cu_2O \rightarrow Cu_2O.Sb_2O_5$
- $2Cu_2S + 3O_2 \rightarrow 2Cu_2O + 2SO_2$
- $2Cu_2O + C \rightarrow 4Cu + CO_2$
- $Cu_2O + CO \rightarrow 2Cu + CO_2$

En el estado líquido, el arsénico y el cobre son miscibles en todas las proporciones y debido a la estabilidad de este arseniuro, el arsénico se aferra tenazmente al cobre fundido. Por el efecto perjudicial que da el arsénico a muchas aplicaciones del cobre, es muy importante proceder a la eliminación de la mayor parte posible de este constituyente. Dicha eliminación se suele realizar con carbonato sódico una vez que el periodo de oxidación ha tocado a su fin, es decir cuando el contenido de oxígeno del baño es aproximadamente del 1%, puesto que esta operación no se realizaba en Riotinto, el cobre aunque fuera a punto de aleaciones siempre llevaría impurezas de arsénico (BRAY, 1962, 258).

En 1845 comenzó a utilizarse en Riotinto la cementación artificial desplazando a la vía seca, aquel mismo año, según publicaba la Gaceta del 9 de septiembre, había obtenido privilegio de invención FELIPE PRIETO, con protección para su utilización por 15 años, lo que supuso un gran alivio para REMISA, que ya había sido denunciado en 1837 por la tala abusiva de arboleda, pues el nuevo sistema sólo consumía monte bajo en la calcinación, y carbón y leña en el afino.

Recordemos que la cementación artificial del cobre comenzó a utilizarse en Europa a principios del siglo XV, siendo descrita por BASILIO VALENTÍN en su obra *"Currus Triomphalis Antimoni"*, y por ÁLVARO ALONSO BARBA[29]

[29] Los negrillos de cobre, sean acerados, espejados,u otros cualesquiera, se han de quemar, hasta que pierdan el brillar que tienen; y porque con la quema se engendra dellos mucha caparrosa, o copaquira, se

(1640, libro III capítulo XIV) en su libro *"Del Arte de los Metales"* impresa por primera vez en 1640, y que había sido propuesta en un informe de FRANCISCO ANGULO de 1787.

> *"Las tierras calcinadas, de las que hay cantidades muy inmensas abandonadas, pueden dar igualmente, por medio de la lejía y evaporación correspondiente, cantidades considerables de vitriolos (se refiere en este caso al sulfato de hierro), después de haber extraído con el hierro el cobre que contienen. Las aguas mismas de la cañería de desagüe pueden ayudar a esta operación, después de haber dado ya el cobre precipitado. En fin, tengo idea (y la experiencia hará ver la verdad) de que el método de reducir todo el mineral de Río Tinto (o a lo menos el mineral abandonado por menudo) a vitriolo (sulfato de cobre), calcinándolo y lavándolo por medio de hierro viejo (chatarra), daría más ventaja que el método de fundición usado ahora, porque se gastaría entonces menos carbón, y no sólo se aprovecharía mucho hierro que ahora se desperdicia, sino que se convertiría este metal en vitriolo verde, que vale mucho más"* (GONZALO Y TARÍN, 1888, 276).

Por lo que es sorprendente que el Estado concediera una patente para un método metalúrgico, conocido desde hacía siglos y ampliamente utilizado en otros países. Obtenida la patente por PRIETO, y ante la próxima finalización del contrato de alquiler de las minas, REMISA subcontrata con la empresa Los Planes la explotación del *"invento"*, cediéndole sus antiguas fábricas, con los edificios, maquinarias e instalaciones existentes en Los Planes, este contrato fue realizado sin ponerlo en conocimiento de la Real Hacienda (ALDANA, 1875, 343).

En 1846, ROBERTO KITH (353-372) describe el método de cementación artificial, según se acababa de plantear en Riotinto, al que seguiremos para describirlo.

---

lavaràn como queda dicho, hasta que se le saque toda: cuezanse luego, y se reducirá a pella todo el cobre que tuvieren; y sin quitarles la caparrosa se echasen en el fondo de hierro, en breve lo gastaria, y convertiria en cobre fino.

Tal como se ha dicho en 1845, FELIPE PRIETO, vecino de Sevilla, obtuvo un privilegio para beneficiar los minerales cobrizos por un método particular e hizo cesión de él a favor de la compañía que explotaba la mina la Admirable, del término del Castillo de las Guardas. Posteriormente en la mina Poderosa, la del Tinto y otras, habían empezado a beneficiar sus minerales por este método, y finalmente en la de Riotinto.

En el año 1839, la empresa llamada Los Planes hizo una contrata con la arrendataria de las minas, y en virtud de ella beneficiaba por su cuenta, y mediante ciertas condiciones, todas las tierras y vitriolos[30] que existían y se formaban en las excavaciones de la mina, aprovechamiento aconsejado por ANGULO (1787) y ELHUYAR (1823). Ya el modo de beneficiar estas tierras era un nuevo paso para llegar al método de cementación artificial, puesto que eran lixiviadas en unos pilones con agua, disolviéndose los sulfatos de cobre y de hierro, cementándose después el cobre en otros pilones que se denominaban cementadores o del hierro.

Las tierras dejadas en la mina debido a su tamaño excesivamente pequeño y menudos, se dejaban abandonadas en las galerías de la mina donde por la acción de la humedad, de las aguas de infiltración y de la corriente de aire de la galería se transformaban en tierras vitriólicas según las reacciones:

- $2S_2Fe + 2H_2O + 7O_2 \rightarrow 2SO_4Fe + 2SO_4H_2 + 62.300$ calorías
- $3S_2Fe + 6H_2O + 11O_2 \rightarrow FeO + Fe_2O_3 + 6SO_4H_2$
- $FeO + Fe_2O_3 + 4SO_4H_2 \rightarrow SO_4Fe + (SO_4)_3Fe_2 + 4H_2O$
- $SiO_3Fe + SO_4H_2 \rightarrow SO_4Fe + SiO_2 + H_2O$

El sulfato ferroso es poco estable pasando con facilidad a férrico, especialmente a temperaturas bajas:

- $4SO_4Fe + 2SO_4H_2 + O_2 \rightarrow 2(SO_4)_3F_2 + 2H_2O$

[30] Los vitriolos eran el resultado de la descomposición del mineral por la acción del agua que se filtraba por las paredes de la mina y la circulación del aire por las excavaciones lo convierten en sulfatos; estos aparecían formando verdaderas estalactitas, las cuales, en unos casos eran más cobrizas y en otros más ferruginosas. Las llamadas tierras estaban constituidas por mineral abandonado por menudo, descompuestas y cargadas por consiguiente de los sulfatos de cobre y de hierro.

Este sulfato férrico era el principal atacante de los sulfuros y óxidos de cobre:

- $2(SO_4)_3Fe_2 + SCu_2 \rightarrow 2SO_4Cu + 4SO_4Fe + S$
- $(SO_4)_3Fe_2 + SCu + 3/2O_2 + H_2O \rightarrow SO_4Cu + 2SO_4Fe + SO_4H_2$
- $3(SO_4)_3Fe_2 + 2OCu \rightarrow 2SO_4Cu + 6SO_4Fe + SO_2 + 2O_2$

La mayor parte de los metales que acompañaban al cobre eran también atacados por las sales férricas, que los pasaban a sulfatos, algunos de los cuales, como los de cinc y arsénico, eran solubles, y otros, como los de plomo insolubles (PINEDO VARA, 1963, 603).

Una vez disueltos los vitriolos y tierras vitriólicas, las aguas se enviaban a los pilones cementadores, donde la reacción básica de cementación era:

- $SO_4Cu + Fe \rightarrow SO_4Fe + Cu$

De acuerdo con esta reacción se necesitarían 0,88 partes de hierro por cada una de cobre obtenido, pero en la práctica su consumo aumentaba de 1,5 a 3,5, debido a otras reacciones desfavorables, que también ocurrían en la cementación artificial, lo que hacía perder rentabilidad al proceso, pues al precio del hierro había que añadir su transporte desde Vizcaya a Riotinto.

Las reacciones desfavorables eran las siguientes:

- $Fe + SO_4H_2 \rightarrow SO_4Fe + H_2$
- $2Fe + 3SO_4H_2 \rightarrow (SO_4)_3Fe_2 + 3H_2$
- $Fe + (SO_4)_3Fe_2 \rightarrow 3SO_4Fe$
- $Cu + (SO_4)_3Fe_2 \rightarrow SO_4Cu + 2SO_4Fe$

Por tener lugar el proceso al aire:

- $Cu + SO_4H_2 + 1/2O_2 \rightarrow SO_4Cu + H_2O$
- $Fe + SO_4H_2 + 1/2O_2 \rightarrow SO_4Fe + 2H_2O$
- $2SO_4Fe + SO_4H_2 + 1/2O_2 \rightarrow (SO_4)_3Fe_2 + H_2O$

De estas ecuaciones podemos sacar como conclusión que los factores más importantes en el consumo de hierro era la presencia de oxígeno, el ácido sulfúrico libre y la existencia de Fe^{3+}.

Se preguntaba KITH, ¿Qué quedaba por hacer para poder beneficiar el mineral, que era un sulfuro, por este mismo método? Únicamente calcinarlo con ciertas precauciones para convertirlo en sulfato, sino totalmente, la mayor parte

posible, pues esta formación de sulfatos en la calcinación era un principio generalmente conocido.

Por otra parte, desde hacía mucho tiempo se efectuaba la fabricación en grande de caparrosa, sometiendo la pirita de hierro a la acción del calor y de la humedad, para lo cual se calcinaba en montones al aire libre, y posteriormente se lixiviaba con agua para obtener el sulfato de hierro en disolución[31]. Por tanto, la cementación artificial estaba fundada en hechos conocidos y practicados desde hacía muchísimos años.

En resumen, la cementación artificial consistía en calcinar el mineral, tratarlo con agua para que se disolvieran los sulfatos, precipitar el cobre por medio del hierro, y afinar la cascarilla.

El mineral se dividía en trozos de una pulgada o pulgada y media (tamaño de una nuez) de diámetro, para facilitar el paso del aire en la calcinación. Esta división se hacía junto a la misma boca de los pozos, con unos martillos que los trabajadores denominaban marrillos, conduciéndose a continuación el mineral en barcales a las plazas de calcinación. La quema se efectuaba al aire libre, y en montones de los llamados hornos cónicos.

Para la construcción del horno se empezaba por colocar una capa de mineral menudo, de dos o tres pulgadas de espesor y de 5,75 varas de diámetro; encima se colocaba otra de leña de 0,42 varas de altura, y del mismo radio. En la calcinación para fundición se ponía en cada montón un horno de leña[32], y en la calcinación para cementación artificial se ponían dos terceras partes de la cantidad anterior[33], es decir, 13 cargas; esta disminución en la cantidad de combustible producía mejores resultados en la operación y un consiguiente ahorro de combustible.

Sobre la leña se ponía una capa de monte bajo o ramas de encina, cargándose a continuación el mineral, habiendo puesto anteriormente en el centro del montón y verticalmente, un prisma cuadrangular de madera de cinco

[31] En Riotinto también se obtenía la caparrosa, evaporando las aguas vitriólicas después de haberles extraído el cobre.
[32] Así llamaban a la cantidad de leña que se empleaba en la quema de un montón cónico y que venían a ser unas 20 cargas.
[33] Posteriormente pasó a emplearse solamente monte bajo.

pies de altura, y cuya base tenía seis pulgadas de lado. Este prisma hueco, al que los trabajadores daban el nombre de marquilla, se iba llenando de carbón y elevando a medida que se aumentaba la altura del montón, que llegaba a tener sobre la capa de leña 2,20 varas de altura.

En la construcción se procuraba ir disminuyendo el diámetro del montón a medida que iba subiendo, para que quedase de forma cónica; de modo que, resultaba un cono de mineral,y en su centro una chimenea rellena de carbón por donde se iniciaba la combustión que se extendía a toda la leña, empezando a arder el montón.

La carga de cada montón oscilaba entre 900 y 950 quintales.

Al cabo de diez días de estar ardiendo el montón, se quitaba toda la capa exterior que, se encontraba recubierta por el azufre que se había destilado, a lo que debía su nombre de capa blanca que le daban los trabajadores; estaba constituida por el mineral que no se había descompuesto, que volvía a cargarse en otro horno. El montón ardía con más actividad después de quitarle esta capa, hasta que se apagaba por sí mismo, procediéndose a descargarlo.

Se hacían dos separaciones del mineral quemado; el que ocupaba la parte inferior del horno se destinaba generalmente a la fundición, sometiéndole a otra calcinación y aun algunas veces a dos, después de lo cual era tratado en hornos alemanes. El resto del mineral calcinado se cargaba en carros, y se conducía a las inmediaciones de la fábrica de afinación de Santa María, junto a la cual se habían construido los pilones.

La cantidad de mineral calcinado que iba a la fundición, variaba con cada quema, porque dependía de la marcha de la operación.

El mineral quemado más a propósito para ser tratado por cementación, era el que tenía color rojizo que, en algunos puntos, pasaba a morado.

La calcinación de la cementación artificial era lenta, a baja temperatura, produciéndose las siguientes reacciones conforme se calentaba el mineral:

- A los 100 ºC se desprendía el agua en forma de vapor.

- A los 415 ºC comenzaba el desprendimiento del azufre lábil mediante la reacción:

  - $S_2Fe \rightarrow SFe + \frac{1}{2}S_2 - 35{,}5$ Kcal.

- Una vez desprendido el azufre se inicia la oxidación del sulfuro de hierro y demás sulfuros metálicos, produciéndose reacciones complejas tendentes a la formación de sulfatos o a la formación de óxidos.

- $SFe + 2O_2 \rightarrow SO_4Fe$

  que a mayor temperatura se descomponía en → $FeO + SO_3$

- $SCu + 2O_2 \rightarrow SO_4Cu$

  que a mayor temperatura se descomponía en → $CuO + SO_3$

- $S_2CuFe + 4O_2 \rightarrow SO_4Cu + SO_4Fe$

  que a mayor temperatura se descomponía en → $CuO + FeO + 2SO_3$

- Cada uno de los sulfatos se descompone a una temperatura determinada dependiendo de la atmósfera circundante, que controla el equilibrio.

- $SO_2 + ½O_2 \rightarrow SO_3$

- Por encima de los 710 ºC se favorece la formación de óxidos de hierro que se combinan con los óxidos de cobre y zinc (ferritos) formando núcleos ricos en cobre e insolubles en agua ácida ($CuOFe_2O_3$).

El control de la temperatura era por tanto muy importante, aunque no tenemos constancia de que se llevase a cabo en esta época, pero esto no era fácil en una telera o montón cónico, por lo que se producían núcleos insolubles que se enviaban a la fundición. La temperatura, por tanto, se debía mantener entre 630 y 710 ºC lo que garantizaba que los productos metálicos fuesen sulfatos y que no se formara óxido de hierro.

En las inmediaciones de la fábrica de afinación Santa María había construido la empresa 18 pilones, destinados a la disolución y precipitación del cobre. De ellos, 9 se destinaban a la disolución, que eran los mayores, hallándose colocados en línea recta; los otros 9, menores que los anteriores, servían para que las lejías se espesasen y para la cementación del cobre; 3 estaban destinados a la primera operación, y los otros 6 a la segunda.

Los nueve pilones destinados a la disolución, se llamaban disolvedores, tenían 6,17 varas de largo, 4,30 de ancho y 1,50 de profundidad; a 33 centésimas de su fondo tenían un orificio de pulgada y media de diámetro, provisto de su correspondiente tapón, al que los trabajadores daban el nombre de vitoque.

Se comenzaba el beneficio poniendo el mineral calcinado dentro de los disolvedores. La conducción de los montones a estas albercas la realizaban unos muchachos con barcales; y conforme estos van vaciando el mineral, un operario lo iba comprimiendo con un pisón de madera.

En cada uno de los disolvedores se ponían de 1.300 a 1.500 arrobas de mineral, conectándose un canal desde el cauce del agua hasta el disolvedor, introduciéndose en él de 900 a 1.000 arrobas de agua. Se dejaba de este modo el mineral en contacto con el agua por espacio de 48 a 50 horas, al cabo de las cuales quitaban el vitoque y la lejía formada pasaba a los pilones reposadores.

La lejía empezaba a salir a 36º del areómetro de Beaumé, pero después iba disminuyendo de densidad, porque las capas de líquido específicamente más pesadas ocupaban la parte inferior de la balsa, resultado por último el líquido a 12º.

Cuando había salido toda la lejía, se volvía a poner el vitoque, echándose nueva cantidad de agua clara en el disolvedor; esta operación se repetía cuatro veces y a lo más cinco, haciendo las sueltas de la lejía cada tres días.

Después de haber sometido el mineral calcinado cuatro o cinco veces a la acción del agua, se sacaba el mineral del pilón, volviéndolo a cargar con nuevos calcinados.

El agua empleada era la misma que salía por el socavón de desagüe de la mina[34], después de habérsele extraído el cobre en la cañería de cementación, servía para mover las ruedas hidráulicas que hacían funcionar los fuelles de las fundiciones, corría por un canal construido casi en el mismo camino, y por medio de canales móviles de madera se la hacía pasar a los disolvedores, a los reposadores y a los pilones cementadores, según conviniese.

Los tres pilones reposadores estaban destinados a que las partículas sólidas arrastradas por las lejías se depositasen en el fondo antes de pasar a los pilones cementadores o del hierro. Estos se hallaban colocados a 2,75 varas más bajos que los disolvedores, con objeto de que las lejías formadas en éstos,

[34] Se utilizaba este agua por carecer de otra, pues ya venían cargadas de impurezas, siendo las más perjudiciales el ácido sulfúrico y el óxido férrico que consumían hierro en la cementación.

pudieran pasar por gravedad a los reposadores cuando se consideraba que había transcurrido el tiempo suficiente para dar la suelta.

Los reposadores que eran cuadrados, tenían 4,30 varas de lado y 1,50 varas de profundidad; contaban con un orificio colocado en la misma disposición y de las mismas dimensiones que los disolvedores, con objeto de que las lejías pasaran a los pilones del hierro, cuando se hubieran aposado.

El tiempo que las lejías estaban en el reposador, dependía de la marcha de los pilones del hierro.

Para hacer pasar las lejías desde los reposadores a los pilones del hierro, se ponían desde aquellos a éstos unos canales móviles de madera.

Las balsas destinadas a recibir las lejías después de haber estado en los reposadores, en las cuales se cementaba el cobre, se conocían como pilones del hierro. Éstos eran seis y se hallaban colocados a 2,75 varas más bajos que los reposadores, con objeto de que las lejías pasasen de éstos a aquellos igualmente por gravedad. Los pilones del hierro tenían las mismas dimensiones que los reposadores.

Las operaciones que se ejecutaban en los pilones del hierro eran las mismas que se ejecutaban en el departamento de "Los Planes", para los vitriolos y tierras vitriólicas; la única variación introducida era que un muchacho renovaba de cuando en cuando las lejías con un rodo de madera, cuyo mango tenía 3,75 varas y su pala 0,66 de largo por 0,24 de ancho; el mango formaba un ángulo recto con la pala. El mismo operario iba removiendo alternativamente todos los pilones que estaban en actividad.

El elevado precio del hierro dulce, hacía que se emplease el hierro fundido, fundición gris, para la cementación del cobre en los pilones, a pesar de no salir la cascarilla tan limpia ni tan compacta y necesitarse más tiempo para la cementación; esto último no era tan importante como la peor calidad de la cascarilla, porque después el afino era más costoso.

Los lingotes de hierro colado se disponían en los pilones de modo que formaban castillejos, que se construían sobre unos asientos de madera.

En cada pilón se ponían de 800 a 1.000 arrobas de hierro; completándose esta cantidad cada vez que se limpiaban las barras.

Las lejías estaban en los pilones todo el tiempo necesario para la cementación, comprobándose que se había agotado el cobre, introduciendo un cuchillo de hierro bien limpio. El tiempo que una lejía tardaba en cementar era muy variable; el máximo, cuando los tochos eran nuevos, era de cuatro a cinco días, y el mínimo de 24 horas.

Cuando la lejía había terminado de cementar, quitaban el vitoque, reemplazándola por otra nueva procedente de los reposadores, sin descascarar las barras, operación que se realizaba después de haber introducido cuatro o cinco lejías, es decir, las que había producido un mismo mineral.

El descascaro de las barras lo realizaban cuatro operarios que entraban en el pilón después de haberlo dejado en seco; iban poniendo fuera las barras, echando la cascarilla en el pilón para lavarla después con agua clara. Extraída y seca la cáscara se afinaba en el horno de reverbero o en las copelas, por lo general en estas últimas.

Además de la cascarilla, se obtenía en el fondo del pilón un lodo, compuesto de sales de hierro y de cobre, que los operarios llamaban papucha, se lavaba en pequeñas tinas y después de seca se fundía en hornos de manga, junto con las escorias de afinación de las copelas. La papucha contenía de cinco a nueve por ciento de cobre.

La afinación en hornos de reverbero se ejecutaba absolutamente lo mismo que la de la cascarilla de la cañería, con la única diferencia de que, como contenía más impurezas, principalmente hierro, arsénico y carbón, la oxidación tenía que durar más tiempo, estando el fuelle en actividad una hora más que para la de la cañería.

La afinación del cobre en copelas se efectuaba como en una fragua; se ponían pareadas, formando cada par una oficina separada.

Para construir las copelas, se empezaba por levantar tres muros de mampostería, verticales, de base rectangular, de tres varas de largo por 1,50 de ancho, dejándose entre ellos un espacio de 2,20 varas para la copela. Apoyándose en estos macizos, cuyos lados menores estaban colocados al frente M horno; se construían dos arcos de bóveda para levantar sobre ellos un muro, que con los demás del horno, formaban su chimenea. Dejándose la bóveda de

tobera, se levantaba otro muro vertical en la parte posterior del horno, de una vara de grueso.

Hasta aquí en nada variaba la construcción de los hornos de copela de los de manga que se usaban en el establecimiento, así es que muchas veces quitaban una copela y formaban la cuba de un horno, quedando de este modo habilitado para fundir y viceversa.

En el espacio que quedaba entre los muros verticales se construía la copela con tres grandes piedras, dejando en el centro de la plaza un hueco de una vara en cuadro, el cual se llenaba con carbonilla; en ésta se formaba una cavidad de un pie de diámetro y seis pulgadas de profundidad, que era la copela.

En la parte anterior del muro de separación de las dos copelas, se construía la vaciadera que era el espacio destinado a recibir el cobre después de afinado. La tobera estaba a la altura de la copela, inclinada de modo que el viento batía el centro de la misma. Los operarios empleados en una copela eran un maestro, un contramaestro y un peón.

Para empezar un afino, después de seca y rellena la copela de carbón hecho brasa, se echaban encima unas tres arrobas de cáscara, que se cubrían con una capa de carbón, que después que ésta está derretida y hace un escorio, se volvía a cargar más cáscara hasta llenar la copela. Después de poner la escoria y recubrirla con carbón, empezaba a trabajar el fuelle que no paraba hasta que concluía la operación.

La cantidad de cobre que se afinaba en cada operación se llamaba copela, así era que los operarios decían, "hoy se han sacado tres copelas", por ejemplo. En la primera copela se empleaban de cuatro a seis horas, obteniéndose cinco arrobas de cobre.

Después de hacer dos o tres escorios, cuando ya la operación debía ir tocando a su término, un operario introducía la tienta en la copela por la bóveda de tobera, repitiendo estas pruebas hasta que el cobre se hallaba en punto. Cuando llegaba este momento pasaban el cobre con unos cazos de hierro a las vaciaderas, en donde, aspergeando diversas veces al baño metálico, se iban

obteniendo discos que, para evitar la oxidación de sus superficies, se sumergían rápidamente en agua.

Extraído el cobre de la copela se volvía a cargar esta nuevamente, tardándose más tiempo en sacar la copela, afinándose mayor cantidad de cáscara, debido a que la copela va aumentando de tamaño sucesivamente en cada operación, hasta que, al segundo o tercer día de estar en marcha hay que volver a hacerla de nuevo.

En 24 horas se sacaban de tres a cinco copelas, según la calidad de la cáscara y el tamaño que ya tuviera la copela; en el mismo tiempo se consumía de 70 a 90 marquillas de carbón de brezo.

La cantidad de cáscara que se afinaba en una campaña, dependía del tiempo que duraba ésta; por término medio eran unas 50 arrobas, que producían 30 arrobas de cobre fino. La cascarilla no daba más que un 60%, siendo debida en parte esta pérdida tan elevada, a la corriente de aire que arrastraba mecánicamente polvo de cobre a la chimenea, de donde de vez en cuando se recogía, una porción de cáscara.

Las escorias de afinación contenían de cinco a seis por ciento de cobre, pero no oxidado, sino al estado de granalla, decía KITH que existía la intención de fundirlas con la papucha aunque hasta aquel momento no se había realizado; lo que se realizaba era fundirlas en un horno de manga como si fuese mineral, obteniéndose cobre negro que se afinaba en el horno de reverbero.

Por la cementación artificial se obtenía del mineral de 1,25 a 2% de cobre fino, resultado bastante pobre, cuando por fundición se llegaba al 4%[35]. A los dos o tres meses de haberse extraído el mineral de los disolvedores, en los que se les sometió por cuatro o cinco veces a la acción del agua, se volvía a calcinar ejecutándose un segundo beneficio en todo análogo al primero. El ensayo de este segundo beneficio lo realizó por primera vez GUSTAVO WILCKE en la mina del Tinto; y habiendo obtenido buenos resultados, fue adoptando en Riotinto y en la mina Admirable. En este segundo beneficio se obtenía de 1 a 1,5% de cobre fino.

[35] No nos ofrecen mucha confianza estos datos pues el primer laboratorio químico se instaló en Riotinto en 1859.

Aunque no había podido disponer de los datos relativos a los costes de las diversas operaciones, por estar las minas arrendadas, para poder comparar el coste de una arroba de cobre obtenida por fundición con otra obtenida por cementación artificial, consideraba que era indisputable que la cementación artificial, era mucho más económica en estas minas, y en todo el distrito, que la fundición. Cuando se fundía el mineral en este establecimiento[36], la producción de cobre dependía de la cantidad de combustible de que se podía disponer; éste escaseaba, siendo cada vez más notable su falta, y por medio de la cementación artificial se había conseguido que desapareciera esta dificultad o dependencia, de modo que, aunque los costos de ambos procedimientos fuesen los mismos, sería siempre preferible beneficiar el cobre por cementación.

Un punto de la mayor importancia para el establecimiento era la construcción de un camino carretil desde las minas a El Algarrobo y justificaba esta necesidad en que por cada arroba de cobre fino que se transportaba a Sevilla, había que traer desde ella 1,75 arrobas de hierro fundido. Bien fácil era de comprender lo costoso que era el conducir a lomo, y a doce leguas de distancia, un número muy considerable de quintales al año, y lo económico que sería el que estos transportes se pudiesen hacer en carretas. Las minas se vendieron a los ingleses en 1873 sin que se llegase a realizar el mencionado camino, lo que era una prueba del abandono en que el Estado tuvo a este establecimiento, impidiéndole alcanzar el grado de desarrollo, que por su casi inagotable riqueza merecía.

Según ESCOSURA (1846, 373-374) la cementación artificial que se empleaba en Riotinto, era el mejor método que pudiera seguirse para beneficiar los minerales pobres y esencialmente piritosos, necesitándose para cementar las piritas un calor moderado y duradero, y el acceso del aire y el agua. Una temperatura demasiado elevada podía ser perjudicial, bastando en la mayor parte de los casos iniciar la combustión del azufre para obtener la completa oxidación de las piritas, debiendo facilitarse en lo posible el acceso del aire y mantener la humedad para abreviar la oxidación. En las minas de Riotinto el

[36] De aquí deducimos que a partir de 1845 se dejó de obtener cobre por fundición del mineral, lo que se mantuvo hasta después de la venta de las minas a los ingleses.

aire, la humedad y el calor que se desprendía en la reacción química eran suficientes para producir la cantidad de sulfatos que alimentaban desde hacía muchos años la cañería de cementación.

Por lo tanto, la calcinación debía ser muy lenta, disponiendo los montones de manera que, el aire pudiera penetrar con facilidad por todas partes, manteniendo en lo posible la humedad.

El mineral todavía caliente debía recogerse en balsas de mucha extensión y poco profundas, procurando que el líquido no cubriese totalmente el mineral, para que el aire y el agua a un tiempo puedan oxidar las piritas, pues en ninguno de ellos de por sí es oxidante y reunidos componen un agente muy eficaz.

Dejando de este modo el mineral por algún tiempo, se obtendría, no sólo la disolución de los sulfatos y conversión de los sulfitos en sulfatos, sino que se lograría la descomposición de una parte del mineral que hubiese quedado sin alterar en la primera calcinación. Para esta operación y la siguiente, que debía ser el aclarado de la disolución, debería aprovecharse la estación de verano y servirse de balsas de gran superficie y poca profundidad.

Por cada 100 libras de hierro colado sólo se obtenían 50 de cobre, por lo que proponía cambiar completamente el beneficio de los minerales que se fundían en hornos alemanes, destinando unos minerales a obtener aguas vitriólicas y los otros a extraer el hierro y cobre de las piritas.

Los minerales destinados a la fundición se calcinaría en montones al aire libre, o en hornos de reverbero, hasta convertir totalmente en óxidos el cobre y el hierro, volatilizando completamente el azufre. En el primer caso serían necesarias cinco calcinaciones seguidas. En el segundo podrían recogerse en balsas los vapores y emplear el líquido para la disolución de los minerales destinados a la cementación.

En uno o en otro caso los minerales calcinados se fundirían en un horno alto con los fundentes que serían, o cal sola, o cal y arcilla, valiéndose de coque en vez de carbón vegetal que se consumía en los hornos alemanes. El hierro preparado de este modo contendría todo el cobre de los minerales.

De un quintal de mineral se sacarían 35 libras de hierro colado, y un quintal de este hierro contendría 10 libras de cobre, suponiendo que el mineral rindiese 3,5% de cobre.

El único inconveniente que pudiera presentarse para la adopción de este método era el gasto primitivo en la construcción del horno alto; sin embargo como no se trataba de una ferrería sino de fabricar hierro colado de mala calidad, quedaba reducido el gasto a un horno alto y su fuelle.

Proponía ESCOSURA el abandono del método de afinación que se utilizaba por ruinoso e imperfecto, y adoptar los hornos ingleses y su método.

Otra ventaja que se obtendría adoptando el método propuesto era que como el cobre de cementación no podía estar mezclado sino con hierro, porque ni el antimonio, arsénico, etc. forman compuestos solubles con el ácido sulfúrico, de manera que el cobre de Riotinto que era de mediana calidad, podría servir para aquellas aplicaciones en que más maleabilidad y pureza se necesitaban.

De las mejoras propuestas por ESCOSURA sólo se aplicó la de la disminución del consumo de combustibles en la calcinación de los minerales para cementación.

Conforme a una estadística oficial de 1847 había empleados en las minas 615 operarios, sin incluir a los arrieros o conductores de carbón, hierro y otros efectos, con una producción de 34.140 arrobas (392.610 kg.), lo que representaba una potencia productiva de 55,5 arrobas (638.390 kg.) por obrero (RUA FIGUEROA, 1868, 104).

Los inconvenientes de la cementación artificial eran:

- Consumo de gran cantidad de combustible, cuando la misma pirita encerraba el necesario para su calcinación.
- Las pérdidas de cobre en los finos no calcinables que aterraban la telera.
- La pérdida de cobre soluble durante las lluvias.
- La necesidad de mantener un alto stock de mineral en proceso durante un largo período de tiempo (de tres a cuatro meses).
- El alto consumo de hierro.
- Dificultad de que la calcinación de la telera fuera uniforme.

- La pérdida de azufre del mineral, que también se producía en la vía seca, pues en esta época no se aprovechaba para la obtención de ácido sulfúrico.
- La lluvia ácida producida por las emisiones de anhídrido sulfúrico y sulfuroso.
- Los vertidos de aguas ácidas conteniendo metales pesados que iban al río.
- Bajo rendimiento global del proceso que se situaba en torno al 60%.

Las ventajas eran:

- Podía beneficiar minerales pobres en cobre.
- Menor consumo de masa forestal como combustible (monte bajo en las calcinaciones y pinos en el afino), que la fundición debido a la exotermicidad de las reacciones.
- Producción de cobre relativamente barato.

A REMISA tenemos que atribuirle la abusiva tala de arboleda en su primera etapa, reduciéndola a una quinta parte de la inicialmente entregada en 1829 por el Estado, sin que realizara las repoblaciones establecidas en su contrato de alquiler, y en su haber tenemos que poner que durante su asiento se instalaron los hornos de reverbero para el afino, el aprovechamiento de las tierras y vitriolos, la cementación de Cueva del Lago, la sustitución de los hornos cónicos por las teleras, y la implantación, obligado por la escasez de madera, pese a las dificultades tecnológicas que tenía, de la cementación artificial de los minerales, lo que supuso la disminución de la presión sobre el bosque.

La vía seca estaba limitada por la escasez de madera en el término de las minas; la cementación artificial lo estaba por la poca agua disponible, que era la misma de la cementación natural después de haber rendido el cobre y movido las ruedas hidráulicas de los fuelles de las fundiciones.

En el gráfico nº 10 se establecen los flujos de los procesos metalúrgicos de Riotinto desde la rehabilitación de las minas (1725) al marqués de REMISA (1849).

En el cuadro XLV se dan las producciones anuales de cobre y su total obtenidas por REMISA.

CUADRO XLV

Años	Fundición	Cementación	Vitriolos	Total cobre producido
1829	35.191	38.273	-	73.464
1830	94.147	79.803	-	173.950
1831	82.207	73.670	-	155.877
1832	275.893	56.319	-	332.212
1833	192.353	40.217	-	232.570
1834	133.993	31.157	-	165.150
1835	157.993	26.544	-	184.537
1836	179.466	30.940	-	210.406
1837	125.736	24.699	-	150.435
1838	137.500	40.146	-	177.646
1839	83.211	35.920	-	119.131
1840	130.322	71.007	18.514	219.843
1841	63.461	64.051	54.900	182.412
1842	67.200	71.647	118.222	257.069
1843	97.587	47.465	209.638	354.690
1844	50.429	51.240	247.538	349.207
1845	41.865	52.192	244.593	338.650
1846	13.377	50.482	236.849	300.708
1847	12.652	48.308	331.718	392.678
1848	4.601	49.459	377.265	431.325
1849	1.148	8.051	86.265	95.464
Totales	1.980.332	991.590	1.925.502	4.897.424
Media anual: 244.871 kg.				

Cobre producido (kg.) durante el alquiler del marqués de REMISA (1829-1849) Fuente: FLORES CABALLERO, 1983 b, 74

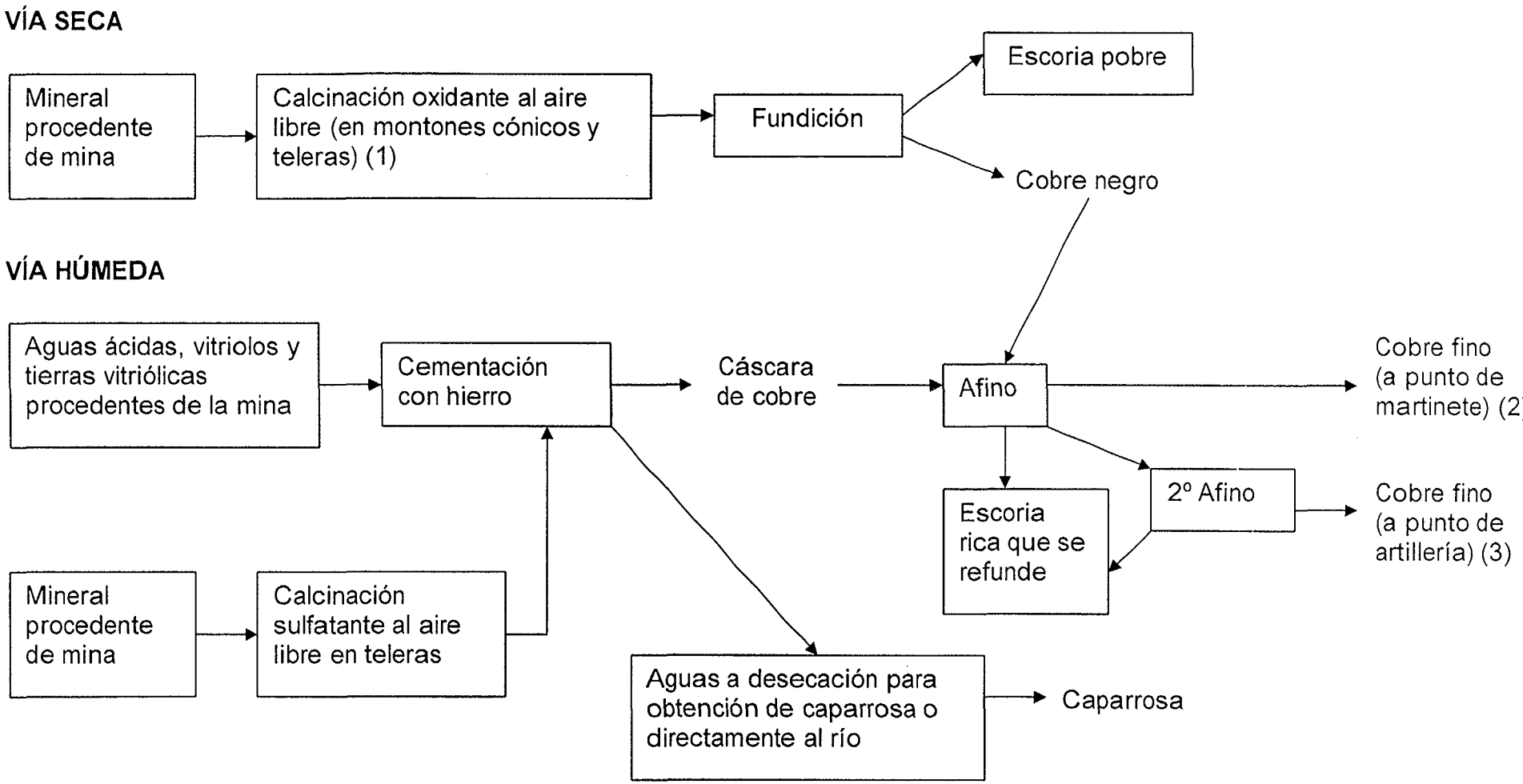
5.3.4 Segunda etapa del beneficio de las minas por el Estado (1849-1873)

Finalizado el contrato de alquiler de las minas a la empresa REMISA, se encargó al ingeniero CASIANO DE PRADO (foto nº 13) la recepción del establecimiento, contando a propósito de esto, en las páginas donde dejó consignado el estado de aquella finca industrial (GONZALO TARÍN, 1888, T. II. 287) lo siguiente:

Foto nº 13. Casiano de Prado

"En 24 de Abril de 1849 finalizó el arrendamiento, y al día siguiente puse en marcha todas las operaciones por cuenta de la Hacienda, sin contar con los fondos necesarios para atender siquiera a lo más preciso, porque no podía imaginarme dejase de recibir fondos de un día para otro. Pero me equivocaba; y si las labores en la mina y los trabajos de todas las oficinas de beneficio no sufrieron interrupción alguna, y se emprendieron con una actividad que nunca allí se había visto, debese esto a mí resolución y a los caudales que por diferentes veces se me adelantaron en Sevilla bajo la sola garantía de mí carácter y antecedentes, y acaso a los que yo mismo he adelantado también..."

GRÁFICO Nº 10



(1) Se realizaba en tres fases consecutivas.
(2) Denominado cobre roseta.
(3) Denominado a punto de fuego.

Una vez recibidas las minas, pasaron a depender de la Dirección General de Minas, hasta su desaparición en Agosto de 1849; desde este momento dependieron de la Dirección General de Fincas del Estado del Ministerio de Hacienda. Tal decisión, que fue duramente criticada por los ingenieros del gobierno, pues suponía un nuevo periodo de adaptación y los consiguientes retrasos, ponía fin a la comisión de CASIANO DE PRADO. Desde entonces, las explotaciones fueron dirigidas por los ingenieros de minas ANDRÉS PÉREZ MORENO, AGUSTÍN MARTÍNEZ ALCÍBAR y FERNANDO BERNÁLDEZ, hasta que se formó la comisaría regia.

El alquiler de REMISA no le sirvió de escarmiento a la Real Hacienda, formalizando otro, el 25 de Enero de 1849, con el subcontratista del anterior, FELIPE PRIETO, comprometiéndose éste a entregar a la Hacienda por el tiempo que le quedaba al privilegio de invención que había obtenido para la cementación artificial, al precio de 56 reales la arroba, 1.500 arrobas mensuales de cobre fino, mientras que la mina debía proporcionar al contratista, a bocamina 30.000 quintales de mineral en pedazos y exentos de menudo.

Con arreglo a este tipo de entregas de cobre, resultaba la empresa obligada a entregar el cobre al tipo de rendimiento de 1,33%, o más, si la ley del mineral lo permitiese.

Si la empresa necesitaba maderas estaba obligada la Hacienda a facilitárselas, a costo y costas, y en caso necesario a auxiliarla con combustibles si los tuviese en sus almacenes y no los necesitase para sus operaciones.

La Hacienda obtuvo como contraprestación el derecho a poder utilizar el método de cementación artificial para el beneficio de sus minerales (ALDANA, 1875,368).

En 1849 D. JULIÁN PELLÓN RODRÍGUEZ realizó una serie de ensayos en Los Planes, neutralizando el ácido libre contenido en las lejías de los minerales, por medio de la sal común, lo cual, si bien proporcionaba una economía en el consumo de hierro, quedaba destruida por el coste de la sustancia destinada a la saturación (RUA FIGUEROA, 1868, 124).

En la fig. 48 y en el gráfico nº 11 se establecen los flujos del proceso productivo en 1849.

Y si con una sola empresa arrendataria no bastaba, se admitió pocos meses después y celebró compromiso por quince años con otra, representada por el presbítero MARIANO LA CERDA. Contaba este cura con valiosas influencias en los altos centros administrativos de la Corte; y bajo el pretexto de inventor de un nuevo procedimiento, que decía exceder en ventajas a todos los conocidos, que calificaba como electroquímico, obtuvo para él, también por quince años, el correspondiente privilegio. Este sistema, decía LA CERDA, tenía la ventaja de no necesitar de afinación que era necesario realizar a los cobres procedentes de la cementación natural y artificial, lo cual produciría un importante ahorro de combustible, que escaseaba y había de escasear más cada día, visto el estado de los montes y las cantidades cada vez mayores de mineral que anualmente se beneficiaban.

A LA CERDA se le cedió la fábrica de los Desamparados, comprometiéndose la Hacienda a pagar a 50 reales la arroba de cobre.

El 20 de Noviembre de 1850 comunicaba el Director General de Fincas al Director de Riotinto, la Real Orden de 13 del mismo mes, expedida por el Ministerio de Hacienda, exponiendo que, enterada la Reina de lo informado por RAFAEL CABANILLAS y RAFAEL AMAR DE LA TORRE, acerca del ensayo que cuando visitaron las minas de Riotinto realizó MARIANO LA CERDA, de la cementación de cobre por el procedimiento electroquímico, y en consideración a que hasta entonces no había motivo para creer que no pudiera llevarse adelante lo estipulado en el contrato celebrado con la Hacienda, el cual sólo podría rescindirse en este caso, exigiéndole siempre el cumplimiento de las obligaciones contraídas, había tenido a bien S. M. mandar se le entregasen a LA CERDA los minerales que con arreglo al contrato debían dársele para su perfeccionamiento.

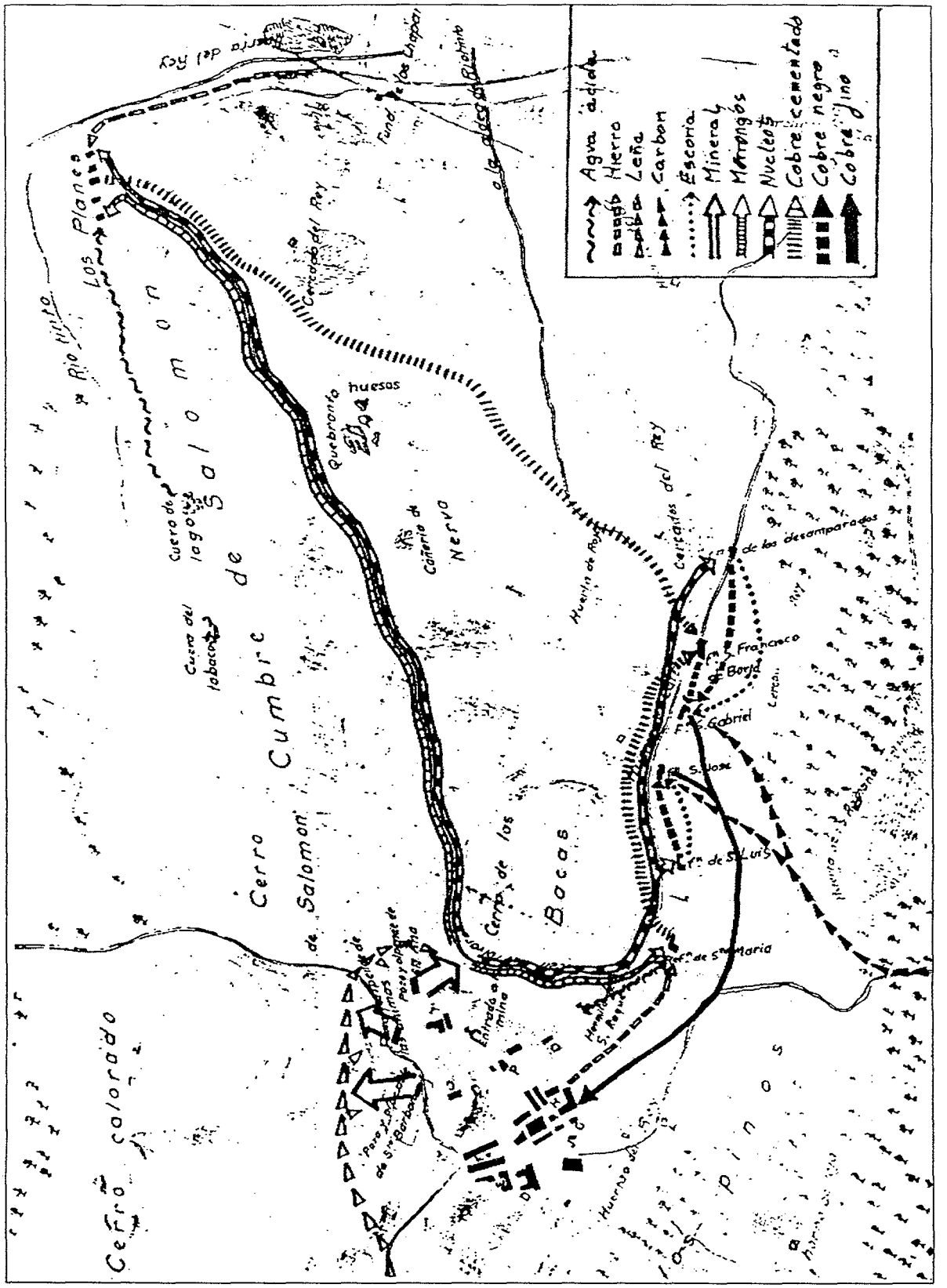
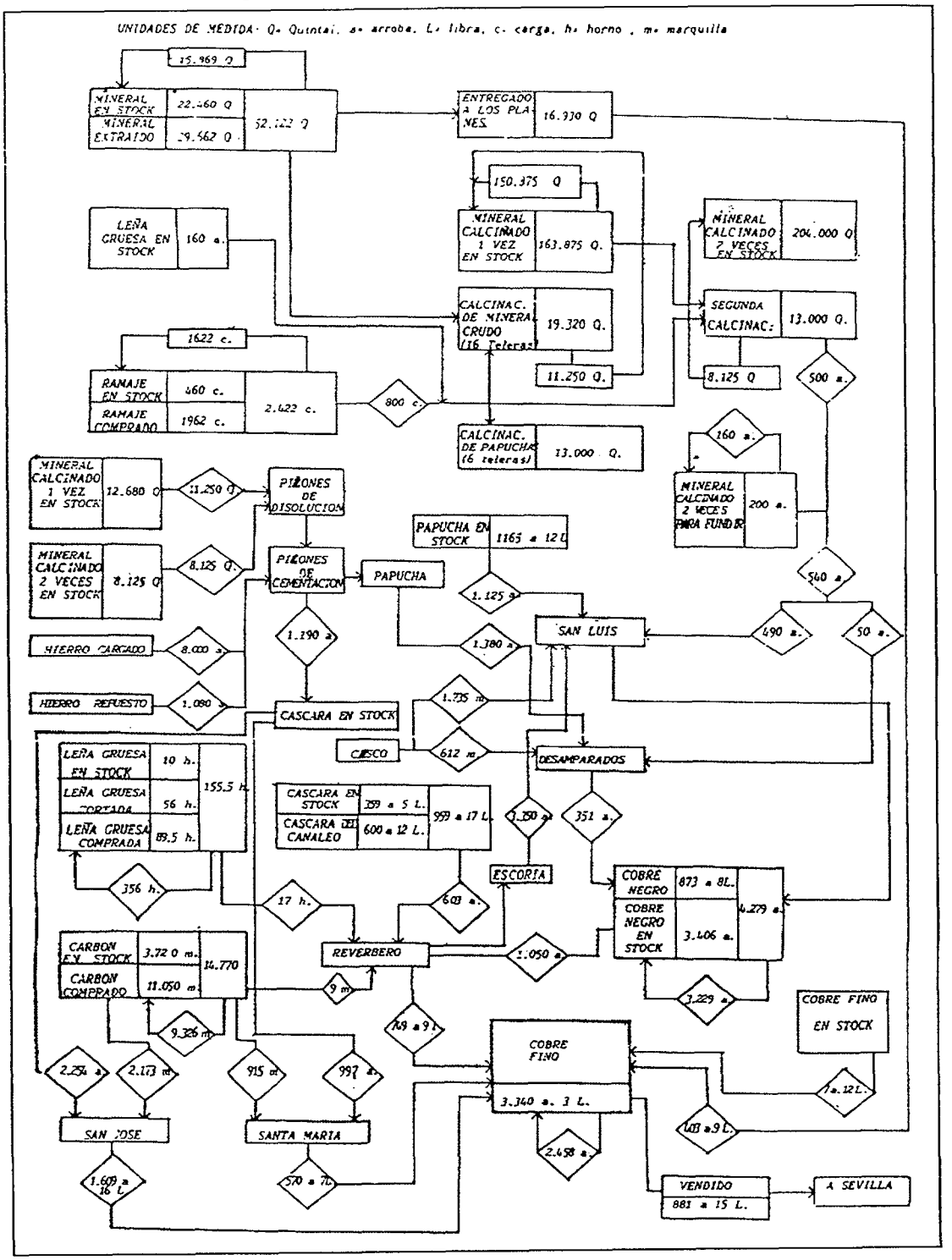

Agua
Hierro
Leña
Carbon
Escoria
Mineral
Mampostos
Nucleos
Cobre cementado
Cobre negro
Cobre fino
Los Planes
Cerro Salomon
Cerro Cumbre
Cerro colorado
Bocas
Nervio
huesas
Cuerpo de los
Cañerio de
Cuerpo del
Cuerpo de
Cuerpo del
Cuerpo del
Cuerpo del

GRÁFICO Nº 11

Diagrama de flujos en el proceso productivo de 1849



Fuente: PRADO, 1856, 55

De esta visita quedaron tradicionales recuerdos en Riotinto, pues uno de los directores de la operación llamaba la atención de la Comisión de Visita y concurrentes, sobre los pilones de cementación y la manera de *cómo se desprendía la electricidad en forma de humillos* (ALDANA, 1875, 377).

Con la primera entrega de minerales por la Hacienda a la empresa LA CERDA, en Febrero de 1851, se dieron dos efectos inmediatos. Por una parte, la Dirección de Fincas del Estado tuvo que modificar las condiciones del contrato con la empresa Los Planes, reduciendo las entregas mensuales de mineral de 30.000 a 25.000 quintales castellanos, a cambio de ampliar el periodo de vigencia del arrendamiento hasta compensar la reducción del suministro. Por otra, las sucesivas entregas de mineral a la empresa LA CERDA únicamente pudieron realizarse con detrimento de las propias actividades de las fábricas de la Real Hacienda (FLORES CABALLERO, 1883 b, 95).

El 23 de Enero de 1852 trasladó el Director de Riotinto informe firmado por ingeniero, en el que se establecía que los cobres de LA CERDA eran equivalentes a los rosetas de la Hacienda o lo que era lo mismo al punto de martinete, que la citada empresa entregaba también torales, pero que su grado de afinación era el mismo que los rosetas, puesto que se obtenían en la misma operación, variando únicamente la forma que recibía el cobre en la moldería.

Después de la inserción de este informe, decía el Director acerca de los cobres de LA CERDA (ALDANA, 1875, 381):

> *"Respecto al procedimiento puesto en práctica hasta el día en el establecimiento de la empresa LA CERDA, es por desgracia demasiado cierto que nada tiene de procedimiento electro-químico, nada hay de cobre obtenido sin necesidad de afino, como debía resultar y como resultará, en un procedimiento que tenga de electro-químico algo más que el nombre, como se ha prometido y se ha asegurado por medio de personas autorizadas en el seno de la Representación Nacional..."*

Se vio que el procedimiento de LA CERDA no tenía nada de nuevo ni extraño, pues era el mismo de cementación que estaba ya en uso de las minas; lo cual dio lugar a algunos satíricos artículos en los periódicos, especialmente

en la *Revista Minera* [37] en el año 1853. En la sección de Variedades correspondiente al 1 de Julio de dicho año se insertaba el siguiente suelto:

> *"Es un hecho que no es fácil ocultar, el descrédito de los cobres de la empresa LA CERDA en Sevilla, principal mercado para los cobres españoles. Este descrédito procede de que en Sevilla todos lo negociantes en cobres conocen el origen de la citada empresa, saben la historia de su contrato en el establecimiento nacional de Rio-Tinto, y que se sostiene, aun concediendo que fuera de buena fé, un contrato caducado de derecho por falta de cumplimiento en su condición esencial, cual lo es el beneficiar los minerales por un procedimiento electroquímico: han visto que nada hay de tal procedimiento electro-químico, y que sin embargo se le da este nombre, por lo que no es extraño que no crean que el cobre de la citada empresa sea cobre a punto de aleaciones como el del Estado. Si a esto se agrega la circunstancia de que los compradores del cobre en las anteriores subastas han podido reconocer la superioridad del cobre de corona respecto al mal llamado cobre electroquímico, he aquí las causas del descrédito de este cobre, y de que no haya habido para él licitadores a pesar de la escasez y demandas que hay de cobres en aquel mercado, como hoy día en todos los de Europa. No creemos que se vaya a calificar ahora a los comerciantes de Sevilla de apasionados como a los que han manifestado la verdad en cumplimiento de su deber. Ni será el último suceso que venga a demostrar la necesidad de que las minas del Estado estén a cargo de una Dirección facultativa, en vez de hallarse relegada a una de las oficinas del Ministerio de Hacienda. De continuar el desorden que existe en el establecimiento de Río-Tinto desde que se trató de su venta, no quedará más remedio para cortar el escándalo, que cerrar las Minas hasta que no quede un solo interesado*

[37] Los artículos de la *Revista Minera* fueron los siguientes: "Beneficio de los minerales de Rio-Tinto" pág. 410; "Observaciones sobre el procedimiento titulado electro-químico establecido en Rio-Tinto por la empresa LA CERDA", pág. 422; "Variedades" pág, 429; "Comparación entre el sistema de cementación artificial y el titulado electro-químico del Sr. LA CERDA", pág. 437, y el suelto de "Variedades" insertado en la pág. 413 del tomo V.

en las empresas contratistas ni uno solo de sus agentes en las oficinas generales. Entre tanto y continuando el actual estado de cosas, los ingenieros que reciban una orden de traslación a Rio-Tinto, pueden prepararse a sufrir muchas amarguras cuando sepan las humillaciones y hasta los atropellos que les esperan con desdoro de sus personas, el del cuerpo a que pertenecen y del Estado a quien solamente deben servir".

El presbítero LA CERDA no recibió el artículo anterior con resignación cristiana, llevando a los tribunales a los redactores de la *Revista Minera,* acusándolos de injuria y calumnia, habiéndose celebrado juicio de conciliación el 15 de Julio, no hubo avenencia, por manifestar los redactores que no había nada personal; por lo que no podían dar más explicaciones sino que se hallaban dispuestos a sostener los hechos mencionados en el artículo, en el cual se trata únicamente de los productos y del procedimiento que lleva el falso nombre de electro-químico, planteado en Riotinto por la empresa LA CERDA. La causa se falló en Madrid, el 29 de Abril de 1854, en el Juzgado de Primera Instancia, quedando absueltos de la querella por calumnia e injuria los ingenieros de minas y redactores de la *Revista Minera* D. AGUSTÍN MARTÍNEZ ALCÍBAR, D. PÍO JUSUÉ BARREDA y D. RAMÓN RUA FIGUEROA. No satisfecho aún el querellante con esta primera sentencia, apeló a la Audiencia del fallo del Tribunal inferior, que el 16 de Octubre de 1854, falló nuevamente a favor de los redactores.

Terminó el cura por pedir la rescisión del contrato en 1857 alegando su mal estado de salud; y como se dilataba la resolución con los trámites oficinescos, lo traspasó confidencialmente, y antes de que recayese resolución sobre ello, a la empresa de Los Planes, que siguió adelante con su procedimiento de cementación artificial.

En la foto nº 14 se observa la cementación LA CERDA a finales del siglo XIX.

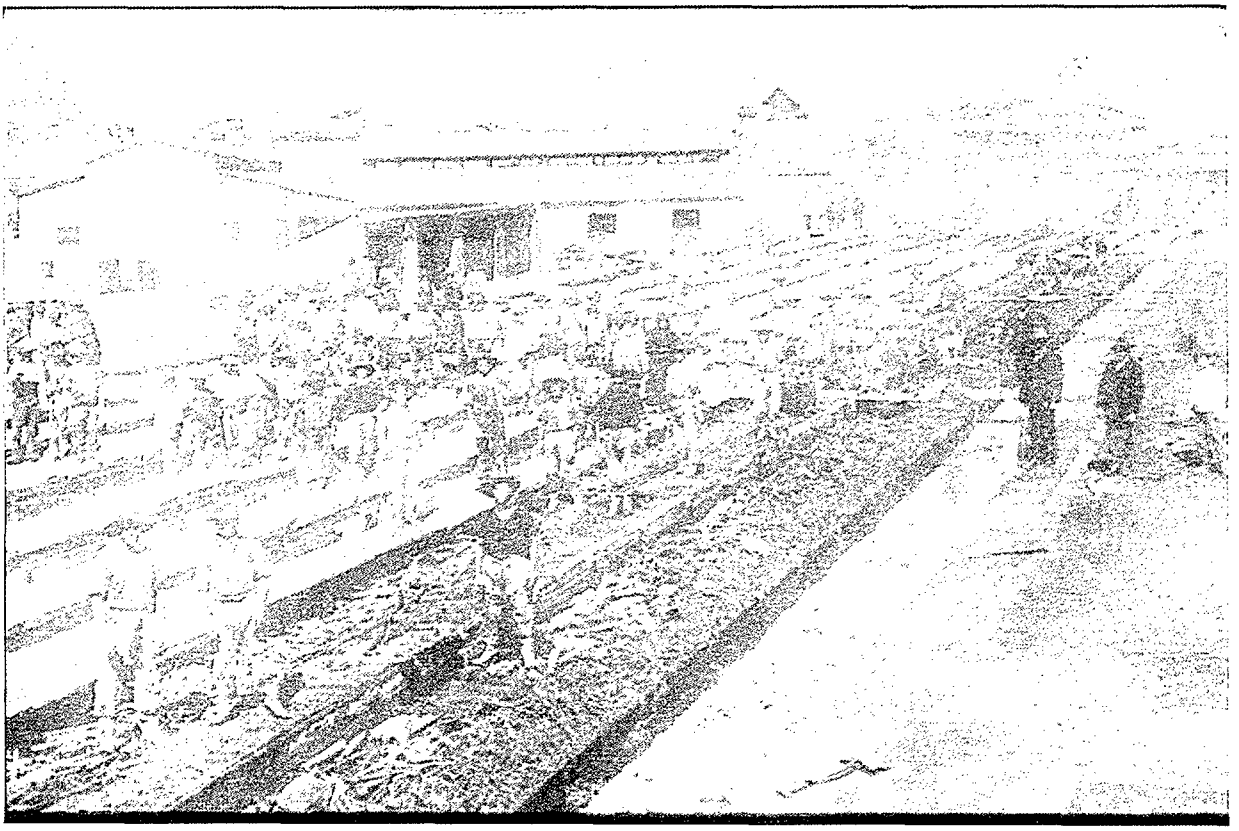


Foto nº 14: Cementación La Cerda, finales del siglo XIX. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

El procedimiento electro-químico se planteó después en la mina San Miguel, en el término de Almonaster, siendo abandonado en menos de un año, cayendo así a modo de comedia silbada, como decía ALDANA (1875, 395), después de ruidosos preludios de triunfo, el sistema que tanto interés había merecido a los prohombres de la Hacienda y con tanto calor fue patrocinado.

El ingeniero D. AGUSTÍN MARTÍNEZ ALCÍBAR propuso, en 1853 dos medios para eliminar el sulfato férrico de las lejías, causa principal del gasto inútil de hierro: o la saturación por medio de la cal, o la calcinación de los minerales en hornos de reverbero; pero desechando estos medios, opta por la calcinación en hornos cerrados, hasta convertir todo el mineral en óxido ferroso-férrico, o cuando menos en óxido férrico y óxido cúprico, sometiendo este mineral a una sulfatación indirecta tratándole por agua acidulada con ácido sulfúrico obtenido en la calcinación, y, por fin, aconsejaba precipitar el cobre por un procedimiento electro-químico (MARTÍNEZ ALCÍBAR, 1853, 576).

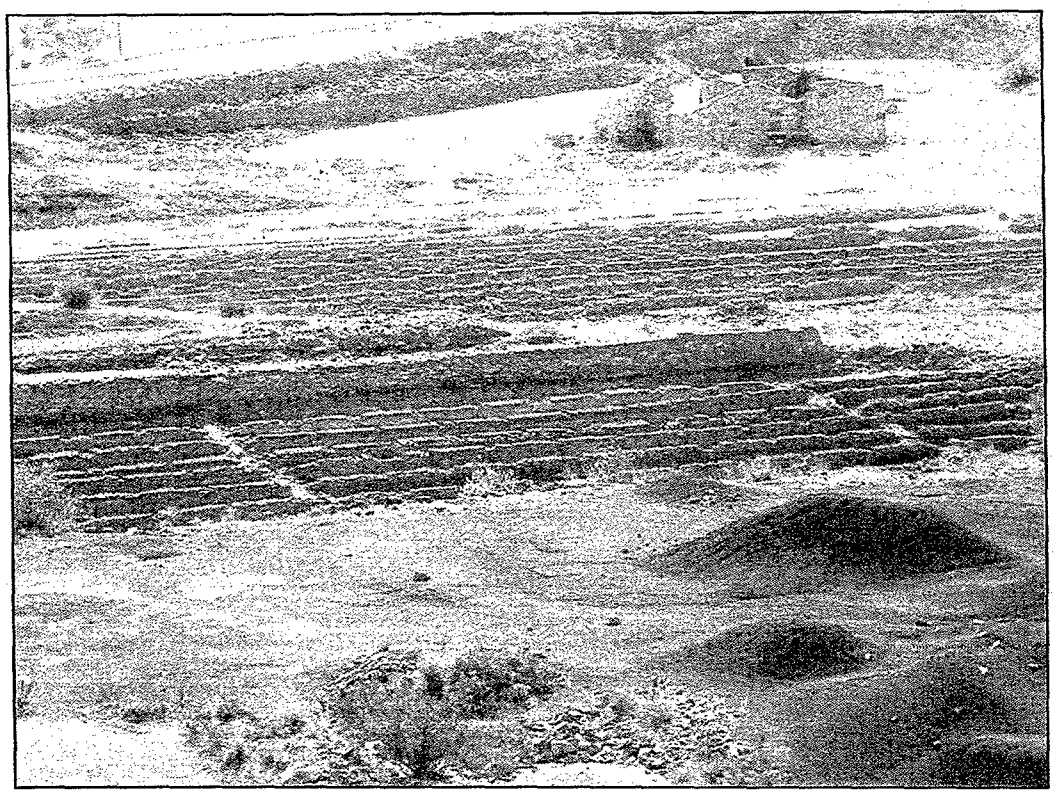


Foto nº 15: Zona de cementación Los Planes en la actualidad. Fuente: EMIILIO ROMERO

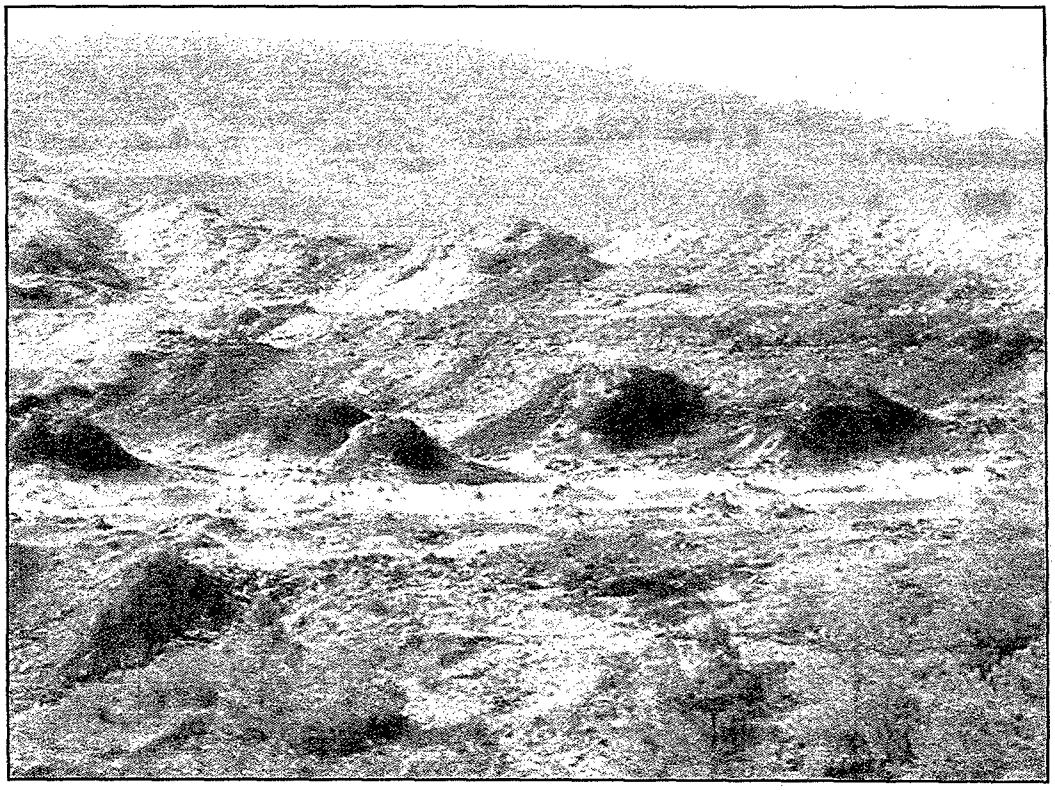


Foto nº 16: Teleras calcinadas en Los Planes. Fuente: EMILIO ROMERO

El 30 de Junio de 1862 la Intervención de las minas de Riotinto certificaba que la empresa de Los Planes había beneficiado durante su contrato 3.945.886 quintales castellanos de mineral y entregado en almacenes 296.583 arrobas y 15 libras de cobre; resultando por consiguiente, un rendimiento para el mineral de 1,87% de cobre fino. Hasta esa fecha no se pudo destruir los vínculos que se habían establecido entre la explotación por cuenta de la Hacienda y las dos empresas de beneficio (GONZALO TARÍN, 1888, T. II 289).

Las fotos 15 y 16 muestran la zona de cementación Los Planes en la actualidad.

En 1845 dejo de utilizarse la vía seca en Riotinto para el beneficio del cobre, utilizándose la cementación de aguas de mina, vitriolos y tierras vitriólicas, y la cementación artificial de los minerales extraídos de la mina, sistema que continuó con ligeras variaciones hasta la venta del establecimiento a los ingleses.

Según BERNÁLDEZ la composición media de la cáscara de cementación artificial era (cuadro XLVI):

CUADRO XLVI

Cobre	71,452
Hierro	3,468
Grafito	14,600
Azufre, arsénico y pérdida	10,480
Total	100,000

Análisis de la cáscara de cementación artificial. Según BERNÁLDEZ, 1853, 255

La cáscara de cementación natural obtenida en la cañería de desagüe, como era más pura, se llevaba directamente al afino en las copelas alemanas; su composición media se refleja en el cuadro XLVII.

CUADRO XLVII

Cobre	94,680
Hierro	3,979
Silicato férrico y pérdida	1,341
	100,000

Análisis de la cáscara de cementación natural. Según BERNÁLDEZ, 1853, 255

El plano nº 15 representa la proyección en planta y una sección del canal de cementación natural.

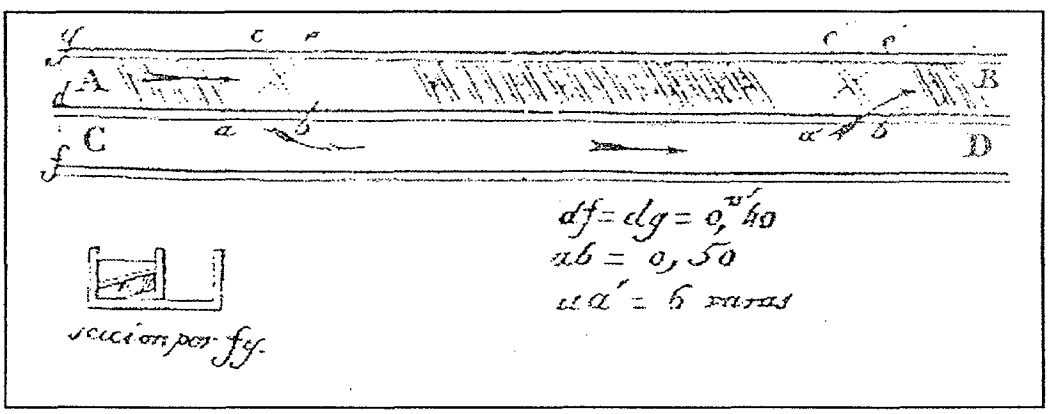
La composición química de las aguas de la cañería de cementación natural, conforme al análisis realizado por ESCOSURA, era la siguiente (cuadro XLVIII):

CUADRO XLVIII

En un litro de agua:	
Óxido ferroso	2,5920 gramos
Óxido cúprico	0,2800 gramos
Glucina	0,0740 gramos
Alúmina	0,0090 gramos
Cal	0,0065 gramos
Ácido sulfúrico	4,6700 gramos

Análisis de las aguas de cementación natural. Según BERNÁLDEZ, 1853, 256

En los hornos de fundición se trataban las cáscaras o los minerales de dos beneficios[38] mezclados con la papucha y la escoria de afino; en ambos casos se empleaban las escorias antiguas de cobre como fundente, que eran unos silicatos bastante ácidos, para separar el hierro que aun contenía tanto la cáscara como el mineral.



Plano nº 15: Canal de cementación natural. Fuente: Ezquerra, 1852, 33

Los hornos utilizados para la fundición eran los denominados castellanos que ya hemos descrito.

Una vez construido el horno se llenaba hasta cierta altura de monte bajo, terminándose de llenar con carbón, empezándose a dar viento, que se

[38] Dos veces calcinados y sometidos a disolución.

suministraba por medio de pavas puestas en movimiento por las ruedas hidráulicas, que se movían por la acción del agua de la galería de cementación una vez que había rendido el cobre. Cuando la carga de carbón empezaba a descender, se comenzaba a cargar el mineral con barcales, arrojándolo en el horno hacia el lado de la tobera, operación que se repetía hasta llenar el hueco ocasionado por el descenso de la carga; el carbón se iba cargando al mismo tiempo que el mineral, pero del lado del pecho.

A medida que el mineral iba descendiendo en la cuba del horno, la temperatura a que se hallaba expuesto aumentaba considerablemente, empezando a sufrir una enérgica calcinación hasta llegar a la tobera, en la que al ser mayor la temperatura se fundía cayendo al crisol, el cual estaba bañado por una corriente de aire, lo que permitía que la escoria formada, que sobrenadaba en el baño fuese arrojada fuera del horno por las piqueras. Una parte de la carga que bajaba en forma pastosa se enfriaba por el contacto del aire de la tobera, formando la nariz, que no era más que una prolongación de la misma tobera. Como según aumentaba o disminuía la longitud de la nariz, aumentaba o disminuía la temperatura y dimensiones de la zona de fusión del horno, podía convenir alargarla a acortarla, lo que se conseguía aumentando o disminuyendo la proporción de carbón con relación a la del mineral. A las doce horas aproximadamente de empezar la marcha se hacía la sangría introduciendo una barra de hierro en el crisol del horno del lado de una de las piqueras; se separaban los grumos que se hubiesen formado en el interior del crisol, pasándose a continuación a quitar las capas de escoria y mata que sobrenadaban en el baño de cobre negro, pasando de nuevo la mata al horno, pues era bastante rica en cobre; se recubría el orificio de sangría con carbonilla, continuando la marcha de la operación. Los hornos paraban cada siete días aproximadamente, momento en que se arrancaba la carbonilla del crisol, que se cargaba de nuevo, pues se hallaba toda ella penetrada de una gran porción de cobre negro.

Cada 24 horas se hacían generalmente dos sangrías obteniéndose de 22 a 24 arrobas de cobre negro con un consumo de 66 arrobas de carbón de brezo.

Cuando los hornos fundían mineral de dos beneficios o papucha, la carga se componía de:

Fundente (escoria antigua).....	87 arrobas
Papucha.....	26 arrobas
Escoria de afino.....	10 arrobas
Carga en 24 horas.....	123 arrobas

O bien en vez de las 26 arrobas de papucha se ponía igual cantidad de mineral de dos beneficios.

Cuando se fundía cáscara la carga se componía de:

Fundente (escoria antigua).....	90 arrobas
Cáscara de la cementación artificial.....	45 arrobas
Carga en 24 horas.....	135 arrobas

Consumiéndose en este caso 49 arrobas de carbón para 20 arrobas de cobre negro que se obtenía en las sangrías.

El cobre negro obtenido en la fundición de la cáscara se componía de:

Cobre.....	92,073
Hierro.....	6,517
Azufre, arsénico y pérdida.....	1,410
	100,000

El obtenido de la fundición de la papucha se componía de:

Cobre.....	81,562
Hierro.....	17,047
Azufre, arsénico y pérdida.....	1,390
	100,000

La afinación del cobre se realizaba en copelas alemanas o bien en hornos de reverberos.

La construcción de un horno de copela en poco variaba de la de los de fundición, puesto que en caso de necesidad se habilitaban indiferentemente para cualquiera de estos usos; con la única diferencia de que en los hornos de afinación, una vez que se habían construido los tres muros verticales que formaban el manto, se levantaba en el sitio que debía ocupar la camisa un muro prismático de mampostería, en el. que se dejaba un espacio enfrente de la tobera destinado a recibir la carbonilla que se apisonaba fuertemente para abrir en ella la copela. La carbonilla o brasca empleada en los hornos se componía de una mezcla de 40 partes de carbonilla blanca, pizarra arcillosa muy refractaria, 20 de carbón molido, y 20 de carbonilla roja, pizarra arcillosa muy cargada de óxido de hierro. Una vez pisada la carbonilla y antes de abrir la copela se colocaba la tobera, la que para mayor seguridad se rodeaba de un muro de mampostería, a la que se daba una inclinación de 15 a 20º aproximadamente; colocada la tobera y abierta la copela, se dejaba secar ésta con unos carbones encendidos.

Cuando comenzaba la marcha del horno, se cargaban dos o tres marquillas de carbón, que se amontonaban sobre la tobera; encima se colocaba la cáscara, que al empezar un horno era de ocho a nueve arrobas, recubriéndola de una nueva capa de carbón con el fin de que el aire no arrastrara algunas porciones de ella; llegado a este punto se daba viento, empezando la combustión, sufriendo la cáscara una viva calcinación. Durante el primer periodo, al que llamaban los operarios meter la carga, el peón cuidaba de tapar, es decir, de rellenar de carbón los huecos abiertos en la carga por la corriente de aire; de este modo se conseguía que la cáscara fuera descendiendo hasta llegar a la tobera, en cuyo punto se fundía, cayendo al fondo de la copela; durante este tiempo se cuidaba de que la tobera se encontrara perfectamente clara, desembarazándola por medio de un espetón de los grumos de hierro que a ella se adherían. Muchas veces, cuando la cáscara era impura, se necesitaba hacer la primera limpia antes de meter la carga, para lo que se interrumpía la acción del viento, separándose a un lado la porción de carga que aún no se había fundido, se echaba un poco de agua sobre la escoria a fin de solidificar una parte de ella que permanecía fluida y que de otro modo no podría separarse del baño de cobre, se cargaba de nuevo la cáscara separada, dándose viento de nuevo, de

este modo continuaba la operación unas dos horas, al cabo de las cuales se tomaba la primera muestra con el espetón de hierro, la que presentaba los caracteres siguientes: color amarillento, superficie llena de oquedades, fractura ampollosa de grano desigual y basto, poco dúctil y maleable; se limpia y si había necesidad se cubría el baño de carbón, continuando la acción del viento; pasada una hora se tomaba otra muestra, cuyos caracteres variaban bastante de los de la anterior: color rojo cereza, superficie con menos oquedades, el grano de su fractura más fino y algo amarillento, menos dúctil y maleable aun que la anterior. Cuando el cobre llegaba a este punto[39] se limpiaba el baño, y con un cazo de hierro recubierto de arcilla se extraía el cobre de la copela echándolo en las vaciaderas, en las que bien pronto se recubría de una costra de cobre bastante impuro, que se separaba para de nuevo volverla a cargar; lo restante se sacaba en discos o capas que se formaban a medida que se iban separando las superiores. Durante este proceso se observaba en el baño de cobre un desprendimiento bastante grande de anhídrido sulfuroso y arsenioso, prueba evidente de las impurezas que aún contenía este metal, que se expendía en el comercio con el nombre de *"cobre roseta"*.

Distaba mucho esta clase de cobre de poseer las cualidades que eran necesarias para emplearle en aquellos usos en que se exigía a este metal una gran ductilidad y maleabilidad; cualidades que adquiría haciéndole sufrir algunas operaciones más. Una vez que el baño de cobre estaba a punto de martinete continuaba el fuego de una hora a hora y media, pasado este tiempo se presentaba la muestra con los caracteres siguientes: color rojo oscuro tirando a parduzco; superficie sin oquedades, fractura de grano muy fino y de color rojo; se suspendía la acción del viento, se limpiaba la copela de la escoria que recubría el cobre, presentándose el baño muy tranquilo sin que se notase como en los casos anteriores una ebullición que proyectaba fuera de la copela partículas de cobre sumamente finas. Llegado este momento se berlingaba; con una pértiga de madera verde, lo que provocaba la destilación destructiva de la madera; esta operación tenía por objeto la reducción de la gran cantidad de óxido de cobre formado por la acción del aire, a favor del cual se había podido

[39] Punto de martinete.

oxidar todo el hierro, azufre y parte del arsénico que pudiera contener el cobre, la que producía en éste una ebullición activa, que proyectaría fuera de la copela grandes porciones de cobre, si un segundo operario no cuidase de recubrir el baño con carbón; por este medio se lograba descomponer el óxido de cobre, desprendiéndose hidrógeno, hidrocarburos, óxido de carbono y vapor de agua. Terminada esta operación, que normalmente duraba de 10 a 15 minutos, según la cantidad de cobre que se afinase, se tomaba una muestra que se presentaba con los caracteres siguientes: color rojo de cobre característico, superficie lisa, grano muy fino, muy dúctil y maleable.

Cuando el cobre había llegado a este estado se sacaba de la copela con un cazo de hierro para vaciarlo en la moldería. Este cobre era conocido en el mercado con el nombre de cobre a punto de aleaciones.

En cada copela de cobre a punto de martinete se tardaba por término medio cinco horas y siete para el de a punto de aleaciones; obteniéndose cada 24 horas 35 arrobas aproximadamente del primero, y de 20 a 25 del segundo, con un consumo de carbón de 43 arrobas en el primer caso, y 55 en el segundo.

El afino en horno de reverbero se comenzaba cargando el horno con una cantidad de cobre negro que oscilaba entre 170 y 180 arrobas, colocándose los trozos amontonados en la plaza, operación que ejecutaban dos trabajadores con ayuda de un gran tenedor de hierro, se enlodaban perfectamente las puertas del horno a fin de que aprovechase el calor que aun conservaban sus paredes de una operación anterior, y se dejaba de este modo hasta las nueve de la noche en que se empezaba de nuevo a dar fuego lento aumentándose por grados hasta las diez o diez y media, a partir de este momento aumentaba con mayor rapidez; a las cuatro horas aproximadamente de fuego, la carga empezaba a reblandecerse y fundirse, dos horas después estaba completamente fluida y si aún quedaban algunas porciones de cobre que no se hubieran fundido se las hacía caer en el baño con un rable de hierro; acto seguido se daba el primer escorio, a cuyo efecto se levantaba la puerta M trabajadero, y con un rabie de madera se arrastraba hacia ésta las escorias que sobrenadaba en el cobre; cuando por ser la temperatura demasiado elevada la escoria se mantenía demasiado fluida, se arrojaban dentro del horno dos esportones de tierra, la que

naturalmente la enfriaba dejándose por lo tanto arrastrar con facilidad. Así continuaba la marcha de la operación hasta las cinco de la mañana, en que se ponía en movimiento el fuelle que proyectaba una corriente de aire sobre la superficie del baño, favoreciendo la oxidación del hierro, azufre y arsénico que pudiera contener el cobre; desde este momento empezaba la toma de muestras, cuyos caracteres en nada variaban de los ya indicados para las de afino en copela. Después de berlingado el cobre se hacía la sangría pasando este metal a una pileta de donde se trasladaba a la moldería por medio de cazos de hierro.

Las escorias de esta operación, que por término medio contenían de 35 a 40% de cobre, pasaban a fundirse a los hornos alemanes.

El cobre negro que se obtenía de la fundición de la papucha y mineral de segunda, no siendo tan puro como el obtenido de la fundición de la cáscara, necesitaba antes de afinarse que se le diera dos derretidos con lo que se conseguía enriquecerlo.

En cada operación de afino se obtenían de 130 a 135 arrobas de cobre fino con un consumo de 1,25 hornos de leña[40].

Decía BERNÁLDEZ que los hornos de fundición podían mejorarse bastante, haciéndolos de mayores dimensiones y semejantes a los hornos semialtos empleados en Alemania para la fundición por cobre negro de las matas; una vez que se determinasen las proporciones de los lechos de fusión, que era la principal dificultad de los fundidores, verificando la carga de un modo distinto y con más economía de combustible, lo que daría mayores porciones de cobre negro y de mejor calidad.

También pensaba que la afinación en copela alemanas desaparecería en breve porque ofrecía dos inconvenientes muy grandes: 1º las cortas cantidades de cobre que en ellas podía afinarse, debido a la poca potencia de los fuelles; y 2º el gran gasto de combustible, y por consiguiente el mayor coste en la afinación, que era el doble que en los hornos de reverbero[41].

También consideraba que a los hornos de reverbero podrían hacérsele una ligera modificación con lo que se conseguiría mayor economía en la

[40] De 60 a 70 arrobas.

[41] Las minas se vendieron a los ingleses en 1873 sin que se hubieran suprimido las copelas alemanas.

afinación; aumentando algo más las dimensiones de la plaza a fin de poder obtener hasta 300 arrobas de cobre, sin que por esto aumentase en proporción al gasto de combustible.

Debido a la situación conflictiva creada entre los ingenieros del gobierno y LA CERDA, se dictó Real Orden de 19 de Enero de 1854 por la que se designaba a un ejecutivo del gobierno, con carácter de Comisario Regio, que recayó en D. LORENZO CORRALON, dándosele atribuciones especiales para mejorar el mal clima existente en el establecimiento.

Las instrucciones dadas (Anexo XV) al Comisario Regio se pueden resumir en lo siguiente: dependencia inmediata de la Dirección General de Casas de Monedas, Minas y Fincas del Estado; atribuciones equivalentes a las del Superintendente de las Minas de Almadén; obligación, al llegar a las minas de emitir un informe detallado de las incidencias ocurridas en los últimos años; controlar y vigilar la ejecución de los presupuestos anuales y documentos contables; autorizar todas las cuentas; hacer los ajustes que estimase oportunos en la plantilla de personal; fomentar las labores mineras y metalúrgicas; cuidar y estimular la repoblación forestal, vigilando las cortas; examinar los resultados de las empresas contratistas; y finalmente, disponer la formación de un plano topográfico del término, amojonando los linderos que lo determinan y otro plano del interior de la mina, designándose la marcha de la explotación actual y la que pudiera establecerse (ALDANA, 1875, 408).

En Mayo de 1854 visitó las minas el Director General Sr. ARIBAU, creyendo el Comisario ser el momento de mostrarle pruebas de su interés por el establecimiento, le propone la construcción de 300 varas de nuevo canaleo para apurar mejor las aguas vitriólicas que salían de la cañería de San Roque. También tenia el objeto de deslumbrar, para lo que tenía que anunciarse en los periódicos de la Corte, apareciendo en el número 1.773 de *Las Novedades*, al que se contestó con otro del tomo V, página 416 de la *Revista Minera.* Esta prolongación del canaleo no era otra cosa que un plagio del aprovechamiento de SANTANA BOLAÑOS de 1823, que debía dar un resultado negativo cuando estuviera bien surtida de hierro la cañería interior, y para evitarlo, en Julio de aquel año propuso el mismo Comisario sustituir por hierro colado el hierro

dulce planchuela que hasta entonces se había usado en la cementación natural, y aunque el Director General previno en el mes de Agosto que no se verificase dicha sustitución sin que la aprobasen los ingenieros, la sustitución propuesta se llevó adelante sin esperar su aprobación. No tardó mucho tiempo en conocerse que la prolongación del canaleo no daba los resultados esperados por el Comisario, pues para que sus resultados no fuesen negativos tuvo que enriquecer las aguas de la cañería con vitriolos y tierras vitriólicas, manteniendo cuadrillas de peones que ayudaban a la disolución por medio de palas (ALDANA, 1875, 411).

Esto era una prueba más del desacierto del gobierno, que hizo desaparecer a la Dirección General de Minas, nombró un Comisario Regio sin conocimientos técnicos, con afán de protagonismo en materias en las que carecía de base y que además se entrometía en el campo profesional de los ingenieros de minas.

Con motivo de la venta de las minas, los ingenieros ANCIOLA y COSSÍO (1856) elaboraron una importante memoria en la que proponían un sistema de beneficio de los minerales según su ley: los minerales pobres, 1,09049% de cobre, se calcinarían en teleras, al igual que se venía haciendo en Agordo, los minerales intermedios, 2,18408% de cobre, se calcinarían provisionalmente en teleras, y posteriormente en hornos stirianos; y los minerales ricos, 7,23207% de cobre, se calcinarían en hornos stirianos.

Una vez calcinados los minerales, el proceso metalúrgico sería el siguiente:

Los minerales pobres e intermedios se beneficiarían por vía húmeda, cementación artificial, afinándose las cáscaras obtenidas en horno de reverbero. El mineral calcinado residual se volvería a calcinar, repitiéndose el proceso descrito hasta que su contenido en cobre fuese despreciable; llevándose entonces a unos montones llamados terreros para su última recuperación.

Los minerales ricos, una vez calcinados en los hornos stirianos, operación que permitía también recuperar el azufre contenido en los minerales, recibirían un primer fundido en hornos semialtos, hasta producir unas matas de cobre que serían exportadas.

La obtención de matas suponía un importante ahorro de transporte, al no tenerse que transportar las sustancias estériles y además permitía utilizar en esta fundición los núcleos de las calcinaciones, escorias del afino, papuchas de la cementación, escorias de fundición y cobre-cemento, en forma de polvo, de los pilones de decantación; residuos con contenido en cobre que había que aprovechar.

Por tanto, los procesos metalúrgicos que se desarrollarían en Riotinto serían la cementación natural de aguas, vitriolos y tierras vitriólicas; la cementación artificial para los minerales pobres e intermedios; y la calcinación en hornos stirianos y un primer fundido en hornos semialtos de los minerales ricos.

Con ello se podrían exportar cobre fino procedente de la cementación natural y artificial, matas de cobre, con una ley aproximada de un 30% de cobre y el azufre procedente del primer fundido de los minerales ricos.

Las matas producidas serían transportadas a Huelva para su posterior transformación y afino, o bien a Asturias, proponiendo la construcción de un ferrocarril o una carretera desde las minas al puerto de Huelva.

Del sistema propuesto por ANCIOLA y COSSÍO ya se realizaba la vía húmeda, aunque no se beneficiaban los terreros, y la vía seca que era la novedad, en el periodo que estudiamos no llegó a implantarse; y por supuesto tampoco se realizó la carretera ni el ferrocarril.

El gráfico nº 12 muestra el plan de beneficios de los minerales de Riotinto propuesto por ANCIOLA y COSSÍO.

En 1856 fue nombrado un segundo Comisario Regio, iniciándose un periodo en que se desatendieron las necesidades más urgentes y precisas, especialmente el abastecimiento de hierro, para el que había créditos en el presupuesto para la adquisición de 18.000 quintales de hierro colado, pasando el año sin que se verificase ningún contrato para su adquisición, lo mismo sucedió para la mayor parte del año 1857, produciéndose una responsabilidad moral, decía ALDANA (1875, 424), que debía repartirse en la proporción que sus conciencias lo consientan, los que desempeñaban los cargos de Ministros de

Hacienda y Directores de Loterías, Casas de Moneda y Minas en los años citados.

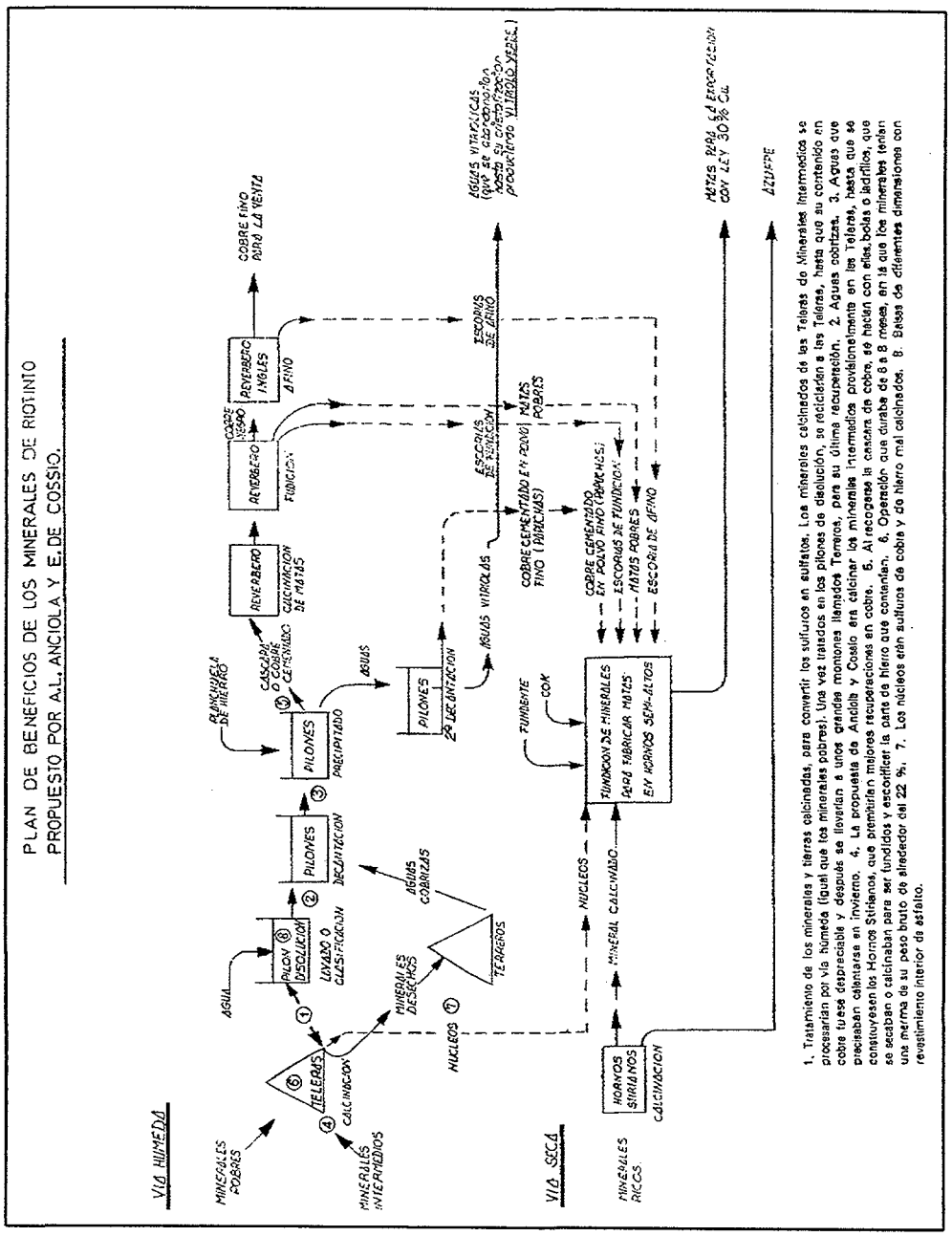


Gráfico Nº 12. Plan de beneficios de los minerales de Riotinto.Fuente: FLORES CABALLERO, 1983 b, 126

En 1860 se ensayó en Riotinto el método llamado de Sinding. Las lejías cobrizas se obtenían en la forma ordinaria, siendo el cobre precipitado de su disolución por medio de una corriente de hidrógeno sulfurado, producido por la calcinación del mismo mineral en condiciones a propósito para conseguir este reactivo. Este procedimiento, ensayado también por su autor en Foldal, aun

cuando no exento de inconvenientes prácticos hizo concebir fundadas esperanzas, disipadas ante las dificultades económicas y administrativas que surgían siempre que la Hacienda Pública tenía que prestar su cooperación y sus elementos industriales (RUA FIGUEROA, 1868, 124).

En Marzo de 1861 el ingeniero D. ELOY COSSÍO obtuvo un privilegio de invención para un nuevo método de beneficio de los minerales de cobre con ganga de pirita de hierro. El método se fundaba en destinar una parte del mineral calcinado a la preparación de esponja de hierro (hierro metálico poroso), la cual después de molida sustituía a los lingotes en la precipitación del cobre de sus lejías, obtenidas por disolución de la otra parte del mineral. El cobre contenido en la esponja se recogía con el cementado, y con adición de pórfido descompuesto (fundente) se formaban bolas que se fundían siguiendo el método ordinario. Este procedimiento que había sido ensayado en Riotinto, era para RUA FIGUEROA el más digno de estudio de cuantos se habían propuesto y el más aceptable si hubiese podido concretarse su aplicación al beneficio de los minerales cuya ley no excediese del 5%. La Comisión de Visitas de 1867 recomendó la utilización de este procedimiento, que venía avalado por un ensayo práctico sobre una cantidad de 6.000 quintales de mineral y recomendado por la Junta Superior de Minería; tenía demostradas sus ventajas; por lo que el Gobierno lo aceptó y mandó plantearlo, pero las obras se habían paralizado (GÓMEZ DE SALAZAR 1870, 187), por lo que era difícil predecir la época en que podría funcionar. Las minas se vendieron a los ingleses sin que hubiese entrado en funcionamiento.

El director de la fábrica de San Juan de Alcaraz, D. JOSÉ MARÍA UGARTE, buen conocedor de la industria del cobre, propuso en 1864 la cementación en canales como medio eficaz, para depurar la cáscara de cementación y obtener cobres de gran pureza, sistema que fue impugnado por RUA FIGUEROA (1868, 125).

El ingeniero francés PIQUET propuso aumentar el rendimiento de los minerales, aprovechando los núcleos de la calcinación, en los que se perdía tanto cobre como se sacaba, o sea 1,35%, indicando el beneficio de este

producto, pulverizándolo y separando mecánicamente el residuo terroso y estéril del polvo cobrizo (RUA FIGUEROA, 1868, 126).

También la Comisión de Valoración y Tasación de 1870, estableció una propuesta de recuperación industrial de los minerales de Riotinto que se refleja en el gráfico nº 13, que únicamente aporta como novedad la exportación directa a Inglaterra de los minerales con ley superior al 3%.

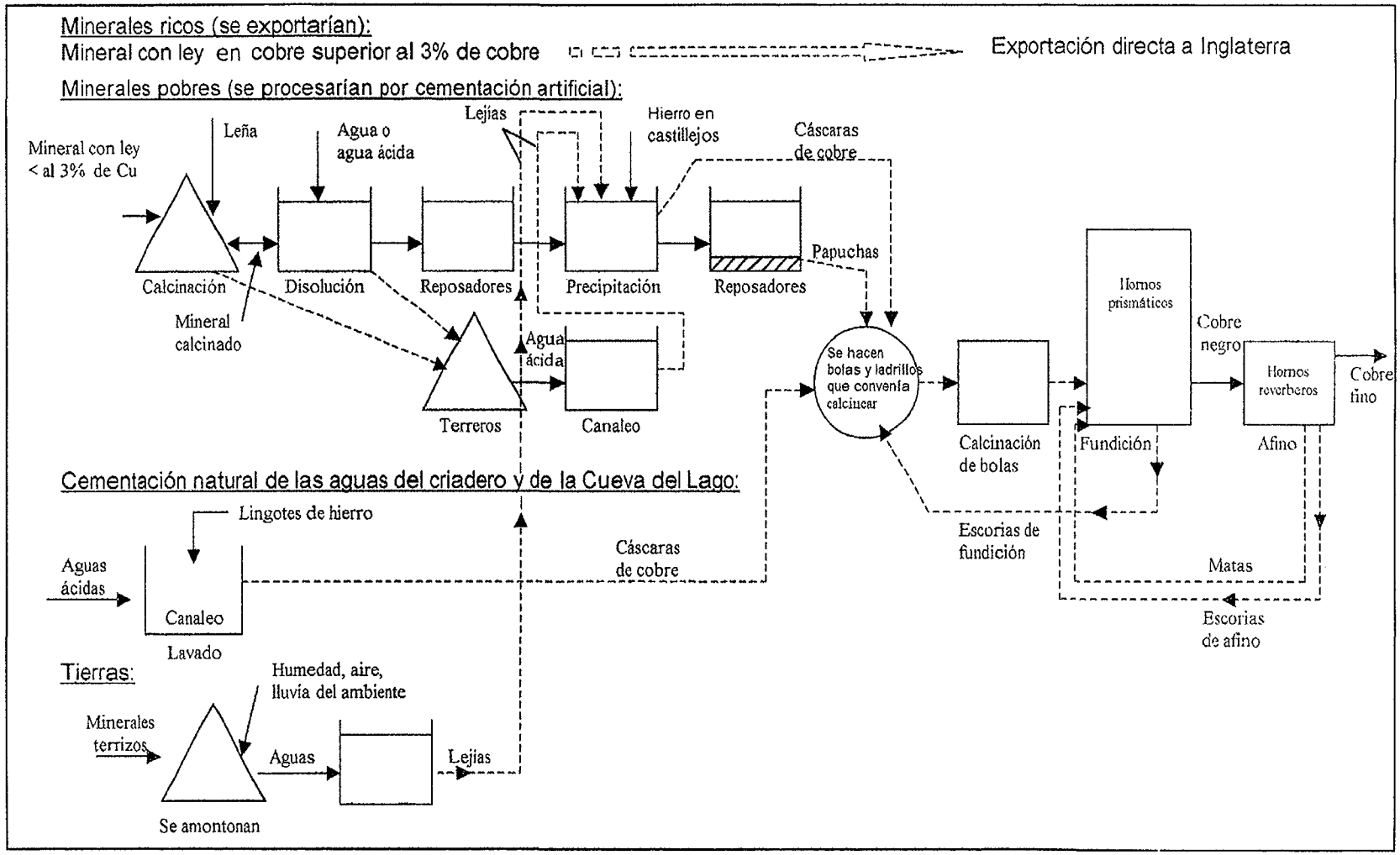
RUA FIGUEROA que fue director facultativo de Riotinto desde mediados de 1859 hasta Septiembre de 1865, escribió un interesante libro titulado *Minas de Rio-Tinto: estudios sobre la explotación y el beneficio de sus minerales*, publicado en 1868 el cual seguiremos para describir la metalurgia de este periodo.

La calcinación de los minerales se verificaba como es sabido, en montones al aire libre llamados teleras, que contenían de 1.800 a 2.300 quintales métricos de mineral, durando esta operación en condiciones normales de tres a cuatro meses.

La calcinación al aire libre tenía grandes inconvenientes, de los que hemos hablado anteriormente, pero producía en general excelentes resultados, por lo que era de difícil sustitución en la faja pirítica bajo el punto de vista económico. No aseguraba que aquel sistema fuese irremplazable, creyendo que debían de hacerse ensayos que condujeran a la supresión de alguno o algunos de los inconvenientes.

GRÁFICO Nº 13

Propuesta de recuperación industrial de los minerales de Riotinto de la Comisión de Valoración y Tasación de 1870



Fuente: FLORES CABALLERO, 1981 b, 44

Con el propósito de ahorrar combustible, monte bajo, que era cada vez más escaso, se dispuso desde 1863 la formación de teleras de grandes dimensiones, piramidales de base cuadrangular, con un contenido de 3.600 a 4.600 quintales métricos de mineral, obteniendo un producto adecuadamente calcinado y el consumo de combustible, que en el cuatrienio de 1859 a 1862 fue del 4,590 del mineral calcinado, se redujo al 3,911 % en 1863. Esta reforma no fue absoluta, aboliendo el antiguo método, porque era preciso contar con la existencia de minerales del beneficio, cuya demanda no podría llenarse con una extracción normal y la multiplicación simultánea de grandes teleras, puesto que éstas, en las condiciones más favorables, exigían cinco meses para su perfecta calcinación. Ofrecían estas grandes teleras la rebaja de la cantidad de capas, nombre que se le daba al mineral que recubría cada telera y que terminada la calcinación se levantaba para echarle de nuevo en otra.

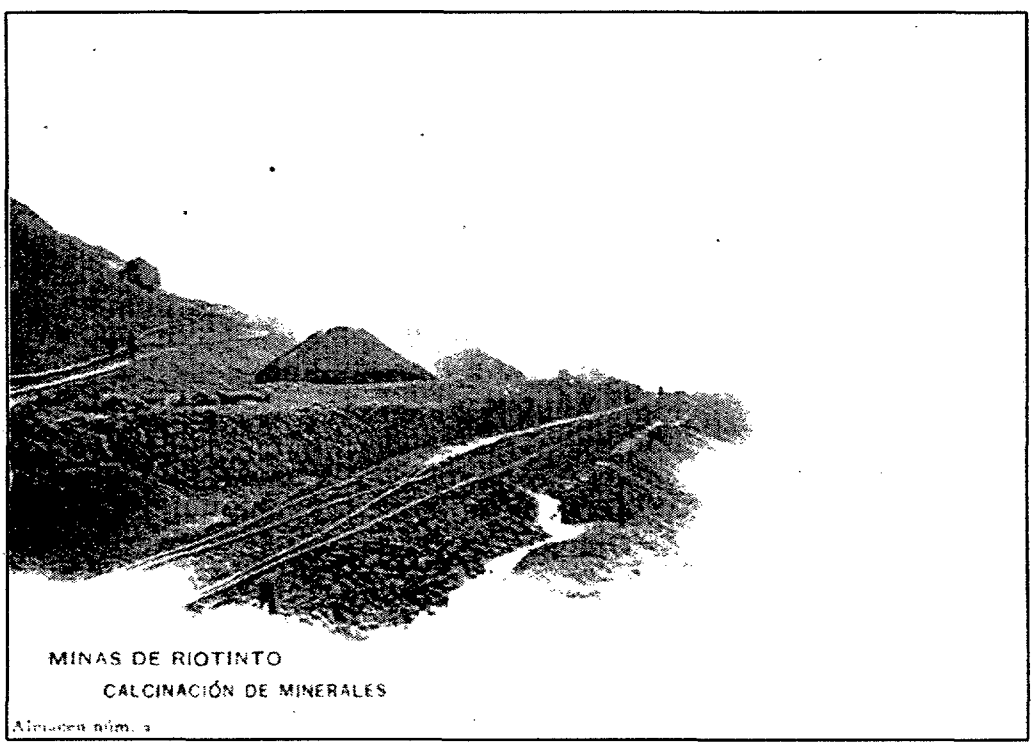


Foto nº 17: Calcinación de minerales. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

Foto nº 18. Detalle de la estructura de las teleras. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

En las fotos nº 17 y 18 podemos ver la calcinación de minerales a finales del siglo XIX.

Según ensayos realizados (RUA FIGUEROA, 1868, 41) el mineral perdía en la calcinación el 34% poco más o menos de su contenido en azufre, que para un beneficio igual al de 1863 (89.694 tm.) representaba 60.992 tm. desprendidas de anhídrido sulfuroso.

Sobre el lecho de monte bajo que constituía la base de la telera, se colocaba el mineral dejándose en todo el perímetro del combustible un espacio libre de 40 a 50 cms. de ancho. Un haz o mecha central o dos en muchos casos, servían para iniciar la combustión, que se propagaba por toda la leña del interior al exterior hasta llegar al contorno o límite del mineral, en cuyo momento ya estaba el centro de la telera a plena ignición, quemándose el reborde libre del combustible, lo que promovía el descenso gradual de las capas superficiales de la telera desde el piso o asiento, evitándose de este modo la afluencia extraordinaria de aire al principio de la operación, lo que daría lugar a una temperatura excesiva, produciendo reacciones indeseables. Este efecto no podía muchas veces evitarse a no ser aterrando las teleras, total o parcialmente,

con una capa de mineral crudo que impidiese el acceso al aire, o el tiro que promovía la combustión; de lo contrario el mineral se pasaba, formándose conglomerados ú óxidos férricos, cúpricos y mineral crudo reunidos por el sulfuro fundido, a los cuales se les daba el nombre de metal (RUA FIGUEROA, 1868, 47).

Se intentó averiguar la posible cantidad de cobre soluble con respecto a la ley absoluta del mineral, para ello se sometieron a ensayos 274 muestras de mineral calcinado, recogiéndolas de distintas plazas y teleras, anotando para cada una de ellas el tiempo de calcinación, su localización, etc. De cada muestra se tomaron dos porciones, tratando una de ellas por los ácidos (agua regia) y la otra por el agua, apreciándose con auxilio de la escala el cobre contenido en las respectivas disoluciones. Según la ley absoluta obtenida se dividieron los minerales en seis clases, con el fin de armonizar los resultados:

1ª Ley entre 0,50 y 2,00%.

2ª Ley entre 2,00 y 3,00%.

3ª Ley entre 3,00 y 4,00%.

4ª Ley entre 4,00 y 6,00%.

5ª Ley entre 6,00 y 8,00%.

6ª Ley entre 8, 00 y 10, 00%.

Cuyos resultados medios para cada clase fueron los siguientes (cuadro XLIX):

CUADRO XLIX

Clases	Contenido medio de los minerales		Relación
	Disolución ácida	Disolución acuosa	
1ª	1,438	0,984	0,685
2ª	2,471	1,766	0,715
3ª	3,154	2,170	0,688
4ª	4,780	2,555	0,534
5ª	6,153	2,926	0,475
6ª	9,030	2,968	0,3

Contenido medio en cobre de los minerales calcinados en disolución ácida y acuosa, y su relación. Según RUA FIGUEROA, 1868, 49

De estas cifras se deduce, suponiendo que el mineral calcinado no perdiese, por los elementos disolventes a que estaba expuesto, ninguna parte de cobre al estado soluble, y que los pilones de saturación rindiesen todo el contenido en este estado, supuesto inalcanzable, ya por pérdidas mecánicas, ya por el estado de agregación del mineral, por lo que no era posible la completa disolución del cobre, que el mineral mejor aprovechado daría el 71,5% de su riqueza total. Se deduce también, que la parte de cobre en dicho estado no era proporcional al contenido absoluto, sino que casi permanecía constante, o era débilmente progresiva desde los minerales de ley media del 4% para arriba, los cuales sólo rendían por disolución del 53,4 al 32,8% de su ley absoluta, por lo que los minerales cuyo contenido oscilaba entre 0,50 y 4%, y entre éstos los del 2 al 3% eran los que producían relativamente hablando, los mejores resultados en la sulfatación, prescindiendo del cobre que pudiese aprovecharse en los terreros; de modo que los minerales con ley inferior al 4% eran los más adecuados para su beneficio por cementación artificial, y los superiores por fundición por matas.

Los minerales ensayados procedían de teleras de tres y seis meses de calcinación; pero bajo el punto de vista del tiempo, no se pudo sacar consecuencia alguna, puesto que la duración dependía de la magnitud de la telera, de su exposición, naturaleza del mineral, combustible, etc., siendo preciso para obtener resultados comparables, haber homogeneizado esos elementos, lo que era mucho punto menos que imposible.

El mineral calcinado sufría seis o más lavados, cuya duración parcial era de 18 a 48 horas, hasta que la disolución dejaba de acusar la presencia de cobre en cantidad aprovechable. Cada una de estas operaciones llevaba el nombre de beneficio, y las lejías obtenidas eran de 1º, 2º, 3º, 4º, etc. beneficio.

Sometidas a diferentes ensayos varias y cada una de estas disoluciones, dieron las siguientes leyes y densidades (areómetro Beaumé) (cuadro L):

CUADRO L

Número de ensayo[42]	Tiempo de saturación	Densidad	Cobre en metro cúbico
PRIMER BENEFICIO (1er LAVADO)			
1º	18 horas	15º	8,250 kg.
2º	18 horas	36º	16,800 kg.
3º	18 horas	32º	20,580 kg.
4º	18 horas	22º	14,250 kg.
5º	18 horas	30º	18,000 kg.
6º	18 horas	28º	14,400 kg.
7º	18 horas	33º	24,000 kg.
8º	18 horas	32º	29,400 kg.
SEGUNDO BENEFICIO (2º LAVADO)			
1º	24 horas	12º	8,000 kg.
2º	24 horas	15º	8,600 kg.
3º	24 horas	13º	9,600 kg.
4º	24 horas	15º	10, 000 kg.
5º	24 horas	14º	13,800 kg.
6º	24 horas	13º	8,550 kg.
7º	24 horas	16º	12,000 kg.
8º	24 horas	13º	16,000 kg.
TERCER BENEFICIO (3er LAVADO)			
1º	30 horas	5º	3,360 kg.
2º	30 horas	7º	4,560 kg.
3º	30 horas	6º	5,250 kg.
4º	30 horas	5º	5,250 kg.
5º	30 horas	5º	4,500 kg.
6º	30 horas	6º	5,000 kg.
7º	30 horas	7º	5,100 kg.
8º	30 horas	3º	6,750 kg.
CUARTO BENEFICIO (4º LAVADO)			
1º	34 horas	3º	2,640 kg.
2º	34 horas	3º	3,160 kg.
3º	34 horas	4º	3,600 kg.
4º	30 horas	5º	3,150 kg.
5º	30 horas	1º	2,000 kg.
6º	34 horas	1º	1,600 kg.
7º	34 horas	1º	1,400 kg.
8º	30 horas	1º	4,740 kg.
QUINTO BENEFICIO (5º LAVADO)			
1º	40 horas	2º	0,560 kg.
2º	40 horas	2º	0,800 kg.
3º	40 horas	2º	1,800 kg.
4º	34 horas	0º	1,200 kg.
5º	38 horas	0º	0,750 kg.

[42] Los números del ensayo se correspondían en todos los beneficios, es decir, que las lejías de un mismo mineral fueron ensayadas por su orden correlativo.

6º	38 horas	2º	1,400 kg.
7º	48 horas	0º	1,200 kg.
8º	38 horas	1º	2,000 kg.
SEXTO BENEFICIO (6º LAVADO)			
1º	40 horas	2º	1,500 kg.
3º	48 horas	1º	1,500 kg.
4º	38 horas	0º	0,550 kg.
5º	42 horas	0º	0,450 kg.
6º	42 horas	0º	0,300 kg.
7º	42 horas	0º	0,200 kg.
8º	42 horas	0º	0,950 kg.
SÉPTIMO BENEFICIO (7º LAVADO)			
1º	48 horas	0º	0,950 kg.
4º	38 horas	0º	0,350 kg.
7º	48 horas	0º	0,200 kg.
8º	48 horas	0º	0,250 kg.

Contenido en cobre por beneficio y tiempo de saturación. Según RUA FIGUEROA, 1868, 56-58

Siendo el promedio de estos ensayos el siguiente (cuadro LI):

CUADRO LI

Beneficios (Lavados)	**Cobre en metro cúbico de disolución**
1º	18,210 kg.
2º	10,819 kg.
3º	4,971 kg.
4º	2,786 kg.
5º	1,214 kg.
6º	0,778 kg.
7º	0,437 kg.

Promedio de cobre en disolución por beneficio. Según RUA FIGUEROA, 1868, 59

Para cada 10 metros cúbicos (170 quintales métricos) de mineral calcinado, se necesitaron 6,579 metros cúbicos de agua por beneficio, o lo que es lo mismo, un metro cúbico de agua lava, en cada saturación, 1,520 metros cúbicos de mineral aproximadamente, ó 25,84 quintales métricos. Según esto, el rendimiento del mineral calcinado deducido de la riqueza de las lejías era:

- 7 metros cúbicos = 39,216 kg. de cobre

  ó 3.921,6 / 2.584 = 1,517% ó 1,270% de mineral crudo.

Las aguas de los diferentes beneficios se mezclaban convenientemente en los pilones reposadores, de modo que las destinadas a la cementación contenían, por término medio ocho kilogramos en metro cúbico y de 12 a 15º

del areómetro. La densidad tenia escasa importancia en la apreciación de los resultados; pero en la práctica servía para formar ideas relativas de alguna valía. Un grado extremado de concentración en las lejías o su disolución o empobrecimiento extremados, conducían a una cementación lenta y a un consumo elevado de hierro.

Las lejías en contacto con este metal, disolvían en primer lugar, una pequeña porción a favor del ácido sulfúrico libre que contenían; las sales férricas disueltas pasaban al estado de sales ferrosas y el óxido cúprico reducido se precipitaba sobre el hierro. Una parte del sulfato ferroso formado se convertía, a expensas del oxígeno del aire, en sulfato férrico, el cual en contacto con el hierro pasaba a sulfato ferroso, reacción indispensable para la completa precipitación del cobre. Otra parte del sulfato ferroso se convertía en sub-sulfato férrico, sal poco soluble que se precipitaba al mismo tiempo que el cobre y los arseniatos de hierro. A medida que la disolución iba perdiendo su color primordial, la conversión de las sales ferrosas en férricas era más activa y en consecuencia la formación y precipitación de las subsales que impurificaban la cáscara.

Se deducía de esta teoría, que el contacto del aire con las lejías debía perjudicar notablemente la calidad del producto aumentando el consumo de hierro, por lo que se suprimió el movimiento que se imprimía a las aguas de los pilones durante su rendimiento, lo cual, si bien aceleraba la precipitación del cobre, era a costa del consumo de hierro. En los pilones cementadores se empleaban ordinariamente de 9 a 11 quintales métricos de hierro colado por metro cúbico de disolución, ó 0,090 a 0,110 metros cúbicos de lejía por quintal métrico de hierro.

El rendimiento invertía de 24 a 30 horas en verano y de 40 a 48 horas en invierno. El agua rendida contenía, como término medio de repetidos experimentos, 0,196 kg. de cobre por metro cúbico. Después de cada suelta o rendimiento, se volvía a llenar el pilón con lejías cobrizas, repitiéndose el beneficio tres o más veces hasta que el precipitado tuviera bastante consistencia.

Dos eran los productos, tal como se ha dicho anteriormente, que aquí se obtenían: la cáscara o cemento cobrizo más o menos adherido a los lingotes de

hierro y la papucha. Ésta última estaba constituida esencialmente por subsales de hierro, era el sedimento que en los canales o en recipientes a propósito dejaban espontáneamente las aguas rendidas al salir de los pilones de beneficio, y también el fruto de un lavado imperfecto que la misma cáscara sufría dentro de estos pilones al dar suelta a dichas aguas. Cuando se trataba de concentrar por medio de este lavado el primer producto, se enriquecía el segundo, el cual casi se perdía para la producción del establecimiento. El análisis de un ejemplar de cáscara procedente del 2º departamento, dio secada a 100 ºC, la siguiente composición (cuadro LII):

CUADRO LII

➢ Residuo insoluble (sustancia terrosa).....			6,250
➢ Cobre al estado metálico.....	11,658	Cu = 65,172	
➢ Cobre al de óxido cuproso.....	60,605		
➢ Óxido férrico.....			4,025
➢ Óxido ferroso.....			2,110
➢ Hierro al estado metálico.....			3,654
➢ Ácido sulfúrico.....			3,300
➢ Ácido arsénico.....			3,281
➢ Ácido antimonioso.....			0,772
➢ Fósforo.....			0,678
➢ Grafito (carbono).....			2,150
➢ Sosa, cal, magnesia y pérdida.....			1,517
			100,000

Análisis de una muestra de cáscara de cobre, 1863. Según RUA FIGUEROA, 1868, 62

El análisis de la papucha calcinada dio el siguiente resultado (cuadro LIII):

CUADRO LIII

➢ Residuo insoluble en agua regia.....			22,050
➢ Cobre.....	25,328	Cu = 29,719	
➢ Óxido cúprico.....	5,499		
➢ Azufre.....			2,142
➢ Ácido sulfúrico.....			6,196
➢ Óxido férrico.....			25,350
➢ Ácido arsenioso.....			3,655
➢ Ácido antimonioso ?.....			1,363
➢ Fósforo.....			0,761
➢ Sulfato ferroso, ácido clorhídrico, cal.....			Indicios
➢ Sustancias orgánicas y pérdida.....			7,656
			100,000

Análisis de una muestra de papucha. Según RUA FIGUEROA, 1868, 63

El cobre contenido al estado soluble ascendía a 4,391%, lo que demostraba el partido que podía haberse sacado a este producto, para lo cual RUA FIGUEROA proponía su calcinación mezclado con mineral menudo o tierras, a fin de promover la sulfatación de mayor cantidad de cobre. La papucha después de calcinada de este modo, se sometería a un lavado para obtener por cementación la parte de cobre soluble. Por este medio habrían podido obtenerse al año con muy poco coste, y en un solo beneficio de este producto de 5.000 a 6.000 kg. de cobre.

La cementación en Riotinto abarcaba cuatro subdivisiones.

1º Cementación de minerales calcinados.

2º Cementación de tierras vitriólicas.

3º Cementación de terreros.

4º Cementación de aguas de mina.

El mineral desechado por menudo constituía las tierras vitriólicas, que se depositaba en el interior de la mina, hasta que vitriolizadas espontáneamente por el transcurso del tiempo, eran extraídas a la superficie, pasando directamente a los pilones de saturación. Años atrás se sometían a una disolución en el interior de la mina, depositándolas en balsas o pilones a los cuales se hacía llegar el agua de los subterráneos, saliendo luego enriquecida al exterior en donde se cementaba el cobre que contenía. Las tierras utilizadas de este modo se extraían de los pilones y se depositaban en labores abandonadas, llegando algunas a sufrir un segundo beneficio. Este sistema pudo ser aplicable y provechoso, cuando la distancia a que había que conducir las tierras era reducida; pero sería oneroso cuando, lejanos los puntos de explotación o de procedencia de las tierras de las balsas de saturación, fuese preciso recargar el producto con los gastos de un transporte considerable.

El sistema de beneficio aplicado a las tierras vitriólicas tenía las siguientes ventajas:

1º. La sulfatación espontánea era gratuita y equivalía al cabo del tiempo, a la sulfatación artificial, siendo el producto soluble de las tierras vitriólicas aproximadamente igual al que resultaba de la calcinación de los minerales.

2º. Aunque era imprescindible, para obtener este resultado, amortizar por un tiempo dilatado el capital que representaban esas tierras (stocks), todos los años se beneficiaría una cantidad equivalente a su producción anual, a causa de las existencias que de este residuo había en las labores subterráneas, dando así tiempo a su conveniente vitriolización.

3º. No se producía contaminación, por emisiones de anhídrido sulfuroso y sulfúrico, al no existir calcinación.

Las tierras como ya hemos dicho estaban comprendidas entre el 6 y 7% del mineral excavado, estimándose en un 2% las que salían al exterior, calcinándose mezcladas con el mineral grueso, formando los asientos y capas de las teleras.

En la descomposición de los sulfuros por la influencia de la humedad y la temperatura de los subterráneos, se observaba que la pirita de cobre pasaba al estado de sulfato con más facilidad que la de hierro, suponiendo condiciones iguales en los agentes indicados, revelándose por esta sola circunstancia, en muchos casos, la presencia de minerales ricos. El mismo fenómeno explicaba la ley crecida de las lejías procedentes del lavado de tierras vitriólicas y la de la cáscara de cementación a que daban lugar.

El cuadro LIV refleja el contenido en cobre de las lejías de tierras vitriólicas y el LV corresponde al análisis de la cáscara de cementación del beneficio de tierras vitriólicas (sin calcinar).

CUADRO LIV

Número de ensayo	Tiempo de saturación	Densidad	Cobre en metro cúbico
1º	18 horas	15º	24,000 kg.
2º	24 horas	6º	13,600 kg.
3º	30 horas	3º	8,000 kg.
4º	34 horas	1º	3,200 kg.
5º	38 horas	6º	0,600 kg.
6º	48 horas	0º	0,300 kg.

Lejías de tierras vitriólicas. Fuente: RUA FIGUEROA, 1868, 69

El contenido de antimonio y arsénico, era de influencia deplorable en el cobre fino, siendo esta la objeción más importante que podía hacerse en contra del tratamiento de las tierras en crudo.

CUADRO LV

➢ Cobre	82,717
➢ Óxido férrico	5,250
➢ Ácido sulfúrico	2,703
➢ Antimonio	3,165
➢ Arsénico	0,813
➢ Carbono	2,419
➢ Hierro metálico	2,235
➢ Sustancia terrosa	0,649
	99,951

Análisis de la cáscara de cementación del beneficio de tierras (sin calcinar)
Según RUA FIGUEROA, 1868, 69

Los terreros eran depósitos de mineral calcinado y tierras, después de haber sido sometidas al lavado. Estos depósitos se formaban en las depresiones naturales del terreno inmediato a los pilones, a fin de que las aguas que regaban la parte superior del terrero, procediesen de las lluvias o de riego, y que al filtrar por la masa de minerales, pudieran reunirse en la zona de pendiente máxima, para ser conducidas a puntos a propósito o por canales convenientemente dispuestas, en donde se cementaba el cobre que contenían. A estas filtraciones se unían, cuando las condiciones locales lo permitían, las lejías rendidas de los pilones de cementación, que como se ha dicho, contenían sobre 0,200 kg. de cobre por metro cúbico. La idea del beneficio de los terreros fue posterior al establecimiento del beneficio por cementación, por lo que el terreno no había sido acondicionado para recibir esos residuos y recoger las aguas filtradas; además el gran cúmulo de materiales no permitía el acceso del aire para la sulfatación del cobre, ni el del agua para su disolución; la temperatura desarrollada por debajo de ciertos y reducidos límites no era suficiente para las reacciones necesarias a la producción del sulfato cúprico[43]; que una gran parte debía sustraerse a la sulfatación; que la gran cantidad de núcleos contenidos en

Foto nº 15: Zona de cementación Los Planes en la actualidad. Fuente: EMIILIO ROMERO

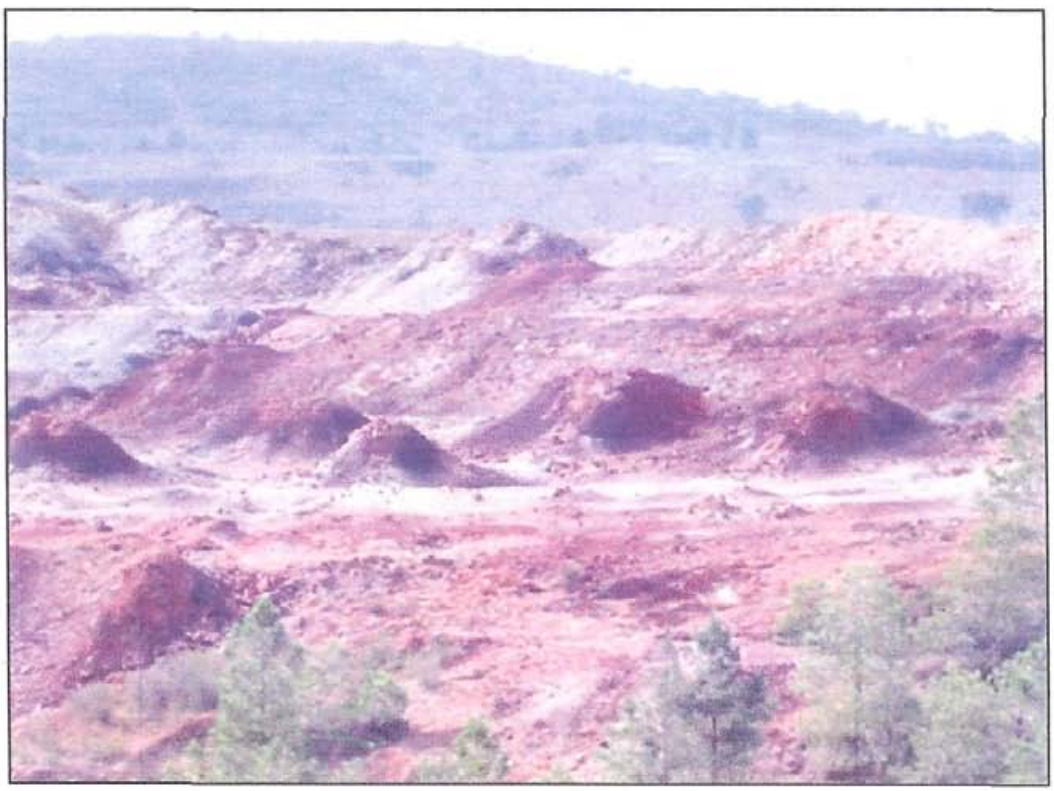


Foto nº 16: Teleras calcinadas en Los Planes. Fuente: EMILIO ROMERO

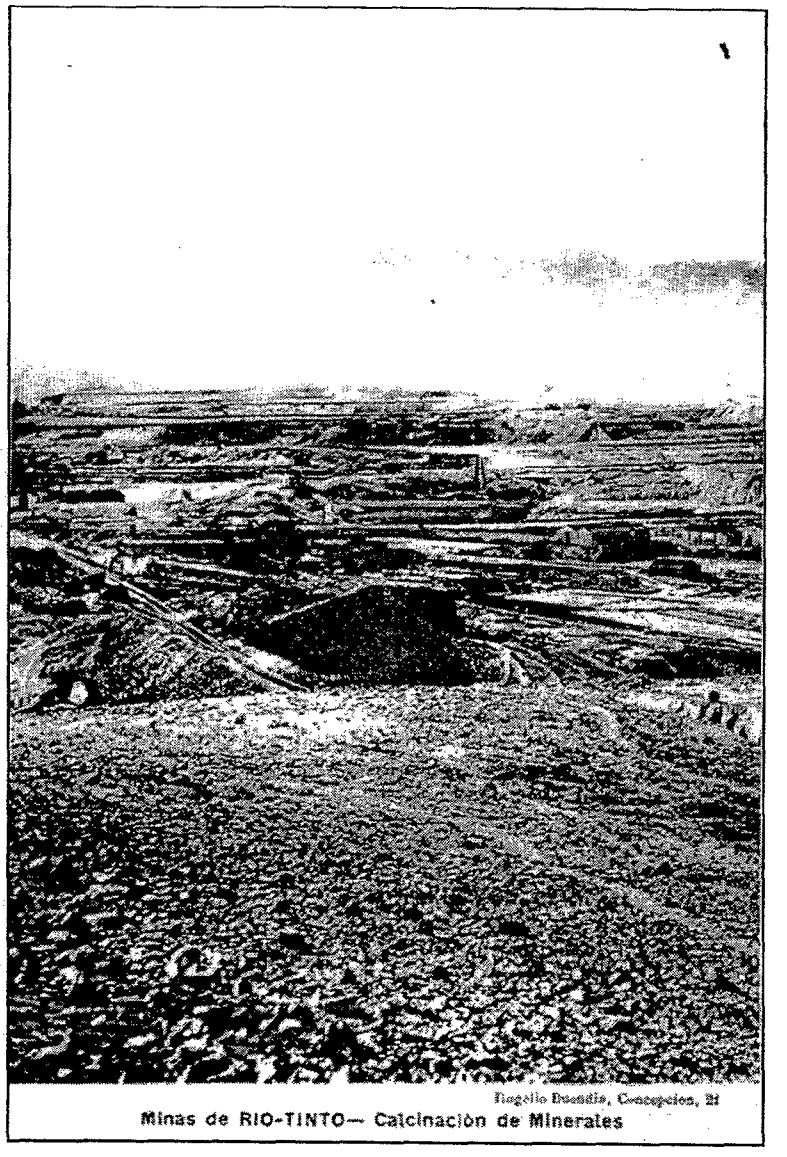


Foto nº 17: Terreros. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

CUADRO LVI

Riqueza absoluta	Cobre soluble en agua	Azufre	Ácido sulfúrico
2,2%	2,1%	2,00%	21,80%
1,6%	1,5%	1,16%	12,05%
6,6%	3,4%	1,65%	13,90%
1,2%	1,2%	1,55%	21,50%
6,2%	3,0%	7,18%	12,21%

Análisis de mineral lavado destinado a los terreros. Fuente: RUA FIGUEROA, 1868, 71

Los ensayos de las lejías procedentes de los terreros, hechos en diferentes estaciones, dieron por término medio (cuadro LVII):

CUADRO LVII

Procedencia	Densidad	Cobre por metro cúbico
S. Roque	16º	4,750 kg.
Sta. María	3º	1,000 kg.
La Cerda	18º	3,800 kg.
Planes	9º	1,850 kg.

Análisis de las lejías de los terreros. Según RUA FIGUEROA, 1868, 72

En 1863 se beneficiaron 661.277,15 quintales métricos de mineral calcinado y 79.890 de tierras vitriólicas. El consumo de hierro fue de 1,894 por arroba de cobre fino producido en esta cementación colectivamente considerada, y el rendimiento de 1,249% de cobre de minerales crudos y tierras, ó 1,714% de minerales calcinados y tierras beneficiadas.

En el beneficio de minerales calcinados, se obtuvieron 1,243% de cobre fino de minerales crudos, consumiéndose 1,016 de hierro por arroba de cáscara producida, ó 1,799 por la misma unidad de cobre fino. La cáscara calcinada de este beneficio contenía, por término medio 60% de cobre, y su rendimiento metalúrgico era de 56 ó 57% aproximadamente.

En la cementación de tierras vitriólicas, el consumo de hierro ascendió a 1,998 por arroba de cobre fino, ó 1,369 por igual unidad de cáscara, la cual acusó una ley media del 72% y un resultado metalúrgico de 68 a 69%. El beneficio de las tierras rindió 1, 311 % de cobre de aquel producto.

En el aprovechamiento de los terreros se consumieron 2,846 de hierro por arroba de cobre fino ó 1,580 por igual unidad de cáscara cementada. El contenido medio de ésta fue de 59% y su rendimiento en la fundición de 55 a 56%. El consumo de hierro estaba calculado tomando en cuenta el beneficio colectivo de las lejías de terreros y minerales que tenía lugar en el primer departamento; cuando este beneficio era aislado, como sucedía en el segundo y tercer departamento, el consumo ascendía a 3,255 por arroba de cobre.

El agua rendida contenía sobre 200 gramos de cobre por metro cúbico; pero este agua se sometía a la cementación en canaleos, unas veces unida a la que procedía de los trabajos subterráneos, otras a las filtraciones de los terreros, o aisladamente, según los accidentes locales y la disposición de los recipientes

de precipitación; llevando la disolución final del beneficio, que iba al río Tinto, por lo menos 20 gramos de cobre por metro cúbico. Recordando la suma de minerales lavados, el agua necesaria para su tratamiento en el supuesto de que experimentasen, por término medio seis beneficios; y sin tomar en cuenta el agua que provenía de los terreros, ni las filtraciones perdidas, ni el cobre disuelto por las lluvias en las teleras y plazas de calcinación, ni otros afluentes extraordinarios, éstas serían de 175.000 metros cúbicos, que llevaban al mar anualmente unos 3.500 kg. de cobre.

Considerando el beneficio de minerales calcinados y terreros como uno sólo, en cuanto a los resultados, se deduce que el rendimiento total fue de 1,368% de cobre de los primeros en crudo, debido 1,243 a los minerales y 0,125 a los terreros; es decir que para cada arroba de cobre fino se habían necesitado 20 quintales castellanos de mineral crudo, o 18 quintales agregando el fruto de los terreros.

Si se consideraba la ley media de los minerales como 2,70%[44] de cobre. Su rendimiento inmediato, sería según se ha dicho de 1,243 ó 46% del contenido medio; resultando, que el mineral pasaba a los terreros con 1,457% de cobre del contenido en crudo, o 1,868% del mineral calcinado, y que el rendimiento práctico era mucho menor que el señalado anteriormente al determinar la cantidad de cobre soluble en los minerales calcinados.

Para la cementación natural se aprovechaban las aguas procedentes de las excavaciones modernas, que salían por el socavón de San Luis, y las de la Cueva del Lago. Unas y otras constituían el único motor de las fábricas de beneficio y servían, después de rendidas, para la disolución de minerales y el riego de terreros. Las primeras contenían por término medio de varios ensayos, 150 gramos de cobre por metro cúbico y 14 gramos las segundas.

El rendimiento de las aguas de San Luis, fue en 1863 de 5.632,36 arrobas de cobre fino, consumiéndose 2,536 de hierro por una de aquél, y 1,348 del

[44] Anteriormente hemos dado como ley media del yacimiento 2,65% de cobre, resultado de hallar la media ponderada conforme a los datos suministrados por RUA FIGUEROA (1868, 12 y 264), aunque este autor para sus cálculos considera 2,70%.

mismo metal por arroba de cáscara producida, siendo el contenido medio de ésta del 62% de cobre, y su rendimiento metalúrgico del 56 al 57%.

El producto de la cementación de las aguas de Cueva del Lago era insignificante y de ínfima calidad; la acción prolongada de estas aguas sobre el hierro, a fin de que depositasen la corta cantidad de cobre que contenían y el pequeño desnivel de las canales, forzosamente así dispuestas, en que se verificaba esta operación, daban lugar al empobrecimiento de la cáscara que salía cargada con muchas subsales de hierro y arsénico. De aquí el que la ley media de este producto fuera, por lo regular, del 26 al 28%, calcinándose y fundiéndose con las escorias del derretido las 300 ó 400 arrobas que se obtenían.

No se habían realizado análisis de ambas cáscaras, aunque creía RUA FIGUEROA, que los análisis vendrían a revelar la existencia en estas cáscaras de dosis importantes de arsénicos y antimonio; resultados que ofrecía la cáscara derivada del beneficio de tierras vitriólicas, pues consideraba como análogos ambos productos.

La cáscara de cementación, cualquiera que fuese su procedencia a excepción de la de Cueva del Lago, se aglomeraba en forma de pequeñas bolas de ocho a diez centímetros de diámetro, las cuales cuando habían adquirido cierto grado de sequedad o consistencia[45], se sometían a una calcinación en hornos prismáticos de 1,50 metros de altura, cuya sección rectangular variaba notablemente. La parte anterior de estos hornos estaba abierta para verificar la carga y concluida ésta se cerraba con un muro perdido de ladrillos, cuyas juntas se enlodaban toscamente con papucha, dejando algunos resquicios para la entrada de aire. En el cenicero, que estaba separado en las bolas por una rejilla formada con lingotes de hierro colado, se encendían algunos haces de monte bajo de cuatro a seis horas, tiempo suficiente para iniciar la combustión, en cuyo momento se tapaba la entrada del cenicero con una plancha de palastro, continuando la cáscara calcinándose por sí sola de seis a ocho días, según la carga del horno, que solía ser de 36 a 46 quintales métricos de cáscara mojada

[45] Durante el verano se secaban al aire libre y, en invierno, en hornos de reverbero llamados calentadores, alimentados con monte bajo.

en los hornos pequeños, y de 90 a 110 en otros mayores que existían en el segundo departamento.

Esta operación preliminar, de suma trascendencia en el tratamiento metalúrgico del precipitado cobrizo, dejaba mucho que desear bajo el punto de vista de su perfección. Las reacciones que tenían lugar eran fáciles de conocer; el calor desarrollado por el combustible elevaba la temperatura de la zona inferior de la carga al grado rojo oscuro y el azufre contenido en esta zona, que se hallaba en contacto con una gran cantidad de aire atmosférico, se convertía en ácido sulfuroso que se desprendía en este estado o en el de ácido sulfúrico, formando con auxilio de la humedad de la cáscara. El cuerpo combustible era sumamente escaso, no pudiendo promover el desarrollo de la temperatura necesaria, si no fuera por las reacciones exotérmicas que se producían.

Al principio de la operación, cuando la cáscara se había secado perfectamente, el grado de calor en el seno de la carga no era muy elevado; los gases reductivos, que en abundancia desprendía el combustible quemado en el cenicero, ejercían su acción sobre el óxido de hierro convirtiéndolo en hierro pirofórico que, en contacto con el aire, ardía activamente pasando de nuevo al estado de óxido férrico.

La temperatura desarrollada en el centro de la carga al segundo y tercer día, debida a la oxidación del hierro, era considerable, llegando al rojo naciente, ocasionando una semifusión superficial en las bolas, lo cual debía evitarse interceptando o restringiendo la entrada de aire.

Las sales de arsénico y antimonio se descomponían del mismo modo que en la calcinación de los minerales; el primero se desprendía con más facilidad que el segundo al estado de ácido arsenioso, no sin condensarse alguna cantidad en la parte superior de la carga que se hallaba en contacto con la atmósfera. El antimonio era mucho más difícil de desalojar de sus combinaciones, ya se hallase formando antimoniatos metálicos, ya al estado de antimoniato antimónico, producto no volatilizable que se fijaba en la parte fría de la cáscara y paredes del horno. De aquí el que muchas veces la montera, o parte superior de la carga, volviese a ser calcinada. Por todo lo dicho esta calcinación había que conducirla con lentitud, puesto que una temperatura

elevada promovía la fusión, y por lo tanto, la formación de arseniuros y antimoniuros difíciles de descomponer en las manipulaciones posteriores.

En algunos casos la cáscara se mezclaba con cisco procedente de cenicero de los hornos de afino, lo que le daba consistencia a las bolas y proporcionaba un cuerpo reductivo de bastante interés para las reacciones que tenían lugar en esta operación.

La cáscara artificial perdía en su calcinación del 28 al 32% de su peso, y la natural del 34 al 40%. El consumo de monte bajo era de 17,540% de cáscara mojada, ó 24,396% de calcinada, notándose algún ahorro de combustible en los hornos grandes del segundo departamento comparados con los del primero.

Se consumían 1,089 arrobas de hierro por arroba de cáscara artificial, 1,348 por igual cantidad de la natural (ambas calcinadas) y 1,925 por arroba de cobre fino producido en conjunto.

La fundición del cemento cobrizo, llamada impropiamente en la zona derretido, tenía lugar en copelas alemanas (que ya hemos comentado), construidas para el afino del cobre negro que resultaba del tratamiento inmediato de la cáscara en los mismo hornos.

Entonces la carga de estos hornos oscilaba entre 8 y 20 arrobas de cáscara en cada operación, y su producto en 24 horas entre 35 y 55 arrobas de cobre fino. Más tarde se destinaron a la obtención exclusiva de cobre negro; estando su carga comprendida entre 28 y 30 arrobas de cáscara, rindiendo del 62 a 64%, haciéndose de cinco a siete operaciones al día; el cobre resultante en el mismo tiempo llegaba, a lo sumo, a 140 arrobas.

Este tipo de hornos sufrió la modificación de los receptores hidráulicos, lo que permitió sustituir por grandes fuelles los antiguos, lo que junto con ciertas reformas introducidas en la marcha del trabajo hizo aumentar su capacidad de producción.

Hacía algunos años que se había intentado fundir la cáscara para cobre negro en los hornos de afino ordinarios, pero la gran cantidad de escorias que producía dificultaba el trabajo aumentando en demasía el coste de elaboración.

Las copelas que en Riotinto se destinaban al derretido, tenían una forma semi-elipsoidal. Al comenzar la campaña sus dimensiones eran: diámetro

mayor 86 centímetros (paralelo al muro longitudinal del horno), diámetro menor 70 centímetros; altura hasta el orificio de la tobera 60 centímetros, siendo el diámetro de ésta de 6 centímetros.

No hacía mucho tiempo se realizaban de cuatro a cinco operaciones al día, derritiéndose en cada una 100 arrobas de cáscara, que producían en total sobre 300 de cobre negro. Desde 1862 se modificó la marcha, sin alterar las citadas dimensiones, consiguiendo resultados satisfactorios. Antes de esta época se dejaba consumir (derretir) la carga en cada operación, se limpiaba la superficie del baño fundido y se verificaba la sangría. Coagulando el cobre se procedía a partirlo en caliente, durante estas operaciones, que invertían cerca de media hora, el horno permanecía inactivo, consumiéndose dos o más espuertas de carbón que se arrojaban dentro de la copela, para sostener la temperatura. Aprovechar estos momentos perdidos y evitar este consumo infructuoso de combustible fue el objeto de la reforma, disponiendo el derretido continuo. Para ello, cuando una carga se había consumido y la copela estaba, por lo tanto, llena de cobre negro, se realizaba otra carga y terminada ésta se sangraba el horno; de manera que mientras el cobre se partía y apilaba, la cáscara seguía derritiéndose sin interrupción. Únicamente cuando era necesario *remendar* la tobera, o cuando el horno requería una limpia de la escoria que se adhería a sus bordes, se practicaba la sangría antes de hacer una nueva carga.

De este modo se había logrado en circunstancias normales, derretir de 700 a 1.000 arrobas de cáscara en 24 horas en cuatro ó cinco operaciones, con un resultado de 400 a 540 arrobas de cobre negro en el mismo tiempo y una reducción, no despreciable, en el consumo de combustible. Era evidente que contribuía al aumento de esta producción el progresivo desarrollo de las dimensiones de la copela, cuyas paredes de carbonilla se iban destruyendo gradualmente hasta llegar a los muros de mampostería del horno, circunstancia que obligaba a suspender la campaña. Ésta solía durar de 12 a 15 días. Así puede comprenderse que una sola fábrica satisfaciera ampliamente al derretido de la cáscara obtenida en un año (203.452 arrobas en 1863). Dejando aun

sobrado tiempo disponible para este mismo servicio, si hubiera sido necesario, o para ocupar al personal en otros trabajos del establecimiento[46].

Cada copela era manejada por tres operarios que se relevaban cada doce horas. La marcha de la operación era muy sencilla; la carga se hacía alternando la cáscara con capas de carbón vegetal (de brezo o de todo monte) en todo lo que comprendía la cavidad de la copela, amontonando el resto alrededor de ésta, sobre la plaza en que se hallaba situada. Se daba viento y, a medida que la carga se iba fundiendo y bajando, se sustituía con la cáscara de los costados, echándola delante de la tobera adicionándole el carbón necesario. Cuando la copela estaba llena, la escoria salía libremente por debajo de la carga y parte superior de la meseta y, si carecía de fluidez, se promovía su salida por medio de un espetón. Consumida la carga, que era la cantidad suficiente para llenar la copela de cobre negro, en lo que se invertía, por término medio, cinco horas, se sangraba por la parte inferior del muro delantero, haciéndose trozos el cobre en caliente. La cáscara arrastrada por el viento del fuelle, se depositaba en una cámara de condensación que terminaba en una pequeña chimenea.

En esta operación una parte de la carga estaba sometida, en primer lugar, a una calcinación, mientras que la que se hallaba en la región de la tobera, sometida a la influencia del aire inyectado y a una elevada temperatura, experimentaba los efectos de una reducción o de una oxidación, según la afinidad de sus elementos por el oxígeno. Aquí, como en el afino del cobre, había formación constante de óxido cuproso que se difundía por todo el baño metálico, oxidando una gran parte del hierro que pasaba a la escoria, no sin que ésta absorbiera una porción del mismo óxido cuproso que ejercía en esta operación un papel oxidante de suma importancia. Este compuesto transformaba también el sulfuro de cobre en cobre metálico y anhídrido sulfuroso que se desprendía. Existía, además, el principal agente reductor en todas las reacciones metalúrgicas, que aumentaba por su influencia la producción de cobre metálico: tal era el monóxido de carbono que en gran cantidad se originaba a cierta distancia de la tobera.

[46] En 1863 se utilizaron 275 días en este trabajo, lo que equivalía a 740 arrobas de cáscara derretida al día.

Una parte de este gas se quemaba en contacto con la atmósfera, la otra ejercía su acción sobre los óxidos cuproso y férrico, pasando el primero al estado metálico y el segundo al de óxido ferroso que se unía a la sílice escorificándose.

Una parte del azufre contenido en la carga se oxidaba y desprendía en forma de anhídrido sulfuroso; pero otra por su afinidad con el cobre, se unía a este metal, saliendo con la escoria al estado de mata unida al sulfuro de hierro. El ácido arsenioso, el antimoniato-antimónico, ácido antimónico, ..., se reducían también en parte, pasando al cobre negro al estado de arseniuros y antimoniuros, o se sublimaban y condensaban en las partes frías del horno.

La temperatura desarrollada en el derretido no era, por lo general, suficiente para reducir el hierro al estado metálico; pero sí bastante para la reducción de los óxidos de cobre, y aun cuando lo primero acaeciese, la afinidad del hierro por el oxígeno le haría oxidarse de nuevo, escorificándose.

Se obtenían de este tratamiento tres productos metalúrgicos principales y otro secundario originado por la acción mecánica de la corriente de aire y la condensación de los gases desprendidos, que se depositaba en el cañón de la chimenea.

El primero era el cobre negro, cuyo análisis por término medio, dio (cuadro LVIII):

CUADRO LVIII

➢ Cobre	95,485
➢ Azufre	0,591
➢ Hierro	1,035
➢ Antimonio	1,998
➢ Arsénico	0,687
	99,796

Análisis de cobre negro. Según RUA FIGUEROA, 1868, 89

El segundo era una escoria mezclada mecánicamente con mayor o menor cantidad de cobre, según viniese del principio o el final del derretido. Un ejemplar del primer periodo, y limpia de granos, dio la siguiente composición (cuadro LIX):

CUADRO LIX

➢ Sílice	32,425
➢ Azufre	0,318
➢ Óxido ferroso	63,660
➢ Óxido cuproso	3,604
➢ Arsénico, antimonio y alúmina	Indicios
	100,007

Análisis de la escoria del derretido. Según RUA FIGUEROA, 1868, 89

Mucha parte de la sílice de estas escorias, procedía de la carbonilla con que estaba construida la copela, por cuya razón se destruía con bastante rapidez.

El tercer producto era una pequeña cantidad de mata que acompañaba a la escoria y polvo de cobre recogido en el cañón de la chimenea.

Analizado el polvo recogido en el cañón de la chimenea, dio el siguiente resultado (cuadro LX):

CUADRO LX

➢ Residuo insoluble	Sílice[47]	13,185
	Carbón	1,650
➢ Óxido férrico		14,850
➢ Óxido cúprico ?		64,250
➢ Azufre		0,894
➢ Ácido sulfúrico[48]		1,108
➢ Ácido arsenioso		1,917
➢ Ácido antimonioso		1,030
➢ Zinc		Indicios
		99,884

Análisis del polvo de la chimenea del horno de derretido. Fuente: RUA FIGUEROA, 1868, 90

Este residuo se recogía en bastante cantidad dos o tres veces al año, se mezclaba con la papucha procedente del canaleo de cementación natural, se calcinaba al aire libre y se fundía con las escorias del derretido. Sólo esta papucha y una pequeñísima parte engendrada en la cementación artificial, era la que se fundía, debido a la nociva calidad que comunicaba al cobre.

[47] Procedía sin duda del revestimiento de las paredes de la cámara de condensación.

[48] Se reconoció este ácido en combinación con el óxido cúprico e indicios de sulfato ferroso.

Las cáscaras se derretían mezcladas, por adecuarse mejor a su tratamiento metalúrgico, puesto que la de cementación natural y de terreros, tratadas aisladamente, exigían más tiempo, y por tanto, mayor consumo de combustible, dando origen también a un cobre más antimonial.

La cáscara derretida durante el año 1863 rindió el 55,23% de cobre negro y 44,73% de mata y escoria cobriza. Considerando el rendimiento de estas dos últimas en la fundición, el cobre negro obtenido representaba el 60,65% de la cáscara derretida.

El consumo de carbón ascendió a 19,87% de la cáscara y al 35,98% del cobre negro, incluyendo una pequeña cantidad de cok, que en algunos casos, solía emplearse para dar mayor fluidez a la escoria que se aglutinaba en los bordes de la copela, impidiendo su emisión.

Las matas y escorias procedentes del derretido y las escorias del afino, se calcinaban en montones al aire libre, cuya forma y disposición eran análogas a las teleras. En esta calcinación, que solía durar de 8 a 12 días, perdían aquellos productos una parte del azufre, arsénico y antimonio que contenían. La leña consumida era del orden de 2 a 2,50% de las sustancias calcinadas. A estos trabajos se dedicaban los operarios de las fábricas los días de interrupción de las campañas.

Las matas y escorias calcinadas se fundían para cobre negro en hornos de manga semi-altos, con adición de escorias antiguas[49], como fundente.

Los hornos de manga semi-altos tenían 60 centímetros de ancho por 90 de largo y 2,70 metros de alto desde el plano inclinado que servía de crisol hasta el cargadero. Dicho plano estaba construido de carbonilla apisonada que se renovaba cada campaña, se elevaba 60 centímetros en el muro del viento y 10 en el del fuego. La busa tenía 4 centímetros de diámetro, encontrándose su eje en la dirección del pie o tabique divisorio de las piqueras, y la presión del viento, bastante irregular por las alternativas naturales del motor y las exigencias del beneficio de minerales a que antes de aquel destino se aplicaba, no excedía de 10 centímetros de columna de agua.

[49] Aunque recibían este nombre, procedían de la fundición de los minerales calcinados en los hornos castellanos del siglo XVIII y principios del XIX.

Las reacciones químicas que tenían lugar en estos hornos eran esencialmente reductoras: los óxidos cúpricos y férricos, formados durante la calcinación de la escoria, se reducían por la influencia del monóxido de carbono que se producía abundantemente en la región de la tobera: el óxido férrico se unía a la sílice del fundente generando la escoria, y el cobre preservado de la oxidación por la atmósfera que le rodeaba, pasaba al estado metálico al fondo del crisol. La escoria salía constantemente por la piquera; el cobre se sangraba cuatro o cinco veces en 24 horas, obteniéndose en este tiempo de 80 a 100 arrobas de cobre negro. También se originaba una pequeña cantidad de mata que se repasaba en el mismo horno.

El resultado analítico de un ejemplar de este cobre fue el siguiente (cuadro LXI):

CUADRO LXI

➢ Cobre	94,220
➢ Hierro	1,295
➢ Carbón	0,086
➢ Azufre	0,625
➢ Antimonio	1,819
➢ Arsénico	1,178
	99,223

Análisis de cobre negro procedente de matas y escorias calcinadas., Según RUA FIGUEROA, 1868, 93

Durante el año 1863 se obtuvieron 27,77% de escoria cobriza, matas y cáscara natural fundidas, consumiéndose 138% de carbón de producto, ó 33% de sustancias repasadas en el horno. Éstas necesitaron 16,17% de fundente. El rendimiento medio, sin el agregado de la cáscara, podía estimarse en el 20%.

La producción de cobre negro de derretido estuvo con el último descrito en la relación 1:0,18 y sus costes en la de 1:4,82. Por último: se obtuvieron 10,41% de cobre negro de fundición de la cáscara beneficiada o derretida.

El cobre negro obtenido se afinaba en hornos de reverbero; la carga de estos hornos que en 1856 no excedía de 180 arrobas, era en 1868 de 380, de las cuales 300 correspondían al derretido y 80 al de fundición, cuando las existencias permitían estas proporciones. La operación requería de 18 a 20 horas, estando comprendido el producto entre el 86 y el 88% de cobre negro afinado, consumiéndose 1,09 de leña por uno de cobre fino, ó 0,95 por uno de

cobre negro. En 1863 resultaron 15% de escoria cobriza de producto, ó 13,10% de cobre sometido al afino. Esta escoria era una mezcla mecánica de silicatos de cobre, óxidos, mata y granos de cobre metálico, tanto más abundantes cuanto más se aproximaban las limpias del baño al fin de la operación; su riqueza estaba comprendida entre el 40 y el 50% de cobre. Esta escoria, como se dijo anteriormente, se calcinaba con la de derretido para fundirla para cobre negro, unida a los residuos de la destrucción de la plaza, etc. Una campaña solía durar de 12 a 15 copelas, nombre que se daba a cada carga.

Las plazas de los hornos de reverbero y del derretido se levantaban terminadas las campañas y se partían, obteniéndose algún cobre negro o cobre bruto muy impuro y en las plazas del afino una especie de cobre-micaceo-antimonial, todo lo cual se calcinaba con las escorias del derretido. El polvo de carbonilla, que contenía partículas de cobre metálico, se lavaba groseramente para separar la parte terrosa; el resto se destinaba a formar el asiento de las teleras de escoria, o se agregaba a las cargas de los hornos de fundición. También sufría este destino la escamilla ú óxido de cobre que resultaba del enfriamiento rápido del metal al sumergirlo en el baño de agua, en donde se arrojaban los torales o lingotes después de consolidados.

La producción en 1863 ascendió a 116.103 arrobas (1.335.184,5 kg.), siendo el personal del establecimiento de 1.606 obreros, lo cual daba una potencia productiva, por obrero, de 72 arrobas (828 kg.) de cobre al año. En 1862 las cifras fueron de 114.005 arrobas (1.311.057,5 kg.) y 1.339 obreros o sea una potencia productiva de 85 arrobas (977,5 kg.). En 1847 (REMISA) la producción fue de 34.140 arrobas (392.610 kg.) con 615 operarios, lo que representa una potencia productiva de 55 arrobas (632,5 kg.), por lo que la potencia productiva de 1847 era el 76,7% de la de 1863, siendo el procedimiento de beneficio empleado en 1847 el mismo en su esencia, que el de los otros dos con los que lo hemos comparado; también conviene tener en cuenta que en 1847, más de las cuatro quintas partes del producto eran debidas al beneficio de los vitriolos, lo cual contribuía a disminuir el número de obreros empleados en la explotación, aumentando considerablemente los rendimientos.

Para el afino se empleaban los hornos de reverbero que eran alimentados con leña gruesa de monte bajo; su plaza era elíptica, con dos aberturas, una para verificar la carga y otra, en forma de tobera, para inyectar aire en cierto periodo de la operación por medio de un fuelle movido a brazo. En la parte opuesta al hogar estaba el agujero de sangría por donde pasaba el cobre fino a un recipiente exterior llamado tambor, y del cual se extraía a cucharadas para vaciarlo en moldes de hierro colado (toraleras). Estos hornos estaban provistos de chimeneas cuya elevación era de 13,50 metros, comunicando con ellas por medio de un tragante inclinado, que a su vez tenía uno o dos conductos, de 0,114 metros cuadrados de sección, en la bóveda del horno. La sección del hogar era a la del tragante como 1:0,2113.

La plaza se pisaba con carbonilla (mezcla de 100 partes de pórfido y 10 de carbón de cok molidos) y abierta la copela, se hacía la carga, dándose fuego lento de seis a ocho horas, levantando la puerta del cargadero, procurando conservar el cobre a una temperatura rojo subido hasta que empezaba a sudar o gotear, en cuyo caso se elevaba la temperatura para provocar la fusión de la carga. Este periodo duraba cuatro o más horas, cuidando a su terminación de remover los trozos semi-fundidos que hubieran podido ser envueltos por la escoria.

Terminada la fusión se cerraba la puerta, aumentándose la temperatura. Al cabo de media hora se empezaba a limpiar el baño fundido de las escorias, para lo cual se introducían en el horno uno o dos esportones de arena o carbonilla de plazas desechadas, extendiéndolo con un rodillo de madera por encima del cobre, o trayéndola con la escoria hacia la puerta del cargadero. Estas limpias o escorios se verificaban con intervalos de media hora aproximadamente, y en el número que fuera necesario para despojar al cobre de su escoria; de aquí el que esta operación no tuviera un tiempo fijo, dependiendo del grado de pureza del cobre negro que se afine.

Cuando la producción de escorias se aminoraba, apareciendo el baño terso y despejado, se inyectaba el aire, cuya acción oxidante daba origen a nuevas escorias que se limpiaban como se ha indicado. El tiempo invertido en el soplo dependía igualmente de la calidad del cobre negro. De tres a cuatro horas

era la duración ordinaria, si bien había cobres que, por circunstancias accidentales, requerían el doble. Durante el soplo, y cuando la formación de escorias había disminuido considerablemente y la corriente de aire rizaba la superficie del baño en todo su trayecto formando una estela brillante, se empezaba a tomar muestras, introduciendo en el cobre, por el orificio de la tobera, una barra cilíndrica de hierro llamada tienta, a cuyo extremo salía adherido un dedal que se enfriaba rápidamente en el agua para evitar su oxidación. Cuando la muestra presentaba una superficie tersa, limpia y de color cereza o rojo de sangre, el cobre estaba subido de punto (oxidado), a lo cual se procuraba llegar en mayor o menor grado según la calidad del metal, a fin de oxidarle y escorificar todas las impurezas que contenía. En este caso, se suspendía la acción del fuelle, se verificaba otra limpia esparciendo sobre el baño una mediana de carbón, se tapaba la tobera con un tapón de barro y se empezaba a rebajar el cobre. Para esto, se introducía en el horno uno o más maderos de encina verde acompañados de una mediana de carbón, cerrándose la puerta. Terminada la reacción que producía cada leño, se tomaban nuevas muestras hasta que el cobre, cuya fractura se examinaba detenidamente, adquiría un color rosa con grano fino y sedoso. Llegado este momento el cobre estaba a punto; se limpiaba de nuevo, se daba un golpe de fuego durante media hora y se sangraba, introduciendo un espetón por el agujero de colada. El metal debido a la conveniente inclinación de la plaza, llenaba el receptáculo exterior, de donde, y después de limpiarlo de la escoria que sobrenadaba, se extraía con cucharas vaciándole en las lingoteras dispuestas sobre dos barras paralelas de hierro sostenidas por borriquetes.

Estas cucharas eran de hierro dulce, revestidas con barro formado de arcilla y una pequeña parte de estiércol de caballo; su cabida era de 12 a 13 kg., que era el peso de cada lingote o toral. Para cada operación de afino se revestían de nuevo y el cobre adherido al barro, llamado forro de cuchara, se adicionaba a las cargas.

A medida que se iban llenando las toraleras se reemplazaban por otras vacías, y el toral, que se desprendía con facilidad de su molde, se enfriaba de repente introduciéndolo en una pila de agua fría. Como durante la colada podía

el cobre subirse de punto, se acostumbraba si esto sucedía, a introducir en el horno un palo de encina para rebajarle, sin suspender su extracción. Concluida ésta se cerraba el agujero de sangría con un tapón de carbonilla, se arrancaba el cobre adherido a la parte interior del tambor y se reproducía la carga.

La operación total de afino duraba de 18 a 20 horas en la marcha ordinaria; si bien al principio de la campaña, por efecto de hallarse frío el horno y ser la plaza nueva, solía durar 24 horas o algo más.

El cobre fino no se sacaba, como debería hacerse, del interior del horno, sino de una pileta exterior, en donde experimentaba una oxidación más o menos enérgica, pero siempre perjudicial a la calidad del cobre. La parte que se hallaba en el interior del horno, sufría también una oxidación durante la colada, si bien podía neutralizarse por la acción de nuevos leños, su acción no podía llegar al cobre que se hallaba ya en el tambor, ni era fácil impedir que para desoxidar el metal se incurriera en una reducción extremada cuya consecuencia era la carburación.

El defecto principal de estos hornos instalados en Riotinto, era el recipiente exterior que imposibilitaba la suspensión del vaciado en los casos en que el cobre lo exigiese; que hacía forzosa esa faena una vez iniciada, cualquiera que fuese el estado del cobre, el cual por su inestabilidad química a temperaturas elevadas, o se oxidaba, o lo que era peor, se carburaba.

El personal ocupado en esta operación era: dos maestros, dos contramaestros, y dos peones; además había cinco auxiliares para dar fuego, echar los torales al agua, etc. Los maestros, contramaestros y peones se relevaban cada 24 horas, concurriendo todos al acto de la sangría.

El producto en cobre fino según los resultados de 1863, fue de 83,97% del cobre negro.

Al cobre afinado a punto de martinete se le daba un mayor grado de afino, subiéndolo mucho más de punto, con lo que se le quitaba todo el hierro y azufre que contenía, denominándose a punto de aleaciones, pero en cambio se le oxidaba, lo que hacía más refractario a su aleación con los demás metales, no siendo esta oxidación suficiente para quitarle el arsénico y antimonio que, aun

en pequeñas dosis, eran sumamente nocivos, por lo que esta nueva denominación le era totalmente impropia.

Contaba RUA FIGUEROA (1868, 246) como anécdota, que en la exposición universal de París de 1867, había visto un toral de cobre de Riotinto con el mismo calificativo de cobre fino a punto de aleaciones. A su lado figuraban, del mismo establecimiento, los siguientes ejemplares:

- Toral de mata procedente de la fundición de minerales crudos y calcinados ricos, núcleos y papuchas.
- Mata rica de la fundición de matas calcinadas.
- Cobre negro de fundición de matas calcinadas.

No existiendo fundición por matas en Riotinto, habiendo luchado por implantarla, y hecho pruebas que demostraban su viabilidad técnica y económica, durante el periodo en que fue director facultativo del establecimiento, lo de la exposición universal de París era una tremenda ironía.

El cuadro LXII refleja las producciones de mineral, cobre fino y recuperaciones del periodo 1849-1872.

Desde que ELHUYAR visitó las minas en 1823 se propuso la fundición por matas, para sustituir al método de vía seca existente hasta 1845, en que fue reemplazado por la cementación artificial, que consistía en una triple calcinación de los minerales y su fusión inmediata para cobre negro, cuyo procedimiento no sólo era gravoso por la insignificancia de los productos, sino que los cobres obtenidos eran necesariamente impuros, y por tanto de inferior calidad; contribuían a esta mala calidad el arsénico y el antimonio, que no llegaban a desprenderse en tres calcinaciones consecutivas del mineral, pasando al cobre en forma de arseniuros y antimoniuros de cuya combinación era ya difícil desalojarlos.

CUADRO LXII

Año	tm. de mineral extraído	Cu en kg. obtenido por la Hacienda	Cu en kg. obtenido por Los Planes	Cu en kg. obtenido por La Cerda	Total cobre fino (kg.)	% Cu recuperado
1849	14.343	176.918	55.060	-	231.978	1,617
1850	24.875	199.634	179.736	-	379.370	1,525
1851	30.176	255.613	310.929	20.082	586.624	1,944
1852	28.507	214.631	280.386	185.145	680.162	2,385
1853	24.719	130.390	292.601	120.404	543.395	2,198
1854	39.513	207.885	367.398	156.015	731.298	1,850
1855	37.693	230.937	374.083	189.827	794.847	2,108
1856	37.984	287.224	249.720	215.327	752.271	1,980
1857	38.108	217.352	223.157	217.171	657.680	1,725
1858	45.220	270.453	221.392	190.176	682.021	1,508
1859	59.115	482.762	230.776	285.054	998.592	1,689
1860	72.244	697.274	206.507	-	903.781	1,251
1861	80.988	937.079	253.826	-	1.190.905	1,470
1862	76.615	1.004.114	155.680	-	1.159.794	1,513
1863	89.694	1.335.000	-	-	1.335.000	1,488
1864	74.234	1.046.000	-	-	1.046.000	1,409
1865	66.156	1.025.000	-	-	1.025.000	1,549
1866	62.312	1.135.000	-	-	1.135.000	1,821
1867	50.480	879.000	-	-	879.000	1,741
1868	52.036	1.123.000	-	-	1.123.000	2,158
1869	60.530	974.000	-	-	974.000	1,609
1870	67.075	1.012.000	-	-	1.012.000	1,508
1871	55.600	860.000	-	-	860.000	1,546
1872	62.220	804.000	-	-	804.000	1,292
Totales	1.250.427	15.505.266	3.401.251	1.579.201	20.485.718	1,63

Producciones de mineral, cobre fino y recuperaciones de cobre del periodo 1849-1872
Fuente: FLORES CABALLERO, 1983 b, 130 y 154

El método de fundición que desde ELHUYAR los ingenieros proponían, primero para sustituir el método de fundición que desde el siglo XVIII se había utilizado en el establecimiento, y después en reemplazo de la cementación artificial que ocasionaba incalculables pérdidas, era la fundición por matas, que no era otra cosa que una serie de concentraciones utilizando la afinidad química que existe entre el cobre y el azufre.

En el año 1845 ESCOSURA (363) propuso la sustitución del tratamiento por matas al antiguo método, aconsejando una sola calcinación de los minerales, su reducción a matas, calcinación de éstas y fundición para cobre negro y nuevas matas. En el mismo año de la propuesta de ESCOSURA, se

cambió radicalmente el sistema de beneficio, sustituyéndolo sin ningún estudio detenido, acuciados por la falta de madera y carbón en el término, por el de cementación artificial.

Los inconvenientes de la cementación artificial tardaron varios años en percibirse, siendo los mismos residuos de la cementación artificial los que los revelaron, pues en los residuos había minerales de alta ley que por disolución habían rendido una pequeña parte del cobre que contenían, perdiéndose el resto; posteriormente se comprobó accidentalmente que las aguas de lluvia ácidas sobre los terreros llevaban cobre, pero los terreros no estaban en el sitio apropiado, ni su suelo impermeabilizado.

Esta evidente pérdida de cobre y de utilidades, hizo que se levantaran muchas voces entre los ingenieros proponiendo la fundición por matas.

El ingeniero inglés MAMBY (1851, 609), indicó un tratamiento análogo al del País de Gales, con las necesarias adaptaciones a las circunstancias locales, económicas y comerciales.

El ingeniero CIA (1853, 3) estableció la similitud existente entre los minerales del criadero de Fahlun, en Suecia, y los de Riotinto, aconsejando el sistema de beneficio seguido para aquellos, demostrando numéricamente las ventajas de esta reforma.

ANCIOLA Y COSSÍO (1856) propusieron un sistema mixto de beneficio, dividiendo los minerales en tres clases, cementando los de las dos inferiores y fundiendo los de la ley superior, con adición de minerales de clase media, papucha de la cementación y escorias de las fusiones de la cáscara y el afino.

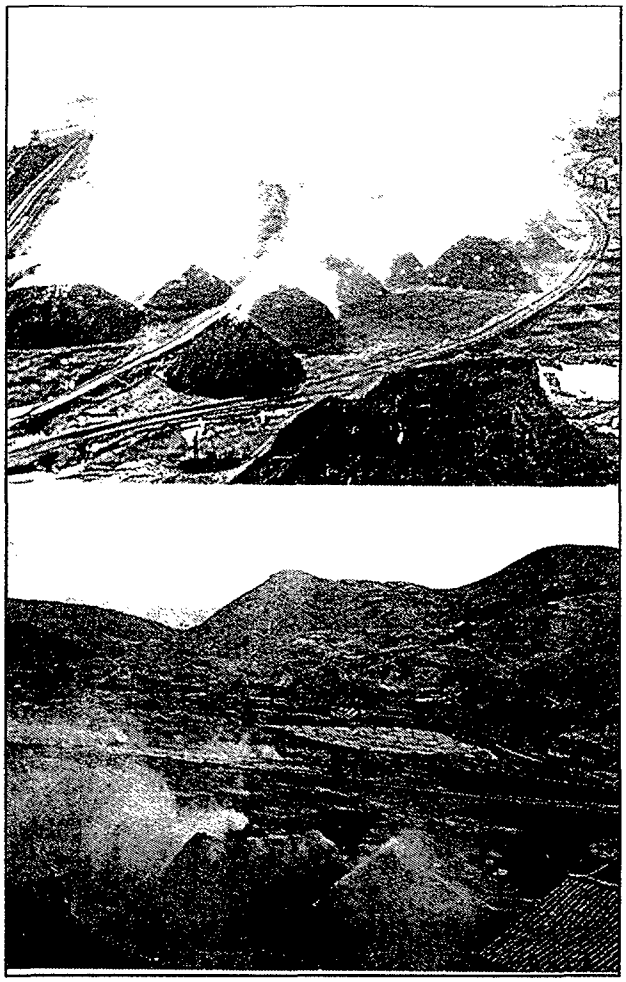


Foto nº 20: Calcinaciones al aire libre (finales del siglo XIX). Fuente: Archivo Fundación Riotinto

En 1857 JORGE RICKEN, propuso igualmente la adopción del tratamiento de fundición combinado con el de cementación, a fin de concentrar en los residuos de la cementación la plata contenida en los minerales. Siguiendo el ejemplo de ANCIOLA y COSSÍO proponía la fabricación de matas para su exportación y beneficio en Asturias, Portugal, Francia o Inglaterra.

En 1859 se publicó otra Memoria, escrita en 1854 por EZQUERRA (1859, 74), en la que se leen las siguientes palabras:

> *"Si se establecieran hornos de grandes dimensiones y con máquinas para suministrar el viento, como las que ahora se usan en otras partes, y produciendo el calórico con carbón mineral, tal vez resultaría que el beneficio por cementación artificial no lleva las ventajas que se suponen al beneficio por fundición.*

Conviene, pues, construir un horno, digamoslo así a la moderna, para buscar la solución de un problema de tanto interés para el porvenir del establecimiento. Si el resultado fuese en favor de la fundición, como yo lo creo, aun cuando se equiparasen se podría añadir o ir añadiendo poco a poco e complemento de los hornos necesarios para la producción total...

Una pirita que pase del 5% su contenido de cobre, no se le ocurrirá a ningún metalurgista beneficiarla por cementación."

Por último, el ingeniero EUGENIO FERNÁNDEZ (1862, 646), señaló también, la fundición por matas, mezclando en las cargas de primera fusión el mineral crudo rico, el metal, los núcleos y papucha pobre calcinada y, en la fundición de las matas calcinadas para cobre negro, las bolas de cáscara, escoria y papucha ricas. Esta idea es la que siguió RUA FIGUEROA para los ensayos que realizó de fundición por matas.

Los primeros ensayos de fundición por matas, se realizaron en 1857 ó 1858, no dando los resultados esperados, por lo que desgraciadamente se paralizaron; comprendía RUA FIGUEROA (1868, 132) claramente la conveniencia de no seguir sometiendo a los minerales ricos a la cementación artificial, siendo la solución para el tratamiento de estos minerales la fundición por matas; con lo que se conseguirían importantes economías, pues se podrían trata además los subproductos, ricos en cobre, de los restantes minerales, como eran las papuchas, núcleos, etc., que se obtenían en la cementación artificial; considerando que la ley mínima que debían tener los minerales para ser fundidos era del 6% en cobre, beneficiándose por cementación los de menor ley.

La operación de clasificar el mineral según sus leyes era previa, debiendo realizarse en la misma boca de los pozos de extracción.

Para describir los ensayos de fundición por matas seguiremos a RUA FIGUEROA (1868, 145-230) y a FLORES CABALLERO (1983 b, 162-166) que hace una excelente síntesis de los procesos.

El 9 de Enero de 1865 se comenzaron los ensayos de fundición por matas con una plantilla compuesta por nueve personas que trabajaban en dos turnos de 12 horas cada uno.

Para ello reedificó la antigua fábrica de Los Desamparados, cedida en otro tiempo a la empresa arrendataria de LA CERDA, construyendo de nueva planta dos hornos semialtos de distintas dimensiones en su sección horizontal, con objeto de comprobar los resultados de cada uno. Ambos eran prismáticos rectangulares, y su altura común de 3,50 metros, dividida en 2,50 metros hasta la tobera, 0,50 metros desde ésta hasta la superficie del crisol y 0,50 metros de espesor del piso de carbonilla.

El ancho y largo de la manga variaban de esta forma:

	Largo	Ancho
Horno nº 1	1,00 m	0,60 m
Horno nº 2	0,80 m	0,56 m

El viento era suministrado por una pava o fuelle, puesto en movimiento por una rueda hidráulica de nueva construcción, de unos dos caballos de potencia. La busa tenía 4,5 centímetros de diámetro.

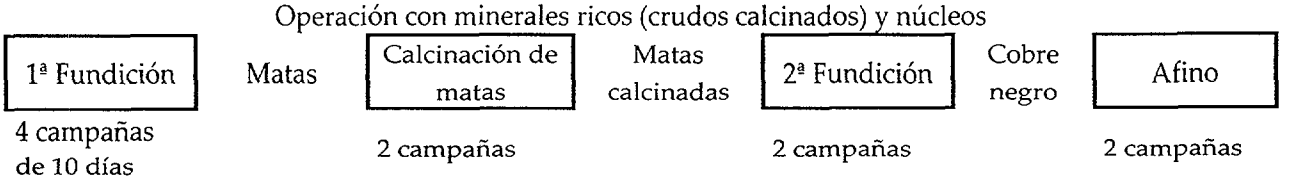
La camisa de estos hornos era de pórfido diorítico y su parte anterior se cerraba en cada campaña con un tabique de ladrillos refractarios.

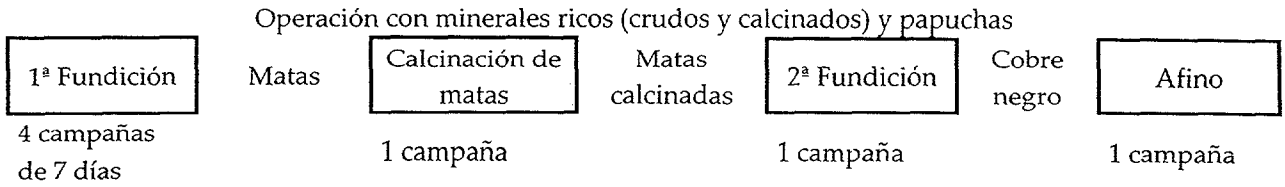
El proceso completo de fundición comportaba cuatro fases: el primer fundido; la calcinación de las matas producidas; un segundo fundido; y el afino en horno de reverbero del cobre negro producido. Realizó dos mezclas de materiales para ensayarlas separadamente. Por una parte, operó con los minerales ricos (crudos y calcinados, incluyendo una sílice cobriza con ley superior al 6%) mezclados con los núcleos de la cementación artificial. Por otra, con los minerales ricos mezclados con las papuchas (polvos y arenas cobrizas residuales de los pilones y canaleos de la cementación artificial).

El proceso era el siguiente (gráfico nº 14):

GRÁFICO Nº 14

Operación con minerales ricos (crudos calcinados) y núcleos





Esquema de la fundición experimentada por RUA FIGUEROA. Fuente: FLORES CABALLERO, 1983 b, 162

En el primer fundido, tanto el primero como el segundo tipo de materiales, se utilizó como sílice, aparte de la sílice cobriza que componía la liga, unos pórfidos descompuestos que existían en el término; y como fundente, las escorias antiguas, tan abundantes en el término y tan estimadas en las modernas fundiciones porque, reuniendo las condiciones mínimas como fundentes, ofrecían además el atractivo de sus contenidos en cobre.

Cada operación del primer fundido se realizó en cuatro campañas, con una duración de 39 días la de los minerales ricos mezclados con núcleos, a una media de casi 10 días por campaña, y de 27 días la de los minerales ricos con papuchas, a una media de 7 días por campaña.

Los materiales tratados y los productos recogidos en el primer fundido fueron los siguientes (cuadro LXIII):

CUADRO LXIII

Expresado en kg.			
	Minerales núcleos	**Minerales papuchas**	**Total de ambas ligas**
Materiales cobrizos tratados	157.025	95.317	252.342
Ley media de cobre	8,8266%	9,5659%	9,1059%
Cobre contenido	13.860	9.118	22.978
Producciones:			
Matas de cobre	62.755	33.747	96.502

Recuperaciones metalúrgicas del primer fundido de matas calcinadas
Según RUA FIGUEROA, 1868, 145-230

Los 96.502 kg. de matas producidas tenían del 22 al 23% de cobre, lo que suponía de 21 a 22 tm. de cobre. Las escorias pobres obtenidas en este primer fundido dieron una ley en cobre del 0,619%. Aparentemente, estos resultados

parecen erróneos por demasiado elevados; pero hemos de tener en cuenta que la sílice y el fundente (escorias antiguas) tenían un fuerte contenido en cobre que, sumado al de los materiales cobrizos fundidos, daban una cantidad de cobre similar al de éstos últimos.

La segunda fase metalúrgica consistió en la calcinación de las matas que se efectuó en tres campañas, dos de las cuales corresponden a las matas procedentes del fundido de los minerales-núcleos y la tercera a los del fundido de los minerales-papuchas. Estas operaciones se efectuaron en montones cónicos, con un diámetro en la base de cinco a seis metros, colocados al aire libre.

El hecho de que las matas procedentes de minerales-núcleos se sometieran a dos campañas fue debido a que la primera de ellas, realizada como prueba, produjo una mala calcinación, debido al corto espacio de tiempo (36 días en cinco fuegos) de la operación, motivo por el que las dos restantes fueron de mayor duración (56 días la segunda y 60 la tercera, ambas en ocho fuegos).

Los materiales tratados en la calcinación de las matas fueron: 62.226 kg. de matas procedentes del primer fundido de minerales núcleos (29.813 kg. en la primera campaña y 32.413 kg. en la segunda) y 34.276 kg. de matas del de minerales-papuchas. En total 96.502 kg. de matas de cobre. Como se puede observar, aunque la suma total coincide (96.502 kg.), los 62.755 kg. de matas originadas en el primer fundido de minerales-núcleos se han reducido, aumentando en cambio, en la misma cantidad los 33.747 kg. de matas procedentes de minerales-papuchas. La diferencia de 529 kg. obedece a una transferencia de matas en la operación por necesidades de completar la mesada (proporción de entrada de minerales).

La tercera fase metalúrgica fue el segundo fundido de las matas calcinadas, que se realizó en tres campañas: dos de ellas para las matas procedentes de los minerales-núcleos (la primera de siete días y la segunda de once) y la tercera para las matas procedentes de los minerales-papuchas (14 días).

En las tres campañas se agregaron, como sílice, pórfidos descompuestos existentes en el término y, como fundentes, escorias pobres procedentes de la primera fundición de sus respectivas fases.

Los minerales tratados y las producciones conseguidas fueron (cuadro LXIV):

CUADRO LXIV

Expresado en kg.			
	Minerales núcleos	**Minerales papuchas**	**Total del 2º fundido**
Materiales tratados:			
Matas de cobre	62.226	34.276	96.502
Escorias pobres	-	17.253	17.253
Pórfidos	-	1.500	1.500
Producciones obtenidas:			
Cobre negro	9.593	4.716	14.309
Ley de cobre	96,849%	95,689%	95,6-96,8%
Mata rica	5.291	1.955	7.246
Ley de mata	56-60%	56%	56-60%
Escorias pobres	51.759	(?)	(?)
Ley de cobre	1,50%	1,40%	1,40-1,50%
Residuos	-	1.288	1.288
Ley de cobre	-	10,50%	10,50%

Recuperaciones metalúrgicas del segundo fundido de matas calcinadas
Según RUA FIGUEROA, 1868, 193-205

Los 14.309 kg. de cobre negro, producto principal de segundo fundido, tenían una ley media que oscilaba entre el 95,6% y el 96,8% de cobre. De los subproductos, las matas ricas dieron una ley de cobre del 56% al 60%; las escorias pobres, del 1,40% al 1,50%; y por último, los residuos que existían en los hornos una ley media del 10,50% de cobre.

Tras conocer los resultados de las operaciones del segundo fundido, RUA FIGUEROA consideró que esta actividad debería realizarse en hornos de reverbero, por la rapidez y precisión de su manipulación.

La cuarta y última fase metalúrgica fue la del afino, efectuado en hornos de reverberos descritos anteriormente. El afino, al igual que las anteriores operaciones, se realizó en tres campañas, cuya duración media fue de 18 a 20 horas cada una.

El cobre negro tratado en el afino fue de 14.309 kg. (9.593 kg. procedentes de los minerales núcleos y 4.716 kg. de los minerales-papuchas) y se recuperaron 11.106 kg. de cobre fino (7.410 kg. de los minerales-núcleos y 3.696 kg. de los minerales-papuchas), conforme al siguiente detalle (cuadro LXV):

CUADRO LXV

Expresado en kg.			
	Minerales núcleos	**Minerales papuchas**	**Total del afino**
Materiales tratados:			
Cobre negro	9.593	4.716	14.309
Producciones obtenidas:			
Cobre fino	7.410	3.696	11.106
Ley de cobre	98,6%	98,6%	98,6%
Escoria cobriza	2.323	909	3.232
Ley de cobre	44%	44%	44%
Forros de cuchara (residuos)	104	190	294
Ley de cobre	98%	98%	98%

Recuperaciones metalúrgicas del afino. Según RUA FIGUEROA, 1868, 211-214

Como el afino era la última operación de la fundición por vía seca, a efectos de valorar la recuperación total posible hemos de tener en cuenta los residuos cobrizos que no se habían reciclado y que eran recuperables (cuadro LXVI):

CUADRO LXVI

	Minerales-núcleos			Minerales-papuchas		
	kg.	%Cu	Cu kg. cont.	kg.	%Cu	Cu kg. cont.
Mata rica del 2º fund.	1.380	55-60%	794	1.955	55-60%	1.124
Escoria de afino	2.323	44%	1.022	909	44%	400
Forros de cuchara	104	98%	102	190	98%	183
Total			1.918			1.707

Residuos metalúrgicos recuperables de la fundición. Según RUA FIGUEROA, 1868, 224-225

Por tanto, el cobre recuperado, tras todas las operaciones del fundido por vía seca, contando con el cobre recuperable de los residuos, era (cuadro LXVII):

CUADRO LXVII

Expresado en kg.			
	Minerales núcleos	**Minerales papuchas**	**Total kg.**
Cobre fino, oper. directas	7.410	3.696	11.106
Cobre fino de residuos	1.316	1.176	2.492
Totales	8.726	4.872	13.598

Cobre fino recuperado por el sistema de fundición por matas
Según RUA FIGUEROA, 1868, 231-233

Las recuperaciones técnicas conseguidas fueron las siguientes (cuadro LXVIII):

CUADRO LXVIII

	Minerales núcleos	**Minerales papuchas**	**Ambas ligas**
Sobre materiales tratados	5,623%	5,291%	5,498%
Sobre matas producidas	14,190%	14,716%	14,377%

Recuperaciones técnicas por fundición. Según RUA FIGUEROA, 1868, 233-235

Como era lógico RUA FIGUEROA realizó un análisis comparativo entre los rendimientos y costes industriales de los sistemas de cementación artificial, único utilizado en esa época, y de fundición, demostrando cuantitativa mente las ventajas que ofrecía la fundición de los minerales ricos.

Comparando ambos sistemas para un mineral con una ley media de 5,686% de cobre, calculó que las recuperaciones serían las siguientes (cuadro LXIX):

CUADRO LXIX

	Cementación artificial	Fundición (vía seca)
Ley de mineral	5,686%	5,686%
Recuperación	3,270%	4,811%
Pérdida metalúrgica	2,416%	0,875%

Análisis comparativo de la recuperación del cobre por cementación artificial y fundición
Según RUA FIGUEROA, 1868, 234-235

Lo que nos lleva, a que para producir 1 tm. de cobre fino, habría que tratar 30,58 tm. de mineral por el sistema de cementación artificial y 20,78 tm. por el de fundición.

Conforme a los cálculos realizados por RUA FIGUEROA, el coste medio del cobre fino por el sistema de fundición era de 5,487 reales/kg.; los procedentes de los minerales-núcleos resultaban a 5,110 reales/kg., los procedentes de los minerales-papuchas a 5,784 reales/kg. y los procedentes de la cementación artificial a 5,462 reales/kg. Por tanto, existía una diferencia de costes industriales a favor de la fundición de minerales-núcleos (más rentables que la cementación artificial) de 0,35 reales/kg. de cobre producido. Esta diferencia de un 6,8% suponía un importante ahorro, sobre todo teniendo en cuenta que en estos ensayos de fundición hubo que superar una serie de imprevistos, que al aplicarse a escala industrial, se conseguiría una mayor reducción de costes.

El procedimiento de fundición ofrecía las siguientes ventajas:

1º. Extracción inmediata de la mayor parte del cobre contenido en los minerales ricos (ausencia de stocks de minerales en proceso).
2º. Aprovechamiento del mineral silíceo, el cual no era beneficiable por el sistema de cementación artificial.
3º. Aprovechamiento de los núcleos y metal formados en la calcinación de los minerales, cuyo rendimiento en cobre por cementación era casi nulo.

4º. Purificación probable de la cáscara de cementación y, por consiguiente, del producto en cobre fino, destinando a la fundición por matas el residuo impuro de esta separación.

5º. Aprovechamiento de la papucha obtenida en la cementación, cuya ley en cobre oscilaba entre el 16 y el 40% y que con el sistema que se empleaba se perdía casi totalmente.

6º. Obtención de mayor suma de productos para una explotación dada de minerales, lo que equivalía a una mayor vida del yacimiento.

7º. Reducción del coste del cobre fino respecto al procedimiento utilizado, o aumento de los beneficios.

8º. Realización más inmediata que por el método de cementación del capital invertido y sus intereses.

9º. Mejora en la calidad de los cobres.

RUA FIGUEROA no pretendía suprimir de manera total la cementación artificial, que como hemos expuesto consideraba como sistema más idóneo para el beneficio con leyes iguales o menores del 4% en cobre, para los cuales sus rendimientos eran óptimos; pero para leyes mayores, se conseguían mejores utilidades mediante la fundición por matas.

El gráfico nº 15 muestra el plan de beneficios de los minerales de Riotinto propuesto por RUA FIGUEROA.

La fundición por matas no llegó a establecerse en Riotinto, hasta que no fueron vendidas las minas a los ingleses, que siguieron los criterios establecidos por RUA FIGUEROA.

Con motivo de la aprobación de la venta de las minas, la Comisión de Tasación en un párrafo de su memoria decía en 1870:

> *"Los trabajos modernos son mezquinos, e imperfectos nuestros sistemas de beneficio, comparados con las labores y fundiciones de los romanos, en cuyas escorias no se encuentra cobre*[50]*, mientras que por el sistema que forzosamente se sigue hoy en Riotinto, por falta de combustible y vías de comunicación, se pierde cerca de la mitad del*

[50] Olvidaba la citada comisión la lixiviación que de forma natural habían sufrido las escorias durante 2.000 años.

cobre que contiene el mineral. Los romanos cruzaron el país de calzadas, de las que quedan algunos restos, en un estado sobresaliente de conservación.

Los explotadores modernos han talado los montes sin reponerlos, y el abandono respecto a vías de comunicación es tal, que para entrar en Riotinto no hay ni una sola vereda, ni siquiera se ha podido abrir un ramal de tres cuartos de legua para reunir las minas del Estado a un carril construido por las empresas particulares para conducirlos productos de sus minas a Sevilla."

Vendidas las minas a la RTCL en 1873, en 1875 ya tenían en uso el ferrocarril que enlazaba las minas con el puerto de Huelva.

Con el abandono que el Estado había tenido siempre a Riotinto y su venta a los ingleses de las minas, perdió Huelva y España una oportunidad de industrialización, que posiblemente hubiese sacado al país del gran atraso en que se hallaba sumido.

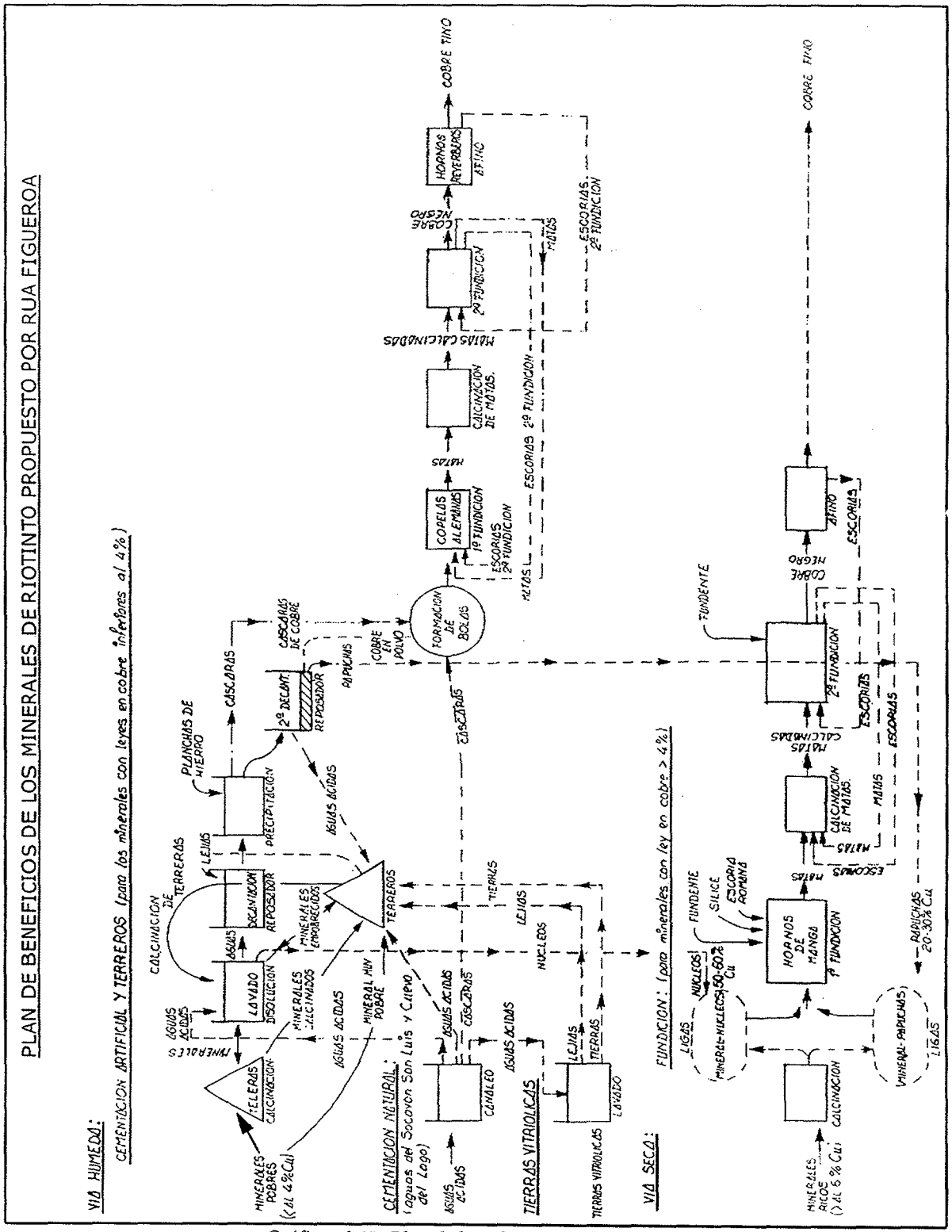
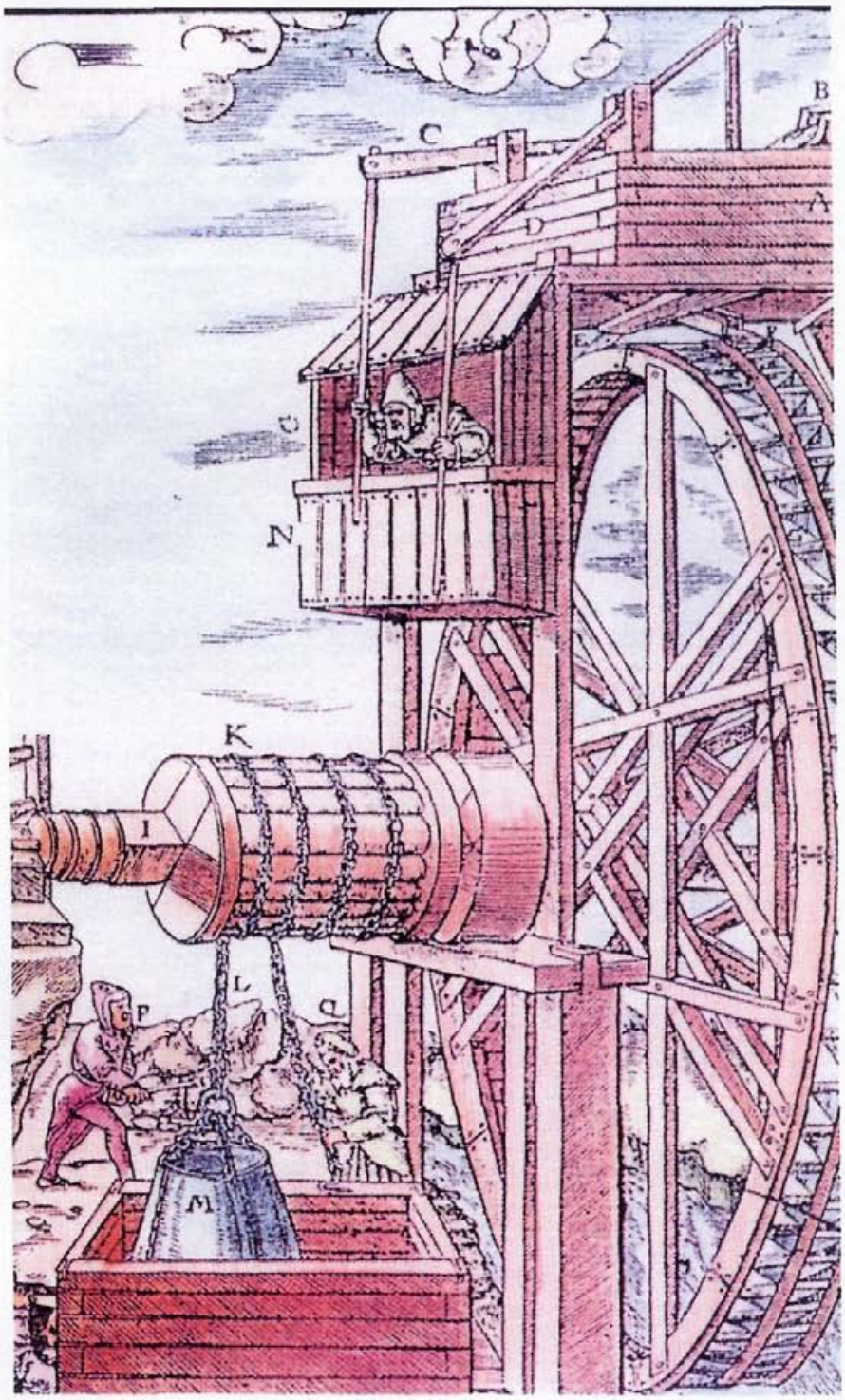


Gráfico nº 15. Plan de beneficios de minerales en Riotinto.
Fuente: FLORES CABALLERO, 1983, b, 167.



CAPÍTULO 6: EL MEDIO AMBIENTE

6.1 Introducción

En el periodo de tiempo que estudiamos, el impacto medioambiental ha ido cambiando continuamente, pues anteriormente a la llegada de los romanos, existió una minería a pequeña escala, por lo que su efecto sobre el paisaje, la vegetación, la atmósfera, aguas subterráneas y superficiales debió de ser insignificante, viviendo parte de la población, de las minas y otra parte de la agricultura, ganadería y explotación del bosque.

Con la llegada de los romanos, la minería alcanzó un auge jamás anteriormente conocido, convirtiéndose en mono cultivo, abandonada ésta en el año 425, tras haber generado nueve millones de toneladas de escoria.

Transcurren 13 siglos de inactividad minera, durante cuyo periodo de tiempo se regeneró el bosque de forma natural y también ayudado por los habitantes de la zona, aunque sin alcanzar los niveles anteriores a la etapa romana debido a la pérdida de suelo, ocupación de espacio por las escombreras y escoriales, contaminación de los suelos, y acuíferos sub-superficiales y subterráneos por las aguas que percolaban por las escombreras y escoriales o salían de los socavones mineros.

Se había vuelto a la economía agraria de la zona. En 1535, se aprobaron las Ordenanzas de Zalamea la Real, que fueron un modelo de normativa ecológica para el uso sostenible de unos recursos escasos, considerándose el germen de los continuos conflictos entre los habitantes del término de Zalamea la Real y los diferentes explotadores mineros, con motivo de la abusiva tala de madera y la lluvia ácida producida por las emisiones de anhídrido sulfúrico y sulfuroso a la atmósfera, presentándose una primera denuncia por este último motivo en 1847 por un agricultor (ALDANA, 1875, 348), conflictos que culminaron, el sábado 4 de Febrero de 1888, ya en tiempos de la compañía inglesa, cuando una manifestación pacífica de mineros y agricultores (unos protestaban por no cobrar los días de manta[51] y los otros por los daños que ésta causaba a la agricultura) confluyó en la plaza del Ayuntamiento de Riotinto,

[51] Días de invierno en que debido a la humedad y falta de viento, los humos sulfurosos se quedaban a nivel del suelo, sin poder trabajar por falta de visibilidad y atmósfera irrespirable.

dando el Gobernador Civil orden al ejército de disparar contra ellos, lo que produjo según creencia popular más de 200 muertos, entre niños, mujeres y hombres.

6.2 La etapa romana de las minas

La minería romana tuvo una extraordinaria importancia, como demuestran los seis millones de toneladas de escorias cubicadas en 1984, por el Departamento de Exploración de R.T.M.S.A., que originariamente pudieron ser nueve millones si se consideran las utilizadas como balasto de ferrocarril, fundente, relleno de caminos y otros usos.

Como resultado de esta minería, el bosque quedó totalmente arrasado, por su uso como madera de entibación de las minas, combustible para los hornos metalúrgicos y por la lluvia ácida, con los consiguientes problemas de pérdida de suelo y su contaminación; comenzando la contaminación atmosférica, por las emisiones de anhídrido sulfuroso y sulfúrico, debidas a las calcinaciones al aire libre del mineral, y su posterior fundición y afino.

Como consecuencia de estas emisiones comenzó a caer la lluvia ácida, que arrasaba los campos, contaminaba los suelos, y las aguas subterráneas y superficiales.

Una de las principales consecuencias para el medio ambiente derivada de la minería antigua fue la deforestación de la comarca. El único combustible usado para la fundición de los minerales de cobre y plata era la leña o carbón de leña. Por lo tanto, para producir los nueve millones de toneladas de escorias romanas y pre-romanas halladas en Riotinto debieron destruirse grandes extensiones de bosque autóctono mediterráneo, formado principalmente por encinas y alcornoques.

Otra repercusión importante de la minería antigua fue su contribución al proceso de contaminación natural de los ríos Tinto y Odiel. Originariamente, las aguas de estos ríos lixiviaban las masas de sulfuros aflorantes en su cabecera, incorporando sulfatos y metales pesados, especialmente hierro. Sin duda, esta

contaminación natural se vio amplificada por la actividad extractiva de los mineros antiguos, pues a ella contribuía la lluvia ácida, las aguas de los socavones mineros, así como las procedentes de la lluvia que al percolar por escoriales y depósitos de minerales se volvían ácidas, disolviendo metales pesados, que arrastraban a las cuencas hidrográficas de estos ríos contaminando sus aguas tanto superficiales como subterráneas (FERNÁNDEZ y GALÁN, 1996, 1168).

6.3 El periodo de los Asentistas (1725-1783)

En el corto periodo de tiempo que estuvo al frente de las minas WOLTERS, al parecer sólo benefició pequeñas partidas de cobre por cementación natural y caparrosa, sin que existan estadísticas de estas producciones. La contaminación existente era la que procedía de época romana por desagüe de aguas de mina, y percolación de aguas de lluvia por escombreras y escoriales.

Con la puesta a punto en 1747 de los hornos de fundición, comienza la corta de arboleda, siendo la primera noticia que tenemos de Mayo de 1756, que con motivo de la corta de 20 árboles de encina en realengo, se siguieron autos al asentista, que pidió en Julio que nadie pudiese arrancar cepas de brezo ni fabricar carbón, no siendo para el consumo de las minas, o para las necesidades de los vecinos de las poblaciones en la circunferencia de cinco leguas, por convenir al beneficio de la fundición, calcinación y afinación de los metales; suscitándose en 1757 una competencia entre el asentista y el Juez de Montes, pues quería éste conocer el corte de leñas necesarias en el término de media legua de la Mina, según las condiciones de Asiento (ALDANA, 1875, 52).

En época de TIQUET la contaminación aumentó pues se calcinaba el mineral a cielo abierto, fundiéndose y afinándose posteriormente. Por tanto se producían gases sulfurosos y se generaban escorias; los gases producían lluvia ácida y las escorias por lixiviación, generaban aguas ácidas con metales pesados, y además ocupaban superficie de suelo.

Con motivo de la solicitud de un nuevo asiento por SANZ en 1777, que no llegó a otorgarse se pidió al Regente de la Audiencia de Sevilla y al Juez conservador de las minas de cobre de Riotinto un informe en el que expresaran su parecer sobre este punto para el nuevo Asiento.

En el referido informe exponen que cumpliendo la Orden de 31 de Mayo, celebraron conferencias con tres diputados del Ayuntamiento de Zalamea la Real y SANZ, en las que cada parte expuso sus motivos de descontento, acordándose que algunas cosas necesitaban arreglo y otras eran puros chismes fomentados por ambas partes; pero más por la de Zalamea la Real, cuyos vecinos se opusieron a la Mina desde el principio con gran empeño, siendo el punto principal de discordia los cortes de madera, que SANZ solicitaba, pues en los últimos nueve años, no había cortado el administrador leña alguna para carbón, a costa de subir el precio de la marquilla, pero como podía faltarle carbón, debía permitírsele cortar el monte bajo y hacer entresacas con intervención de persona que nombrase el Ministro de Marina, la madera de entibación de las minas la tomaría de Zalamea la Real abonándose por avalúo, y si no había avenencia, por juicio de un tercero (ALDANA, 1875, 82).

Con motivo de la corta de leñas, sufrió SANZ en 1777 un intento de asesinato por parte de unos vecinos de Zalamea la Real; en un término con unos recursos escasos, donde la gestión y uso de los mismos, estaba regulada por las Ordenanzas, veían los vecinos a quien estaba exento de la norma como un auténtico enemigo (ALDANA, 1875, 84).

SANZ previendo que en el futuro habría falta de madera para la entibación de la mina y la fundición, hizo traer de Niebla piñones, que sembró en las laderas de los Cerros de San Dionisio, Mesa de los Pinos, Pié de la Sierra y otros puntos del término, y así lo constataron los franciscanos padre GABRIEL y el hermano PEDRO MOHEDANO que visitaron las minas en 1780, comunicando que anteriormente a SANZ, sólo había algunas encinas, jara y maleza, pero que gracias a la reforestación efectuada por éste se podía ver crecer un hermoso pinar (RUA FIGUEROA, 1859, 169).

6.4 La primera etapa del Estado al frente de las minas

En Febrero de 1783 se hizo cargo de las minas el Estado, realizándose con tal motivo un inventario en el que figuraba la arboleda con un valor de 763.506 reales, en 1787 se elaboró otro inventario en el que se da un valor de 1.060.831 reales, lo que suponía un aumento de valor del 38,9% con respecto a 1783, que se correspondía con una mejora de la situación de la arboleda (ALDANA, 1875, 147).

Con motivo de la comisión de servicio de ANGULO en Riotinto, remitió al Ministro LERENA un escrito de fecha 30 de Enero de 1787, que ya hemos comentado anteriormente, en uno de cuyos párrafos decía:

> *"El fomento de los bosques contribuirá también a disminuir el costo de las calcinaciones para lo sucesivo, minorando el precio de la leña. Se continuarán haciendo a tiempo sus talas y entresacas anualmente con todo cuidado; y las nuevas siembras de pinos que D. FRANCISCO SANZ estableció y que D. MANUEL AGUIRRE ha continuado. Este pinar naciente será en lo sucesivo la alhaja más preciosa de estas minas, abasteciéndolas de maderas para los enmaderamientos de los pozos, para máquinas y para la calcinación, y de carbón para los hornos. Es verdad que no me parece suficiente el término concedido a estas minas, sobre todo si se las ha de dar toda la extensión de que son susceptibles; por eso me parece que convendrá examinar este punto para que en el caso de tener por conveniente el aumento de alguna porción de terreno, se fijasen los límites, que aún no están fijados, y se destinase cada parte a lo que fuese más propio".*

Como se ve, había una gran preocupación por el mantenimiento del bosque, pues de él dependía el futuro del establecimiento; como así ocurrió, debido a la tala indiscriminada de la arboleda por REMISA, viéndose obligado a cambiar en 1845 el método metalúrgico de fundición por la cementación artificial.

En este periodo o parte de él no se utilizaba carbón procedente del término de las minas, como lo demuestra un escrito del Administrador JIMENEZ, en el que solicita autorización para la subida del precio del cobre, que justifica en la subida el precio de la marquilla de carbón y los salarios (ALDANA, 1875, 179).

El 23 de Enero de 1817 se emite informe sobre las minas de Riotinto firmado por el intendente de Sevilla D. PÍO LABORDA y D. GREGORIO AZAOLA que al hablar del estado en que se encontraba la arboleda dice, que *"el establecimiento tiene hermosos pinares y encinares, y carpinteros con sueldos pagados y las correspondientes herramientas; habiéndose cortado en los últimos años algunos millones de pinos que se han vendido a los vecinos de Zalamea la Real, ..."* (ALDANA, 1875, 237).

En este informe, a nuestro parecer, existe una contradicción, pues si existían hermosos pinares y encinares, ¿cómo era posible que en los últimos años se hubieran cortado algunos millones de pinos?. Si consideramos que solamente se hubiesen cortado un millón de pinos con una densidad de 416 pinos por hectárea (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 128), correspondería a 2.403 hectáreas, teniendo las minas solamente 2.437 hectáreas, (media legua alrededor de la boca principal), se abría deforestada el 98,60% de su superficie.

6.5 La explotación de las minas por REMISA

Tomada la decisión de volver a alquilar las minas, la condición 10ª establecía que el asentista tomaría a su cargo los montes consignados a las minas, pero obligado a la conservación de los altos como de los bajos, no pudiendo disponer corta ni roza alguna, sin obtener antes la competente licencia del Director (por parte de la Hacienda) a quien solicitará las maderas que necesitase, tanto para la adecuación interior de las minas como para cualquiera otras obras en la superficie y los tramos de monte bajo que para cualesquiera uso convenga rozar, concediendo dicho Director la licencia en la parte que permita el estado de los montes, mirando siempre a su conservación;

estableciendo la condición 11ª que el asentista estaría obligado a entresacar anualmente los pies inútiles, podando y limpiando con arreglo a la Ordenanza de montes, los más sanos, robustos y propios para las minas y demás usos del establecimiento, debiendo tener siempre planteles y olivados que aseguren anualmente el aumento triple del número de pies que se corten, debiendo practicarse todo con conocimiento del Director, que deberá visitar y reconocer los montes con frecuencia para cumplir lo estipulado y exigir al asentista cualquier perjuicio que efectuase como consecuencia del incumplimiento de estas condiciones.

Realizado el correspondiente inventario para la entrega de las minas al asentista, el arbolado existente y su valor se refleja en el cuadro LXX.

CUADRO LXX

Arboleda	**Nº de pies**	**Valor en reales**
Pinos	444.000	1.500.000
Encinas	1.700	18.700
Chopos	300	2.400
Total	-	1.521.100

Arboleda entregada a REMISA y su valor. Fuente: ALDANA, 1875, 334

Si comparamos el valor de la arboleda del inventario de 1783 (763.506 reales) con el de 1829, resultaba que el valor de la arboleda se había incrementado en un 99,22%, lo que evidenciaba una buena gestión en materia de montes por el establecimiento.

En Abril de 1831 la Dirección General de Minas solicitó al Director de las minas que efectuase un reconocimiento de los montes y diese cuenta de su estado, contestando en Agosto diciendo, que no se conservaban los montes por la empresa arrendataria como debía hacerlo, que cortaba los árboles sin orden ni método, no repoblando en su reemplazo, ni efectuaba las limpias necesarias, teniendo al arbolado en el mayor abandono (ALDANA, 1875, 337).

EZQUERRA DEL BAYO (1852, 63-70) visitó las minas en 1837, comprobando que si no se comenzaba inmediatamente la repoblación del pinar

éste se acabaría antes de que creciera el que lo reemplazase, por lo que junto con LÓPEZ PREVE, director por parte de la empresa, realizaron varias propuestas (FLORES CABALLERO, 1983 b,59):

1º. Debía anularse el contrato de pastos comunes que tenía la población de las minas con la Villa de Zalamea la Real y sus aldeas, puesto que era perjudicial para la arboleda.

2º. Necesidad de fijar edictos en la población de las minas y en las aldeas de alrededor, recordando la legislación vigente sobre el arbolado y penas en que incurrirían quienes las contraviniesen.

3º. El inspector del distrito, como juez ordinario que era, debía ser riguroso e inflexible al aplicar la ley en las denuncias presentadas.

4º. La corta prevista para Enero de 1838 debería dejar el pinar completamente entresacado. Las cortas anuales previstas para el futuro debían hacerse a tala y por porciones, porque los retoños nuevos no podían madurar a la sombra de los viejos pinos.

5º. Debía imponerse a los vecinos la obligación de sembrar piñones en las suertes que la empresa repartía anualmente.

6º. Necesidad de adquirir semillas de pino más adecuadas al terreno que las utilizadas en aquella época.

7º. Intentar en lo posible utilizar el monte bajo como combustible, con lo que se limpiaría el pinar y se evitaría el riesgo de incendio.

La visita de EZQUERRA DEL BAYO puso en conocimiento de la Real Hacienda, de forma fehaciente, la abusiva corta de arboleda del término de las minas por REMISA, lo que obligó a la Dirección General de Minas, a un mayor control sobre la arboleda, limitando su uso como combustible, y por tanto reduciendo las talas anuales de pinos en el término.

Debido a este control, la empresa trata de encontrar soluciones a la escasez de combustible, como consecuencia de ello en 1839 se establece la calcinación en teleras, cuya puesta a punto se debe al ingeniero GOYANES, que sustituyen a los hornos cónicos. Un horno cónico consumía 41 kilogramos de madera por tonelada de mineral a calcinar y la telera 32,5, por lo que se conseguía un ahorro de 8,5 kilogramos de madera por tonelada de mineral; ó

77,70 kilogramos de madera por kilogramo de cobre fino para los hornos cónicos, y 77,31 kilogramos de madera por kilogramo de cobre fino para las teleras con un ahorro de 0,39 kilogramos.

En 1845 se estableció la cementación artificial que sustituyó a la vía seca, lo que supuso una fuerte disminución de la presión sobre el bosque, y la solución a la falta de combustible de REMISA, debido a que este método metalúrgico sólo consumía monte bajo en la calcinación de los minerales y madera en el afino, pues ésta que tenía por objetivo obtener sulfatos solubles de cobre, se realizaba a baja temperatura pues una vez iniciadas las reacciones proseguían solas, dada su exotermicidad. El consumo era de 1,80 kilogramos de masa forestal (1,25 kg. de monte bajo más 0,55 kg. de madera) por kilogramo de cobre fino obtenido, lo que suponía un ahorro de masa forestal respecto a la vía seca por teleras de 75,51 kilogramos por kilogramo de cobre fino obtenido, como queda reflejado en el apartado 6.9.

GONZALO TARÍN (1888, T. II 619) estableció que la cantidad de jara necesaria para iniciar la combustión del azufre de las piritas era de 14 ó 15 kg. por tonelada de mineral y como excepción 20 ó 25 kg. dependiendo de la mayor o menor facilidad con que las piritas ardían.

La cementación artificial emitía menos azufre a la atmósfera que la vía seca, donde la calcinación (tostación) era a muerte, mientras que en aquella quedaba en el mineral calcinado parte del azufre formando sulfatos. Los graves daños a los bosques y la agricultura producidos por la cementación artificial, se deben al fuerte incremento de los minerales calcinados, como consecuencia del aumento de la producción de cobre, y a realizarse esta calcinación casi a nivel del suelo, lo que dificultaba la dilución de los gases en la atmósfera.

La cementación artificial como consecuencia de la lixiviación del calcinado, aumentaba la carga de contaminantes de las aguas vertidas al río, no su volumen, pues procedían del socavón de desagüe y de la Cueva del Lago, que después de rendir el cobre que contenían por cementación natural, posteriormente hacían de motor moviendo las ruedas hidráulicas, que activaban los fuelles de los hornos de afinación y posteriormente de los de derretido.

Los daños causados por los humos de la calcinación, incrementada de manera tan notable con el establecimiento de la cementación artificial, comenzaron a producir reclamaciones, en una de las cuales informó el interventor el 9 de Enero de 1847, diciendo que:

> *"El nuevo método de beneficiar los minerales cobrizos de las minas de este establecimiento por disolución y cementación, ha producido la colocación de hornos de calcinación entre la ermita de San Roque y fábrica de Santa María, donde se han construido ya 28 balsas o pilones con aquel objeto. Establecidos algunos hornos a distancia de 140 varas al E. de la huerta, sobre la estrecha cañada en que ésta radica, es indudable sufran perjuicio los frutos de dicha finca, no experimentados hasta el día, Junio último, que empezaron a arder los expresados hornos, muy particularmente cuando soplan los vientos de levante, por lo que esta Intervención cree fundada la solicitud del arrendatario, etc."*

CASIANO DE PRADO, ingeniero encargado de recibir las minas en Abril de 1849, al vencimiento del contrato, calificó de auténticamente problemático todo el periodo del alquiler de REMISA, manifestando su extrañeza a la oposición de la empresa al recuento de pinos. Los 444.000 pinos del inventario de Abril de 1829, se habían convertido en veinte años después en 95.784, es decir un 21,60% del pinar inicial; se valoraron en 287.684 reales los montes que veinte años antes lo habían sido en 1.521.100 reales, es decir que se había reducido su valor a un 18,91% del originario, no abonando REMISA esta diferencia (ALDANA, 1875, 403). El número de pinos perdidos fue de 348.216[52], que para un número de pies por hectárea de 416 (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 131), supuso una superficie deforestada de 837 Ha., es decir el 34,34%[53] de la superficie de las minas, con la consiguiente pérdida de suelo.

[52] No coincide con el número de pies calculados por nosotros de 527.700, que creemos se debe a que la madera de pino que falta, debió de ser sustituida por leña de encina y brezo, hasta obtener las calorías necesarias para los procesos metalúrgicos. Avala esta conjetura, el que ningún autor dé la cifra de encinas que quedaban al finalizar el contrato de REMISA, que en 1829 eran de 1700.

[53] Conforme al contrato de alquiler de REMISA se la había otorgado una superficie de 1/2 legua en torno al pozo principal.

Con motivo de la solicitud de LA CERDA para beneficiar minerales por el método electro-químico, informó el director de las minas en Julio de 1849 indicando que dada la escasez de combustible y arbolados en bastantes leguas en contorno, no debía accederse a la solicitud (ALDANA, 1875, 371). Lo que era muestra del estado en que REMISA había dejado los montes.

6.6 La segunda etapa del Estado al frente de las minas

Continuó el Estado con el método de cementación artificial de los minerales y el natural aplicado a las aguas del socavón de San Luis y Cueva del Lago, a los vitriolos y tierras vitriólicas, hasta la venta de las minas a los ingleses.

En las plazas de calcinación, situadas en la meseta donde estaban los alpendes de los pozos de extracción, existían desde principios del mes de Enero de 1852, en actividad 123 teleras o pilas de primera calcinación; de las que 64 eran del mineral entregado a la empresa Los Planes, 36 del que se entregaba a la empresa LA CERDA, y 32 del que se beneficiaba por cuenta de la Hacienda. Cada telera solía contener de 3.000 a 6.000 quintales de mineral, estando completa; de modo que, computando el número de teleras principiadas con las completas, se podía asegurar que se estaban calcinando más de 400.000 quintales de mineral, sin contar con las teleras de segunda calcinación de Los Planes y de la Hacienda.

La cantidad de mineral que se calcinaba iba aumentando cada día, en una progresión muy rápida, aun cuando no aumentaba en la misma proporción la cantidad de cobre obtenido; por lo que los efectos de la gran cantidad de humos se habían hecho notar sobre los vegetales, dejándolos como abrasados por el fuego; el hermoso pinar, que no hacía muchos años existía en la Mesa de los Pinos, al que los naturales comparaban a *una tabla de esmeralda suspendida en el aire*, ya no existía; así como tampoco existía el frondoso plantel de pinos jóvenes que adornaban parte de la misma Mesa y de las vertientes al Valle; no pudiéndose cultivar en ninguna casa particular los jardincillos ni las macetas de flores a que había tanta afición en la zona; los labradores, guardas de montes,

serradores y demás gentes, temían a las aguas en invierno y al rocío de las noches de verano, porque era cuando perecían más plantas, y porque en realidad era cuando se depositaba sobre los vegetales mayor cantidad de ácido sulfúrico.

Los habitantes de Riotinto respiraban a todas horas del día una atmósfera cargada de ácido sulfúrico, de ácido arsenioso y de los vapores menos perjudiciales, aunque molestos, de anhídrido sulfuroso y de azufre; los objetos de hierro expuestos al aire, se oxidaban y corroían con rapidez; una cerradura nueva y limpia, a los pocos minutos en tiempo de nieblas se cubría de una espesa capa de orín; los objetos más usados de plata se ennegrecían continuamente; los tejados de los alpendes y casas más inmediatas a las plazas de calcinación, así como las rocas y suelo, se cubrían de una capa amarillo verdosa de azufre libre; la capa que se depositaba en las teleras de segunda y en los objetos inmediatos, que también se veía en las teleras de primera, era blanca y consistía en ácido arsenioso pulverulento y cristalizado. Los humos más densos excitaban con fuerza la tos, y hacían estornudar y llorar al mismo tiempo; los vapores más difusos, sobre todo los de las teleras de segunda eran nauseabundos y quitaban las ganas de comer (ANÓNIMO, 1852 a, 111-115).

El anhídrido sulfuroso desprendido de las teleras, por un efecto de oxidación, que podía ser originado por un proceso fotoquímico como la acción de los rayos ultravioleta en fase gaseosa o bien un proceso catalítico de las partículas micelares de hierro o manganeso, existentes en el polvo en suspensión en la atmósfera y en este caso incluso en la oscuridad, verificaba su transformación en anhídrido sulfúrico y ozono, y el anhídrido sulfúrico, con el agua de lluvia o con la humedad atmosférica daba origen al ácido sulfúrico en forma de aerosol, constituyendo cuando había nieblas un medio ácido, irritante para las mucosas animales. El citado proceso era más complejo que lo descrito puesto que la reacción dependía del pH y cuando éste baja se interrumpe la producción de ácido sulfúrico, precisándose la existencia de alguna sustancia básica, como el amoniaco o compuestos de éste, que frecuentemente se encuentran en la atmósfera, para que la reacción continuara.

Los efectos de los óxidos de azufre sobre la vegetación son conocidos desde épocas remotas, pues ya los romanos sabían que los gases que se producían en los hornos de tostación de piritas mataban insectos, roedores y la vegetación de sus alrededores.

El anhídrido sulfuroso y sulfúrico así como el ácido sulfúrico en que se transforman, producían una inactividad de las células de las plantas, ocasionando la gelificación del protoplasma, es decir su muerte con la correspondiente necrosis posterior.

Cuando la cantidad de anhídrido sulfuroso alcanzaba 1,4 mg/m^3, se producían necrosias a lo largo de los nervios de las hojas y si persistía durante algún tiempo terminaban por desfoliarse las plantas. En general los óxidos de azufre producían una disminución en la función clorofílica, no sólo porque actuaba sobre los cloroplastas, sino también porque necrosaba las células de los parénquimas en empalizada (RAMOS FIGUERAS, 1979, 84-85).

La lluvia ácida afectaba adversamente también a la estabilidad de diversos ecosistemas, en particular lagos y bosques; disolviendo algunos metales pesados, conduciéndolos a las fuentes de aprovisionamiento de agua o hacia los mantos freáticos.

En un informe de 1854 del médico titular del establecimiento, D. MIGUEL ORTIZ DE HERBOSO BATIZ dice que: *"Ningún pueblo como el de las Minas de Rio-Tinto tiene en tan alta escala las causas permanentes de insalubridad; en la espalda de cada casa se ven grandes montones de basura e inmundia que infestan con sus malos olores la población; el número de almas es tan excesivo que basta decir que hay habitación que en el reducido número de diez y seis varas duermen dieciséis trabajadores en el mayor desaseo, el ganado de cerda reconocido como perjudicial a la salud pública, no sólo pulula por las calles, sino que duerme dentro de las mismas casas; el cementerio sumamente reducido, sin empadronar, sin tierra caliza, con sólo una ligera capa de tierra mineral, da lugar a que los cadáveres, casi a flor de tierra exhalen los miasmas nada salubres que muchas veces en la estación de verano se han notado en población, de la que sólo dista el citado cementerio 15 ó 20 varas."* (GIL VARÓN, 1988, 796).

RUA FIGUEROA (1868, 43), sobre las fundiciones de Swansea, comentaba que tratándose en aquellas fábricas toda clase de minerales, acompañaban a los vapores sulfurosos otros arsenicales en dosis elevadas, en cuyo caso las propiedades tóxicas de los humos eran incontestables; pero el anhídrido sulfuroso por si sólo no ejercía una acción destructiva marcada en el organismo humano, antes bien sus propiedades desinfectantes y las que caracterizan a su derivado el ácido sulfúrico, se oponían al desarrollo de las enfermedades que tenían por causa principal los miasmas atmosféricos, así como de las eruptivas, de las de los ojos y otras varias.

La inocuidad del cobre, decía, está también demostrada por las prolijas observaciones de BORDEU y PIETRA-SANTA, y en apoyo de unos y otros hechos estaban las minas de Riotinto, sus condiciones sanitarias y la vida media de los operarios empleados en los departamentos de calcinación y fundición.

Los caracteres nocivos que comunicaban a las aguas y a la atmósfera los minerales y su tratamiento, impedían la vegetación; comunicándole a la zona un aspecto ingrato y severo, pues sólo ofrecía a la vista un aspecto árido y desolado, ocultando en algún espacio reservado de los vientos nocivos, alguna pequeña huerta o algún pinar, resto de los grandes bosques que anteriormente existían.

La falta de caminos, la carencia absoluta de paseos y la atmósfera sulfurosa que constantemente había, así como la circunstancia de no producirse más que cobre, por lo que había que llevar de fuera todos los artículos para la vida, la hacían desagradable y costosa. Esa atmósfera era perjudicial para la salud en las enfermedades laríngeas; y la garantizaba hasta cierto punto, contra algunas otras habituales, sobre las que conseguían triunfos las personas que, habiéndolas contraído fuera, residían allí algún tiempo; siendo de notar que el cólera morbo había respetado aquella pequeña zona (GÓMEZ DE SALAZAR,1870, 210).

Informes facultativos certificaban que no se conocían enfermedades especiales en los mineros que vivían años y años al lado de las teleras; eran excepcionales el tifus y las fiebres intermitentes perniciosas, y si había alguna enfermedad dominante era la que se encuentra en todo país donde el dinero

abunda y donde es numerosa y cosmopolita la población flotante; no habiendo penetrado nunca el cólera, la fiebre amarilla y el vómito negro, mientras las regiones aledañas se habían visto invadidas y diezmadas repetidas veces por tan terribles enfermedades; y esto era tan conocido que cuando en 1886, llamó la enfermedad a las puertas de Sevilla, se pensó seriamente en calcinar piritas dentro de la población, de lo que felizmente, no hubo necesidad; y en Huelva la población estaba más tranquila pues pensaban que podían establecer teleras con más de 50.000 toneladas de pirita que las empresas mineras tenían en el puerto; habiéndose quemado teleras en Aracena y El Madroño con motivo de alguna epidemia (CORTAZAR, 1888, 27).

El Dr. RODRÍGUEZ PINILLA (1889, 13-24) manifestaba en la conferencia dada en la Sociedad Española de Higiene, el 4 de Junio de 1889, que se había dicho que iban en los humos gran cantidad de ácido arsenioso; pero recordaba que cuando en 1865 se discutió en la Academia de Ciencias de París la eficacia del ácido sulfuroso y del ácido arsenioso como profilácticos del cólera, el ingeniero de minas D. CASIANO DE PRADO, contestando a Mr. FREMY, hizo constar que en Riotinto no había entrado nunca el cólera, y que tal efecto debía atribuirse al gas sulfuroso, no al arsenioso, puesto que era preciso el aparato de Marsh para encontrar sus rastros en la atmósfera próxima a las teleras, hecho que se comprendía dada la escasez del compuesto arsenical en las piritas de Riotinto. Era cierto que se encontraban cristales de dicho ácido en las llamadas capas blancas de la superficie de las teleras; y lo mismo puede decirse del ácido antimonioso.

También decía que los trabajos más penosos en relación con los humos eran los de los encargados de deshacer las teleras, y los empleados en los pilones de cementación, más próximos a los humos. Y sin embargo, comentaba, que los había visto trabajar en medio de la atmósfera sulfurosa sin la menor molestia, y recordaba a un viejo octogenario, que trabajaba en las teleras desde hacía más de diez años, sin el pañuelo que otros se ponían para proteger las vías respiratorias, desempeñando su cometido sin faltar un día al trabajo.

Las sensaciones que se sentían entre las teleras eran: gran picazón en la nariz, más molesto que el lagrimeo de ojos no excesivo; tos seca, estornudos y

respiración oprimida; imposibilidad de hacer una completa inspiración, sabor metálico *sui generis* y sequedad de boca, que podía ir seguida de vómitos, aunque los trabajadores habituados, no sufrían apenas estas molestias.

Dado el hacinamiento y falta de higiene, en que vivía la población, los gases sulfurosos al parecer tenían su parte positiva, como que nunca hubiese entrado en Riotinto el cólera morbo, aunque indudablemente para los humanos con enfermedades respiratorias, los animales y las plantas era sumamente dañino.

En el boletín de ventas de bienes nacionales de 1871, aparece un inventario de las masas forestales, detallándose *"la especie y cantidad de existencias leñosas que vegetan en los montes y terrenos anejos a las minas nacionales de Riotinto"* que figuran en el cuadro III.

Conforme al citado boletín existían 113.641 pies de pinar, lo que suponía un incremento respecto a 1849 de 17.857 pies, es decir un 18,64%, correspondientes en su superficie a 42,9254 Ha.; en cuanto a encinas y alcornoques su número era de 12.409 pies, que hemos comparado con el año 1829, pues carecemos del dato de 1849, suponiendo un incremento de 10.709 pies, lo que representa un 629,94%, equivalente a una superficie de 178,4833 Ha.[54]; lo que demuestra que los alcornoques y encinas eran más resistentes a la lluvia ácida.

La situación de los montes, pese a la lluvia ácida debida a las teleras, había mejorado respecto a cómo los dejó el marqués de REMISA en 1849; con un incremento del 18,64% en el número de pies de pinar, otro tanto debió de ocurrir respecto a los alcornoques y encinas, pero debido a la carencia del dato de 1849 no podemos compararlos.

[54] Se han considerado 60 pies por hectárea para los alcornoques y encinas; y 416 pies por hectárea para los pinos (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 95 y 131).

6.7 Los gases emitidos a la atmósfera

En este apartado calcularemos el volumen de anhídrido carbónico y sulfuroso emitido a la atmósfera, así como la posible lluvia ácida caída sobre la zona para cada explotador, tanto para la vía seca como para la cementación artificial.

6.7.1 Emisiones de gases de efecto invernadero

El anhídrido carbónico o dióxido de carbono es un componente natural de la atmósfera, pero se considera un contaminante más cuando su concentración se eleva sobre sus reducidas proporciones normales (0,3%). Es un gas incoloro, incombustible y de olor ligeramente ácido.

Es aproximadamente un 50% más pesado que el aire, y elemento fundamental para las plantas, que con el agua y la energía solar sintetizan la materia orgánica.

El principal problema que genera las emisiones anhídrido carbónico se debe a que es un factor básico del efecto invernadero, por el cual se supone que la atmósfera terrestre está experimentando un progresivo calentamiento (CARO GÓMEZ et al, 1996, 12).

Las radiaciones de onda corta emitidas por el sol no son absorbidas por los gases de la atmósfera llegando hasta la superficie terrestre, que emite, de acuerdo con su baja temperatura, en el infrarrojo, de mayor longitud de onda, siendo absorbidas por las gotas líquidas o sólidas de agua que forman las nubes (> 25 y $< 6\mu m$) y el anhídrido carbónico (13 a $17\mu m$), y devueltas inmediatamente hacia el suelo. El equilibrio de anhídrido carbónico en la atmósfera corresponde a 280 p.p.m. ± 10 (actualmente 350 p.p.m. ± 10), por lo que cualquier incremento de éste valor contribuye al calentamiento del planeta.

La actividad minera de Riotinto a lo largo de su historia ha generado anhídrido carbónico procedente de la utilización de carbón o leña en los procesos metalúrgicos, por lo que creemos conveniente calcular estas emisiones,

por si han contribuido al efecto invernadero.

Como conocemos el volumen de madera consumido por cada explotador de las minas, podemos calcular su equivalente en carbón, al cual le suponemos que sufre una combustión completa transformándose en anhídrido carbónico. En este cálculo también supondremos que la madera seca es equivalente al 25% de su peso en carbón y que éste corresponde al 81% de carbono (CANSECO MEDEL, 1968, T.I. 15).

En el cuadro LXXI se reflejan las emisiones de anhídrido carbónico a la atmósfera por los diversos explotadores hasta el año 1845 en que se sustituyó la vía seca por la cementación artificial, proceso que consumía una menor masa forestal como combustible, como se ha explicado en el capítulo correspondiente a la metalurgia, por lo que hemos creído menos relevante las emisiones a partir de este año.

CUADRO LXXI
Emisiones de anhídrido carbónico (efecto invernadero) a la atmósfera por los diversos explotadores de Riotinto hasta 1845

Explotador	Madera total consumida seca (tm)	Equivalente de la madera consumida en carbón vegetal (tm.)	Equivalente del carbón vegetal en carbono (tm.)	Emisiones a la atmósfera de CO_2 (Nm^3)
ROMANOS	22.377.600	5.594.400	4.531.464	8.458.732.800
TIQUET	12.188	3.047	2.468	4.607.064
SANZ	141.450	35.362	28.643	53.468.100
1ª ETAPA DEL ESTADO	250.741	62.685	50.775	94.780.098
REMISA	155.476	38.869	31.483	58.769.928
Totales	22.937.455	5.734.363	4.644.833	8.670.357.990
Equivalentes todas las emisiones a 17 millones de toneladas.				

Los 8.670.357.990 Nm^3 de anhídrido carbónico son equivalentes a 17 millones de toneladas, lo que supone que si España cumple con los objetivos marcados en la cumbre de Kioto para el año 2010 (332 millones de toneladas), ese año emitirá 20 veces más anhídrido carbónico que todo el producido por las minas durante el periodo que analizamos, o si lo comparamos con las emisiones de Andalucía del año 1998 (35,294 millones de toneladas) (CARO GÓMEZ et al, 1998, 71) se emitieron 2,08 veces más, si además consideramos la dilución en el tiempo de las emisiones y la vida media del anhídrido carbónico, 15 años,

podemos concluir que las citadas emisiones producidas en Riotinto no contribuyeron al efecto invernadero.

6.7.2 Emisiones de gases causantes de la lluvia ácida

El anhídrido sulfuro es un gas incoloro y relativamente denso (2,93 g/l a 20 ºC) irritante para los ojos, las mucosas y las vías respiratorias.

Por oxidación en la atmósfera, el anhídrido sulfuroso puede transformarse en anhídrido sulfúrico (SO_3), y éste, por reacción con el agua, generar aerosoles de ácido sulfúrico, que por neutralización forma sulfatos. En la etapa ácida es uno de los responsables del fenómeno de la lluvia ácida.

Esta cadena de reacciones hace que la presencia del SO_2 en la atmósfera sea relativamente efímera, con una media estimada de permanencia de cuatro o cinco días.

Los efectos nocivos, para el hombre y el medio ambiente en general, son patentes en las diferentes etapas reactivas. Las consecuencias son variables según las concentraciones, el tiempo de exposición o la sensibilidad de los diferentes organismos. Para los seres humanos, la contaminación por SO_2 provoca molestias o daños que pueden llegar a ser graves, en el aparato respiratorio, ojos y mucosas, mientras que las plantas pueden sufrir necrosis. Además la presencia de SO_2 es causa de deterioro de materiales, ya que acelera los procesos de oxidación de los metales y se convierte en uno de los responsables del deterioro de gran cantidad de monumentos (CARO GÓMEZ et al, 1996, 11).

Para la vía seca consideraremos para los minerales de Riotinto, una ley media en azufre del 47% (PINEDO VARA, 1963, 84). Las tres calcinaciones que se le daban al mineral, pretendían eliminar la mayor parte del azufre (tostación a muerte) y obtener óxidos de cobre, el posible azufre que quedase, terminaría eliminándose en la fundición y posterior afino del cobre; en estas operaciones se eliminaría, por tanto, el 47% de azufre que se desprendería en forma de anhídrido sulfuroso.

Las teleras con la calcinación perdían un 22% de peso, que era el resultado de la pérdida del 34% de azufre que se iba a la atmósfera y la ganancia de un 12% en peso debida al oxígeno atmosférico, que entraba a formar parte de los sulfatos y óxidos que se producían (RUA FIGUEROA, 1868, 41 y 167). Siguiendo estos criterios se han elaborado los cuadros LXXII, LXXIII y LXXIV.

Puesto que el tratamiento del mineral por vía seca emitía a la atmósfera un 47% de azufre y la cementación artificial un 34%, la cementación artificial era un 13% menos contaminante a efectos de la lluvia ácida, pero parte de este azufre se iba en forma de sulfatos, sobre todo de hierro, al río.

CUADRO LXXII

Mineral beneficiado por vía seca, emisiones a la atmósfera de anhídrido sulfuroso y potencial ácido sulfúrico generado, desde la antigüedad a 1849

Explotador	Mineral beneficiado (tm.)	Azufre emitido a la atmósfera (tm.)	Volumen de SO_2 (Nm^3)	Potencial SO_4H_2 (tm.)
ROMANOS	3.600.000	1.692.000	1.184.400.000	5.076.000
TIQUET	6.880	3.233	2.263.520	9.701
SANZ	80.309	37.745	26.421.640	113.236
ESTADO 1ª Etapa	141.343	66.431	46.501.840	199.294
REMISA	86.857(*)	40.822	28.575.820	122.468
Total	3.915.389	1.840.231	1.288.162.820	5.520.699

(*) Deducido el valor del mineral beneficiado, de la cifra de cobre fino y la aplicación del cuadro XV.

En el año 1863 se extrajeron de mina 89.694 tm., generándose una emisión a la atmósfera de 60.992 tm. de SO_2 lo que supuso 2,57 veces más que todas las emisiones de SO_2 de la provincia de Huelva (23.719 tm.) (CARO GÓMEZ et al, 1998, 71) correspondientes al año 1998.

Si además tenemos en cuenta las siguientes consideraciones: las emisiones estaban localizadas en lo que podemos considerar un sólo foco (boca de la mina y alrededores), a ras del suelo y ser este gas más pesado que el aire podemos concluir, apoyados también en toda la descripción que hemos hecho anteriormente, que la Comarca de Riotinto y sobre todo el término de la mina

sufrieron un fuerte impacto ambiental por las emisiones de SO_2 desde el marqués de REMISA al final del periodo estudiado.

6.8 La contaminación de las aguas

Las únicas aguas utilizadas en las minas eran las procedentes del socavón de desagüe de la mina y las de la Cueva del Lago; aguas que después de rendido el cobre por cementación natural, hacían de motor de las ruedas hidráulicas que movían los fuelles de los hornos, posteriormente pasaban a los pilones de la cementación artificial de donde salían con unos 200 gramos de cobre por metro cúbico; sometiéndose a cementación en canaleos, unas veces unida a las que procedían de los trabajos subterráneos, otras a las procedentes de las filtraciones de los terreros, o aisladamente; de modo que cuando iban a parar al río Tinto su contenido en cobre era aproximadamente de 20 gramos por metro cúbico; a los que hay que añadir parte del hierro procedente del mineral y el utilizado en la cementación.

CUADRO LXXIII

Mineral beneficiado por cementación artificial, emisiones a la atmósfera de anhídrido sulfuroso y potencial ácido sulfúrico producido desde 1845 a 1872

Explotador	Mineral beneficiado (tm.)	Azufre emitido a la atmósfera (tm.)	Volumen de SO_2 (Nm^3)	Potencial SO_4H_2 (tm.)
REMISA	78.954(*)	26.844	18.790.800	80.533
Estado 2ª etapa	1.250.427	425.145	297.601.500	1.275.435
Total	1.329.391	451.989	316.392.300	1.355.968

(*) Se ha deducido considerando la recuperación de 1849.

CUADRO LXXIV

Mineral extraído de mina, emisiones a la atmósfera de anhídrido sulfuroso y potencial ácido sulfúrico producido según el método metalúrgico desde la antigüedad a 1872

Método metalúrgico	Mineral beneficiado (tm.)	Azufre emitido a la atmósfera (tm.)	Volumen de SO_2 (Nm^3)	Potencial SO_4H_2 (tm.)
Vía seca	3.915.389	1.840.231	1.288.162.820	5.520.699
Vía húmeda (cementación artificial)	1.329.391	451.989	316.392.300	1.355.968
Total	5.244.780	2.292.220	1.604.555.120	6.876.667

La composición química de las aguas de cementación natural, según el análisis hecho por ESCOSURA, figura en el cuadro LXXV.

CUADRO LXXV

Emisiones a la atmósfera de anhídrido sulfuroso y potencial ácido sulfúrico generado por explotador, desde la antigüedad a 1872

Explotador	Azufre emitido a la atmósfera (tm.)	SO_2 (tm.)	SO_2 (Nm^3)	Potencial SO_4H_2 (tm.)
ROMANOS	1.692.000	3.384.000	1.184.400.000	5.076.000
TIQUET	3.233	6.466	2.263.520	9.701
SANZ	37.745	75.490	26.421.640	113.236
ESTADO 1ª ETAPA	66.431	132.862	46.501.840	199.294
REMISA	67.666	135.332	47.366.620	203.001
ESTADO 2ª ETAPA	425.145	850.290	297.601.500	1.275.435
Total	2.292.220	4.584.440	1.604.555.120	6.876.667

Sólo hemos encontrado una medición de caudales efectuada por ANGULO en 1787, en el socavón de desagüe de la mina, en el que instaló los canales de cementación, obteniendo 800 libras de peso en un minuto; aunque desconocemos la densidad de estas aguas cobrizas, la hemos asimilado a la del agua limpia, lo que nos da un caudal de 6,13 litros por segundo y un volumen al año de 193.420 metros cúbicos, sin tener en cuenta las procedentes de la Cueva del Lago (ALDANA, 1875, 282).

Indirectamente, también lo hemos determinado, pues RUA FIGUEROA (1868, 74) decía que todos los años iban al mar 3.500 kilogramos de cobre, como cada metro cúbico de agua contenía 20 gramos de cobre, nos resulta un

volumen de 175.000 metros cúbicos; lo que suponía un caudal de 5,54 litros por segundo.

Aunque, como hemos comentado, existe constancia de la obtención de cobre por cementación natural en tiempos de TIQUET, no es hasta su rehabilitación por ANGULO en 1788 cuando figuran por escrito las producciones de cobre; a continuación damos las producciones de cobre y el consumo de hierro que se iba con las aguas para los diferentes explotadores; considerando un consumo de hierro de 2,135 unidades por unidad de cobre, media ponderada del consumo de los años 1800 a 1804 (RUA FIGUEROA, 1859, 208).

En la primera etapa del Estado la producción de cobre por cementación natural fue de 633.784 kilogramos, lo que supuso un consumo de hierro de 1.353.131 kilogramos.

Durante la etapa de REMISA la producción de cobre por cementación natural fue de 991.590 kilogramos, con un consumo de hierro de 2.117.043 kilogramos.

Las estadísticas existentes de producción de cobre fino para la segunda etapa del Estado al frente de las minas, no hacen diferenciación del cobre obtenido por cementación natural o artificial. Hemos considerado para la época de REMISA un consumo de hierro de 2,50 unidades (ANÓNIMO, 1852 b, 368) por unidad de cobre producida por cementación artificial, valor que también aplicamos al Estado.

La producción de cobre por cementación artificial de REMISA fue de 1.925.502 kilogramos lo que supuso un consumo de hierro de 4.813.757 kilogramos. La producción de cobre por cementación artificial en la segunda etapa del Estado al frente de las minas fue de 20.485.718 kilogramos, con un consumo de hierro de 51.214.295 kilogramos. Estos valores se reflejan en el cuadro LXXVI.

CUADRO LXXVI

Explotador	Cobre obtenido por vía húmeda (kg.)	Hierro consumido (kg.)
1ª etapa del Estado 1788-1829	633.784	1.353.131
REMISA 1829-1849	2.917.092	6.930.800
2ª etapa del Estado 1849-1873	20.485.718	51.214.295
Total	24.036.594	59.498.226

Cobre obtenido por vía húmeda e hierro consumido por los diversos explotadores

En el origen y porción superior del curso del río Tinto, decía GONZALO TARÍN (1888, T.I. 155 T.II 236), eran sus aguas y las de sus afluentes puras y cristalinas; pero desde el momento en que recibía las procedentes del beneficio de las menas piritosas de los establecimientos de Riotinto y Peña del Hierro se hacían no sólo inaprovechables para los usos domésticos, sino perjudiciales para la vegetación, impropias para la vida de los seres que en otro caso en ellas se desarrollarían y dañinas a los peces y mariscos de la ría de Huelva, cuando en el otoño arrastraban con las primeras avenidas, las sales metálicas que por evaporación y precipitación química quedaron en el cauce formando eflorescencias y légamos excesivamente ferruginosos. Las aguas de color verde claro, cuando abandonaban los recipientes en que tenía lugar la cementación del cobre, iban perdiendo sucesivamente tal color para adquirir el rojo de vino, correspondiente a las sales férricas, que era el que conservaban en el río al pasar por Niebla, en cuyo paraje se utilizaban para beneficiosos baños. Las aguas muy cargadas de principios ferruginosos en las proximidades del establecimiento metalúrgico, dado su recorrido, llegaban claras, o poco menos, en los periodos normales a la ría de Huelva; pero cuando ocurrían avenidas arrastraban suficiente cantidad de limos ferruginosos para teñir de amarillo el fango del fondo marino. Los peces de la ría morían entonces en gran número, y sobre el color verdoso de la masa del agua del mar predominaban el amarillo de los óxidos de hierro.

6.9 Obtención de los indicadores ambientales de consumo de combustible en los procesos metalúrgicos

6.9.1 La vía seca

Según ESCOSURA (1845, 360) el combustible se medía de un modo particular, llamándose *horno de leña* a la cantidad de este combustible que podía colocarse en un círculo de 2,88 varas de radio (que era el de los hornos cónicos) y 0,42 de altura. En general un horno de leña contenía 20 cargas de ese combustible; y en los hornos cónicos (950 quintales de mineral) se consumían tres hornos de leña en la calcinación, una en cada fuego.

En las teleras (2.800 quintales de mineral) se consumían siete hornos de leña en la calcinación, a razón de 2,33 hornos en cada fuego.

BERNÁLDEZ (1853, 262) establece que 1,25 hornos de leña eran de 60 a 70 arrobas, tomando el valor medio de 65 arrobas corresponde a un horno de leña el peso de 52 arrobas, es decir 573,20 kg.

Haremos primeramente los cálculos para obtener el indicador de consumo de madera, para los hornos cónicos.

Para 950 quintales castellanos de mineral, que equivalen a 41.887,4 kilogramos, se consumían tres hornos de leña equivalentes a 1.720 kilogramos. Como nos interesa ver porcentualmente cuál era la pérdida de peso del mineral una vez calcinado (cuadro XIV), calcularemos la media suprimiendo el año 1783 que se desvía excesivamente, lo que nos da 38,7% de pérdida de peso, tendremos que un horno cónico de 41.887,4 kg. se nos convierte en 25.677 kg., lo que nos da un consumo de madera por kg. de calcinado de:

- 1.720 kg. madera / 25.677 kg. de calcinado = 0,067 kg. de madera/kg. de calcinado.

Este calcinado era enviado a los hornos de fundición, con objeto de obtener cobre negro. Conforme a la visita realizada en Junio de 1841 al establecimiento de Riotinto por FRANCISCO DE SALES GARCÍA, de cuyo manuscrito inédito RUA FIGUEROA (1868, 116) sacó los siguientes datos de la vía seca tal como se realizaba en esa época:

Cada horno fundía en 24 horas 117 arrobas de mineral, consumiéndose 85 de carbón, con un resultado de seis arrobas de cobre negro (66,14 kg.) (5,13%), y que 125 arrobas de este último daban en el afino 94 de cobre (75,2%), consumiéndose un horno de leña (ESCOSURA, 1845, 370).

Por tanto se necesitaban 937 kg. carbón/66,14 kg. cobre negro = 14,17 kg. de carbón por kg. de cobre negro obtenido, que traducido a madera [55] (CANSECO MEDEL, 1968, T. I 15), equivalía a 56,68 kg. de madera por kg. de cobre negro producido.

Como se cargaron en el horno 1.290 kg. de calcinados tenemos:

- 1.290 kg. de calcinados x 0,067 kg. de madera por kg. de calcinados = 86,43 kg. de madera.

Que por kg. de cobre negro producido sería:

- 86,43 kg. de madera / 66,14 kg. de cobre negro = 1,31 kg. de madera por kg. de cobre negro producido.

Por tanto, el consumo total de madera por kg. de cobre negro producido (consumida en la calcinación más la fundición) era de:

- 56,68 kg. de madera (fundición) + 1,31 kg. de madera (calcinación) = 58 kg. de madera por kg. de cobre negro producido.

El cobre negro se refinaba en hornos de manga y a partir de 1831 también en horno de reverbero, los cálculos que se siguen se refieren al de reverbero.

La recuperación del cobre refinado, como se ha dicho, era del 75,2%. En un día se refinaban 125 arrobas (1.378 kg.) de cobre negro que daban lugar a 94 (1.036 kg.) de cobre refinado, con un consumo de un horno de leña (573 kg.).

Tendremos un consumo de leña para el horno de refino de:

- 573 kg. de madera / 1.036 kg. de cobre refinado = 0,55 kg. de leña por kg. de cobre refinado.

Procedente de la calcinación y fundición el consumo de madera era de 58 kg. por kg. de cobre negro producido que para una carga de 1.378 kg. de cobre negro representa 79.924 kg. de madera, que por kg. de cobre refinado nos da 77,15 kg. de madera.

---

[55] *En la obtención del carbón a partir de la madera, ésta se reduce al 25% de su peso.*

Total de madera consumida por kg. de cobre refinado:

- 0,55 kg. (refino) + 77,15 kg. (calcinación y fundición) = 77,70 kg.

Con lo que hemos obtenido un indicador medioambiental de consumo de combustible para la vía seca y hornos de calcinación cónicos.

A continuación hacemos el mismo cálculo pero en vez de un horno cónico utilizamos una telera y llegamos a un consumo de madera por kg. de cobre refinado de 77,31 kg.

Por tanto la metalurgia del cobre por vía seca, con teleras supone un ahorro respecto de los hornos cónicos de 0,39 kg. de madera por kg. de cobre refinado.

6.9.2 La vía húmeda

La cementación natural sólo consumía combustible en el afino, que una vez calculado, es de 0,55 kg. de madera por kg. de cobre refinado.

Calculemos a continuación el consumo de madera en la cementación artificial, para ello partimos de que la calcinación era lenta (tres o cuatro meses) que las reacciones eran exotérmicas por lo que solamente era necesario iniciarlas con jara, se necesitaban 15 kg. de jara por tm. de mineral a calcinar para iniciarla, perdiendo un 22% de su peso cuando estaba bien calcinada (GONZALO TARÍN, 1888, 619-622).

Por lo tanto tenemos que:

- Considerando que la ley media del yacimiento era de 2,65% en cobre, la cantidad de cobre contenida en una tonelada de mineral sería de 26,5 kg., como el rendimiento medio del proceso era del 60%, la cáscara de cobre producida sería de 15,9 kg.

  El consumo de jara por kg. de cáscara de cobre será:

- 15 kg. de jara / 15,9 kg. de cáscara = 0,94 kg. de jara por kg. de cáscara de cobre.

La cáscara se enviaba al horno de refino, por lo que tenemos que tener en cuenta este paso para hallar el consumo total de madera. Supongamos que se

cargara el horno de afino únicamente con cáscara (suponemos el mismo rendimiento del cobre negro) tendremos:

- 0,94 kg. de jara por kg. de cáscara x 1.378 kg. de cáscara = 1.295 kg. de jara

  Por kg. de cobre refinado será:

- 1.295 kg. de jara / 1.036 kg. de cobre refinado = 1,25 kg. de jara por kg. de cobre refinado.

Por tanto, el total de masa forestal consumida en la obtención de un kilogramo de cobre fino por el sistema de cementación artificial será:

- 0,55 kg. (afino) + 1,25 kg. (calcinación) = 1,80 kg. de masa forestal por kg. de cobre refinado, de los que 0,55 kg. por kg. de cobre fino, corresponden a madera y el resto a monte bajo.

En el cuadro LXXVII se realiza una comparación de los consumos de combustibles en kg. por kg. de cobre fino obtenido en función del sistema metalúrgico utilizado desde la antigüedad a 1849.

6.9.3 Resultados

El consumo de combustible de TIQUET y SANZ fue de 77,70 kg. de madera por kg. de cobre fino producido, pues aunque sabemos que TIQUET benefició cobre por cementación natural, las cantidades debieron de ser pequeñas, y no disponemos de estos datos de producción. El Estado rebaja esta cifra a 65,02 kg. de madera debido a que se produce un incremento de la producción de cobre por cementación natural, incluso hubo años en que sólo se obtuvo cobre por este sistema y finalmente REMISA la rebaja a 31,75 kg. de madera, sistema que junto a la cementación natural eran prácticamente los únicos existentes a la finalización de su contrato de alquiler, habiéndose producido el mayor consumo de madera de 1829 a 1840, periodo en que el grueso de la producción procedía de la vía seca.

La vía seca estaba limitada por la escasez de madera en el término de las minas, la cementación artificial lo estaba por la poca agua disponible y la cementación natural por las aguas que manaban de los socavones, aunque desgraciadamente no se recuperaba todo el cobre que contenían, sobre todo en

época de TIQUET, SANZ, 1ª etapa del Estado y REMISA, desidia que aparentemente se producía hacia este sistema de beneficio.

CUADRO LXXVII

VÍA SECA		VÍA HÚMEDA			
Montones cónicos	Teleras	Cementación natural	Cementación artificial		
			Jara	Madera	Total masa forestal
77,70	77,31	0,55	1,25	0,55	1,80

Cuadro comparativo de los consumos de combustibles en kg. por kg. de cobre fino obtenido en función del sistema metalúrgico utilizado (desde la antigüedad a 1849)

CUADRO LXXVIII

Explotador	Período	Cobre fino de fundición	Consumo de madera por la fundición	Cobre fino de cementación natural	Consumo de madera por la cementación natural	Cobre fino de cementación artificial	Consumo de madera por la cementación artificial	Consumo de monte bajo por la cementación artificial	Cobre fino total	Consumo total de madera	Consumo total de masa forestal
ROMANOS	43 a.C. a 425 d.C.	288.000.000	$2{,}24x10^{10}$	-	-	-	-	-	288.000.000	$2{,}24x10^{10}$	$2{,}24x10^{10}$
TIQUET	14/11/1727 a 11/9/1758	156.860	12.188.022	-	-	-	-	-	156.860	12.188.022	12.188.022
SANZ	12/9/1758 a 31/1/1783	1.820.475	141.450.907	-	-	-	-	-	1.820.475	141.450.907	141.450.907
ESTADO	1/2/1783 a 31/3/1829	3.222.556	250.392.601	633.784	348.581	-	-	-	3.856.340	250.741.182	250.741.182
REMISA	1/4/1829 a 23/4/1849	1.980.332	153.871.796	991.590	545.374	1.925.502	1.059.026	2.406.877	4.897.424	155.476.196	157.883.073
TOTAL GENERAL	43 a.C. a 23/4/1849	295.180.223	22.935.503.326	1.625.374	893.955	1.925.502	1.059.026	2.406.877	10.731.099	22.937.456.307	22.939.863.184

Producción de cobre fino, consumo de madera y masa forestal en kg. por los diversos explotadores desde la antigüedad a 1849

A partir del cuadro LXXVII, hemos elaborado el cuadro LXXVIII. Por ello sabemos que el cobre obtenido y la madera consumida para los periodos estudiados (cuadro LXXIX) fue:

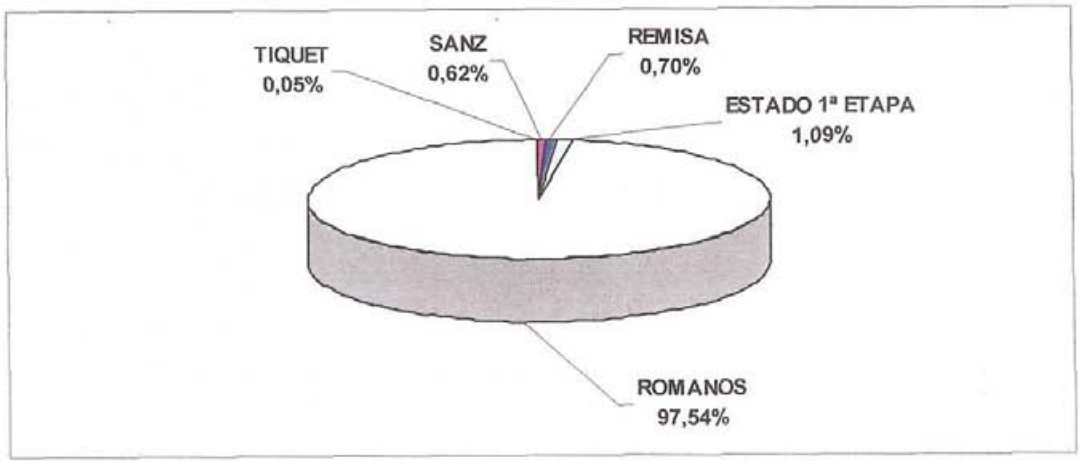
CUADRO LXXIX

Explotador	Período	Cobre	Madera consumida	% de consumo de madera	Consumo de madera por kg. de cobre
ROMANOS	43 a.C. a 425 d.C.	288.000.000	$2,24x10^{10}$	97,54	77,70
TIQUET	14/11/1727 a 11/9/1758	156.860	12.188.022	0,05	77,70
SANZ	12/9/1758 a 31/1/1783	1.820.475	141.450.907	0,62	77,70
ESTADO	1/2/1783 a 31/3/1829	3.856.340	250.741.182	1,09	65,02
REMISA	1/4/1829 a 23/4/1849	4.897.424	155.476.196	0,70	31,75
TOTAL	14/11/1727 a 23/4/1849	10.713.099	22.937.456.307	100	-

Producción de cobre y consumo de madera en kg. para cada uno de los periodos analizados

El gráfico nº 16 representa el porcentaje de consumo de madera por explotador desde la antigüedad a 1849.

GRÁFICO Nº 16



Porcentaje de consumo de madera por explotador desde la antigüedad a 1849

A partir de 1849[56], sólo quedó como sistema de beneficio la vía húmeda, que consumía como combustible monte bajo, principalmente jara, causando mayormente el daño ecológico la lluvia ácida, que arrasaba los campos agrícolas y forestales, por lo que creemos de menos interés, el calcular el consumo de esta masa forestal.

Como conocemos el consumo de madera por vía seca, para la obtención del cobre, de los diversos explotadores, siendo la leña utilizada de cepa de brezo, madroño, lentisco, encina y pino piñonero, como queda demostrado por el marqués de REMISA, que redujo en 20 años el pinar al 21,6% del inicial, utilizada en las calcinaciones y fundiciones, con estos datos vamos a calcular el número de pies utilizados de pinus pinea y superficie deforestada (en el caso de que no se repoblase) para los diversos explotadores, considerándose un coeficiente de participación en la carga de los hornos del 40%; en el caso de los romanos también haremos el supuesto, considerando como han hecho diversos autores, que sólo utilizaron leña y carbón de encina, pero solamente para la metalurgia del cobre, pues carecemos de datos de la de la plata. Indudablemente se trata de una aproximación, pues además de no conocer los porcentajes de participación de cada tipo de leña en las cargas, también sus poderes caloríficos eran diferentes, así como posiblemente, en el caso de los romanos los tipos de hornos y sus rendimientos.

En el cuadro LXXX se da la posible madera consumida por la metalurgia del cobre, desde la antigüedad a 1849, por los diferentes explotadores, en kilogramos de madera seca y verde, en metros cúbicos, número de pies y hectáreas de posible pinar deforestado.

En el cuadro LXXIXIse dan los datos para la metalurgia del cobre romana en el caso de que en vez de madera de pino la hubiesen utilizado de encina.

[56] Desde 1845 la vía seca subsistía de forma residual.

CUADRO LXXX

Posible superficie deforestada (en caso de no haberse realizado repoblaciones) y número de pies de pinar, por la metalurgia del cobre (vía seca y húmeda) de Riotinto desde la antigüedad a 1849

Explotador	Madera total consumida (kg.)	Madera de pino consumida (40% de la madera total consumida, conforme a la carga de los hornos) (kg.)	Madera verde de pino consumida* (kg.)	Volumen de pinar consumido** (m^3)	Número de pies***	Superficie a la que correspondería (Ha.)****
ROMANOS	22.377.600.000	8.951.040.000	10.592.946.750	26.482.367	75.663.905	181.884
TIQUET	12.188.022	4.875.209	5.769.478	14.424	41.211	99
SANZ	141.450.907	56.580.363	66.959.009	167.397	478.277	1.149
1ª ETAPA DEL ESTADO	250.741.182	100.296.473	118.694.051	296.735	847.814	2.038
REMISA	155.476.196	62.190.478	73.598.199	183.995	525.700	1.263
Totales	22.937.456.307	9.174.982.523	10.857.967.487	27.144.918	77.556.907	186.433

(*) Consideramos que la madera seca pierde un 15,5% de peso respecto a la verde (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 134).

(**) Se considera una densidad de 400 kg./m^3 (VALLADARES CONDE, 1981, 85).

(***) Consideramos un volumen por pie de 0,350 m^3 (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 131).

(****) Hemos considerado 416 pies por hectárea (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 131).

CUADRO LXXXI

Posible superficie deforestada (en caso de no haberse realizado repoblaciones) y número de pies de encina consumidos, por la metalurgia del cobre (vía seca) de Riotinto en época romana

Explotador	Madera seca consumida de pino (kg.)	Equivalente de madera seca de encina (kg.)*	Madera verde de encina consumida (kg.)**	Volumen de encinar consumido (m^3)***	Número de pies****	Superficie a la que correspondería (Ha.)*****
ROMANOS	8.951.040.000	5.411.195.286	6.219.764.697	6.418.746	7.866.110	131.101

(*) La madera de encina consumida será igual a la de pino multiplicada por la relación de sus poderes caloríficos:

- *Poder calorífico de la madera de pino = 5.335 kcal/kg.*
- *Poder calorífico de la madera de encina = 8.825 kcal/kg.*

0,604

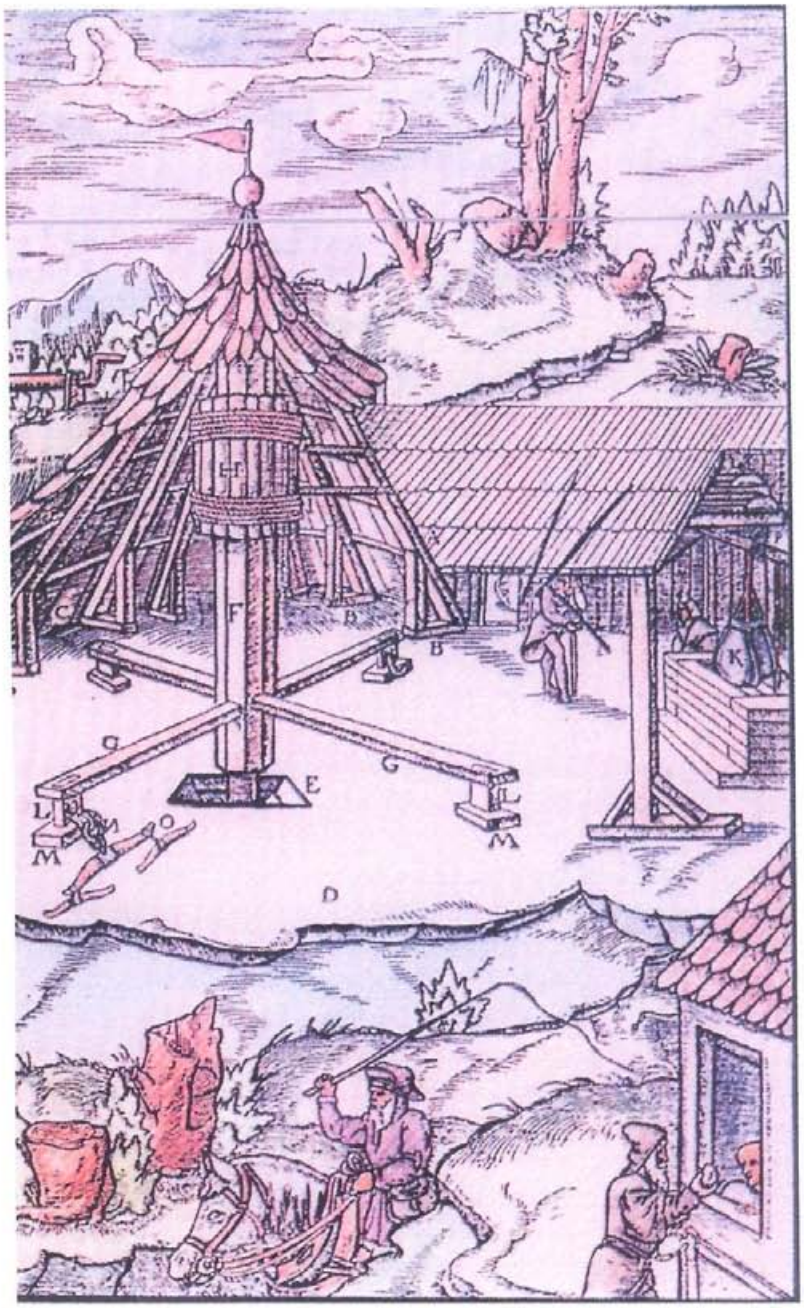
(CARRETERO CARRERO et al, 1985, 82).

(**) Consideramos que la madera seca pierde un 13% de peso respecto a la verde (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 94).

(***) Se considera una densidad de 969 kg./m^3 (VALLADARES CONDE, 1981, 85).

(****) Consideramos un volumen por pie de 0,816 m^3 (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 87).

(*****) Hemos considerado 60 pies por hectárea (XIMÉNEZ DE EMBÚN et al, 1963, 95).



CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

7.1 Conclusiones sobre la minería de Riotinto desde la antigüedad a 1873

Las minas de Riotinto se vienen explotando desde hace más de 5.000 años, destacando en la antigüedad el periodo romano como así lo atestiguan los nueve millones de toneladas de escorias generadas, explotando todos los filones que fueron económicamente rentables en los siglos XIX y XX, con excepción de la masa Valle.

Las explotaciones mineras experimentaron un extraordinario incremento de las actividades a partir del año 43 a.C. en que dio comienzo con el emperador AUGUSTO el periodo de paz, alcanzando su máximo esplendor entre los años 250 y 275 d.C. para decaer a finales de este siglo y comienzos del siguiente. Desde mediados del siglo III hasta el primer cuarto del siglo V, en que se paralizaron, el ritmo de explotación fue más uniforme. Las minas de plata se agotaron a finales del siglo II, continuándose con la minería del cobre hasta el año 425, durante el mandato del emperador HONORIO.

El abandono de la actividad minera no debió ser de forma brusca sino gradual, primero se fueron agotando los filones de mayor valor y menor volumen de reservas de minerales, como los de plata, para después agotarse los minerales de cobre con leyes de corte iguales o superiores al 8%, en conjunción con el agotamiento de la madera necesaria para la entibación y sobre todo para los hornos.

La minería de la plata la realizaron en el contacto entre el mineral de gossan de la montera y los sulfuros masivos, donde existía una capa de mineral de jarosita con una potencia de un metro, alcanzando sus reservas los tres millones de toneladas de las que los romanos habrían extraído 800.000 tm., esta zona por ser menos competente la roca, necesitaba entibación utilizándose madera de encina, alcornoque y otras maderas de la sierra.

Los romanos no solamente explotaron la zona de contacto entre el gossan y los sulfuros masivos, sino también estos últimos como demuestran los riesgos de accidente que presentaba la mina en el siglo XIX, como consecuencia de los grandes huecos de esta época que iban desde el piso 6º hasta por debajo del

piso 10º, lo que inutilizaba cuando se producían hundimientos, grandes extensiones de la mina ya preparadas para su beneficio, y los socavones de cementación que eran antiguas galerías de desagüe romanas.

La minería de los sulfuros masivos la realizaron por un sistema de grandes huecos sin regularidad, en seguimiento de los minerales más ricos, arrancándolos por completo, rellenando posteriormente, donde era necesario, los huecos generados con minerales pobres y materiales estériles de la explotación. El mineral se atacaba desde el muro, sirviendo el relleno de entibación y de superficie de trabajo para ir realzando la explotación.

El sistema de explotación consistía en la realización de dos socavones a diferentes niveles, sirviendo el superior para acceso a las labores y el inferior como galería de desagüe, comunicando el socavón superior con la superficie por medio de pocillos, construidos normalmente por parejas, que servían para ventilación, transporte del mineral y materiales, iluminación y orientación de los mineros.

Los romanos también practicaron la minería a cielo abierto, para aprovechar los afloramientos de manera más económica; rellenando el hueco producido con los escombros procedentes del avance de la mina, sistema que producía un menor impacto ambiental y una importante reducción de costes.

La perforación la realizaban con martillos y picos, habiéndose también encontrado evidencias del empleo del fuego para romper la roca.

Cuando la profundidad alcanzada no permitía el desagüe por los socavones emplearon ingenios tales como las norias o ruedas hidráulicas, las poleas de cangilones, los tornillos de Arquímedes o la bomba de Ctesibio.

Para la iluminación emplearon las lucernas de barro alimentadas con aceite, que también servían para medir el tiempo, colocadas en unos nichos abiertos en las paredes laterales de las galerías (lucernarios).

Los romanos extrajeron 3.600.000 toneladas de mineral de cobre, siendo generalmente asumido que explotaban leyes superiores al 10%, considerando este límite inferior, el cobre contenido sería de 360.000 toneladas, que para un rendimiento metalúrgico del 80%, el cobre obtenido sería de 288.000 toneladas; también extrajeron unas 800.000 toneladas de mineral jarosítico con un

contenido en plata de 1.241,6 toneladas y el de oro de 18.560 kilogramos, suponiendo, como hemos hecho anteriormente, un rendimiento metalúrgico del 80% la plata obtenida por los romanos sería de 993,28 toneladas y el oro (aunque desconocemos si lo beneficiaban) 14.848 kilogramos.

Siguen a la minería romana XIII siglos de inactividad que nosotros hemos achacado al agotamiento de los ricos filones de plata existentes, a la disminución de las leyes de cobre (< 8%) de los sulfuros, a la esquilmación del bosque, por lo que carecían de madera para los hornos y de una tecnología, que les permitiera el tratamiento de las menas con leyes más bajas en cobre, a lo que posteriormente hay que añadir la pérdida del acerbo de conocimientos mineros y metalúrgicos de las gentes del país.

Rehabilitadas las minas en 1725 por el sueco WOLTERS, durante los dos años que estuvo al frente de ellas sólo tuvo tiempo para beneficiar algunas partidas de caparrosa. Tuvo el mérito de que no siendo minero y en país extranjero comenzar la explotación de las minas que habían estado paralizadas desde que cesó la explotación romana.

A WOLTERS le siguió en el alquiler de las minas su sobrino TIQUET, bajo cuya administración se pueden distinguir dos periodos. El primero (1727-1747) fue de ensayos, tanto en el descubrimiento de la masa, como en el contenido y condiciones del mineral, y procedimientos para reducirlo a metal. En el segundo periodo (1748-1758) se comenzó la explotación de la mina, y el beneficio del mineral por vía seca, implantando el método de laboreo por huecos y pilares, sistema que sería mantenido por los sucesivos explotadores durante todo el periodo estudiado, extendiéndose las labores únicamente al primer piso.

TIQUET extrajo 6.880 tm. de mineral de las que obtuvo por vía seca 156.860 kg. de cobre.

Continuó el alquiler de TIQUET a la muerte de éste FRANCISCO TOMÁS SANZ, que las administró desde 1758 a 1783, realizando durante su mandato una minería de rapiña, aplicando un sistema de laboreo que consistía en seguir las vetas del mineral rico; esta gravísima falta de planificación originó

un laberinto de galerías que provocó en muchos puntos de la mina hundimientos que impidieron posteriormente la realización de nuevos trabajos.

SANZ llevó a cabo la explotación del Filón Sur a través de una contramina denominada Nerva, situada en la falda Sur del Cerro de Salomón, ejecutándola a través de tres pozos, denominados San Cristóbal, Santa Bárbara y Santa María, perfectamente entibados, con sus tornos y maromas por donde subía el mineral a la superficie.

Los trabajos de investigación realizados por SANZ en el pozo Santa Bárbara le permitieron conocer antes del año 1765, con cierta aproximación, la posición, forma y dimensiones de la masa de mineral y, ante el fácil arranque y la buena ley del mineral encontrado, comenzó de inmediato en este punto sus explotaciones; aunque lo hizo de modo desacertado, fruto palpable de ese codicioso plan de arranque del mineral, que perjudicó mucho las explotaciones posteriores.

Pese a las labores de rapiña practicadas por SANZ, que dejó las minas en un estado ruinoso por la falta de planificación y de seguridad de las explotaciones debida a la no coincidencia entre huecos y pilares de unos pisos con otros, fue él quien puso el establecimiento a un verdadero nivel industrial, entregando el establecimiento a la Hacienda Pública con una producción anual de más de 260.000 arrobas de minerales y 6.600 aproximadamente de cobre fino y un personal adiestrado en las penosas faenas de la minería y metalurgia, habiendo conseguido cancelar la deuda contraída por TIQUET y repartir beneficios.

La producción de mineral por SANZ fue de 80.309 tm. de las que obtuvo 1.820 tm. de cobre roseta o a punto de martinete.

Durante el primer periodo de explotación de las minas por la Real Hacienda (1783-1829) podemos distinguir dos etapas, una primera que abarca desde el año 1783 al 1797 que fue la más brillante y productiva, y una segunda de total abandono del establecimiento a su suerte en que se paralizaron las labores de extracción en 1810, y no se reanudan hasta 1824, produciéndose sólo algún cobre por cementación natural.

Durante la primera etapa se realizaron importantes avances en las labores de explotación, entre las que destacan la apertura de los pozos La Pastora y Las Ánimas, este último construido con la finalidad de ventilar los minados del mismo nombre, que por aquellas fechas eran los más productivos.

A finales de 1786 visitó las minas FRANCISCO ANGULO, como consecuencia de su informe se realizaron por primera vez planos de la mina, tan necesarios para la debida correspondencia de los huecos y pilares de unos pisos con otros, propuso la sustitución del transporte de mineral en barcales por carritos, la construcción de un malacate movido por bestias, la habilitación del pozo San Gabriel para pozo maestro por estar hacia el centro de la mina, ninguna de estas mejoras se realizaron.

La alta resistencia del mineral evitaba por lo general toda entibación y mamposteo en las labores, empleándose solamente la entibación en algunos parajes.

La segunda etapa se caracterizó por la total decadencia del establecimiento minero, cortándose en 1810 coincidente con la ocupación de Sevilla por los franceses, todos los suministros procedentes de esta ciudad, así como el envío de cobre a la misma.

En 1823 visitó las minas FAUSTO DE ELHUYAR (foto nº 21) que propuso la realización básicamente de las mismas mejoras propuestas por ANGULO, y la explotación de la mina por el sistema "a través" que aprovechaba mejor el criadero, también constató que ya no existían planos de las labores, encontrándose la mina entonces al nivel del 3er piso.

Foto nº 21: FAUSTO DE ELHUYAR. Fuente: E. ROMERO

Reanudada la explotación de la mina en 1824, sin embargo la Real Hacienda decidió realizar un nuevo alquiler de las minas, que fueron adjudicadas al marqués de REMISA.

Se caracterizó este periodo por el abandono a partir del año 1797 de las minas a su suerte, obligando la falta de recursos a parar la explotación y la carencia de hierro hizo que incluso hubiese años sin ninguna producción de cobre.

La producción de mineral de este periodo fue de 141.343 tm. de mineral, recuperándose 3.223 tm. de cobre.

Durante el periodo que va del 24 de Abril de 1829 al 23 de Abril de 1849, estuvieron alquiladas las minas al marqués de REMISA, comprobándose desde el principio que no llevaba intención de cumplir con el contrato, con el proyecto de administración, ni con el plan de labores, como quedó demostrado por las sucesivas denuncias presentadas por los inspectores de minas por las abusivas talas de madera.

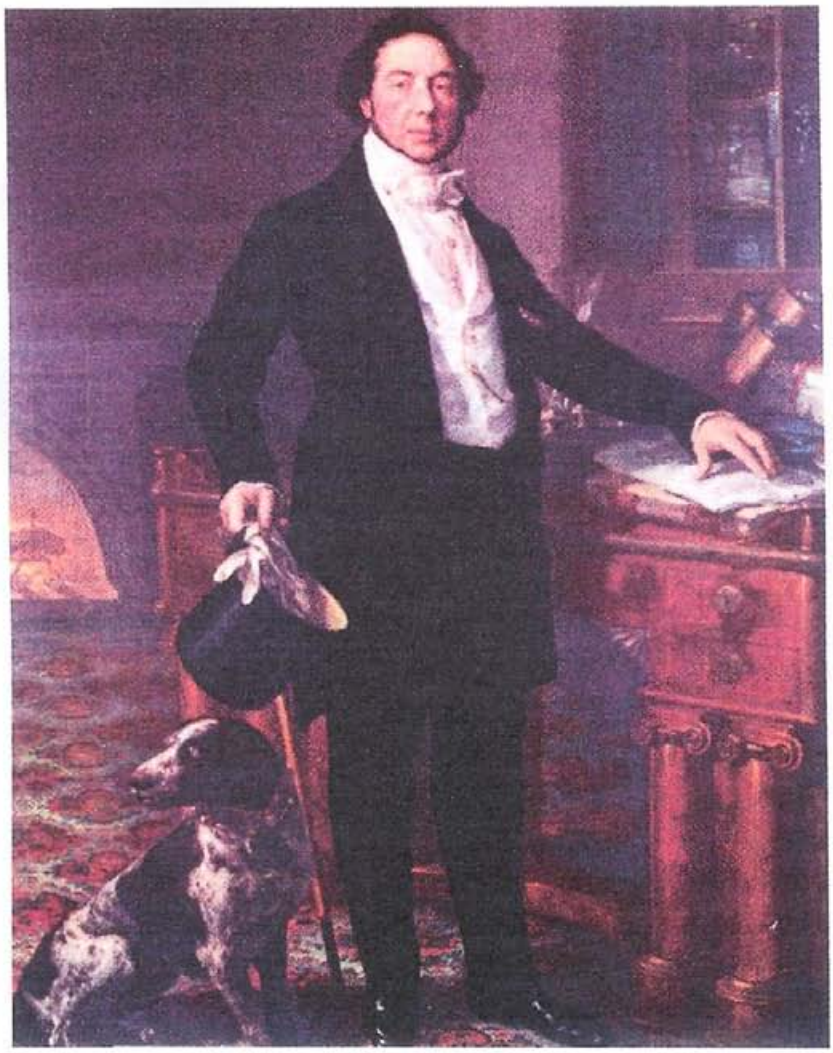


Foto 22. Marqués de REMISA.

En el plan de labores se establecía que el arrendatario debía construir con carácter preferente el pozo maestro denominado San Carlos, colocando en su boca un malacate, para que sirviese de entrada y salida de los minerales y de los materiales necesarios para los trabajos; implantar el sistema de laboreo conocido por labor al través, arreglar el piso de la mina, para poder introducir carros de mano, sustituyendo a los barcales; cavar en uno de los lados o en ambos, a lo largo de las galerías, una zanja continua, con la inclinación y anchura necesarias para que pudiesen circular las aguas hacia la cañería de cementación. Igualmente, la empresa debía ampliar las instalaciones del canaleo de cementación, tanto como le permitiese el socavón o galería; e instalar un sistema de canales de doble fila. Debía profundizar el pozo de Santa Ana (que

distaba 140 varas del pozo de San Carlos y se había realizado sobre minerales pobres) y comunicarlo con el pozo de San Carlos por medio de una galería; y colocar otro malacate en el pozo Santa Ana. Por último, debía hacer una galería en el manantial descubierto en la parte del mediodía del arroyo, con el fin de buscar el origen de las aguas que salían y tratar de recuperar el cobre que contenían.

Recepcionadas las minas una vez finalizado el alquiler a REMISA, éste había realizado el pozo maestro, ahondando y ensanchando el de Santa Ana hasta el nivel del Salvador, no instalando ninguno de los dos malacates. Estableció las galerías de modo que resultaban pisos llanos, pero no sustituyó los barcales por carretillas, en cuanto al sistema de laboreo había interpretado que el método al través correspondía con el de huecos y pilares, la comunicación con la galería de cementación la había realizado en 1834.

La gestión de REMISA constituyó un auténtico embrollo, sin que se realizasen las mejoras comprometidas, habiendo seguido el laboreo con la misma rutina y empirismo que antes, llevó a cabo indebidamente grandes extracciones de vitriolos, con graves pérdidas para el tesoro, utilizó lo que pudo mezquinamente, destruyendo mucho de lo existente dentro y fuera de la mina.

La producción total de mineral extraído de la mina, durante los 20 años de alquiler, la hemos calculado en unas 253.520 tm., cantidad que incluye las tierras y vitriolos.

Cuando la Real Hacienda recuperó las minas tras el alquiler a REMISA, se encontró con el mal estado en que quedó la mina, pues el arrendatario había aprovechado el mineral más rico y de más fácil extracción, habiéndose limitado en los últimos tiempos al arranque y disfrute del mineral, no realizando trabajos preparatorios, por lo que era difícil obtener la producción necesaria para el cumplimiento de los contratos suscritos con los Planes y LA CERDA, y abastecer a su propio sistema de beneficio.

Pese a las enormes dificultades, se consiguió aumentar la producción de mineral, alcanzándose 14.342 tm. en 1849, 25.468 tm. en 1850 y 30.173 tm. en 1851; entregando menos del 50% de la cantidad anual comprometida (69.983 tm.) de mineral, siendo este ritmo creciente de extracción la mejor muestra de la

eficaz labor de los ingenieros de minas que estuvieron al frente del establecimiento.

En el año 1853 se construyó un malacate de gran ligereza, cerrado de tablazón, sobre el pozo San Gabriel, que se inauguró al año siguiente, dedicándose a pozo maestro, habían pasado 67 años desde la proposición, de ANGULO, y aprobación de su construcción.

En 1856 la mina, conforme al informe de ANCIOLA y COSSÍO, contaba con seis pisos subterráneos, que no guardaban iguales distancias entre sí, no eran horizontales y sus huecos y pilares tampoco se correspondían, tenían poca profundidad, mucha menos que la potencia de la masa, por lo que no era posible conocer sus dimensiones, así como sus leyes. Calcularon el volumen del criadero en 4.137.735 m^3, del que deducido el volumen explotado, que calcularon en 115.881 m^3, quedaban por extraer 4.021.854 m^3 de mineral. También calcularon el peso específico medio, que era de 4,802625 tm./m^3, siendo la ley media del mineral de 4,455%, en 1868 RUA FIGUEROA dio como ley media 2,65%, lo que suponía que el cobre contenido en los 19.315.456 tm. era de 860.503 tm., propusieron el método de explotación a cielo abierto, realizando un estudio comparativo entre éste y el de huecos y pilares, concluyeron que si el sistema de explotación por minería de interior no era el adecuado o su ejecución no se realizaba de modo ortodoxo, los problemas irían en aumento conforme se profundizara, como quedó demostrado en 1863 al producirse el hundimiento de la mina, provocando seis muertos y numerosos heridos.

Otro punto que consideraron esencial era el de la racionalización del transporte de mineral, que debería realizarse por ferrocarril, instalándose las calcinaciones en los llanos más cercanos a la mina.

Las mejoras propuestas no llegaron a realizarse, las labores continuaron haciéndose por minería de interior, continuándose con el sistema de barcales para el trecheo del mineral.

En 1868 el Filón Sur estaba reconocido en una extensión de 1.200 metros y en una profundidad de 60, teniendo la zona de la explotación 900 metros de longitud, habiéndose comprobado en los 300 metros restantes la existencia del criadero por medio de sondeos, se conocía la masa San Dionisio, que no fue

valorada en la venta de las minas a los ingleses, cuya existencia había sido reconocida en una extensión de 400 metros, encontrándose el criadero a una profundidad media de 43 metros. Por sondeos también se conocía la existencia del subfilón Dehesa.

En 1870 se estaba formando el 8º piso.

Las labores se realizaban, como se ha dicho, por el sistema de huecos y pilares cuyas principales ventajas eran su poca inversión, pues no necesitaba fortificación, y la facilidad que tenía para la formación de vitriolos.

Los inconvenientes principales eran la gran dificultad de conseguir la necesaria exactitud en la correspondencia de los pilares inferiores con los superiores y que sólo se aprovechaban las dos terceras partes del yacimiento.

En 1867 fue nombrada una Comisión de Visitas que demarcó el perímetro del terreno perteneciente al Establecimiento, haciendo además una serie de propuestas entre las que destacan:

1º. Habilitación del socavón San Luis y pisos inferiores de la mina, para establecer un ferrocarril, con tracción de caballerías que recorriendo todo el interior extrajera los productos de la explotación por la boca del citado socavón.

2º. Planteamiento de la minería a cielo abierto, que ya había sido propuesta anteriormente por ANCIOLA y COSSÍO y RUA FIGUEROA, que además de su menor coste ofrecía una mayor flexibilidad en la producción.

En la década de 1860 empezó a considerarse que las minas no eran sólo de cobre, sino también de azufre al contemplar la gran importancia que esta sustancia había alcanzado y teniendo en cuenta que la ley media del yacimiento en azufre era del 48%.

El establecimiento durante esta etapa continuó en las malas condiciones en que lo dejó el marqués de REMISA, desoyendo el gobierno sistemáticamente las continuas peticiones de mejoras de los ingenieros de minas y las comisiones de visita de 1856 y 1867, pues no sólo se habían visto exhaustos de recursos y de autorización para plantear mejoras, sino que se les había puesto veto a la realización de operaciones productivas, que no exigían desembolso.

Como muestra del abandono que comentamos, cabe pensar que 148 años después de la rehabilitación de las minas, seguía enviándose el cobre a Sevilla a lomos de caballería pues no existía un camino que permitiese llevarlo en carros.

Las minas se vendieron en 1873 a los ingleses, perdiendo el país una gran oportunidad para haber desarrollado una importante industria química y agrícola.

La producción de mineral durante este segundo periodo en que las minas fueron explotadas directamente por el Estado fue de 1.303.358 tm. de mineral de las que se obtuvieron 21.378,5 tm. de cobre fino.

En el cuadro LXXXII se establecen las producciones de mineral de los diversos explotadores desde la antigüedad a la venta de las minas a los ingleses en 1873, y el gráfico nº 17 refleja los porcentajes de participación en la producción de mineral.

Respecto a la minería inglesa no sacamos conclusiones y solamente se ha expuesto brevemente en el capítulo dedicado a la minería, con objeto de que el lector compruebe que los métodos de explotación propuestos por los ingenieros españoles, tales como ELHUYAR, EZQUERRA DEL BAYO, ANCIOLA, COSSÍO, RUA FIGUEROA, GÓMEZ DE SALAZAR y otros, no aprobándose su ejecución por el Estado o no realizándose por el asentista REMISA, fueron realizados con ligeras modificaciones, en algún caso, por los ingleses, construyendo además el ferrocarril al puerto de Huelva debido a la incomunicación en que se encontraban las minas.

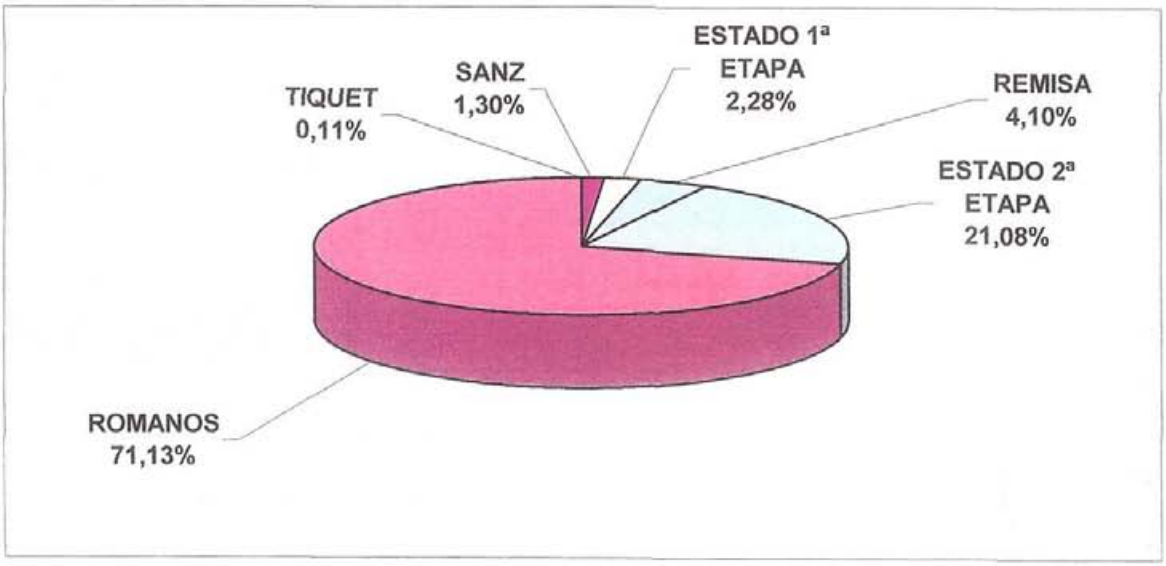
CUADRO LXXXII

Producciones de mineral de los diversos explotadores desde la antigüedad a la venta de las minas a los ingleses en 1873

Explotador	Periodo	tm. de mineral
ROMANOS	43 a.C.-425 d.C.	4.400.000
TIQUET	1727-1758	6.880
SANZ	1758-1783	80.308
ESTADO 1ª ETAPA	1783-1829	141.342
REMISA	1829-1849	253.520*
ESTADO 2ª ETAPA	1849-1872	1.303.358
Total		6.185.408

(*) Incluidos los vitriolos y tierras vitriólicas.

GRÁFICO Nº 17



Participación en la producción de mineral de los diversos explotadores desde la antigüedad a la venta de las minas a los ingleses en 1873

7.1.1 Conclusiones sobre la metalurgia en Riotinto desde la antigüedad a 1873

La Cuenca Minera de Riotinto ofrecía a los antiguos un conjunto de mineralizaciones cuyo beneficio podía producir cobre, plata, plomo, hierro, sustancias colorantes (caparrosa) y algún material noble para la construcción (jaspes).

La metalurgia de la plata se inicia en el Bronce Pleno, alcanzando a partir del siglo VIII a.C. una etapa de esplendor, como consecuencia del intercambio comercial con el pueblo fenicio, lo que contribuyó al gran auge económico y cultural de Tartessos, comenzando a decaer a finales del siglo VI a.C., como consecuencia del agotamiento de los minerales superficiales de plomo-plata.

La metalurgia del cobre pre-romana alcanzó su momento de mayor auge en el Bronce Final, abandonándose progresivamente con el establecimiento de las colonias fenicias en Andalucía, debido al agotamiento de los yacimientos superficiales y la preferencia del comercio fenicio por la plata por contar con centros de abastecimientos más cercanos.

La reactivación de la producción de plata se produce en el siglo IV a.C. comenzando a explotarse, por minería subterránea, los filones de jarositas.

En el siglo II a.C. la romanización de la mina supone un cambio cualitativo en la producción de metales, comenzando el laboreo y beneficio de los minerales cobrizos, calcosinas (negrillo de los mineros o sulfuro de cobre), la tetraedrita (sulfoarseniuro de cobre) y la calcantita (sulfato de cobre). Después de los problemas surgidos a raíz de las guerras civiles en el siglo I a.C., la política desarrollada por César y Augusto hace que la actividad minera se reactive extraordinariamente, durante este periodo de esplendor hasta el siglo II d.C., alcanzando su cenit durante la dinastía de los Antoninos, en la primera mitad del siglo II d.C, en su segunda mitad cesa la producción de plata, produciéndose sólo cobre a partir de esta fecha, continuando su decadencia hasta el año 425 en que fueron definitivamente abandonadas las minas, durante el mandato del emperador Honorio.

El proceso para la obtención de plata, hemos llegado a la conclusión que consistía en calcinar el mineral jarosítico, con objeto de eliminar los sulfuros que pasarían a óxidos, la plata estaría en el mineral calcinado como sulfato. El mineral calcinado sería llevado al horno semiesférico, cargándose junto con plomo para la imbibición y fundente; se obtendrían tres compuestos que de arriba a abajo serían: la escoria, el speiss y plomo argentífero, éste último se trataría por copelación para separar el plomo de la plata.

La disposición de las escorias en montones diversos, más o menos separados unos de otros, hace suponer que habría gran número de hornos y que éstos estarían en las inmediaciones de los pozos o socavones.

Se han propuesto varios procedimientos metalúrgicos para el beneficio del cobre en época romana, así GONZALO TARÍN creía que los minerales de cobre y los de plata se sometían a una calcinación previa, tal como se hacía en los siglos XVIII y XIX, fundiéndose posteriormente para obtener cobre negro, que sería afinado en otros hornos semejantes a las copelas alemanas, y el rico en plata y plomo, se desplataría a su vez añadiéndole el plomo necesario.

La hidrometalurgia pudiera también haber sido utilizada en Riotinto para producir cobre durante la época romana, para ello recogerían las estalactitas de vitriolos formadas en las galerías de mina o bien los lixiviados de los minerales sulfurosos a los que por medio de calor se conseguiría su cristalización, estos sulfatos de cobre se fundirían con fundente silíceo y carbón obteniéndose el cobre, no teniéndose constancia de que se emplease la cementación natural, cosa improbable debido al estado de la tecnología del hierro.

Hasta la fecha no se ha encontrado mata de cobre en los escoriales, por lo que el proceso metalúrgico empleado para su obtención debió de ser semejante a la vía seca utilizada durante el siglo XVIII y primera mitad del siglo XIX, consistente en una calcinación a muerte al aire libre, una fundición con carbón que daría cobre negro y un posterior afino.

La fundición de hierro (empleada para la fabricación de herramientas) debió de realizarse en pequeña escala por los romanos, empleándose gossan (óxidos e hidróxidos de hierro) transportado (Mesa de los Pinos) por su menor

proporción de arsénico. El sistema de fundición de hierro consistiría en la reducción de los óxidos e hidróxidos a una temperatura inferior a 1.535 ºC (temperatura de fusión del hierro), en que la escoria sería líquida (1.150 ºC), pudiéndose separar del metal. Este hierro sería muy arsenical, lo que le daría dureza y protegería de la oxidación.

Los romanos realizaron una intensa actividad metalúrgica demostrando tener unos extraordinarios conocimientos metalúrgicos, beneficiando minerales de plata, hierro y cobre, con un magnífico rendimiento como demuestran los análisis de las escorias por ellos generadas.

Abandonadas las minas, siguen trece siglos de inactividad en los que se pierden los conocimientos mineros y metalúrgicos necesarios, hasta que son rehabilitadas por el sueco WOLTERS en 1725, durante los dos años que estuvo al frente de ellas comenzó el desagüe, extrayéndole a estas aguas ácidas, pequeñas cantidades de cobre, obteniendo por desecación de las mismas, una vez recuperado el cobre, pequeñas cantidades de caparrosa verde (sulfato de hierro), que en la época era muy cotizada.

Su sobrino TIQUET, desde los comienzos de su asiento, llevó a cabo las actividades de recuperación del cobre de las aguas vitriólicas procedentes de los pozos amargos y de la cañería alta del Escudo del Carmen por cementación natural. Las cantidades obtenidas por este procedimiento no debían pasar de los 460 kg. anuales.

Se sabe que los fundidores suecos traídos a Riotinto por el Asentista, encontraron graves problemas para tratar los minerales que se habían descubierto en la parte oriental del Cerro Salomón. La puesta en marcha de la primera fundición de cobre se realizó en 1747, denominándose El Chorrito y posteriormente, Santa María que, fue destinada a fabricar cobre negro, que se enviaba a Sevilla para su posterior afino, que era la forma en que se comercializaba.

En 1750 se inauguró la fundición denominada Nuestra Señora de los Desamparados, tratándose en ella los minerales calcinados para la obtención del cobre negro, que se refinaba en la antigua fundición El Chorrito, con lo que se completaba el proceso de obtención del cobre; mineral de mina, calcinación en

montones cónicos al aire libre, fundición para la obtención de cobre negro y afino.

Una vez puestos a punto los hornos y adquirida la suficiente experiencia por los fundidores, comenzó a obtener producciones de cobre fino de cierta importancia, así la producción media para el periodo 1755-1758 fue de 26.747 kg. de cobre roseta.

La etapa de SANZ se caracterizó por la regularidad de las producciones de mineral y de cobre roseta, lo que significa que había conseguido poner a punto el beneficio metalúrgico, pudiéndose denominar a la misma como de la consolidación.

Para la ampliación de las actividades mineras, SANZ practicó desmontes para contar con las plazas de calcinación necesarias para el beneficio de los minerales. Para 1769 tenía construidas las fábricas de fundición denominadas San José, San Francisco de Paula, San Francisco de Borja y Nuestra Señora de los Desamparados; las fábricas de afino conocidas por San Gabriel y Nuestra Señora del Rosario.

Había conseguido SANZ que los operarios españoles adquirieran el secreto del refino, que era operación secreta de los hermanos PERINGER, maestros alemanes, a los cuales había llevado a las minas.

La creación innegable a SANZ y mérito por todos reconocido fue la repoblación de los bosques, previendo la futura paralización de las minas por la falta de madera para la entibación y los procesos metalúrgicos.

Con SANZ, las explotaciones lograron superar la producción anual de 100 tm. de cobre roseta, dejando construidas y a pleno funcionamiento al final de su mandato las fundiciones y afinos de San Francisco Javier, San Antonio, San Juan Bautista, La Concepción, San José, Nuestra Señora de los Desamparados, San Francisco de Paula, San Francisco de Borja, Nuestra Señora del Rosario, Santa María y San Gabriel. También dejó equipos, plantas auxiliares, viviendas y edificios, que fueron prueba fehaciente de la labor por él realizada, abasteciendo al reino con cerca de 300.000 libras de cobre refinado al año, siendo el promedio anual de los 24 años que estuvo al frente de las minas de 6.503 arrobas de cobre fino.

A SANZ se debió el convertir el establecimiento en un verdadero centro industrial, una vez superadas las dificultades de puesta en servicio del sistema metalúrgico de vía seca, y su visión de futuro repoblando el bosque.

Durante el 1er periodo de administración por el Estado de 1783 a 1829, la mina adquirió un auge verdaderamente desconocido hasta entonces que va de 1783 a 1797, lográndose en 1797 una producción de cobre fino de 230.846 kg., de los que 209.981 kg. procedían de las fundiciones y el resto de la cementación natural.

Las manipulaciones de las fundiciones eran algo defectuosas, pues unas veces producían los hornos el 5% y otras el 7% del mineral calcinado que se fundía en ellos, llegando unas veces los productos a cinco arrobas y otras veces a ocho; por lo que hubiera sido conveniente poner hombres instruidos y versados en minería y fundición al frente de los trabajos con objeto de abandonar el empirismo que acompañaba a estas operaciones y obtener mejores rendimientos.

Los vitriolos que eran abundantes formaban estalactitas que pendían de las paredes y cielos de las calles y plazas de la mina, estaban casi enteramente abandonados, habiendo podido dar lugar su explotación a tres ramos de industrias que eran: aprovechamiento del vitriolo de Chipre, de la caparrosa y el del cobre precipitado, que era el más puro y mejor de todos los cobres.

A ANGULO se debe la rehabilitación de la cañería de cementación, beneficio que instaló WOLTERS, del que tenemos constancia que lo realizó TIQUET, que fue abandonado por el precio del hierro y tener que pagar los derechos de saca de Sevilla, pero que indudablemente era el cobre más barato que se obtuvo siempre en el establecimiento.

También ANGULO propuso la cementación artificial, con objeto de aprovechar las tierras y menudos de mineral, método que fue instalado en 1845 por REMISA, abandonándose la vía seca.

Con la invasión francesa, se reducen aun más las posibilidades del Erario Público, lo que unido a la ocupación de Sevilla por las tropas francesas, imposibilita la llegada a las minas del hierro necesario para la cementación, provocando la paralización de las minas.

La rehabilitación de las minas después de su cierre en 1810 fue enormemente lenta y costosa, realizándose solamente trabajos de aprovechamiento de las aguas agrias de mina, por cementación natural, entre 1815 y 1823 la precariedad de medios era absoluta, y es precisamente en este periodo cuando acontecen diversas ofertas de la iniciativa privada que desea explotarlas en régimen de alquiler.

En 1823 ELHUYAR propuso para la mejora del beneficio metalúrgico lo siguiente:

1º. Debía disponerse el nuevo canaleo en el socavón de cementación en los términos proyectados, con reserva de aumentar lo que se pudiese su declive sin otra faena, si la experiencia diese a conocer no ser necesaria toda la extensión asignada a su aumento; como también en el caso de reconocerse demasiado impura la cáscara en su afinación, tomando entonces las medidas convenientes.

2º. La habilitación inmediata de las dos fábricas de fundición de la cañada, llamadas San José y San Francisco de Borja, que eran igualmente necesarias y urgentes para fundir los minerales que había calcinados.

3º. Al mismo tiempo que aquellas dos fábricas, debía surtirse de carbón la afinación, llamada de Santa María; debiendo hacerse la afinación en los mismos términos que hasta entonces, reservándose para más adelante el establecimiento de los hornos de reverbero.

4º. Proposición de la fundición por matas. En la formación de hornadas de calcinación convendría se pusiese una solo de mineral crudo, sin mezcla de pedazos duros de otras calcinaciones anteriores, a fin de destinarla con sólo la primera quema a la prueba de fundición, cuyos resultados debían ser matas en lugar de cobre negro. También podría darse una segunda quema, tratando del mismo modo su resultado.

Como tantas veces había sucedido y sucedería, las propuestas de mejora fueron pronto olvidadas sin que llegasen a realizarse.

La cementación natural era el sistema más barato de obtención de cobre y que menos daño producía al medio ambiente, aunque siempre estuvo descuidada, por diversas causas entre las que destacamos: inadecuada

pendiente dada a los canaleos; tramos de la cañería de cementación en que no existían, yendo las aguas ácidas por el piso de la mina con la consecuente pérdida de parte de ellas; deficiente suministro de hierro; y no darse la suficiente longitud a los mismos con objeto de poder agotar todo el cobre. Indudablemente si se hubieran corregido todas estas causas, la producción hubiera sido mucho mayor, estando su techo en la cantidad de agua ácida que manaba del socavón de desagüe de la mina.

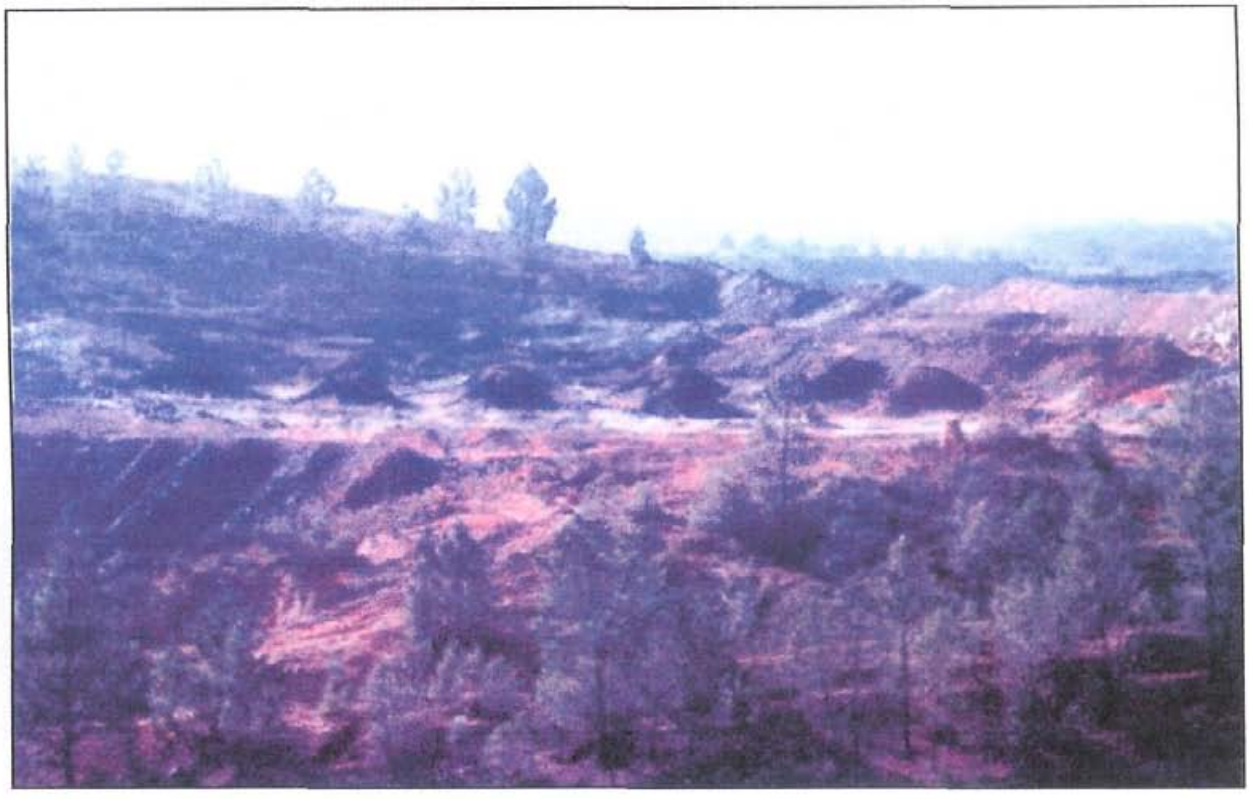


Foto nº 23: Teleras calcinadas. Fuente: EMILIO ROMERO

La explotación por la Real Hacienda se caracterizó por la penuria económica, que impedía realizar las mejoras tecnológicas propuestas por los ingenieros, la falta de materias primas fundamentales para la producción de cobre, como el hierro necesario para la cementación, etc., lo que hacía que las minas no fueran rentables o no diesen todas las utilidades de que eran capaz, lo que llevó al Estado a su alquiler al marqués de REMISA, y a que poco a poco fuera cuajando la idea de venderlas y con su producto sanear las arcas del Estado.

Establecido el pliego de condiciones para el arrendamiento de las minas de Riotinto, éstas se adjudicaron al mejor postor que fue GASPAR REMISA, por un periodo de 20 años, haciéndose cargo de las minas el 24 de Abril de 1829.

Inicia las labores metalúrgicas por vía seca, que se encontraban casi abandonadas, continuando con la cementación natural. Desde el inicio de las actividades, se dedicó a poner a pleno rendimiento las explotaciones mineras y a la restauración de las 18 fábricas que se destinaban a la fundición y afino del cobre, instalando los primeros hornos de reverbero para afino, que empezaron a funcionar el 3 de Agosto de 1831. En esta época un 85% de la producción total de cobre procedía de la vía seca o fundición de minerales, correspondiendo el 15% restante a la vía húmeda o cementación natural.

En Septiembre de 1837 ocupó la plaza de director de la empresa LÓPEZ PREVE, que tuvo la idea de comenzar la fabricación de caparrosa verde, pero no como se hacía por la Hacienda, es decir, aprovechando las aguas de la cañería de cementación natural después de beneficiar el cobre, sino sacándola de los vitriolos de la mina (estalactitas y tierras vitriólicas) que al mismo tiempo debían producir así una gran cantidad de dicho metal, proyecto en el que sólo la empresa había de obtener beneficios. PREVE montó en 1839 en los Planes este beneficio, obteniéndose más de 1.000 arrobas mensuales a partir de 1841. Según la Memoria de PRADO sobre la entrega de establecimiento a la Hacienda en Abril de 1849, la cantidad total de vitriolos y tierras vitriólicas extraídas por REMISA desde 1839 a 1849 fue de 7.956.900 arrobas.

El problema del beneficio de las aguas de la Cueva del Lago fue resuelto en 1831 por el director facultativo por el Gobierno BERNARDO LARREA, aunque pasaron seis años hasta que PREVE estableció 172 varas de canaleo, que daban anualmente de 60 a 70 arrobas de cobre fino.

En 1839 se realizó la reforma más importante del sistema de calcinación del mineral, que se debió a IGNACIO GOYANES, estableciendo las teleras, cuyo uso fue sancionado por una larga experiencia, ya que con ellas se conseguía una economía considerable de tiempo y de combustible.

Foto nº 24: LUIS DE LA ESCOSURA (situada en la ETSIM, Madrid)

En 1845 propuso ESCOSURA (foto nº 24) la fundición por matas indicando que los minerales deberían calcinarse una sola vez, evitando la formación de la solera (sulfuros fundidos); pasando el calcinado por el horno de fundición, no para obtener cobre, sino para separar la mayor parte de la ganga y un poco de hierro en las escorias y todo el cobre con el resto del hierro en las matas. Tostadas éstas se fundirían de nuevo añadiéndose sílice si se creía conveniente para escorificar el hierro, pudiendo obtenerse escorias formadas con el hierro y la sílice, matas o sulfuros no descompuestos, y algo de cobre negro. REMISA no llegó a instalar este tipo de fundición a pesar de sus ventajas.

En 1845 comenzó a utilizarse en Riotinto la cementación artificial, método para el que había obtenido ese mismo año FELIPE PRIETO privilegio de invención, con protección para su utilización por 15 años. Lo que supuso un gran alivio para REMISA, que ya había sido denunciado en 1837 por la tala abusiva de arboleda, pues el nuevo sistema sólo consumía monte bajo en la calcinación y carbón en el afino.

Los inconvenientes de la cementación artificial eran:

- Consumo de gran cantidad de combustible (en la primera etapa de su utilización), cuando la misma pirita encerraba el necesario para su calcinación.
- Pérdidas de cobre en los finos no calcinables que aterraban la telera.
- La necesidad de mantener un alto stock de mineral en proceso durante un largo periodo de tiempo, de tres a cuatro meses.
- El alto consumo de hierro.
- Dificultad de que la calcinación de la telera fuera uniforme.
- La pérdida de azufre del mineral, que también se producía en la vía seca, pues en esta época no se aprovechaba para la obtención de ácido sulfúrico.
- La lluvia ácida producida por las emisiones de anhídrido sulfúrico y sulfuroso, de la que ya empezaban a sentirse sus efectos.
- Los vertidos de aguas ácidas conteniendo metales pesados que iban al río.
- Bajo rendimiento global del proceso que se situaba en torno al 60%.

Las ventajas eran:

- Podían beneficiar minerales pobres en cobre.
- Menor consumo de masa forestal como combustible (monte bajo en las calcinaciones y pinos en el afino), que la fundición, debido a la exotermicidad de las reacciones.
- Producción de cobre relativamente barato.

A REMISA tenemos que atribuirle la abusiva tala de arboleda en su primera etapa, reduciéndola a una quinta parte de la inicialmente entregada en 1829 por el Estado, sin que realizara las repoblaciones establecidas en su

contrato de alquiler, y en su haber tenemos que poner que durante su asiento se instalaron los hornos de reverbero para el afino, el aprovechamiento de los vitriolos y tierras vitriólicas, el aprovechamiento de las aguas de la Cueva del Lago por cementación natural y la implantación, obligado por la escasez de madera, pese a las dificultades tecnológicas que tenía, de la cementación artificial de los minerales, lo que supuso la disminución de la presión sobre el bosque.

La vía seca estaba limitada por la escasez de madera en el término de las minas; la cementación artificial lo estaba por la poca agua disponible, que era la misma de la cementación natural, después de haber rendido el cobre y movido las ruedas hidráulicas de los fuelles de las fundiciones.

Finalizado el contrato de alquiler de las minas a la empresa REMISA, se encargó al ingeniero CASIANO DE PRADO la recepción del establecimiento, pasando a depender de la Dirección General de Minas, hasta su desaparición en Agosto de 1849; desde este momento dependieron de la Dirección General de Fincas del Estado del Ministerio de Hacienda.

En 1845 había dejado de utilizarse la vía seca en Riotinto para el beneficio del cobre, utilizándose la cementación de aguas de mina, vitriolos y tierras vitriólicas, y la cementación artificial de los minerales extraídos de la mina, sistema que continuó con ligeras variaciones hasta la venta del establecimiento a los ingleses.

En 1854 se creó la figura del Comisario Regio, con atribuciones equivalentes a las del Superintendente de las minas de Almadén, figura que continuó hasta la venta de las minas a los ingleses.

Con motivo de la venta de las minas, que después no se llevó a efecto, los ingenieros ANCIOLA y COSSÍO elaboraron en 1856 una importante memoria en la que proponían un sistema de beneficio de los minerales según su ley: los minerales pobres, 1,09049% de cobre, se calcinarían en teleras; los minerales intermedios, 2,18408% de cobre, se calcinarían provisionalmente en teleras; los minerales ricos, 7,23207% de cobre, se calcinarían en hornos stirianos.

Una vez calcinados los minerales, el proceso metalúrgico sería el siguiente:

Los minerales pobres e intermedios se beneficiarían por vía húmeda, cementación artificial, afinándose las cáscaras obtenidas en horno de reverbero. El mineral calcinado residual se volvería a calcinar, repitiéndose el proceso descrito hasta que su contenido en cobre fuese despreciable; llevándose entonces a unos montones llamados terreros para su última recuperación. Esta parte de la propuesta de ANCIOLA y COSSÍO si llegó a implantarse.

Los minerales ricos, una vez calcinados en los hornos stirianos, operación que permitía también recuperar el azufre contenido en los minerales, recibirían un primer fundido en hornos semialtos, hasta producir unas matas con el 30% de cobre que serían exportadas.

La obtención de matas suponía un importante ahorro de transporte, al no tener que transportar sustancias estériles y además permitía utilizar en esta fundición los núcleos de las calcinaciones, escorias de afino, papuchas de la cementación, escorias de fundición y cobre-cemento, en forma de polvo, de los pilones de decantación; residuos con contenido en cobre que había que aprovechar. Esta parte de la propuesta de los citados ingenieros no llegó a realizarse.

Las matas producidas serían transportadas a Huelva para su posterior transformación y afino, o bien a Asturias, proponiendo la construcción de un ferrocarril o una carretera desde las minas al puerto de Huelva.

Aunque la propuesta de ANCIOLA y COSSÍO era totalmente coherente desde el punto de vista técnico, consiguiéndose un mayor rendimiento en cobre de los minerales, y económicamente producía mayores beneficios, continuó tratándose por cementación todo tipo de minerales (pobres, medios y ricos), con la única modificación de obtener otro rendimiento de los terreros. Tampoco se construyó la carretera o el ferrocarril, teniendo que esperar en el caso de éste último hasta 1875, ya siendo propietaria la RTCL de las minas.

La foto nº 25 corresponde a las calcinaciones al aire libre en la primera época de la RTCL.

Foto nº 25: Calcinaciones al aire libre, década de 1880. Fuente: Archivo Fundación Riotinto

En 1859 con la llegada a la dirección facultativa del establecimiento de RUA FIGUEROA, se instaló en Riotinto el primer laboratorio químico; iniciándose una etapa de ensayos, de modificaciones y propuestas de nuevos métodos metalúrgicos.

En 1860 se ensayó en Riotinto el método llamado de Sinding, es decir, las lejías cobrizas se obtenían en la forma ordinaria, siendo el cobre precipitado de su disolución por medio de una corriente de hidrógeno sulfurado, producido por la calcinación del mismo mineral en condiciones adecuadas para conseguir este reactivo.

Este procedimiento, no exento de inconvenientes prácticos hizo concebir fundadas esperanzas, disipadas ante las dificultades económicas y administrativas que surgían siempre que la Hacienda Pública tenía que prestar su cooperación y sus elementos industriales.

En Marzo de 1861 el ingeniero COSSÍO obtuvo un privilegio de invención para un nuevo método de beneficio de los minerales de cobre con ganga de pirita de hierro. El método se fundaba en destinar una parte del mineral calcinado a la preparación de esponja de hierro (hierro metálico poroso), la cual después de molida sustituía a los lingotes en la precipitación del cobre de sus lejías, obtenidas por disolución de la otra parte del mineral. El cobre contenido en la esponja se recogía con el cementado, y con adición de pórfido descompuesto (fundente) se formaban bolas que se fundían siguiendo el método ordinario.

La Comisión de Visitas de 1867 recomendó la utilización de este procedimiento, que venía avalado por un ensayo práctico sobre una cantidad de 6.000 quintales de mineral y recomendado por la Junta Superior de Minería; tenía demostradas sus ventajas; por lo que el Gobierno lo aceptó y mandó plantearlo, pero las obras se habían paralizado, llegando a venderse las minas a los ingleses, sin que hubiese entrado en funcionamiento.

El director de la fábrica de San Juan de Alcaraz, UGARTE, buen conocedor de la industria del cobre, propuso en 1864 la cementación en canales como medio eficaz, para depurar la cáscara de cementación y obtener cobres de gran pureza.

El ingeniero francés PIQUET en 1864 propuso aumentar el rendimiento de los minerales, aprovechando los núcleos de la calcinación, que se llevaban a los terreros, en los que se perdía tanto cobre como se sacaba (1,35%), indicando el beneficio de este producto, pulverizándolo y separando mecánicamente el residuo terroso y estéril del polvo cobrizo.

En 1863, RUA FIGUEROA implantó la calcinación de minerales en teleras de grandes dimensiones, piramidales de base cuadrangular, con un contenido de 3.600 a 4.600 quintales métricos de mineral (anteriormente eran de 1.800 a 2.300 quintales métricos), obteniendo un producto adecuadamente

calcinado y un importante ahorro de combustible, que en el cuatrienio de 1859 a 1862 era del 4,590 del mineral calcinado, pasando en 1863 al 3,911%. Esta reforma no fue absoluta, aboliendo el antiguo método, porque era preciso contar con la existencia de minerales en calcinación para cubrir las necesidades del beneficio, puesto que las grandes teleras necesitaban cinco meses para su calcinación y las más pequeñas de tres a cuatro.

El mineral perdía en la calcinación el 34% poco más o menos de su contenido en azufre, que para un beneficio igual al de 1863 (89.694 tm.) representaba de 60.992 tm., desprendidas como anhídrido sulfuroso.

En el mejor de los casos la disolución en agua del mineral calcinado era del 71,5% de su riqueza total, no siendo proporcional el contenido en dicho estado al contenido absoluto, sino que casi permanecía constante, o era débilmente progresiva desde los minerales de ley media del 4% para arriba, los cuales sólo daban por disolución del 53,4 al 32,8% de su ley absoluta, por lo que los minerales cuyo contenido oscilaba entre 0,50% y 4%, y entre éstos los del 2 al 3% eran los que producían relativamente hablando, los mejores resultados en la sulfatación; por tanto los minerales con ley inferior al 4% eran los más adecuados para su beneficio por cementación artificial, y los superiores por fundición por matas.

El sistema de beneficio aplicado a las tierras vitriólicas tenía las siguientes ventajas:

1º. La sulfatación espontánea era gratuita y equivalía al cabo del tiempo, a la sulfatación artificial, siendo el producto soluble de las tierras vitriólicas aproximadamente igual al que resultaba de la calcinación de los minerales.

2º. Aunque era imprescindible, para obtener este resultado, amortizar por un tiempo dilatado el capital que representaban esas tierras, en ningún año podría dejarse de beneficiar una cantidad equivalente a su producción en el mismo tiempo, a causa de las existencias que de este residuo había en las labores subterráneas, dando así tiempo a su conveniente vitriolización.

3º. No se producía contaminación, por emisiones de anhídrido sulfuroso y sulfúrico, al no existir calcinación.

Las tierras estaban comprendidas entre el 6 y 7% del mineral excavado, estimándose en un 2% las que salían al exterior, calcinándose mezcladas con el mineral grueso, formando los asientos y capas de las teleras.

En 1863 se beneficiaron 661.277,15 quintales métricos de mineral calcinado y 79.890 de tierras vitriólicas. El consumo de hierro fue de 1,894 por arroba de cobre fino producido en esta cementación colectivamente considerada, y el rendimiento de 1,249% de cobre de minerales crudos o tierras, ó 1,714% de minerales calcinados y tierras beneficiadas.

En el beneficio de los minerales calcinados, se obtuvieron 1,243% de cobre fino de minerales crudo, consumiéndose 1,016 de hierro por arroba de cáscara producida, ó 1,799 por la misma unidad de cobre fino. La cáscara calcinada de este beneficio contenía, por término medio 60% de cobre, y su rendimiento metalúrgico era de 56 ó 57% aproximadamente.

En la cementación de tierras vitriólicas, el consumo de hierro ascendió a 1,998 por arroba de cobre fino, ó 1,369 por igual unidad de cáscara, la cual acusó una ley media del 72% y un resultado metalúrgico de 68 a 69%.

El beneficio de las tierras rindió 1,311% de cobre de aquel producto.

En el aprovechamiento de los terreros se consumía 2,846 de hierro por arroba de cobre fino ó 1,580 por igual unidad de cáscara cementada. El contenido medio de ésta fue de 59% y su rendimiento en la fundición de 55 a 56%. El consumo de hierro estaba calculado tomando en cuenta el beneficio colectivo de las lejías de terreros y minerales que tenía lugar en el primer departamento; cuando este beneficio era aislado, como sucedía en el segundo y tercer departamento, el consumo ascendía a 3,255 por arroba de cobre.

El agua rendida contenía sobre 200 gramos de cobre por metro cúbico; pero esta agua se sometía a la cementación en canaleos, unas veces unida a la que procedía de los trabajos subterráneos, otras a las filtraciones de los terreros, o aisladamente conforme a la disposición de los recipientes de precipitación; llevando la disolución resultado final del beneficio que iba al río Tinto, por lo menos 20 gramos de cobre por metro cúbico. Conforme a la suma de minerales

lavados, el agua necesaria para su tratamiento en el supuesto de que experimentasen, por término medio seis beneficios (lavados); y sin tomar en cuenta el agua que venía de los terreros, ni las filtraciones perdidas, ni el cobre disuelto por las lluvias en las teleras y plazas de calcinación, ni otros afluentes extraordinarios, éstas serían de 175.000 metros cúbicos, que llevaban al mar anualmente unos 3.500 kg. de cobre.

Considerando el beneficio de minerales calcinados y terreros como uno sólo, en cuanto a los resultados, se deduce que el rendimiento total fue de 1,368% de cobre de los primeros en crudo, debido 1,243 a los minerales y 0,125 a los terreros; es decir que para cada arroba de cobre fino se habían necesitado 20 quintales castellanos de mineral crudo, ó 18 quintales agregando el producto de los terreros.

Si se consideraba la ley media de los minerales como 2,70% de cobre. Su rendimiento inmediato, sería de 1,243 ó 46% del contenido medio; resultando que el mineral pasaba a los terreros con 1,457% de cobre del contenido crudo, ó 1,868% del mineral calcinado.

Para la cementación natural se aprovechaban las aguas procedentes de las excavaciones modernas, que salían por el socavón de San Luis, y las de la Cueva del Lago. Unas y otras constituían el único motor de las fábricas de beneficio y servían, después de rendidas, para la disolución de minerales y riego de terreros. Las primeras contenían por término medio de varios ensayos, 150 gramos de cobre por metro cúbico y 14 gramos las segundas.

El rendimiento de las aguas de San Luis, fue en 1863 de 5.632,36 arrobas de cobre fino, consumiéndose 2,536 de hierro por una de aquél, y 1,348 del mismo metal por arroba de cáscara producida, siendo el contenido medio de ésta del 62% de cobre, y su rendimiento metalúrgico del 56 al 57%.

El producto de la cementación de las aguas de Cueva del Lago era insignificante y de ínfima calidad, la acción prolongada de estas aguas sobre el hierro, a fin de que depositasen la corta cantidad de cobre, que contenían y el pequeño desnivel de las canales, forzosamente así dispuestas, en que se verificaba esta operación, daban lugar al empobrecimiento de la cáscara que salía cargada con muchas subsales de hierro y arsénico. De aquí el que la ley

media de este producto fuera, por lo regular, del 26 al 28%, calcinándose y fundiéndose con las escorias del derretido las 300 ó 400 arrobas que se obtenían.

La cáscara artificial perdía en su calcinación del 28 al 32% de peso, y la natural del 34 al 40%. El consumo de monte bajo era de 17,540% de cáscara mojada, o 24,396% de calcinada.

Se consumía 1,089 de hierro por arroba de cáscara artificial; 1,348 por igual cantidad de la natural (ambas calcinadas) y 1,925 por arroba de cobre fino producido en conjunto.

La fundición del cemento cobrizo, llamada impropiamente en la zona derretido, tenía lugar en copelas alemanas, construidas para el afino del cobre negro que resultaba del tratamiento inmediato de la cáscara en los mismos hornos. Se derretían de 700 a 1.000 arrobas de cáscara en 24 horas en cuatro o cinco operaciones, con un resultado de 400 a 540 arrobas de cobre negro en el mismo tiempo. Los productos que se obtenían eran los siguientes: cobre negro con un 95,485% de pureza; escoria mezclada mecánicamente con mayor o menor cantidad de cobre, según viniese del principio o final del derretido; una pequeña cantidad de mata que acompañaba a la escoria; y polvo de cobre recogido en el cañón de la chimenea.

La cáscara derretida durante el año 1863 rindió el 55,23% de cobre negro y 44,73% de mata y escoria cobriza. Considerando el rendimiento de estas dos últimas en la fundición, el cobre negro obtenido representaba el 60,65% de la cáscara derretida. El consumo de carbón ascendió a 19,87% de la cáscara y al 35,98% del cobre negro.

Las matas y escorias calcinadas se fundían para cobre negro en hornos de manga semi-altos, con adición de escorias del siglo XVIII y principios del XIX, como fundente.

El cobre negro obtenido que se afinaba en hornos de reverbero, era en 1868 de 380 arrobas, de las cuales 300 correspondían al derretido y 80 al de fundición. La operación requería de 18 a 20 horas, estando comprendido el producto entre el 86 y el 88% de cobre negro afinado, consumiéndose 1,09 de leña por uno de cobre fino, ó 0,95 por uno de cobre negro. En 1863 resultaron 15% de escoria cobriza de producto, ó 13,10% de cobre sometido al afino; esta

escoria tenía una riqueza entre el 40 y el 50% de cobre; se calcinaba con la de derretido para fundirla para cobre negro, unida a los residuos de la destrucción de la plaza, etc.

El producto en cobre fino según los resultados de 1863, fue de 83,97% del cobre negro.

El cuadro LXXXIII establece las producciones de mineral, de cobre y las recuperaciones por los diversos explotadores de Riotinto desde la antigüedad a 1873 y el gráfico nº 18 refleja la participación en la producción de cobre de los diversos explotadores de Riotinto desde la antigüedad a 1873.

En la foto nº 26 se observan teleras calcinadas en la actualidad.

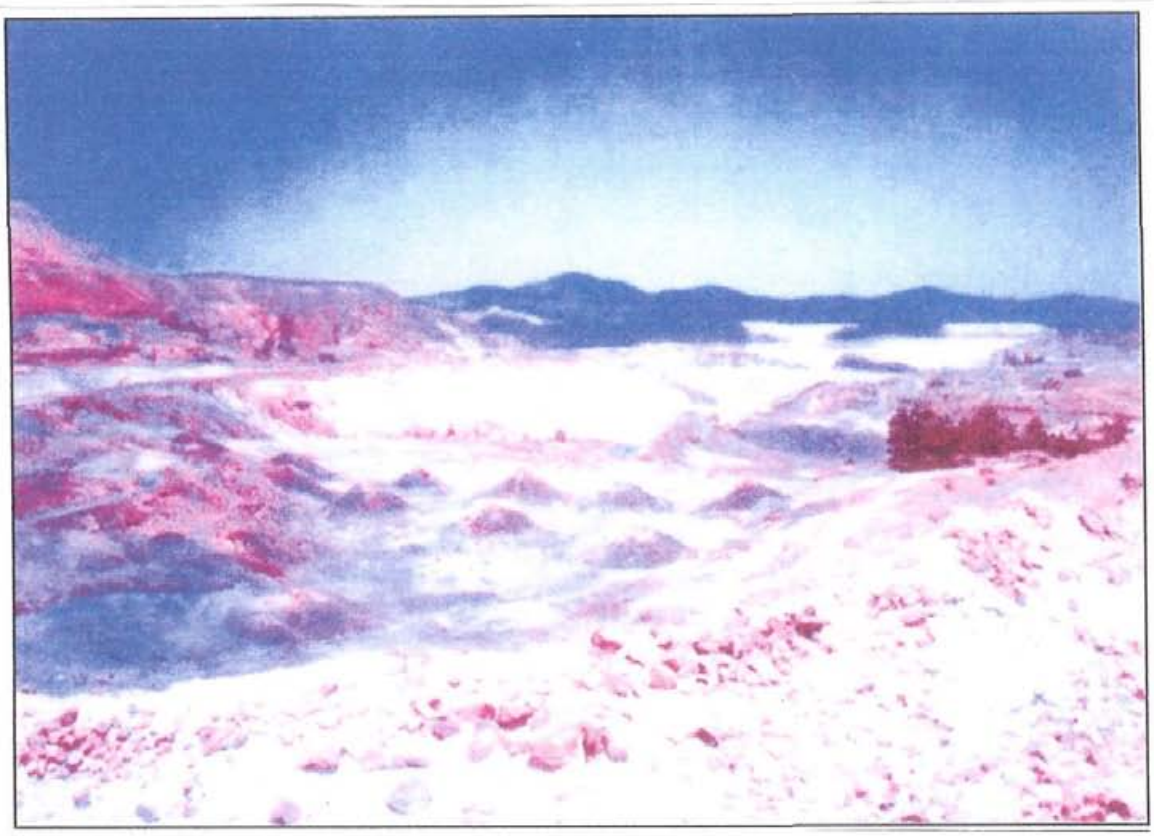


Foto nº 26: Teleras calcinadas. Fuente: EMILIO ROMERO

Desde que ELHUYAR visitó las minas en 1823 se propuso la fundición por matas, para sustituir al método por vía seca existente hasta 1845, que consistía en una triple calcinación de los minerales y una fusión inmediata para cobre negro, cuyo procedimiento no sólo era gravoso por la insignificancia de los productos, sino que los cobres obtenidos eran necesariamente impuros, y

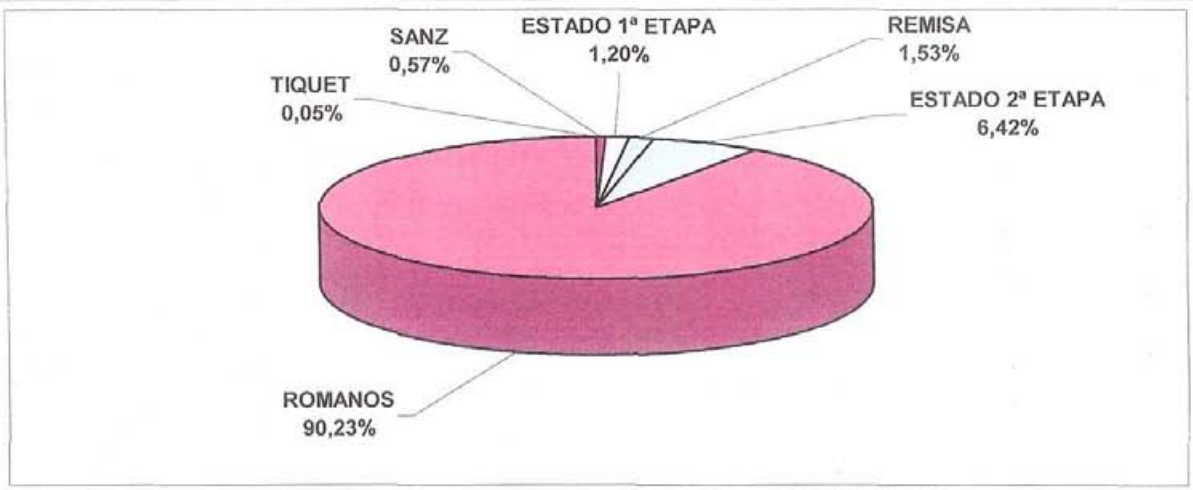
por tanto de inferior calidad; contribuían a esta mala calidad el arsénico y el antimonio, que no llegaban a desprenderse en tres calcinaciones consecutivas del mineral, pasando al cobre en forma de arseniuros y antimoniuros de cuya combinación era ya difícil desalojarlos.

CUADRO LXXXIII

Explotador	Periodo	Mineral producido	Cobre producido	% Cu recuperado
ROMANOS	43 a.C. a 425 d.C	3.600.000	288.000.000	8,000 por vía seca
TIQUET	14/11/1727 a 11/9/1758	6.880	156.860	2,279 por vía seca
SANZ	12/9/1758 a 31/1/1783	80.308	1.820.475	2,266 por vía seca
ESTADO 1ª ETAPA	1/2/1783 a 23/4/1829	141.342	3.820.983	2,703 por vía seca y cementación natural
REMISA	24/4/1829 a 23/4/1849	253.520	4.897.424	1,931 por vía seca, cementación natural y artificial, vitriolos y tierras vitriólicas
ESTADO 2ª ETAPA	24/4/1849 a 31/12/1872	1.303.358	20.485.718	1,638 cementación natural y artificial, vitriolos y tierras vitriólicas
Totales		5.385.408	319.181.460	5,926

Producciones de mineral, de cobre y las recuperaciones por los diversos explotadores de Riotinto desde la antigüedad a 1873

GRÁFICO Nº 18



Participación en la producción de cobre de los diversos explotadores de Riotinto desde la antigüedad a 1873

El método de fundición que desde ELHUYAR los ingenieros proponían, primero para sustituir el método que desde el siglo XVIII hasta la primera mitad del XIX se había utilizado en el establecimiento, y después en sustitución de la cementación artificial que ocasionaba incalculables pérdidas, era la fundición por matas, que no era otra cosa que una serie de concentraciones utilizando la afinidad química que existe entre el cobre y el azufre.

En 1865 se realizaron una serie de ensayos de fundición por matas, el proceso completo de fundición comportaba cuatro fases: el primer fundido; la calcinación de las matas producidas; un segundo fundido, y el afino en horno de reverbero del cobre negro producido. Se realizaron dos mezclas de materiales para ensayarlas separadamente. Por una parte, los minerales ricos (crudos y calcinados, incluyendo una sílice cobriza con ley superior al 6%) mezclados con los núcleos de la cementación artificial. Por otra los minerales ricos mezclados con las papuchas (polvos y arenas cobrizas residuales de los pilones y canaleos de la cementación artificial).

El análisis comparativo entre los rendimientos y costes industriales de los sistemas de cementación artificial, único utilizado en esa época, y de fundición por matas, demostraba cuantitativamente las ventajas que ofrecía la fundición de los minerales ricos.

Comparando ambos sistemas para un mineral con una ley media de 5,686% de cobre, las recuperaciones eran las siguientes: por cementación artificial 3,270% con una pérdida metalúrgica del 2,416% de cobre; por fundición 4,811% con una pérdida metalúrgica del 0,875%.

Lo que nos conduce, a que para producir una tonelada de cobre fino, habría que tratar 30,58 toneladas de mineral por el sistema de cementación artificial y 20,78 toneladas por el de fundición.

El coste medio del cobre fino por el sistema de fundición era de 5,487 reales/kg.; los procedentes de los minerales-núcleos resultaban a 5,110 reales/kg., los procedentes de los minerales-papuchas a 5,784 reales/kg. y los procedentes de la cementación artificial a 5,462 reales/kg. Por tanto, existía una diferencia de costes industriales a favor de la fundición de minerales-núcleos (más rentables que la cementación artificial) de 0,35 reales/kg. de cobre

producido. Esta diferencia de un 6,8% suponía un importante ahorro, sobre todo teniendo en cuenta que en los ensayos de fundición hubo que superar una serie de imprevistos, que al aplicarse a escala industrial, se conseguiría una mayor reducción de costes.

El procedimiento de fundición ofrecía las siguientes ventajas:

1º. Extracción inmediata de la mayor parte del cobre contenido en los minerales ricos (ausencia de stocks de minerales en proceso).
2º. Aprovechamiento del mineral silíceo, el cual no era beneficiable por el sistema de cementación artificial.
3º. Aprovechamiento de los núcleos y metal formados en la calcinación de los minerales, cuyo rendimiento por cementación era casi nulo.
4º. Purificación probable de la cáscara de cementación y, por consiguiente, del producto en cobre fino, destinando a la fundición por matas el residuo impuro de esta separación.
5º. Aprovechamiento de la papucha obtenida en la cementación, cuya ley en cobre oscilaba entre el 16 y el 40% y que con el sistema que se empleaba se perdía casi totalmente.
6º. Obtención de mayor suma de productos para una explotación dada de minerales, lo que equivalía a una mayor vida del yacimiento.
7º. Reducción del coste del cobre fino respecto al procedimiento utilizado, o aumento de los beneficios.
8º. Realización más inmediata que por el método de cementación del capital invertido y sus intereses.
9º. Mejora en la calidad de los cobres.

De los resultados de las pruebas realizadas se llega a la conclusión de que no se debía suprimir de manera total la cementación artificial para el beneficio de los minerales con leyes iguales o menores al 4% en cobre, para los cuales sus rendimientos eran óptimos; pero para leyes mayores, se conseguían mejores beneficios por fundición por matas.

La fundición por matas no llegó a establecerse en Riotinto, hasta que no fueron vendidas las minas a los ingleses.

Con el abandono en que el Estado había tenido siempre a Riotinto y su venta a los ingleses de las minas; perdió Huelva y España una oportunidad de industrialización, a través de una industria metalúrgica y química, que con la fabricación de abonos y consiguiente desarrollo de la agricultura hubiese sacado al país del gran atraso en que se encontraba.

7.2 Conclusiones sobre el medio ambiente

Como resultado de la minería romana, el bosque quedó totalmente arrasado, por su uso como madera de entibación de las minas, combustible para los hornos metalúrgicos y la lluvia ácida, con los consiguientes problemas de pérdida de suelo y su contaminación; comenzando la contaminación atmosférica, por las emisiones de anhídrido sulfuroso y sulfúrico, debidas a las calcinaciones al aire libre del mineral, su posterior fundición y afino. Comenzó a caer la lluvia ácida, que arrasaba los campos, contaminaba los suelos, y las aguas superficiales y subterráneas.

A esta contaminación también contribuían las aguas de los socavones mineros, así como las procedentes de la lluvia que al percolar por escoriales y depósitos de minerales se volvían ácidas, disolviendo metales pesados, que arrastraban a ríos, arroyos y aguas subterráneas.

En el corto periodo de tiempo que estuvo al frente de las minas WOLTERS, al parecer sólo benefició pequeñas partidas de cobre por cementación natural y caparrosa, sin que existan estadísticas de estas producciones. La contaminación existente era la que procedía de época romana por desagües de aguas de mina, y percolación de aguas de lluvia por escombreras y escoriales.

Con la puesta a punto por TIQUET de los hornos de fundición en 1747, comienza la corta de arboleda, naciendo el enfrentamiento con los vecinos del término de Zalamea la Real, que tenían un concepto ecológico de la naturaleza, como consecuencia de la aplicación de las Ordenanzas aprobadas en 1535, que regulaban la explotación de los recursos naturales del término. A partir de aquí

los conflictos con el establecimiento minero continuaron, más o menos intensamente.

En época de TIQUET (1727-1758) la contaminación aumentó pues se calcinaba el mineral a cielo abierto, fundiéndose y afinándose posteriormente. Por tanto se producían gases sulfurosos y se generaban escorias; los gases producían lluvia ácida y las escorias por lixiviación, generaban aguas ácidas con metales pesados, y además ocupaban superficie de suelo disminuyéndola para la actividad agrícola y forestal.

Había comenzado de nuevo la tala del bosque, la pérdida de suelo, la contaminación de la atmósfera, la generación de lluvia ácida y la contaminación de suelos y acuíferos.

En 1758, cuando se hizo cargo de las minas SANZ, continúan los enfrentamientos con los vecinos de Zalamea la Real, principalmente por la corta de madera, llegando a sufrir en 1777 un intento de asesinato por este motivo; en un término con unos recursos escasos, donde la gestión y uso de los mismos, estaba regulada por las citadas Ordenanzas, veían los vecinos a quien estaba exento de la norma como un auténtico enemigo.

SANZ previendo que en el futuro habría falta de madera y con objeto de garantizar el futuro del establecimiento, pues se necesitaba para entibación de la mina y la fundición, hizo traer de Niebla piñones, que sembró en las laderas de los Cerros San Dionisio, Mesa de los Pinos, Pié de la Sierra y otros puntos del término.

En Febrero de 1783 se hizo cargo de las minas el Estado, realizándose con tal motivo un inventario en el que figuraba la arboleda con un valor de 763.506 reales; en 1787 se elaboró otro inventario en el que se le da un valor de 1.060.831 reales; lo que suponía un aumento de valor del 38,9% con respecto a 1783, que se correspondía con una mejora de la situación de la arboleda.

Como se comprueba había una gran preocupación por el mantenimiento del bosque, pues de él dependía el futuro del establecimiento; como así sucedió, debido a la tala indiscriminada de la arboleda por REMISA, viéndose obligado a cambiar en 1845 el método metalúrgico de fundición por la cementación artificial.

Efectuado el correspondiente inventario para la entrega de las minas al asentista en 1829, el arbolado tenía un valor de 1.521.100 reales, que comparado con el de 1783, resultaba que se había incrementado en un 99,22%, lo que evidenció la buena gestión en materia de montes por el Estado.

En Abril de 1831 la Dirección General de Minas solicitó al Director de las minas que efectuase un reconocimiento de los montes y diese cuenta de su estado, a lo que contestó en Agosto diciendo, que no se conservaban los montes por la empresa arrendataria como debía hacerlo, que cortaba los árboles sin orden ni método, no repoblando en su reemplazo, ni efectuaba las limpias necesarias, teniendo el arbolado en el mayor abandono.

EZQUERRA DEL BAYO realizó una visita a las minas en 1837, comprobando que si no se comenzaba inmediatamente la repoblación del pinar, éste se acabaría antes de que creciera el que lo reemplazase. Esta visita puso en conocimiento de la Real Hacienda, de forma fehaciente, la abusiva corta de arboleda del término de las minas por REMISA, lo que obligó a la Dirección General de Minas, a un mayor control sobre la arboleda, limitando su uso como combustible, y por tanto reduciendo las talas anuales de pinos en el término.

Debido a este control, la empresa trata de encontrar soluciones a la escasez de combustible, como consecuencia de ello en 1839 se establece la calcinación en teleras, cuya puesta a punto se debe al ingeniero GOYANES, que sustituyen a los hornos cónicos, consiguiéndose un ahorro de madera de 8,5 kg. por tonelada de mineral a calcinar, ó 390 kg. por tonelada de cobre refinado.

En 1845 se estableció la cementación artificial que sustituyó a la vía seca, lo que supuso una fuerte disminución de la presión sobre el bosque, y la solución a la falta de combustible de REMISA, debido a que este método metalúrgico sólo consumía monte bajo en la calcinación de los minerales; pues ésta que tenía por objetivo obtener sulfatos solubles de cobre, era a baja temperatura y una vez iniciadas las reacciones proseguían solas, dada su exotermicidad. La cantidad de jara necesaria para iniciar la combustión del azufre de las piritas era de 14 ó 15 kg. por tonelada de mineral y como excepción 20 ó 25 kg. dependiendo de la mayor o menor facilidad con que las piritas ardían.

La cementación artificial emitía un 13% menos de azufre a la atmósfera que la vía seca, donde la calcinación era a muerte, mientras que en aquélla quedaba en el mineral calcinado parte del azufre formando sulfatos. Los graves daños a los bosques y a la agricultura producidos por la cementación artificial, se deben al fuerte incremento de los minerales calcinados, como consecuencia del aumento de la producción de cobre, y a realizarse esta calcinación casi a nivel del suelo, lo que dificultaba la dilución de los gases en la atmósfera.

La cementación artificial como consecuencia de la lixiviación del calcinado, aumentaba la carga de contaminantes de las aguas vertidas al río, no su volumen, pues procedían del socavón de desagüe y de la Cueva del Lago, que después de rendir el cobre que contenían por cementación natural, posteriormente hacían de motor moviendo las ruedas hidráulicas, que activaban los fuelles de los hornos de afino y posteriormente de los de derretido.

En Abril de 1849, vencido el contrato de alquiler, al hacerse cargo de nuevo el Estado de las minas, se realizó un inventario, comprobándose que los 444.000 pinos entregados en 1829 se habían convertido en 95.784, es decir un 21,60% del pinar inicial; se valoraron en 287.684 reales los montes que veinte años antes lo habían sido en 1.521.100 reales, es decir que se había reducido su valor a un 18,91% del originario. El número de pinos perdidos fue de 348.216, que no coincide con la calculada por nosotros de 527.700 pies, que creemos se debe a que la madera de pino que falta, debió de ser sustituida por leña de encina [57] y brezo, hasta obtener las calorías necesarias para los procesos metalúrgicos.

Continuó el Estado con el método de cementación artificial de los minerales y el natural aplicado a las aguas del socavón de San Luis y Cueva del Lago, a los vitriolos y tierras vitriólicas, hasta la venta de las minas a los ingleses.

La cantidad de mineral que se calcinaba iba aumentando cada día, en una progresión muy rápida, aun cuando no aumentaba en la misma proporción

[57] No hemos encontrado la cifra que refleje el número de encinas al finalizar el contrato de REMISA, existiendo la posibilidad de que hubiese acabado con todas.

la cantidad de cobre obtenido; por lo que los efectos de la gran cantidad de humos se hacían notar sobre los vegetales, dejándolos como abrasados por el fuego.

Los habitantes de Riotinto respiraban a todas horas del día una atmósfera cargada de ácido sulfúrico, de ácido arsenioso y de los vapores menos perjudiciales, aunque molestos de anhídrido sulfuroso y de azufre. Los humos más densos excitaban con fuerza la tos, y hacían estornudar y llorar al mismo tiempo.

La situación de los montes, pese a la lluvia ácida debida a las teleras, había mejorado respecto a como las dejó el marqués de REMISA en 1849; con un incremento del 18,64% en el número de pies de pinar, otro tanto debió de ocurrir respecto a los alcornoques y encinas, pero debido a carecer del dato de 1849 no podemos compararlos.

Conforme al Boletín de Ventas de Bienes Nacionales de 1871, existían 113.641 pies de pinar, lo que suponía un incremento respecto a 1849 de 17.857 pies, es decir un 18,64% correspondiendo en superficie a 42,9254 hectáreas; en cuanto a encinas y alcornoques su número era de 12.409 pies, que hemos comparado con el año 1829, pues carecemos del dato de 1849, suponiendo un incremento de 10.709 pies, lo que representa un 629,94%, equivalente a una superficie de 178,4833 Ha.; lo que demuestra que los alcornoques y encinas eran más resistentes a la lluvia ácida.

El cuadro LXXXIV refleja un resumen de las emisiones a la atmósfera de azufre, anhídrido sulfuroso y carbónico, potencial ácido sulfúrico generado, hierro de la cementación que pasó a las aguas como sulfato, madera y número de pies consumidos, y posible superficie desforestada por los diversos explotadores de Riotinto, para el periodo estudiado.

El gran volumen generado de escorias, terrero y otros materiales lixiviables que quedaron abandonados (no sólo del periodo estudiado) continúan hoy en día aportando aguas ácidas y elementos contaminantes a las aguas superficiales y subterráneas. Los parámetros físico-químicos más afectados por la contaminación hídrica han sido el pH (los valores del río Tinto

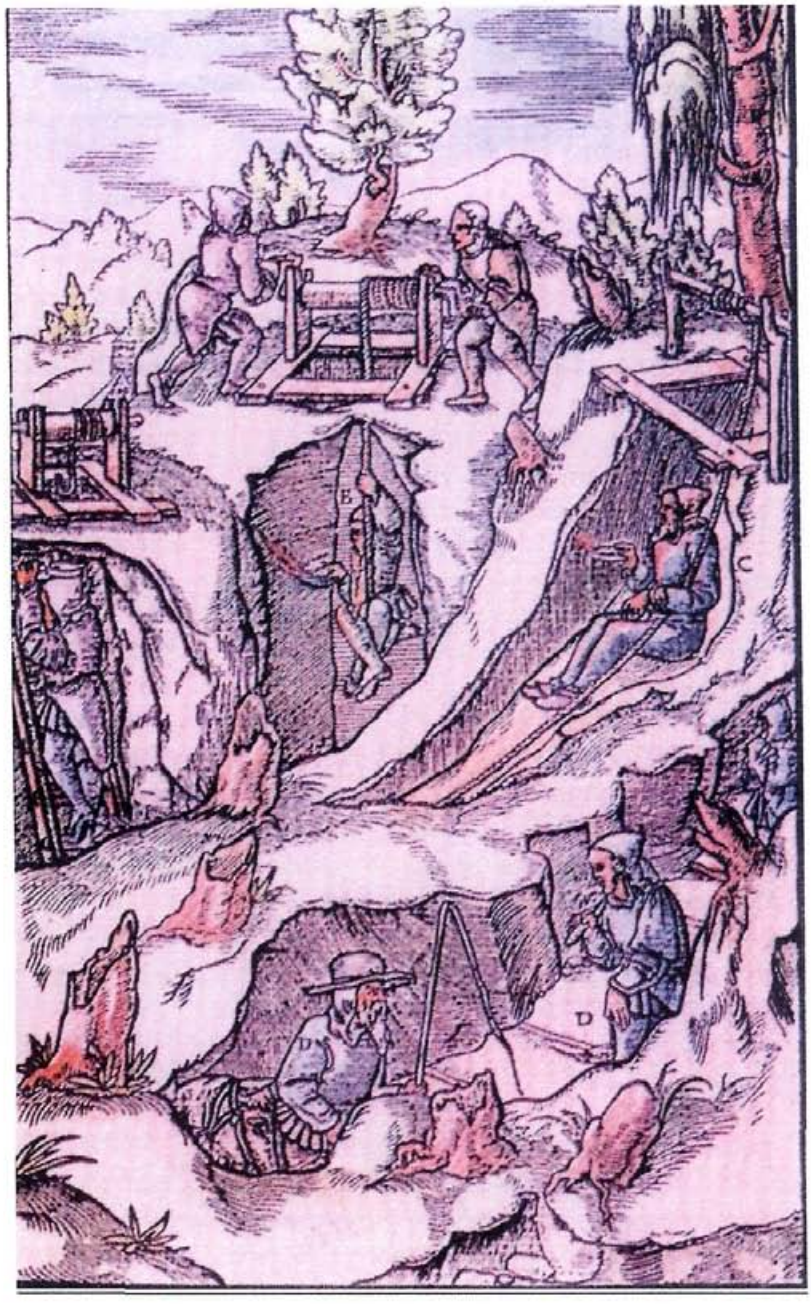
son inferiores a 3), las concentraciones de iones (sulfatos y metales tales como hierro, manganeso, cobre, plomo y cinc) y sólidos en suspensión.

CUADRO LXXXIV

Resumen de emisiones a la atmósfera de azufre, anhídrido sulfuroso y anhídrido carbónico, potencial generación de ácido sulfúrico, hierro de cementación que pasó a las aguas como sulfato, madera y número de pies consumidos, y posible superficie desforestada por los diversos explotadores de Riotinto para el periodo estudiado

Explotador	Mineral beneficiado (tm.)	Azufre emitido a la atmósfera (tm.)	Anhídrido sulfuroso emitido a la atmósfera (Nm^3)	Emisiones a la atmósfera de CO_2 (Nm^3)	Potencial lluvia ácida (tm.)	Hierro vertido al río, procedente de la cementación en forma de sulfatos (kg.)	Madera consumida (kg.)		Número de pies		Posible superficie desforestada (Ha.)	
							Pino	Encina	Pino	Encina	Pino	Encina
ROMANOS 43 a.C. a 425 d.C. (*)	3.600.000	1.692.000	1.184.400.000	8.458.732.800	5.076.000	-	8.951.040.000	5.411.195.286	75.663.905	7.866.110	181.884	131.101
TIQUET 14/11/1727 a 11/9/1758	6.880	3.233	2.263.520	4.607.064	9.701	-	4.875.209	-	41.211	-	99	-
SANZ 12/9/1758 a 31/1/1783	80.309	37.745	26.421.640	53.488.100	113.236	-	56.580.363	-	478.277	-	1.149	-
ESTADO 1ª ETAPA 1/2/1783 a 31/3/1829	141.343	66.431	46.501.840	94.780.098	199.294	1.353.131	100.296.473	-	847.814	-	2.038	-
REMISA 1/4/1829 a 23/4/1849	165.811 (más vitriolos y tierras vitriólicas)	67.666	47.366.620	58.769.928	203.001	6.930.800	62.190.478	-	525.700	-	1.263	-
ESTADO 2ª ETAPA 24/4/1849 a 31/12/1872	1.250.427	425.145	297.601.500	-	1.275.435	51.214.295	-	-	-	-	-	-
Total	5.244.770	2.292.220	1.604.555.120	8.670.357.990	6.876.667	59.498.226	9.174.982.523	5.411.195.286	77.556.907	7.866.110	186.433	131.101

(*) En el caso de los romanos se han hecho dos supuestos para el consumo de madera: 1º considerando que usaron pinos y monte bajo como combustible y 2º que utilizaron sólo encinas y monte bajo.



BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

ALDANA, L. (1855 a): "Sobre la enajenación de las minas de Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo VI.* Madrid.

(1855 b): "Preservativo contra el cólera morbo". *Revista Minera, Tomo VI.* Madrid

(1856): "A mis amigos y al país, acerca de la administración de las minas de Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo VII.* Madrid.

(1875): *Las minas de Río-Tinto en el transcurso de siglo y medio.* Madrid.

AGRICOLA, G. (1912): De Re Metallica. London.

AGUILARO COLLADO, E. (2000): "Un modelo de antropización del territorio. La explotación minera de Riotinto en época romana". *III Sesión Científica de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero.* Huelva.

ALEJANO MONGE Y MARTÍNEZ MONTES (1997): *Segundo inventario forestal nacional, 1986-1995.* Madrid.

ALLAN, J. C. (1968): "The acumulations of ancient slag in the south-west of the Iberian Peninsula". *Bulletin of the Historial Metallurgy.* Group 2-1. London.

(1970): *Considerations on the antiquity of the mining in the Iberian Peninsula.* London.

ALONSO BARBA, A. (1640): *Arte de los metales.* Madrid.

ÁLVAREZ, G. Y GÓMEZ, F. (1988): "Cuevas de Lago. Minería extractiva antigua en Riotinto". *I Congreso Nacional de la Cuenca Minera de Riotinto.* Riotinto (Huelva).

AMORES CARREDANO, F. (1988): "El yacimiento arqueológico de Cortalagos (Riotinto, Huelva). Datos para una síntesis". *I Congreso Nacional de la Cuenca Minera de Riotinto*. Riotinto (Huelva).

AMORÓS et al (1981): "Jarosites: a silver bearing mineral of the gossan of Riotinto (Huelva) and Union (Cartagena) Spain". *Mineralium Deposita, 16-2*. London.

ANCIOLA Y COSSÍO (1856): *Memoria sobre las minas de Río Tinto*. Madrid.

ANNIBALE MOTTANA et al (1980): *Guía de Minerales y rocas*. Barcelona.

ANONIMO (1852 a): "Caracteres particulares de los vapores que se desprenden en la calcinación de las piritas cobrizas de Río-Tinto, sus efectos en la vegetación y en la salud pública". *Revista Minera, Tomo III*. Madrid.

(1852 b): "Mejoras en la cementación artificial establecida en Río-Tinto para el beneficio de los minerales de cobre". *Revista Minera, Tomo III*. Madrid.

(1854): "Aumentos de la producción de Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo V*. Madrid.

(1864): "Apuntes sobre la cementación de las piritas cobrizas en la provincia de Huelva". *Revista Minera, Tomo XV*. Madrid.

(1870): "Río-Tinto. Reseña de su historia, yacimiento, industria, riqueza y porvenir". *Revista Minera, Tomo XXI*. Madrid.

(1873): "Tratamiento de las piritas de hierro cobrizas. La minería". *Revista Minera, Tomo XXIV*. Madrid.

(1895): "Minas de piritas cobrizas de Huelva y El Algarbe". *Revista Minera, Tomo XIII, serie C*. Madrid.

ANTÓN, F. (1852): "Las minas de la provincia de Huelva". *Revista Minera, Tomo III*. Madrid.

ANTÓN VALLE, A (1841): *El minero español*. Madrid.

AVERY, D. (1985): *Nunca en el cumpleaños de la Reina Victoria. Historia de las minas de Río Tinto*. Madrid.

AZEVEDO GOMES, M. (1963): *Medição das árvores e dos povamentos*. Lisboa.

BACHMANN, H. G. (1982): *The identification of slag from archeological sites*. London.

BATEMAN, A. M. (1927): "Ore deposits of the Río Tinto (Huelva) district, Spain". *Economy Geology, Vol. 22*. Lancaster.

BAUER, J. (1981): *Guía básica de los minerales*. Barcelona.

BERNALDEZ, F. (1853): "Metalurgia del cobre en Río-Tinto en 1853". *Revista Minera, Tomo IV*. Madrid.

BLANCO FREIJEIRO, A. (1984): "Mineros y metalúrgicos primitivos en Huelva". *Investigación y Ciencia, 90*. Madrid.

BLANCO Y LUZÓN (1968): "Pre-roman silver miners at Riotinto". *Antiquity, 170*. London.

BLANCO FREIJEIRO Y ROTHENBERG (1981): *Exploración arqueometalúrgica de Huelva*. Barcelona.

BLÁZQUEZ, J. M. (1991): *Agricultura y minería romanas durante el Alto Imperio*. Madrid.

BRAY, JOHN L. (1962): *Metalurgia extractiva de los metales no férreos*. Madrid.

BROWN, N. AND TURHBULL G. C. (1906): *A century of copper, statistical review the nineteenth century*. London.

CANSECO MEDEL, A. (1968): *Tecnología de combustibles*. Madrid.

CARAVANTES, F. (1840): "Memoria de la visita realizada a las minas de Río-Tinto, 5 de marzo de 1840". *Archivo Histórico Nacional, Expediente del Ministerio de Hacienda, legajo nº 1999*. Madrid.

CARO GÓMEZ et al (1996): *Calidad del aire en Andalucía 1993-1995*. Sevilla.
(1998): *Inventario de emisiones a la atmósfera en la Comunidad Autónoma Andaluza.* Sevilla.

CARRETERO CARRERO et al (1985): "Aprovechamiento energético en los residuos forestales en España". *Revista Montes, número 8*. Madrid.

CARVAJAL, D. J. et al (2000): "Los canaleos y las teleras como importantes elementos del patrimonio minero-metalúrgico en la faja pirítica onubense". *III Sesión Científica de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero*. Huelva.

CARVAJAL, D. J. Y CARVAJAL, J. M. (2000): "Evolución histórica de los malacates mineros de la faja pirítica onubense". *III Sesión Científica de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero*. Huelva.

CÍA, P. (1853): "Sobre el beneficio de los minerales de Fahlun (Suecia) y resultados que daría su aplicación en Río-Tinto. *Revista Minera, Tomo IV*. Madrid.

CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y FOMENTO (ed.) (1986): *La minería andaluza.* Madrid.

COPPER DEVELOPMENT ASSOCIATION (1934): *Copper trought the ages.* London.

CORTAZAR, D. (1888): *La mina de Río Tinto y sus calcinaciones.* Madrid.

COTO et al (1890): *Los humos de Río-Tinto y su influencia en la salud pública.* Madrid.

CRADDOCK et al (1987): "Recovery of silver from speiss at Riotinto". *IAMS Newsletter, 10-11.* London.

CRADDOCK AND HUGHES (ed.) (1985): *Furnaces and smelting technology in antiquity.* London.

CUMENGE, E. (1884): "Apuntes sobre Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo II.* Madrid.

DAVIES, O. (1934): "Roman and medieval mining technique". *Transaction of the Institution of Mining and Metallurgy, Vol. XLIII.* London.

DELGADO, D. (1556): "Informe del clérigo DIEGO DELGADO sobre las minas de Río-Tinto, fechado en Aracena el 15 de Agosto de 1556".

DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ, C. (1995): *El parque minero de Riotinto.* Huelva.

ECHEVARRÍA, A. (1888): "Los humos de Huelva". *Gaceta Agrícola del Ministerio de Fomento.* Madrid.

EDGAR, A. (1933): "Sulphatize roasting". *Engineering and Mining Journal, Vol. 134.* London.

EISSLER, M. E. (1902): *The hidro-metallurgy of copper.* London.

ELHUYAR, F. (1853): "Memoria sobre la formación de una ley orgánica para el gobierno de la minería en España". *Anales de Minas, Tomo I.* Madrid.

(1854): "Relación de las minas de cobre de Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo V.* Madrid.

ESCOSURA, L. (1845): "De la fundición de los minerales de las minas de Rio-Tinto". *Anales de Minas, Tomo III.* Madrid.

ESCOSURA et al (1871): "Memoria de tasación de las minas nacionales de Río-Tinto, surgida a consecuencia de la Ley de 25 de junio de 1870, para la venta en pública subasta de las Minas de Río-Tinto, aprobada por las Cortes Constituyentes". *Boletín General de Ventas de Bienes Nacionales, Suplemento a la Gaceta de 11 de Mayo de 1871.* Madrid.

EZQUERRA DEL BAYO (1841): "Estadística de Río Tinto". *Anales de Minas, Tomo II.* Madrid.

(1850): *Sobre los escoriales de fundiciones antiguas de España y en particular de Río-Tinto y Cartagena.* Madrid.

(1851): "Observaciones sobre el estado y mejoras que admiten las labores de beneficio de Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo II.* Madrid.

(1851 b): *Elementos de laboreo de minas.* Madrid.

(1852): Memoria sobre las minas nacionales de Río-Tinto, presentadas al Gobierno de S. M. Madrid.

(1859): "Recopilación de las publicaciones sobre las minas de Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo X.* Madrid.

FERNÁNDEZ, E. (1861): "Rápida ojeada a las minas de Río-Tinto y recopilación de lo principal que se ha publicado acerca de ellas". *Revista Minera, Tomos XII, XIII y XIV.* Madrid.

FERNÁNDEZ, P. (1890): *Las calcinaciones de Huelva.* Madrid.

FERNÁNDEZ Y GALÁN (1996): "Impacto ambiental de la minería en el devenir histórico de la Comarca de Riotinto (Huelva)". *Geogaceta, 20 (5).* Madrid.

FLORES CABALLERO, M. (1981 a): *Las antiguas explotaciones de Riotinto.* Huelva.

(1981b): *La venta de las minas de Río Tinto, en 1873.* Huelva.

(1983 a): *La rehabilitación borbónica de las minas de Riotinto.* Huelva.

(1983 b): *Riotinto: La fiebre minera del XIX.* Huelva.

(1988): "Análisis de los principales factores que han determinado las explotaciones de las minas de Riotinto". *Memoria del I Congreso Nacional sobre la Cuenca Minera de Riotinto.* Minas de Riotinto.

FORBES, R. J. (1950): *Metallurgy in Antiquity.* London.

(1966): *Studies in ancient technology.* London.

FRÍAS Y SÁNCHEZ (1988): "El proceso productivo anterior a la colonización inglesa". *I Congreso Nacional de la Cuenca Minera de Riotinto.* Riotinto (Huelva).

GARCÍA CASTAÑEDA, J. (1853): "Sobre el beneficio de los minerales de Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo IV.* Madrid.

GARCÍA PALOMERO, F. (1974): "Caracteres estratigráficos del anticlinal de Riotinto". *Studia Geológica, VIII.* Salamanca.

(1980): *Caracteres geológicos y relaciones morfológicas y genéticas de los yacimientos del Anticlinal de Riotinto.* Huelva.

(1986): *Cubicación de las escorias de Riotinto. Trabajo inédito facilitado por el autor.* Huelva.

GENER, J. (1870): "Río-Tinto: Minas del Estado". *Revista de España, nº 53.* Madrid.

GIL VARÓN, L. (1984): *Minería y migraciones. Riotinto, 1873-1973*. Córdoba.

(1988): "Ocupación colonial del espacio urbano de Riotinto". *I Congreso Nacional de la Cuenca Minera de Riotinto*. Riotinto (Huelva).

GÓMEZ DE SALAZAR, I. (1870): "RÍO-TINTO". *Revista Minera, Tomo XXI*. Madrid.

GONZALO TARÍN, J. (1888): *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva*. Madrid.

HEALY, J. F. (1979): *Mining and metallurgy in the greek and roman World*. London.

HUNT ORTIZ (1988 a): "Metalurgia antigua de la plata, el cobre y el hierro en las minas de Riotinto". *I Congreso Nacional Cuenca Minera de Riotinto*. Riotinto (Huelva).

(1988 b): "La recuperación de la plata del speiss en Riotinto". *Huelva en su historia, 2*. Huelva.

(1988 c): "Consideraciones sobre la metalurgia del cobre y del hierro en época romana en la provincia de Huelva, con especial referencia a las minas de Riotinto". *Habis, 18-19*. Sevilla.

JONES, B. (1980): "The roman mines at Río Tinto". *Journal of Roman Studies, LXX*. London.

JONES, CHARLES H. (1905): "Wet methods of extracting copper at Río Tinto, Spain". *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*. New York.

KITH, R. (1862): "Memoria relativa al distrito minero de Huelva correspondiente al año 1859". *Revista Científica del Ministerio de Fomento, Tomo I*. Madrid.

KITH Y ESCOSURA (1846): "Descripción del método de cementación artificial, según acaba de plantearse para el beneficio de la pirita ferruginosa cobriza, en el establecimiento de Río-Tinto". *Anales de Minas, Tomo IV.* Madrid.

LLORENTE Y PLA (ed.) (1991): *Minería química.* Madrid.

LUZÓN, J. M. (1968): "Los sistemas de desagüe en las minas romanas del Suroeste peninsular". Archivo Español de Arqueología. Madrid.
(1970): "Instrumentos mineros de la España Antigua". *VI Congreso Internacional de Minería.* León.

MADOZ, P. (1847): *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar.* Madrid.

MAMBY, O. E. (1851): "Noticias sobre las minas de Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo II.* Madrid.

MÁRQUEZ FERNÁNDEZ, D. (1988): "Los recursos forestales en la Cuenca de Riotinto". *I Congreso Nacional de la Cuenca Minera de Riotinto.* Riotinto (Huelva).

MARTÍN GONZÁLEZ, E. (1981): *Minería y génesis de Cerro Colorado (Riotinto).* Madrid.

MARTÍNEZ ALCÍBAR, A. (1852): "Propuesta de sulfatización indirecta de los minerales de cobre". *Revista Minera, Tomo III.* Madrid.
(1863): "Nuevos procedimientos para el beneficio de los minerales de cobre con ganga de pirita de hierro". *Revista Minera, Tomo IV.* Madrid.

MIAJA PINGARRÓN, J. (1820): *Memoria sobre Río-Tinto.* Madrid.

NASH, WILLIAM GILES (1904): *The Río Tinto mine, its history and romance.* London.

PALMER, R. E. (1927): "Notes on some ancient equipments and systems". *Transactions Institution of Mining and Metallurgy, Vol. XXXVI.* London.

PÉREZ LÓPEZ, J. M. (1994): *Las calcinaciones al aire libre: Las teleras. Los conflictos sociales de Febrero de 1888. Causas y consecuencias.* Riotinto (Huelva).
(2002): "Curso sobre patrimonio cultural y creación de empleo". *Universidad de Huelva.* Valverde del Camino (Huelva).

PÉREZ MACÍAS, J. A. (1996): *Metalurgia extractiva pre-romana en Huelva.* Huelva.
(1998): *Las minas de Huelva en la antigüedad.* Huelva.

PÉREZ MORENO, A. (1854): "Cuadro estadístico de la producción de Río-Tinto del quinquenio 1849-1854". *Revista Minera, Tomo V.* Madrid.

PINEDO VARA, I. (1963): *Piritas de Huelva, su historia, minería y aprovechamiento.* Madrid.

PRADO, CASIANO (1851): "Minas de Río-Tinto, de sus circunstancias e importancia de su enajenación". *Revista Minera, Tomo II.* Madrid.

(1856): *Minas de Río-Tinto: Memoria sobre el estado que ofrecían con sus diversas dependencias al finalizar la empresa que las había llevado en arrendamiento desde el 24 de abril de 1829 hasta igual día de 1849.* Madrid.

RAMBAUD, F. (1963): "Notas geológico-estructurales de la zona Norte de Riotinto (Huelva)". *Estudios Geológicos, Tomo XIX.* Madrid.

(1969): "El sinclinal carbonífero de Riotinto (Huelva) y sus mineralizaciones asociadas". *Memoria del Instituto Geológico y Minero, Tomo LXXI.* Madrid.

RAMOS FIGUERAS, J. L. (1979): *Selvicultura.* Madrid.

RHEA, E. L. (1957): *Metalurgia.* Barcelona-Madrid.

RICKEN, G. (1857): *Observaciones a cerca de la importancia industrial de las antiguas minas de cobre en el mediodía de España y Portugal.* Madrid.

RICKARDT, T. A. (1927): "With the geologists in Spain. The Río Tinto Mines, roman slag and ancient mining implements". *Engineering and Mining Journal, Vol. 124.* London.

(1928): "The mining of the roman in Spain". *Journal Roman Studies, Vol XVIII.* London.

RODRÍGUEZ PINILLA, T. (1889): *Los humos de Huelva ante la higiene pública.* Madrid.

ROLDÁN CASTRO, F. (1988): "Los yacimientos mineros de Riotinto en época musulmana. Estado de la cuestión". *I Congreso Nacional de la Cuenca Minera de Riotinto.* Riotinto (Huelva).

ROSTORZEFT (1973): *Historia Social y Económica del Imperio Romano.* Madrid.

ROTHENBERG et al (1990): "El enigma de Riotinto". *Minería y Metalurgia en las Antiguas Civilizaciones Mediterráneas y Europeas, Tomo I.* Madrid.

RÚA FIGUEROA, R. (1851): "Observaciones sobre la explotación de los minerales de cobre de las minas de Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo II.* Madrid.
(1852 a): "Estado de la minería de la provincia de Huelva". *Revista Minera, Tomo III.* Madrid.

(1852 b): "Estudio comparativo entre los métodos de cementación artificial y fundición aplicados a los minerales de cobre de Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo III.* Madrid.

(1854): "Necesidad de trabajos de investigación y probabilidades de un buen éxito en las minas de Río-Tinto". *Revista Minera, Tomo V.* Madrid.

(1859): *Ensayo sobre la historia de las minas de Río-Tinto.* Madrid.

(1868): *Minas de Río-Tinto. Estudios sobre la explotación y el beneficio de sus minerales.* Coruña.

RUBIO RODRÍGUEZ, S. (1859): "Noticias de algunas minas ferrocobrizas en la provincia de Huelva". *Anales de Minas, Tomo I.* Madrid.

RUÍZ GONZÁLEZ, J. E. (1999). *Huelva, según las relaciones enviadas por los párrocos al geógrafo Real Tomás López en el siglo XVIII.* Huelva.

SÁEZ et al (1999): "The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposits". *Mineralium Deposita, 34.*

SALKIELD L. U. (1970): "Ancient slags in the South West of the Iberian Peninsula". *VI Congreso Internacional de Minería.* León.

(1987): *A technical history of the Riotinto mines: Some notes on exploitation from pre-phoenician times to the 1950s.* London.

SAN PEDRO, J. M. (1953): *Biografía de D. GASPAR DE REMISA, marqués de REMISA.* Barcelona.

SÁNCHEZ CARRERA, M. C. (1988): "Toma de conciencia medioambiental de las poblaciones de la Cuenca Minera de Riotinto en 1888". *I Congreso Nacional de la Cuenca Minera de Riotinto.* Riotinto (Huelva).

SANTAMARÍA, B. (1882): *Huelva y la Rábida.* Madrid.

SANZ, F. T. (1762): *Memoria antigua de romanos, nuevamente descubierta en las minas de Río-Tinto.* Sevilla.

THOMAS, J. LEE (1865): *Notes on the mines of Río Tinto*. London.

TYLECOTE R. F. (1987): *The early history of metallurgy in Europe*. London.

UGARTE, J. M. (1864): *Observaciones sobre los cobres de la provincia de Huelva*. Madrid.

VALLADARES CONDE, A. (1981): *Conocimientos básicos forestales*. Madrid.

VÁZQUEZ GUZMÁN, F. (1997): *Geología económica de los recursos minerales*. Madrid.

VIAN ORTUÑO, A. (1962): "La contaminación sulfurosa de la atmósfera". *Ion, nº 248*. Madrid.

WILLIAMS, D. (1934 a): "The Río Tinto mines, Spain". *Transaction of Institution of Mining and Metallurgy, Vol. XLIII. London.*

(1934 b): "The geology of the Río Tinto mines, Spain". *Transaction of Institution of Mining and Metallurgy, Vol. XLIV*. London.

(1950): "Gossanized breccia-ores, jarosites and jaspers at Río Tinto". *Transaction of the Institution of Mining and Metallurgy. Vol. LII*. London.

(1962): "Further reflections on the origen of the porphiries and ores of Río Tinto, Spain". *Transaction of the Institution of Mining and Metallurgy, Vol. LXXI*. London.

XIMÉNEZ DE EMBÚN Y GONZÁLEZ ARNAO (1963): *Diez temas sobre los árboles*. Madrid.

Equivalencias

Arroba	11,50 kilogramos
1 Arroba	25 Libras
1 Doblón	60 reales
1 Ducado	375 maravedís
Escudo	80 reales
Estado	1,96 metros
Fanega	55,5 libras
Horno de leña	52 @
Legua	5.572 metros
Libra	460,093 gramos
1 Libra	16 onzas
Marco	230,046 gramos
1 Marco	8 onzas
1 Marquilla de carbón	31 libras castellanas
1 Onza	1/16 de la libra castellana
Palmo	0,07 metros
Pie	0,28 metros
Pulgada	2,54 centímetros
Pulgada (en el sistema real de Castilla)	2,30 centímetros
Quinta	46,009 kg.
1 Quintal	4 @
1 Quintal métrico	100 kg.
1 Real	34 maravedís
Revezo	Medida equivalente a 260 cubas de 3 arrobas, por tanto equivalente a 780 arrobas
Tercia	Tercera parte de una vara

1 Tonelada.....	86,95621 @ de mineral
1 Toral de cobre.....	12,5 kilogramos
Vara.....	0,84 metros

GLOSARIO

Aleación.- Mezcla, por fusión, de dos o más metales.

Anhídrido sulfuroso o dióxido de azufre.- Producto gaseoso de la combustión de compuestos que contienen azufre, de olor sofocante fuerte. Se oxida en la atmósfera húmeda y se transforma en ácido sulfúrico; lo hemos mencionado al hablar de la lluvia ácida; además de ser una de sus causas, es un gas irritante que ocasiona efectos nocivos sobre la salud humana, animales, materiales y plantas. Su efecto se acentúa en presencia de ciertas partículas.

Asentista.- El que hace asiento o contrata con el gobierno. En nuestro caso persona a la que el Estado le alquila la mina.

Barcales.- Recipientes de madera utilizados para el trecheo del mineral, con capacidad para 14 ó 15 kg.

Berlingar.- Acción que consistía en remover el baño de cobre fundido con una vara verde, desprendiéndose vapor de agua y óxidos de carbono, que producía cierto hervor en el metal que facilitaba la oxidación.

Busa.- Tobera.

Calcinación.- Tostación al aire libre del mineral; podía ser oxidante con objeto de eliminar todo el azufre o sulfatante para obtener sulfatos.

Cañón.- Galería de mina.

Caparrosa.- Sulfato de hierro obtenido por evaporación de las aguas de mina, ricas en sulfatos de hierro y cobre, una vez recuperado el cobre.

Cáscara de cobre.- Cobre obtenido en los pilones cementadores y canaleos, por intercambio iónico entre el cobre contenido en el sulfato de cobre en disolución y el hierro metálico.

Cisco.- Carbón vegetal menudo.

Cloroplasto.- Corpúsculo celular de estructura compleja que, en los vegetales verdes, contiene las moléculas de clorofila y asegura así la fotosíntesis.

Cobre a boca de fuego o a punto de artillería.- Cobre que ha recibido un grado más de afino que el roseta o a punto de martinete.

Cobre por cementación.- Es el que se obtiene por ese procedimiento, algunos autores también lo llaman cobre negro, como el procedente del horno de fusión.

Cobre negro.- Cobre impuro obtenido en el horno de fusión, por reducción de los óxidos obtenidos en la calcinación al aire libre.

Cobre a punto de aleaciones.- Cobre que ha recibido un mayor afino que el de boca de fuego.

Cobre roseta o a punto de martinete.- Cobre refinado que una vez enfriado, adquiere color cochinilla, de donde le viene ese nombre.

Copelación.- Tratamiento para separar el oro y la plata de los metales menos nobles. Se obtiene por fundición en atmósfera más oxidante. Proceso consistente en fundir galena argentífera y dirigir hacia el fundido una corriente de aire de manera que el plomo se oxide y se pueda obtener plata pura, que queda libre en estado líquido. Se comenzó a experimentar hacia 3000-2500 a.C. y se utilizó también para refinar oro.

Crisol.- Vaso de piedra o barro refractario resistente al calor intenso, de pequeño tamaño, empleado para fundir metales.

Docimasia.- Ciencia que enseña a determinar, sobre muestras, las proporciones de los metales utilizables contenidos en los minerales o en mezclas artificiales. (sin análisis cuantitativo, ensayo cuantitativo).

Escoria.- Restos no metálicos de la fundición de un mineral.

Escudo.- Moneda que bajo el reinado de Isabel II equivalía a 80 reales de vellón, o sea 4 duros.

Espetón.- Hierro largo y delgado, a manera de asador.

Fuelle.- Elemento que proporciona ventilación y oxigenación en un horno.

Fundente.- Elemento que se utiliza para separar los componentes no metálicos del metal durante la fundición, generalmente arena, grava o limo.

Fusión.- Someter a un mineral a tratamiento térmico para separar el metal, o a un metal para cambiarlo del estado sólido al líquido y poder darle forma.

Glucina.- Antiguo nombre del óxido de berilio.

Horno.- Foco calorífico donde se produce la fundición.

Labor.- Se dice en general de todo trabajo de las minas, y se toma por la de frontón, que es la que lleva en frente el trabajador, por la de cielo, que está arriba en la bóveda, y la perpendicular que está abajo.

Litargirio.- Óxido de plomo.

Lluvia ácida.- Se ha asignado este nombre a aquella que presenta valores de pH menores de 5,6, ya que esto indica la presencia de ácidos fuertes como el sulfúrico y el nítrico. Las causas a las que se atribuye este fenómeno, son las emisiones atmosféricas principalmente de óxidos de azufre y de nitrógeno. La lluvia ácida produce daños en los materiales expuestos, así como alteraciones en el desarrollo de la vegetación y alteraciones químicas y biológicas de los ecosistemas acuáticos.

Lucernas.- Lámparas de barro cocido alimentadas con aceite, utilizadas por los romanos.

Malacate.- Castillete o máquina de extracción movida por caballerías. Se compone de rueda, linternilla y ejes, que sirven para enredar las sogas con las que se suben y bajan los utensilios y el mineral por los tiros.

Manta.- Nube de anhídrido sulfuroso, sulfúrico y ácido sulfúrico en forma de aerosol, que se producía en los días húmedos y sin viento del invierno por la calcinación de las teleras.

Martinete.- Mazo, generalmente de gran peso, para batir algunos metales.
Edificio industrial o taller metalúrgico en que hay estos mazos o martillos.

Mesada.- Mezcla con los diversos componentes de la carga del horno de fundición, que podía consumirse en un mes.

Metal blanquillo o speiss.- Mata formada en la fundición de los minerales de plata, que contiene principalmente hierro, antimonio, arsénico y glóbulos de plomo.

Metalurgia.- Arte de extraer los metales contenidos en los minerales para ponerlos en disposición de ser elaborados.

Necrosis.- Transformación de orden físico-químico que experimenta la materia viva y que la conduce a su muerte.

Papucha.- Lodos procedentes de los pilones, que contenían normalmente entre el 8 y 10% de cobre.

pH.- Medida de la acidez o basicidad de una solución. Se indica con una escala cuyos valores usuales van de 0 a 14. El valor 7 corresponde al agua pura y las soluciones neutras.

Planes.- Diferentes pisos de la mina.

Reducción.- Eliminación del oxígeno de un óxido para obtener metal. Lo contrario es la oxidación.

Rodo.- Rodillo.

Socavón.- Galerías subterráneas por la falda de los montes que se comunican con los tiros; utilizándose para desaguar la mina, y sacar el mineral.

Targea.- Cañería o socavón de desagüe.

Terrero.- Lugar donde se arrojan los calcinados una vez recuperado el cobre por cementación.

Tiro.- Pozo vertical para introducir materiales, sacar el mineral y las aguas en botas.

Tobera.- Tubo de arcilla por el que se introduce el aire de los fuelles en los hornos.

Toral.- Lingote de cobre con un peso de 12 a 13 kg.

Venero.- Manantial de agua.

Vitoque.- Tapón de los pilones.

Vitriolos.- Estalactitas de sulfato de cobre que forman en las minas de sulfuro de cobre.

Vitriolo de Venus.- También conocido como caparrosa azul, está constituido por sulfato de cobre.

ANEXOS

ANEXO I
DATOS CLIMATOLÓGICOS DE MINAS DE RIOTINTO (1876-2001)

Pluviometría 1876-1886

Cantidad total de lluvia caida en las minas de Rio-Tinto en los meses y años que se expresan.

AÑOS.	Enero.	Febrero.	Marzo.	Abril.	Mayo.	Junio.	Julio.	Agosto.	Septiembre.	Octubre.	Noviembre.	Diciembre.	TOTALES.
1876.....	m 0,042	m 0,110	m 0,073	m 0,028	m 0,125	m 0,042	m 0,003	»	m 0,043	m 0,113	m 0,309	m 0,243	m 1,070
1877.....	0,119	»	0,046	0,112	0,065	0,048	0,045	m 0,004	0,083	0,062	0,025	0,017	0,535
1878.....	0,023	0,039	0,026	0,041	0,059	»	»	0,001	0,003	0,087	0,181	0,101	0,561
1879.....	0,117	0,073	0,074	0,117	0,017	0,013	»	»	0,035	0,111	0,221	0,102	0,878
1880.....	»	0,051	0,054	0,109	0,132	0,009	»	»	»	0,200	0,042	0,041	0,861
1881.....	0,247	0,069	0,105	0,240	0,039	0,036	0,011	»	0,004	0,046	0,007	0,058	0,645
1882.....	0,017	0,011	0,028	0,042	0,053	0,002	0,022	»	0,019	0,021	0,008	0,083	0,852
1883.....	0,078	0,063	0,112	0,060	0,110	0,032	»	»	»	0,055	0,025	0,031	0,339
1884.....	0,078	0,040	0,059	0,225	0,024	0,023	»	»	0,030	0,026	0,018	0,055	0,625
1885.....	0,152	0,287	0,130	0,084	»	0,011	»	0,078	0,007	0,026	0,309	0,131	0,607
1886.....	0,080	0,084	0,052	0,111	0,010	»	»	»	»	»	»	»	

Termino medio en el periodo de diez años..... 0m,697.

Fuente: GONZALO TARÍN, 1888, T. I. 5

MAXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS RIOTINTO

PERIODO 1.938 - 2.000

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1938	7,3	6,2	26,1	7,8	13,2	2,5	-	-	28,2	1,7	78,7	54,6
1939	28,9	32,5	8,9	24,9	6,3	21,1	-	-	109,5	55,8	39,9	45,7
1940	69,8	28,2	31,7	7,3	36,1	44,7	0,8	4,1	0,2	18,3	29,5	43,2
1941	102,1	31,5	13,9	32,8	13,2	52,1	7,6	3,8	18,8	2,5	93,7	9,9
1942	25,4	15,5	51,8	54,3	8,9	10,9	-	-	77,5	39,9	23,4	20,8
1943	14,5	5,3	72,9	19,3	8,9	-	11,2	-	14,7	48,8	1,5	20,3
1944	5,6	27,8	17,0	36,0	11,4	6,1	0,5	22,8	18,5	13,7	10,1	22,1
1945	13,9	0,8	11,9	3,8	18,8	18,5	-	-	-	31,7	43,2	33,8
1946	24,6	24,1	28,9	54,6	32,5	2,3	-	-	6,1	28,4	29,2	14,2
1947	78,2	51,8	56,6	9,4	10,2	-	-	5,1	25,4	44,9	56,6	33,5
1948	35,5	54,6	22,6	14,7	29,2	4,3	-	2,3	-	11,4	-	38,1
1949	26,6	9,6	27,6	36,0	3,8	3,8	1,3	-	41,6	18,0	43,4	65,0
1950	27,4	24,6	15,7	10,1	25,4	6,1	8,6	-	4,5	37,0	32,2	27,9
1951	21,3	21,3	72,1	16,0	23,1	5,6	-	-	66,3	9,6	53,3	10,4
1952	70,1	16,5	89,4	11,6	34,0	32,5	-	0,5	14,4	19,3	77,4	25,6
1953	76,2	51,5	28,9	34,3	8,3	14,5	-	-	1,3	70,8	17,0	38,3
1954	11,9	5,0	32,0	11,1	3,8	3,8	-	-	-	2,3	25,6	21,3
1955	40,6	40,6	38,6	3,8	40,6	6,8	-	3,8	0,5	40,1	68,5	39,8
1956	34,3	26,6	50,5	21,8	2,0	-	-	19,8	49,0	10,9	32,0	23,8
1957	10,1	16,0	23,3	43,9	13,7	18,8	-	2,8	45,7	7,6	33,2	22,3
1958	22,3	14,7	25,9	7,3	8,1	1,2	-	24,6	0,7	6,8	19,0	83,8
1959	19,8	19,5	28,2	13,9	19,5	-	0,2	-	6,6	54,8	22,3	11,6
1960	53,3	31,0	30,5	17,8	19,8	17,3	0,3	3,0	14,0	50,0	20,6	12,7
1961	8,4	5,1	52,1	16,3	14,2	2,0	29,5	-	48,8	22,6	47,6	57,4
1962	37,6	20,1	50,8	46,7	6,4	34,5	-	-	11,4	27,9	12,7	64,8
1963	49,3	42,4	14,5	70,6	10,2	15,7	3,8	-	4,1	16,5	32,5	37,3
1964	22,9	80,5	36,3	12,7	19,1	12,7	-	-	13,9	3,5	12,2	24,4
1965	68,6	33,6	22,4	-	11,4	12,2	-	-	52,1	34,5	28,0	18,3
1966	23,6	36,5	-	33,0	6,3	10,2	-	16,0	7,1	40,6	32,5	7,4
1967	39,9	25,1	23,9	13,7	10,4	12,7	-	-	2,5	33,9	45,7	15,7
1968	1,3	25,9	18,3	24,6	8,9	7,6	2,0	8,1	1,3	38,1	22,9	19,3
1969	50,8	30,0	50,8	13,2	16,5	14,5	-	4,6	25,4	41,1	27,2	14,2
1970	64,8	10,4	25,4	12,4	26,7	37,6	-	-	-	2,8	21,6	53,1
1971	36,8	5,8	17,8	47,8	26,7	21,8	1,3	3,8	4,3	-	4,3	18,3
1972	53,3	30,1	48,3	-	5,6	3,8	3,8	-	14,0	85,5	8,1	35,1
1973	33,5	28,4	26,7	1,0	44,7	21,8	-	10,2	-	25,4	19,1	44,5
1974	12,7	19,1	31,0	15,7	6,4	16,3	0,3	-	-	3,0	34,3	32,3
1975	34,0	33,0	29,2	8,6	24,9	13,5	-	-	5,1	1,3	5,1	23,1
1976	22,4	31,8	27,4	22,9	14,7	15,7	-	10,2	33,5	38,9	42,4	34,8
1977	35,8	43,2	2,0	2,5	7,6	18,3	14,0	3,6	2,5	24,6	23,4	44,2
1978	15,7	37,1	11,2	15,7	30,5	9,7	-	-	8,4	17,8	12,7	39,9
1979	48,3	23,4	15,7	20,8	1,0	-	3,0	-	0,5	19,1	5,8	10,9
1980	21,0	11,4	24,9	7,1	15,2	-	-	1,3	1,8	21,5	32,3	-
1981	0,8	13,0	19,7	15,2	25,4	1,8	5,0	1,3	5,7	18,5	1,3	73,7
1982	26,7	22,9	25,4	11,4	0,7	-	10,2	14,0	18,3	14,7	35,0	12,7
1983	-	22,9	34,3	40,6	16,5	3,8	-	7,6	NO EXISTEN DATOS DIARIOS			
1984	NO EXISTEN DATOS DIARIOS											
1985	58,0	32,5	6,5	38,3	25,6	20,6	7,6	-	5,0	-	-	-
1986	23,0	26,0	38,5	26,9	14,4	1,9	-	-	4,0	39,0	68,0	18,0
1987	43,0	22,0	14,8	17,0	11,8	5,4	22,9	42,1	35,0	26,7	28,1	70,3
1988	26,5	9,8	1,6	9,4	76,6	22,0	17,4	0,8	-	51,9	168,2	
1989	28,5	14,3	6,6	26,9	40,9	-	0,4	34,3	58,9	53,0	130,0	70,5
1990	18,3	-	1,8	39,1	13,2	-	-	-	0,9	21,4	26,1	10,1
1991	13,6	20,4	48,5	15,2	-	19,6	-	-	13,9	30,6	12,2	17,9
1992	3,7	23,1	27,1	27,7	22,4	24,0	-	4,6	27,4	36,5	7,3	75,7
1993	31,4	4,8	15,9	11,5	29,3	1,2	-	-	39,9	89,6	35,0	2,4
1994	33,5	44,3	-	19,8	41,3	0,3	-	-	25,3	12,0	36,7	24,2
1995	44,0	41,0	7,7	29,0	10,4	8,2	-	-	5,6	5,5	77,0	48,0
1996	83,8	14,3	5,4	24,5	24,5	4,3	-	-	62,1	45,7	40,0	85,9
1997	28,0	-	-	48,8	27,6	18,0	6,8	3,7	50,0	37,8	84,9	70,3
1998	70,0	70,0	18,6	11,4	23,0	0,7	-	-	16,1	3,6	3,4	18,5
1999	39,8	11,6	24,0	15,2	11,9	3,0	-	-	37,2	54,6	3,0	20,4
2000	6,0	2,2	11,8	26,2	18,4	-	-	-	2,3	13,9	28,5	67,5

PLUVIOMETRIA MAXIMA DIARIA RIOTINTO. PERIODO 1.938 - 2.000 = DÍA 7 DE NOVIEMBRE DE 1.958, CON 168,2 LITROS/M²

PLUVIOMETRIAS MENSUALES RIOTINTO

PERIODO 1.887 - 1.936

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1887	65,8	35,1	178,6	39,4	74,7	24,4	0,0	1,0	18,8	56,6	265,7	208,5	968,6
1888	105,2	40,9	169,7	129,8	39,9	2,3	0,0	0,0	24,4	7,4	0,0	0,0	519,6
1889	36,1	81,8	118,1	92,2	60,7	30,7	0,0	0,0	36,1	36,8	6,1	0,0	498,6
1890	34,3	50,5	67,8	101,8	86,6	0,0	0,0	12,7	15,2	8,9	0,0	212,3	590,1
1891	65,5	9,1	85,3	13,7	25,1	13,5	0,0	0,0	29,7	108,0	297,9	59,9	707,7
1892	200,2	196,3	288,0	52,3	87,6	31,5	0,0	0,0	11,2	129,0	12,2	45,0	1053,3
1893	94,5	67,3	124,7	129,3	52,3	12,4	0,0	0,0	25,9	35,3	180,7	105,4	827,8
1894	60,5	19,6	82,8	102,4	70,6	10,4	0,0	0,0	18,8	210,6	86,4	113,3	775,4
1895	200,4	356,6	94,5	97,8	59,9	50,3	0,0	0,0	38,1	243,6	132,8	68,6	1342,6
1896	0,0	32,5	27,9	2,5	61,2	35,1	0,0	0,0	0,0	88,4	69,1	177,8	494,5
1897	225,8	11,2	25,4	44,5	108,0	15,5	0,0	0,0	0,0	190,0	145,8	69,3	835,5
1898	74,4	19,1	114,8	40,9	80,8	0,0	0,0	0,0	53,3	174,5	148,1	6,9	712,8
1899	52,6	230,4	293,6	0,0	13,7	81,0	0,0	3,0	0,0	78,0	42,4	64,0	858,7
1900	101,6	198,4	42,4	73,9	89,7	10,2	1,3	12,9	59,6	42,2	34,8	25,4	692,4
1901	69,6	84,1	186,2	122,7	45,2	5,6	0,0	0,0	30,5	61,4	116,8	63,5	785,6
1902	14,5	263,1	69,1	238,0	37,8	21,3	30,0	12,7	0,0	128,3	183,1	35,6	1033,5
1903	48,0	6,4	24,1	85,6	69,8	89,9	0,8	0,0	140,4	47,0	10,7	115,1	637,8
1904	73,9	107,4	111,3	23,6	9,9	52,3	0,0	0,8	109,7	42,9	15,8	65,0	612,6
1905	37,3	1,3	18,3	39,9	49,0	27,9	5,3	0,0	14,5	93,5	169,7	57,4	514,1
1906	23,6	27,9	63,5	45,5	30,0	25,1	0,0	0,0	103,7	43,4	57,9	16,0	436,6
1907	31,5	33,5	0,0	32,3	28,7	0,0	2,8	0,5	99,6	105,4	264,7	130,0	729,0
1908	44,9	6,6	21,6	34,6	5,1	68,6	0,0	2,5	20,6	30,0	132,8	40,6	407,9
1909	49,3	24,9	118,9	58,7	78,2	27,9	0,0	15,2	34,8	23,9	161,0	155,6	748,3
1910	30,5	28,7	40,6	41,1	99,3	13,7	0,0	0,0	1,3	172,5	61,0	278,4	767,1
1911	46,5	115,5	151,4	108,2	70,1	7,1	0,0	22,1	16,0	164,1	95,3	81,8	878,1
1912	97,5	259,6	38,4	70,4	1,5	13,7	6,6	1,5	28,2	104,6	15,8	26,7	664,5
1913	107,2	53,8	121,4	45,7	32,3	3,0	0,0	1,3	78,0	400,8	122,7	16,3	982,5
1914	43,2	120,4	38,9	57,9	5,6	1,3	4,3	0,0	0,0	96,0	102,8	134,4	604,8
1915	67,8	96,3	194,8	44,5	67,8	5,6	0,0	0,0	2,3	36,5	162,1	137,4	815,1
1916	15,5	146,6	208,0	10,9	42,2	2,5	0,0	0,5	24,4	10,4	112,5	210,6	784,1
1917	127,0	167,1	87,6	41,9	54,9	40,1	0,0	0,0	12,5	1,5	0,3	62,0	594,9
1918	247,9	4,3	51,6	100,1	40,9	1,8	3,3	6,3	15,5	19,8	109,7	23,9	625,1
1919	79,2	188,0	76,5	68,1	27,7	4,8	0,0	0,0	10,9	48,0	198,6	27,4	729,2
1920	34,3	130,6	65,3	72,6	77,0	0,0	0,0	0,0	4,3	130,8	111,5	113,5	739,9
1921	23,9	102,1	42,1	58,4	63,7	14,5	0,5	0,0	75,2	106,2	139,2	48,8	674,6
1922	120,9	22,4	112,0	17,0	17,5	29,2	0,0	4,8	27,9	261,9	5,9	122,4	741,9
1923	9,4	114,8	10,4	131,6	39,9	31,5	4,6	1,8	16,5	79,7	261,6	19,6	721,4
1924	89,9	101,1	206,5	63,5	34,0	0,0	0,0	0,0	51,8	71,4	131,1	72,9	822,2
1925	2,3	78,5	37,1	27,2	45,2	117,1	1,8	0,0	0,5	33,0	144,0	204,9	691,6
1926	41,4	164,6	91,4	72,6	54,6	0,0	0,0	0,0	0,8	180,4	118,6	4,1	728,5
1927	61,2	58,2	48,8	2,0	50,3	28,7	2,5	1,8	6,9	113,5	122,7	191,7	688,3
1928	14,8	93,2	176,0	116,8	83,3	29,0	9,1	5,1	163,1	19,3	58,4	31,0	799,1
1929	28,5	96,2	52,6	67,1	3,6	0,0	6,1	0,0	64,0	19,3	87,1	93,2	517,7
1930	115,3	29,7	80,0	144,5	33,5	88,1	0,3	0,0	4,6	34,3	54,9	59,2	644,4
1931	56,6	5,1	251,0	9,4	23,8	4,3	0,0	1,3	33,0	253,2	58,2	1,3	697,2
1932	87,1	89,7	98,6	31,7	87,6	14,2	0,0	3,1	61,0	21,3	85,6	250,2	830,1
1933	153,2	58,7	66,5	42,4	42,4	9,9	0,3	1,0	0,0	104,6	96,3	95,0	670,3
1934	13,7	1,8	126,7	154,2	17,0	16,3	0,0	0,0	0,0	3,3	78,8	176,5	588,3
1935	1,0	26,2	65,0	36,6	114,8	7,4	0,0	0,0	4,6	42,4	113,8	146,0	557,8
1936	227,1	250,2	217,2	110,7	78,5	10,2	6,9	0,0	15,2	58,9	52,3	25,6	1052,8
MEDIA	73,0	90,1	101,7	67,0	51,5	22,6	1,7	2,2	32,1	91,5	104,7	89,8	727,9

PLUVIOMETRIAS MENSUALES RIOTINTO

PERIODO 1.937 - 1.986

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1937	341,6	21,8	200,4	56,6	3,6	3,8	0,0	8,1	15,7	179,8	120,9	77,5	1029,8
1938	13,5	11,4	36,8	48,8	53,6	2,5	0,0	0,0	87,6	4,1	81,3	140,2	479,8
1939	165,6	50,5	20,8	65,6	14,7	49,6	0,0	0,0	193,8	328,9	89,2	170,4	1149,1
1940	243,6	81,8	144,3	32,0	88,1	80,7	0,8	5,6	6,8	115,6	55,9	44,2	899,4
1941	379,5	169,7	72,6	147,1	25,1	61,5	8,1	4,1	28,4	3,3	156,7	17,3	1072,4
1942	58,7	40,1	158,2	153,2	19,8	14,2	0,0	0,0	154,4	131,3	95,0	104,4	929,3
1943	103,4	11,7	169,7	95,4	9,4	0,0	12,7	0,0	50,8	85,9	2,0	63,0	604,0
1944	6,4	59,2	60,7	83,6	28,4	14,2	0,8	41,1	23,4	36,3	27,4	31,0	412,5
1945	38,9	1,3	27,4	5,8	23,9	33,5	0,0	0,0	0,0	67,3	220,4	175,0	593,5
1946	37,8	32,0	92,7	152,6	149,8	18,3	0,0	0,0	7,9	64,1	71,4	19,3	645,9
1947	138,7	360,7	333,7	15,0	22,9	0,0	0,0	5,9	32,8	106,1	64,5	84,0	1164,3
1948	149,1	181,9	31,5	69,1	89,1	4,3	0,0	2,3	0,0	40,4	0,0	173,5	741,2
1949	27,2	9,9	90,1	76,4	8,4	31,0	1,6	0,0	117,6	19,3	82,6	175,0	639,1
1950	59,2	55,1	64,3	18,5	124,2	13,0	8,9	0,0	10,5	102,6	45,2	97,2	598,7
1951	79,5	103,4	150,9	33,5	32,8	8,1	0,0	0,0	93,0	27,4	242,6	32,2	803,4
1952	134,4	27,7	323,4	28,7	142,8	42,8	0,0	0,5	42,4	43,3	207,5	84,0	1077,5
1953	130,3	77,6	105,4	167,1	9,4	14,7	0,0	0,0	1,3	151,6	53,9	160,5	871,7
1954	29,2	12,4	113,5	31,8	4,1	4,6	0,0	0,0	0,0	10,7	71,6	30,7	308,6
1955	176,7	139,0	114,7	9,9	83,3	10,9	0,0	6,4	0,5	127,2	185,9	202,9	1057,4
1956	112,7	71,8	221,4	102,3	6,1	0,0	0,0	20,0	69,3	25,9	46,0	44,5	720,0
1957	16,8	48,0	72,6	97,3	46,2	27,4	0,0	2,8	89,9	37,6	86,9	41,2	566,7
1958	91,0	24,5	100,8	13,4	11,4	3,0	0,0	25,1	1,3	11,9	32,2	407,6	722,2
1959	86,1	52,6	99,4	44,6	91,9	0,0	0,3	0,0	16,5	111,8	107,8	67,5	678,5
1960	114,7	177,0	157,3	42,3	63,8	19,6	0,3	4,8	14,5	258,3	91,1	59,9	1003,6
1961	36,8	5,9	135,7	53,1	64,1	3,1	35,1	0,0	54,2	57,4	233,6	205,0	884,0
1962	104,3	27,7	216,6	102,1	11,4	46,7	0,0	0,0	15,5	160,6	46,9	181,1	912,9
1963	306,4	196,7	44,8	193,6	26,2	40,0	3,8	0,0	7,6	31,5	188,2	288,4	1327,2
1964	53,9	233,6	124,5	40,1	34,3	19,4	0,0	0,0	19,5	7,1	49,1	78,5	660,0
1965	152,7	116,2	65,0	0,0	14,2	17,8	0,0	0,0	140,2	242,8	122,7	49,5	921,1
1966	125,2	139,4	0,0	109,5	7,4	15,5	0,0	16,0	15,5	101,1	73,7	8,2	611,5
1967	82,6	111,2	50,9	32,6	48,2	32,5	0,0	0,0	2,5	78,1	181,8	15,7	636,1
1968	1,3	219,1	59,0	55,5	18,1	15,0	2,0	12,0	1,8	56,4	144,5	78,3	663,0
1969	142,3	157,3	184,8	31,3	47,7	30,2	0,0	4,6	51,0	139,9	102,3	44,8	936,2
1970	417,0	13,7	62,1	38,8	60,0	113,2	0,0	0,0	0,0	6,3	64,6	98,1	873,8
1971	134,5	5,8	32,7	193,7	120,9	40,6	1,3	4,8	4,3	0,0	8,6	35,3	582,5
1972	203,3	140,4	144,2	17,0	8,6	4,1	3,8	0,0	45,7	236,6	28,3	149,3	981,3
1973	92,4	31,4	39,7	2,8	127,5	47,7	0,0	10,2	0,0	38,7	40,6	66,3	497,3
1974	56,4	52,6	82,2	87,8	13,9	37,8	0,3	0,0	0,0	3,0	61,7	73,4	469,1
1975	67,1	95,8	136,6	31,1	73,8	19,8	0,0	0,0	11,2	2,6	6,4	81,3	525,7
1976	35,7	103,4	50,8	98,1	22,9	16,0	0,0	18,1	95,9	132,1	95,3	192,7	861,0
1977	178,5	161,1	8,3	2,5	11,9	43,3	14,0	3,6	2,5	149,1	121,6	276,1	972,5
1978	33,4	202,0	29,2	61,7	92,8	44,2	0,0	0,0	8,9	63,8	35,3	223,0	794,3
1979	207,4	175,6	100,6	111,6	2,3	0,0	23,8	0,0	1,0	149,3	8,8	23,7	804,1
1980	44,0	20,8	81,9	25,2	64,8	0,0	0,0	1,3	1,8	48,6	126,3	0,0	414,7
1981	0,8	24,2	37,2	71,0	27,4	4,4	5,0	1,3	5,1	19,1	1,3	262,4	459,2
1982	133,7	41,7	47,0	40,9	0,7	0,0	20,4	14,0	36,9	17,5	135,6	38,9	527,3
1983	0,0	40,2	35,8	134,4	17,8	3,8	0,0	8,4	0,8	53,3	373,3	116,4	784,2
1984	14,7	30,6	158,3	71,1	92,0	50,2	0,0	0,0	2,3	36,4	163,6	31,8	651,0
1985	260,8	148,0	8,6	122,0	57,2	24,7	7,6	0,0	5,0	0,0	95,8	123,5	853,2
1986	68,4	131,5	60,4	74,1	22,4	3,1	0,0	0,0	8,0	94,0	127,6	37,4	626,9
MEDIA	113,8	88,9	99,2	67,8	44,8	22,6	3,0	4,4	31,9	80,3	97,5	105,6	760,0

PLUVIOMETRIAS MENSUALES RIOTINTO

PERIODO 1.987 - 2.001

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1987	191,6	116,8	17,3	74,5	13,4	17,9	41,0	42,1	50,6	160,2	107,3	365,2	1197,9
1988	156,9	22,8	4,1	24,2	162,6	125,3	17,4	0,8	0,0	127,4	315,5	0,0	957,0
1989	83,7	88,5	17,6	134,4	89,3	0,0	0,4	35,7	107,3	135,3	328,8	479,7	1500,6
1990	63,8	0,0	6,6	139,2	30,1	0,0	0,0	0,0	0,9	138,4	60,1	36,5	475,7
1991	42,0	144,8	141,2	85,2	0,0	20,7	0,0	0,0	35,9	96,8	19,5	69,3	655,3
1992	9,4	45,3	31,5	55,8	52,4	76,4	0,0	4,6	27,4	98,7	7,3	58,8	467,7
1993	31,4	11,4	28,1	50,5	142,9	2,0	0,0	0,0	65,0	291,0	90,6	4,0	706,8
1994	66,5	121,7	0,0	32,7	113,0	0,3	0,0	0,0	27,7	37,1	72,8	67,7	539,5
1995	54,1	80,8	15,2	30,3	10,8	16,3	0,0	0,0	9,9	8,7	218,6	314,3	759,0
1996	470,8	42,7	34,0	52,4	112,5	4,3	0,0	0,0	100,3	48,9	94,3	505,6	1465,8
1997	164,8	0,0	0,0	69,4	59,7	36,2	11,3	8,1	69,3	136,8	388,5	214,5	1158,5
1998	159,8	124,2	44,6	32,2	93,5	0,7	0,0	0,0	59,4	10,8	6,8	52,0	584,1
1999	66,3	24,8	65,6	24,1	27,5	3,0	0,0	0,0	74,3	220,0	5,2	65,6	576,4
2000	24,5	2,2	24,5	206,4	123,3	0,0	0,0	0,0	5,3	39,4	138,6	277,8	841,9
2001	181,1	46,6	209,9	2,3	31,6	0,0	0,0	0,0	131,4	155,9	116,8	107,7	983,2
MEDIA	117,8	58,2	42,7	67,6	70,8	20,2	4,7	6,1	50,3	113,7	131,4	174,6	857,9

EVAPORACIONES MENSUALES RIOTINTO

PERIODO 1.945-2.001

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1945	38,7	68,3	111,0	168,8	161,8	201,8	256,6	210,7	214,4	134,2	53,8	40,4	1660,5
1946	38,8	63,4	54,4	63,6	50,7	165,0	318,2	304,0	162,2	98,9	47,8	50,4	1417,4
1947	29,2	21,6	45,8	129,4	124,8	223,2	234,2	209,6	145,1	110,8	87,8	61,4	1422,9
1948	45,4	44,3	90,8	74,4	53,2	197,0	223,6	220,8	178,4	116,2	94,4	36,9	1375,4
1949	60,4	72,0	78,8	112,2	124,7	181,2	254,6	278,8	111,6	108,8	79,0	43,0	1505,7
1950	41,0	64,2	75,0	109,0	93,6	165,9	280,9	269,9	207,0	75,4	49,4	34,4	1465,7
1951	46,8	32,8	85,0	103,4	107,5	203,8	206,8	264,2	162,4	109,8	38,8	45,8	1407,1
1952	63,8	72,8	66,4	100,6	93,2	125,6	195,2	232,1	132,0	109,8	70,1	40,6	1302,2
1953	67,8	55,0	83,6	100,6	206,8	223,0	302,0	291,4	182,6	202,9	65,4	46,2	1827,3
1954	62,0	13,6	61,8	112,0	168,2	233,4	276,4	273,2	247,4	143,6	42,2	72,8	1706,6
1955	35,5	66,6	52,0	103,8	164,4	182,6	201,4	237,2	187,6	104,4	28,6	70,8	1434,9
1956	40,3	53,4	60,8	53,6	162,6	206,0	286,4	244,0	151,0	98,9	64,5	41,0	1462,5
1957	42,5	43,0	69,3	74,5	120,1	161,4	274,6	224,5	178,8	94,2	84,0	57,4	1424,3
1958	70,4	62,2	77,2	140,6	156,8	179,4	295,2	246,9	151,2	127,0	71,8	43,0	1621,7
1959	35,2	48,8	74,6	120,8	99,2	201,6	218,2	242,4	132,6	100,2	68,8	69,8	1412,2
1960	50,8	44,6	81,0	111,3	119,7	200,2	266,2	268,8	199,0	77,0	44,0	109,6	1572,2
1961	77,4	58,0	104,6	88,4	156,6	172,0	278,8	232,2	162,5	91,2	63,3	36,8	1511,8
1962	46,0	87,2	78,6	98,7	181,1	156,5	294,7	331,6	208,6	67,6	59,6	78,4	1688,5
1963	42,4	54,1	85,8	87,4	149,2	138,5	250,9	275,6	168,5	152,8	69,5	43,9	1518,6
1964	46,0	50,2	80,4	97,8	188,8	151,2	233,1	242,5	179,8	141,1	86,0	68,2	1565,1
1965	70,6	42,7	90,1	163,4	208,5	218,7	261,4	298,1	181,1	37,6	41,9	63,1	1677,2
1966	38,1	79,8	133,4	115,4	192,8	230,8	218,2	290,2	173,3	105,6	63,6	55,4	1696,6
1967	41,4	38,9	101,9	87,4	123,6	165,2	234,2	255,8	159,8	125,1	74,5	78,6	1486,5
1968	80,0	36,6	73,8	77,4	162,6	167,2	250,0	215,2	180,4	114,4	40,0	54,2	1451,8
1969	37,0	36,0	56,8	94,8	118,0	140,2	248,2	223,6	117,2	52,6	53,2	67,2	1244,8
1970	29,2	63,2	80,8	141,6	135,1	105,1	228,2	187,4	182,7	122,7	71,4	35,8	1383,2
1971	36,8	63,2	87,4	34,2	61,4	116,4	178,4	178,2	137,8	118,0	79,9	44,6	1136,3
1972	87,1	61,2	68,8	162,4	177,6	206,0	230,3	204,8	94,6	53,5	68,4	61,8	1476,5
1973	72,8	118,0	106,0	136,4	134,2	113,2	221,4	198,2	187,4	85,6	54,0	51,7	1478,9
1974	35,8	95,5	103,2	73,8	145,0	110,6	257,4	243,0	157,6	146,4	77,0	53,2	1498,5
1975	56,2	40,4	109,2	102,0	107,2	128,4	286,2	243,3	132,6	105,6	110,4	34,3	1455,8
1976	61,8	54,1	90,1	65,2	104,3	196,8	213,2	240,0	121,6	70,2	57,8	37,8	1312,9
1977	32,9	28,2	94,7	152,2	165,7	149,2	210,5	227,8	190,6	93,0	69,2	39,8	1453,8
1978	69,9	56,6	112,1	85,6	109,2	93,5	298,2	229,2	221,0	152,7	69,9	19,4	1517,3
1979	26,8	40,4	58,6	104,4	153,6	173,2	194,4	205,4	143,8	66,1	74,9	54,4	1296,0
1980	75,8	69,9	85,6	109,4	118,6	212,5	229,5	200,4	154,4	116,8	64,9	92,4	1530,2
1981	94,8	83,8	75,2	67,6	135,2	149,2	228,4	149,3	156,6	115,8	116,5	64,2	1436,6
1982	52,0	53,0	110,3	96,4	129,5	181,4	194,4	189,1	147,4	127,6	53,2	49,2	1383,5
1983	77,8	61,1	79,4	72,0	70,0	93,9	118,8	180,1	241,3	189,9	41,5	69,5	1295,3
1984	68,7	118,2	107,7	112,5	115,3	169,6	324,3	213,6	88,1	61,9	22,8	27,2	1429,9
1985													
1986													
1987	54,1	55,6	114,2	118,7	136,3	151,4	201,8	166,1	187,6	65,4	70,8	38,0	1360,0
1988	42,2	73,3	134,4	111,0	108,2	108,9	239,0	287,3	255,5	110,7	51,6	99,5	1621,6
1989	66,1	172,2	114,3	91,2	139,3	203,9	261,0	238,0	141,3	114,0	44,6	24,5	1610,3
1990	50,4	70,6	121,4	95,0	159,6	184,8	257,9	235,0	156,8	66,9	74,4	48,4	1521,2
1991	53,9	40,6	66,2	87,4	167,7	190,9	248,2	252,0	165,0	87,5	75,2	77,6	1512,1
1992	64,9	78,2	130,5	137,0	143,4	127,2	241,5	231,8	198,8	84,5	71,6	48,4	1557,8
1993	69,3	81,2	105,3	106,1	80,3	160,5	243,4	202,5	136,5	64,9	48,1	54,3	1352,3
1994	72,7	59,3	108,0	119,7	112,4	199,4	271,6	237,1	185,8	86,5	64,2	50,8	1567,5
1995	66,8	81,2	133,1	166,0	191,0	178,1	253,1	237,5	179,0	130,5	66,1	35,8	1718,1
1996	23,1	69,6	79,2	110,3	129,0	220,0	280,0	166,3	161,4	139,7	83,1	41,5	1503,1
1997	60,2	88,2	191,0	133,7	141,8	160,4	204,1	195,9	147,4	94,4	43,6	37,2	1497,8
1998	44,9	74,1	157,0	111,2	85,0	180,2	246,1	210,8	145,3	133,9	94,3	99,2	1581,8
1999	76,6	120,7	97,6	152,6	133,2	241,5	262,5	252,6	168,8	81,2	84,1	45,8	1717,2
2000	58,0	109,6	129,3	71,1	95,0	221,5	232,6	269,2	184,9	138,9	47,2	26,3	1583,7
2001	30,3	130,4	69,1	159,2	141,5	271,9	277,9	255,8	139,3	89,5	86,7	61,2	1712,9
MEDIA	53,9	65,8	92,6	106,8	133,0	174,4	245,3	234,7	166,8	105,7	65,1	53,3	1497,5

TEMPERATURAS DE RIOTINTO, PERIODO 1.917 - 1.946

M>D = Temperatura media máximas diarias.

M<D = Temperatura media mínimas diarias.

M = Temperatura media.

	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ANUAL		
ÑO	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM
917	12,2	5,6	8,9	13,9	7,2	10,6	16,7	6,7	11,7	20,0	9,4	14,7	25,0	14,4	19,7	30,0	17,8	23,9	37,2	22,2	29,7	35,0	20,0	27,5	33,9	20,0	27,0	25,0	14,4	19,7	22,2	11,1	16,7	13,3	5,6	9,5	23,7	12,9	18,3
918	13,3	7,8	10,6	18,3	7,8	13,1	17,2	7,8	12,5	18,9	9,4	14,2	24,4	13,9	19,2	30,6	17,8	24,2	35,6	20,6	28,1	36,1	22,2	29,2	30,8	17,8	24,2	23,9	12,8	18,4	17,8	10,6	14,2	17,8	8,3	13,1	23,7	13,1	18,4
919	14,4	6,1	10,3	15,0	8,9	12,0	17,8	8,9	13,4	20,0	10,6	15,3	26,7	14,4	20,6	31,7	19,4	25,6	32,8	19,4	26,1	38,9	23,9	31,4	29,4	18,9	24,2	22,8	13,3	18,1	16,1	9,4	12,8	15,6	6,7	11,2	23,4	13,3	18,4
920	15,6	7,8	11,7	15,6	8,3	12,0	18,3	8,9	13,6	21,7	12,8	17,3	26,7	16,1	21,4	31,7	18,9	25,3	35,6	20,6	28,1	37,2	21,7	29,5	31,1	18,3	24,7	22,2	13,3	17,8	18,3	15,6	17,0	14,4	6,7	10,6	24,0	14,1	19,1
921	17,2	7,8	12,5	14,4	8,3	11,4	19,4	9,4	14,4	22,2	11,1	16,7	25,0	13,9	19,5	31,1	18,3	24,7	36,1	21,7	28,9	35,0	20,6	27,8	29,4	18,9	24,2	24,4	16,1	20,3	18,3	10,6	14,5	17,2	7,2	12,2	24,1	13,7	18,9
922	15,0	7,2	11,1	17,2	7,8	12,5	15,6	7,2	11,4	21,7	10,6	16,2	27,8	16,1	22,0	28,9	17,2	23,1	36,1	20,6	28,4	35,0	21,1	28,1	29,4	17,2	23,3	23,3	15,6	19,5	18,3	10,6	14,5	13,9	6,7	10,3	23,5	13,2	18,3
923	13,3	4,4	8,9	15,0	7,2	11,1	20,0	10,0	15,0	16,1	8,3	12,2	25,6	13,9	19,8	28,9	16,7	22,8	36,1	21,7	28,9	37,8	23,3	30,6	30,0	17,8	23,9	26,7	16,7	21,7	15,6	8,3	12,0	15,0	5,6	10,3	23,3	12,8	18,1
924	14,4	7,2	10,8	13,3	4,4	8,9	15,6	8,9	12,3	21,1	11,1	16,1	27,8	16,1	22,0	32,8	18,9	25,9	36,7	21,7	29,2	35,0	20,0	27,5	28,9	18,3	23,6	24,4	14,4	19,4	17,2	10,6	13,9	14,4	7,8	11,1	23,5	13,3	18,4
925	15,0	6,1	10,6	15,6	6,1	10,9	16,1	6,7	11,4	21,1	10,0	15,6	23,9	12,8	18,4	25,6	16,1	20,9	32,8	19,4	26,1	36,1	21,7	28,9	32,2	18,3	25,3	24,4	15,0	19,7	16,7	8,9	12,8	14,4	8,9	11,7	22,8	12,5	17,7
926	15,6	7,8	11,7	18,3	9,4	13,9	20,6	10,6	15,6	20,6	11,1	15,9	24,4	13,3	18,9	31,1	17,8	24,5	33,9	22,8	28,4	36,7	22,2	29,5	35,0	21,1	28,1	25,7	16,7	21,7	16,1	8,3	12,2	14,4	6,7	10,6	24,5	14,0	19,2
927	13,3	6,1	9,7	15,6	7,2	11,4	17,2	8,3	12,8	25,0	11,7	18,4	26,1	15,0	20,6	32,2	17,2	24,7	33,9	17,8	25,9	36,1	21,7	28,9	32,2	18,3	25,3	26,7	16,7	21,7	18,3	10,0	14,2	13,3	7,8	10,6	24,2	13,2	18,7
928	14,4	6,1	10,3	18,3	8,3	13,3	17,2	8,9	13,1	18,3	10,0	14,2	22,8	11,7	17,3	30,6	18,3	24,5	37,2	22,8	30,0	35,0	21,7	28,4	30,6	19,4	25,0	24,4	14,4	19,4	18,9	8,9	13,9	15,0	6,7	10,9	23,6	13,1	18,3
929	13,9	6,7	10,3	16,6	8,3	12,0	18,9	10,0	14,5	22,8	12,2	17,5	25,6	13,3	19,5	32,2	18,3	25,3	35,6	21,1	28,4	36,1	21,1	28,6	28,3	17,8	23,1	25,6	15,0	20,3	17,8	11,1	14,5	16,7	8,9	12,8	24,1	13,7	18,9
930	14,4	7,2	10,8	13,3	5,6	9,5	19,4	10,0	14,7	17,8	8,9	13,4	26,1	14,4	20,3	27,2	16,7	22,0	33,9	20,0	27,0	37,2	22,2	29,7	32,8	18,9	25,9	28,3	16,7	22,5	20,6	11,1	15,9	15,0	8,3	11,7	23,8	13,3	18,6
931	14,4	6,7	10,6	19,4	7,2	13,3	16,7	10,0	13,4	19,4	11,1	15,3	22,8	13,3	18,1	30,6	18,3	24,5	32,2	18,9	25,6	31,1	18,9	25,0	26,7	16,7	21,7	21,7	13,9	17,8	16,7	10,6	13,7	12,8	5,6	9,2	22,0	12,6	17,3
932	12,8	5,6	9,2	11,7	5,6	8,7	16,7	9,4	13,1	17,8	8,9	13,4	22,2	12,8	17,5	26,7	16,1	21,4	31,1	18,3	24,7	33,9	19,4	26,7	26,1	16,7	21,4	21,7	13,3	17,5	16,1	10,6	13,4	12,8	7,8	10,3	20,8	12,0	16,4
933	11,7	5,0	8,4	13,3	6,7	10,0	15,6	8,9	12,3	22,8	12,8	17,8	26,7	16,7	21,7	27,2	16,7	22,0	33,9	20,6	27,3	35,6	21,7	28,7	27,2	16,7	22,0	21,1	13,3	17,2	13,9	6,7	10,3	10,0	3,9	7,0	21,6	12,5	17,0
934	12,2	5,0	8,6	14,4	5,0	9,7	13,9	6,7	10,3	16,1	8,3	12,2	23,9	13,9	18,9	31,7	18,3	25,0	32,8	19,4	26,1	31,1	18,9	25,0	29,4	18,3	23,9	24,4	14,4	19,4	13,9	6,7	10,3	13,9	8,9	11,4	21,5	12,0	16,7
935	12,2	4,4	8,3	13,9	5,6	9,8	17,8	9,4	13,6	21,7	11,1	16,4	19,4	10,6	15,0	28,3	16,1	22,2	34,4	21,1	27,8	32,2	19,4	25,8	30,6	18,9	24,8	21,7	12,2	17,0	15,6	8,9	12,3	13,9	7,2	10,6	21,8	12,1	16,9
936	13,9	8,3	11,1	14,4	8,3	11,4	13,9	7,8	10,9	18,3	10,6	14,5	18,3	10,0	14,2	25,6	15,0	20,3	32,2	20,0	26,1	35,6	20,6	28,1	30,6	18,9	24,8	21,1	12,8	17,0	15,0	8,3	11,7	12,8	5,6	9,2	21,0	12,2	16,6
937	12,8	6,7	9,8	16,7	9,4	13,1	15,0	7,2	11,1	21,1	11,7	16,4	24,4	13,9	19,2	28,3	16,7	22,5	35,7	21,1	28,4	33,3	20,0	26,7	28,3	17,2	22,8	20,0	13,3	16,7	17,2	11,7	14,5	12,2	6,1	9,2	22,1	12,9	17,5
938	13,3	6,7	10,0	13,9	6,1	10,0	19,4	9,4	14,4	20,0	11,1	15,6	22,8	12,8	17,8	31,7	18,9	25,3	33,9	20,0	27,0	32,2	20,0	26,1	25,8	16,1	20,9	23,3	14,4	18,9	18,3	11,7	15,0	12,2	6,1	9,2	22,2	12,8	17,5
939	12,8	7,8	10,3	15,0	7,2	11,1	17,2	7,2	12,2	17,8	9,4	13,6	23,9	13,3	18,6	26,1	15,6	20,9	32,8	19,4	26,1	30,6	18,3	24,5	27,8	17,2	22,5	18,9	13,3	16,1	17,2	10,0	13,6	12,8	7,2	10,0	21,1	12,2	16,6
940	12,2	6,1	9,2	15,6	8,9	12,3	18,3	11,1	14,7	20,6	11,1	15,9	22,2	12,8	17,5	26,7	16,1	21,4	32,2	19,4	25,8	33,3	21,1	27,2	28,3	17,2	22,8	20,0	12,8	16,4	16,1	8,9	12,5	13,3	6,1	9,7	21,6	12,6	17,1
941	10,0	5,0	7,5	13,3	6,7	10,0	16,1	8,3	12,2	17,8	10,0	13,9	20,0	11,1	15,6	28,3	16,7	22,5	32,2	20,0	26,1	33,9	21,1	27,5	28,3	18,3	23,3	25,6	15,6	20,6	15,6	10,0	12,8	13,3	6,7	10,0	21,2	12,5	16,8
942	11,7	5,0	8,4	12,8	4,4	8,6	15,6	8,9	12,3	17,2	10,0	13,6	23,9	14,4	19,2	28,9	17,2	23,1	34,4	20,6	27,5	32,8	20,0	26,4	28,3	17,2	22,8	22,8	14,4	18,6	16,1	10,0	13,1	13,9	7,2	10,6	21,5	12,4	17,0
943	13,3	6,7	10,0	15,0	6,7	10,9	16,1	8,9	12,5	22,2	13,3	17,8	25,6	15,0	20,3	32,2	19,4	25,8	31,1	19,4	25,3	35,0	21,7	28,4	26,7	16,1	21,4	21,1	12,8	17,0	16,1	8,3	12,2	12,2	6,1	9,2	22,2	12,9	17,5
944	14,4	6,1	10,3	13,9	5,0	9,5	17,8	7,8	12,8	21,1	12,2	16,7	25,0	14,4	19,7	28,3	17,8	23,1	33,3	19,4	26,4	31,1	18,9	25,0	27,8	17,8	22,8	21,1	11,7	16,4	17,2	10,0	13,6	12,8	6,1	9,5	22,0	12,3	17,1
945	9,4	2,2	5,8	19,4	8,9	14,2	19,4	8,9	14,2	25,6	15,0	20,3	25,0	13,9	19,5	30,6	18,3	24,5	32,8	19,4	26,1	31,1	18,9	25,0	31,1	18,9	25,0	23,9	15,0	19,5	17,8	12,2	15,0	15,0	8,3	11,7	23,4	13,3	18,4
946	11,7	5,0	8,4	17,2	7,8	12,5	15,6	7,8	11,7	17,8	10,0	13,9	18,3	10,6	14,5	29,4	17,8	23,6	35,6	21,1	28,4	33,3	20,6	27,0	28,9	18,3	23,6	23,3	15,0	19,2	16,1	9,4	12,8	12,2	5,0	8,6	21,6	12,4	17,0
EDIA	13,4	6,2	9,8	15,3	7,1	11,2	17,2	8,7	12,9	20,2	10,8	15,5	24,1	13,6	18,9	29,5	17,5	23,5	34,1	20,4	27,2	34,4	20,8	27,6	29,5	18,1	23,8	23,4	14,3	18,8	17,0	10,0	13,5	13,9	6,9	10,4	22,7	12,9	17,8

TEMPERATURAS DE RIOTINTO, PERIODO 1.947 - 1.976

TM>D = Temperatura media máximas diarias.

TM<D = Temperatura media mínimas diarias.

TM = Temperatura media.

	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ANUAL		
AÑO	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM
1947	11,7	5,0	8,4	12,2	7,2	9,7	16,1	9,4	12,8	22,8	12,2	17,5	23,9	13,3	18,6	30,8	18,9	24,8	34,4	20,0	27,2	31,7	20,0	25,9	27,8	18,3	23,1	23,9	15,0	19,5	21,7	12,8	17,3	13,9	6,7	10,3	22,6	13,2	17,9
1948	13,9	7,2	10,6	16,1	8,9	12,5	19,4	11,1	15,3	18,3	10,6	14,5	19,4	12,2	15,8	30,0	17,8	23,9	32,8	19,4	26,1	32,2	20,0	26,1	30,0	18,3	24,2	22,8	14,4	18,6	20,8	11,7	16,2	14,4	8,3	11,4	22,5	13,3	17,9
1949	14,4	7,2	10,8	16,7	7,8	12,3	16,7	8,9	12,8	22,2	12,8	17,5	22,8	13,3	18,1	29,4	18,3	23,9	33,3	21,1	27,2	35,0	22,2	28,6	26,1	17,8	22,0	23,9	15,8	19,8	17,2	11,1	14,2	12,8	7,2	10,0	22,5	13,6	18,1
1950	12,8	6,7	9,8	15,6	7,2	11,4	17,2	8,9	13,1	20,6	11,1	15,9	21,7	12,8	17,3	28,9	17,8	23,4	33,9	21,7	27,8	32,8	20,0	26,4	29,4	18,3	23,9	22,8	14,4	18,6	18,3	11,1	14,7	11,1	5,0	8,1	22,1	12,9	17,5
1951	12,8	6,1	9,5	12,2	6,1	9,2	16,1	8,9	12,5	20,0	11,1	15,6	20,0	10,6	15,3	30,0	18,3	24,2	31,1	18,9	25,0	31,7	19,4	25,6	28,9	18,3	23,6	21,1	12,8	17,0	16,1	9,4	12,8	14,4	8,3	11,4	21,2	12,4	16,8
1952	11,7	4,4	8,1	14,4	6,7	10,6	18,9	10,6	14,8	18,9	10,6	14,8	21,7	12,8	17,3	27,2	17,8	22,5	31,7	19,4	25,6	31,1	18,9	25,0	26,1	15,6	20,9	23,9	15,0	19,5	17,8	10,6	14,2	14,4	7,2	10,8	21,5	12,5	17,0
1953	12,2	5,6	8,9	13,3	5,6	9,5	16,7	8,3	12,5	19,4	10,6	15,0	26,7	16,1	21,4	27,8	16,7	22,3	33,3	20,8	27,0	33,9	21,1	27,5	28,3	17,8	23,1	21,1	13,9	17,5	18,3	11,1	14,7	15,0	8,9	12,0	22,2	13,0	17,6
1954	10,6	3,3	7,0	12,8	5,6	9,2	15,0	7,8	11,4	18,9	9,4	14,2	26,7	15,6	21,2	28,3	16,1	22,2	33,9	20,0	27,0	31,1	18,9	25,0	30,0	18,9	24,5	25,6	15,6	20,6	17,8	12,2	15,0	15,0	7,8	11,4	22,1	12,6	17,4
1955	14,4	9,4	11,9	14,4	7,2	10,8	14,4	7,8	11,1	22,8	12,8	17,8	26,7	16,1	21,4	28,9	17,8	23,4	31,7	19,4	25,6	32,2	20,0	26,1	30,0	19,4	24,7	22,8	14,4	18,6	16,1	11,1	13,6	16,1	9,4	12,8	22,5	13,7	18,1
1956	12,8	6,7	9,8	9,4	2,2	5,8	15,6	8,3	12,0	16,7	9,4	13,1	23,3	13,3	18,3	28,9	16,7	22,8	31,7	18,9	25,3	30,6	19,4	25,0	26,7	16,7	21,7	23,3	15,6	19,5	12,2	8,9	10,6	13,3	6,1	9,7	20,4	11,9	16,1
1957	11,7	4,4	8,1	15,6	8,3	12,0	18,3	10,6	14,5	18,3	9,4	13,9	21,7	12,8	17,3	26,1	15,6	20,9	33,3	20,6	27,0	33,3	20,6	27,0	29,4	19,4	24,4	21,7	13,3	17,5	16,1	8,9	12,5	12,2	5,6	8,9	21,5	12,5	17,0
1958	12,2	6,1	9,2	16,1	8,9	12,5	16,1	8,3	12,2	19,4	10,0	14,7	25,0	13,9	19,5	27,2	16,1	21,7	32,2	19,4	25,8	31,7	19,4	25,6	29,4	18,9	24,2	23,9	15,0	19,5	17,8	10,0	13,9	13,9	8,3	11,1	22,1	12,9	17,5
1959	13,9	7,8	10,9	13,3	6,1	9,7	15,0	8,3	11,7	18,3	10,6	14,5	21,1	13,3	17,2	28,3	17,2	22,8	32,8	20,0	26,4	32,2	20,0	26,1	26,1	17,2	21,7	20,6	13,3	17,0	16,1	9,4	12,8	12,8	7,2	10,0	20,9	12,5	16,7
1960	12,5	5,9	9,2	14,6	8,1	11,4	16,6	9,2	12,9	21,0	11,6	16,3	25,8	15,0	20,4	30,3	18,6	24,6	32,5	19,3	25,9	31,3	19,1	25,2	28,3	17,1	22,7	18,4	11,8	15,1	18,1	9,8	13,0	11,5	5,6	8,6	21,6	12,6	17,1
1961	12,0	5,5	8,8	18,6	9,6	14,1	20,2	10,1	15,2	19,8	11,2	15,5	26,0	15,6	20,8	28,0	18,3	23,2	32,9	20,6	26,8	33,4	20,7	27,1	29,1	18,3	23,7	20,9	14,0	17,5	15,5	9,3	12,4	15,1	8,1	11,6	22,6	13,4	18,0
1962	13,7	6,9	10,3	14,9	7,1	11,0	14,8	8,2	11,5	19,5	11,3	15,4	34,0	13,8	23,9	27,7	17,3	22,5	33,2	19,8	26,5	34,9	21,5	28,2	30,3	19,4	24,9	23,3	15,8	19,6	14,0	7,6	10,8	12,6	6,8	9,7	22,7	13,0	17,9
1963	11,7	7,0	9,4	11,0	5,7	8,4	15,5	8,2	11,9	19,0	10,7	14,9	24,2	14,1	19,2	27,3	16,6	22,0	32,8	19,8	26,3	31,6	19,5	25,6	27,1	17,2	22,2	25,9	15,9	20,9	16,2	10,7	13,5	12,7	7,2	10,0	21,3	12,7	17,0
1964	13,2	6,4	9,8	14,4	8,1	11,3	15,5	8,1	11,8	19,6	10,5	15,1	28,3	16,5	22,4	27,9	17,3	22,6	32,7	19,9	26,3	32,8	19,9	26,4	30,8	20,5	25,7	22,3	13,1	17,7	17,5	10,1	13,8	12,1	5,8	9,0	22,3	13,0	17,6
1965	12,6	5,7	9,2	12,9	5,5	9,2	16,4	8,7	12,6	22,0	12,4	17,2	27,7	15,6	21,7	30,5	18,5	24,5	30,9	17,9	24,4	33,1	20,1	26,6	25,8	15,9	20,9	19,3	14,2	16,8	14,6	9,4	12,0	13,5	5,7	9,6	21,6	12,5	17,0
1966	14,1	8,6	11,4	14,9	8,3	11,6	18,0	8,7	13,4	18,7	10,8	14,8	25,8	14,9	20,4	27,4	16,6	22,0	31,8	18,4	25,1	32,9	19,7	26,3	29,7	18,7	24,2	19,8	12,4	16,0	14,4	7,1	10,8	14,2	6,5	10,4	21,8	12,6	17,2
1967	12,9	5,8	9,4	15,1	7,2	11,2	19,2	10,5	14,9	18,7	9,8	14,3	21,8	12,2	17,0	27,2	16,9	22,1	34,0	20,3	27,2	32,4	19,7	26,1	27,9	16,8	22,4	23,1	14,6	18,9	15,4	9,4	12,4	12,3	5,3	8,8	21,7	12,4	17,0
1968	14,5	5,8	10,2	12,9	6,8	9,9	15,2	7,7	11,5	18,0	9,9	14,0	23,4	13,0	18,2	28,9	16,3	22,6	33,0	20,0	26,5	31,3	18,5	24,8	28,3	17,3	22,8	25,8	15,9	20,9	16,5	9,9	13,2	13,1	7,2	10,2	21,7	12,4	17,1
1969	13,7	7,2	10,5	12,2	6,0	9,1	14,4	8,0	11,2	18,8	9,5	14,2	21,4	12,2	16,8	26,1	15,5	20,8	33,8	20,3	27,1	32,7	19,7	26,2	23,9	14,4	19,2	20,7	13,9	17,3	11,7	15,5	13,6	12,1	5,1	8,6	20,1	12,3	16,2
1970	13,0	7,5	10,3	15,3	7,3	11,3	15,1	6,9	11,0	19,8	10,3	15,1	23,1	12,8	18,0	25,4	15,6	20,5	33,5	20,1	26,8	31,3	19,1	25,2	30,8	18,7	24,8	23,1	13,8	18,5	19,2	11,5	15,4	11,9	4,7	8,3	21,8	12,4	17,1
1971	11,8	5,3	8,6	16,3	7,1	11,7	15,0	6,6	10,8	16,4	8,9	12,7	18,2	10,7	14,5	24,8	14,6	19,7	30,9	18,9	24,9	29,9	18,0	24,0	28,9	17,6	23,3	25,9	15,7	20,8	15,3	7,4	11,4	13,6	6,7	10,2	20,6	11,5	16,0
1972	10,9	4,5	7,7	12,3	6,3	9,3	13,9	6,8	10,4	20,1	10,4	15,3	23,4	10,4	16,9	26,3	14,3	20,3	30,4	18,1	24,3	31,5	17,8	24,7	24,2	15,2	19,7	19,9	11,8	15,9	16,8	10,2	13,5	14,9	4,6	9,8	20,4	10,9	15,6
1973	12,5	5,3	8,9	14,0	5,5	9,8	15,8	7,4	11,6	20,1	9,7	14,9	22,8	13,1	18,0	27,1	16,5	21,8	31,8	19,0	25,4	33,6	20,3	27,0	28,1	17,5	22,8	21,4	13,1	17,3	18,4	10,7	14,6	13,4	5,1	9,3	21,6	11,9	16,8
1974	14,4	7,3	10,9	13,5	6,0	9,8	14,9	6,7	10,8	15,7	7,9	11,8	23,8	13,2	18,5	26,8	16,2	21,5	33,9	20,9	27,4	32,7	19,1	25,9	27,8	15,4	21,6	21,2	12,0	16,6	18,0	10,0	14,0	16,5	8,1	12,3	21,6	11,9	16,8
1975	14,2	6,5	10,4	14,1	7,3	10,7	13,8	6,8	10,3	18,9	9,1	14,0	20,2	10,7	15,5	26,5	14,9	20,7	34,3	20,6	27,5	33,4	20,4	26,9	26,2	15,4	20,8	24,5	13,6	19,1	18,0	9,0	13,5	11,9	5,2	8,6	21,3	11,6	16,5
1976	14,4	5,0	9,7	14,2	6,7	10,5	16,8	7,1	12,0	16,5	8,2	12,4	23,8	13,4	18,6	30,8	18,4	24,6	32,1	19,9	26,0	31,6	20,1	25,9	25,0	15,8	20,4	19,0	11,8	15,4	14,6	7,0	10,8	13,4	7,9	10,7	21,0	11,8	16,4
MEDIA	12,7	6,3	9,5	14,2	7,0	10,6	16,6	8,9	12,8	19,8	11,0	15,4	24,6	14,1	19,4	28,6	17,4	23,0	32,6	19,8	26,2	32,5	20,0	26,3	28,6	18,1	23,3	22,4	14,3	18,3	16,7	10,1	13,4	13,6	7,1	10,3	21,9	12,8	17,4

TEMPERATURAS DE RIOTINTO, PERIODO 1.977 - 2.000

M>D = Temperatura media máximas diarias.

M<D = Temperatura media mínimas diarias.

M = Temperatura media.

	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ANUAL		
ÑO	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM	TM>D	TM<D	TM
977	11,4	6,3	8,9	13,7	6,8	10,3	17,2	8,8	13,0	20,6	10,6	15,6	22,1	11,8	17,0	25,7	13,1	19,4	29,8	16,8	23,3	30,2	16,0	23,1	29,8	17,6	23,7	21,8	13,8	17,8	15,6	8,7	12,2	14,6	8,9	11,8	21,0	11,6	16,3
978	16,0	6,1	11,1	13,9	7,5	10,7	18,3	8,3	13,3	16,8	8,2	12,5	19,9	10,7	15,3	23,0	13,3	18,2	33,8	19,4	26,6	33,3	18,8	26,1	32,5	19,5	26,0	23,1	13,4	18,3	18,2	9,0	13,6	14,7	7,7	11,2	22,0	11,8	16,9
979	14,4	6,8	10,6	14,3	7,3	10,8	15,8	5,8	10,8	19,8	8,6	14,2	27,0	11,6	19,3	32,3	15,6	24,0	32,9	17,3	25,1	35,6	18,2	26,9	30,6	15,7	23,2	20,6	11,5	16,1	19,5	8,0	13,8	15,9	5,3	10,6	23,2	11,0	17,1
980	14,6	4,7	9,7	16,5	5,7	11,1	18,8	7,3	13,1	22,4	9,1	15,8	23,6	11,3	17,5	32,7	15,5	24,1	35,4	17,3	26,4	36,8	18,6	27,7	33,5	17,1	25,3	24,5	11,4	18,0	17,7	7,1	12,4	15,9	4,5	10,2	24,4	10,8	17,6
981	16,7	4,1	10,4	15,8	3,7	9,8	21,3	7,7	14,5	18,6	8,0	13,3	25,2	11,2	18,2	33,0	16,0	24,5	35,9	18,0	27,0	34,7	16,7	25,7	30,8	14,8	22,8	26,6	12,4	19,5	23,0	10,2	16,6	16,3	5,8	11,1	24,8	10,7	17,8
982	15,3	5,7	10,5	15,3	5,0	10,2	21,0	8,0	14,5	21,1	8,7	14,9	26,9	12,3	19,6	33,7	15,2	24,5	33,1	16,4	24,8	35,9	17,9	26,9	30,3	15,1	22,7	23,0	11,0	17,0	17,4	7,5	12,5	13,1	3,6	8,4	23,8	10,5	17,2
983	17,3	4,6	11,0	14,1	4,1	9,1	21,3	8,2	14,8	19,8	7,6	13,7	22,9	10,4	16,7	32,4	15,4	23,9	32,2	15,4	23,8	32,8	16,7	24,8	34,6	16,8	25,7	27,2	14,0	20,6	18,5	11,5	15,0	15,4	5,5	10,5	24,0	10,9	17,4
984	13,5	3,4	8,5	15,8	3,7	9,8	15,0	4,6	9,8	21,7	10,4	16,1	20,5	8,6	14,6	27,2	12,4	19,8	35,6	16,7	26,2	34,5	16,5	25,5	31,5	14,8	23,2	24,0	10,7	17,4	16,2	8,7	12,5	14,9	7,1	11,0	22,5	9,8	16,2
985	12,6	2,8	7,7	15,7	8,2	12,0	17,4	5,1	11,3	21,5	8,4	15,0	22,0	9,5	15,8	30,8	15,4	23,1	34,5	15,8	25,2	36,0	17,2	26,6	34,1	17,3	25,7	28,1	12,7	20,4									
986																																							
987	15,0	6,5	10,8	16,9	7,2	12,1	21,4	9,9	15,7	23,1	10,6	16,9	26,2	13,1	19,7	31,9	14,0	23,0	33,3	18,3	25,8	33,7	18,2	26,0	30,9	19,5	25,2	21,3	11,5	16,4	17,6	10,1	13,9	17,4	10,2	13,8	24,1	12,4	18,2
988	14,9	7,2	11,1	15,0	6,7	10,9	21,4	9,0	15,2	20,8	9,8	15,3	21,9	11,6	16,8	25,1	14,1	19,6	33,8	20,0	26,9	35,7	19,2	27,5	33,4	18,2	25,8	24,8	13,6	19,2	19,2	11,8	15,5	16,6	7,5	12,1	23,6	12,4	18,0
989	17,4	7,8	12,6	18,0	7,6	12,8	22,0	10,0	16,0	18,0	8,1	13,1	25,8	13,1	19,5	31,2	16,2	23,7	37,7	20,0	28,9	34,8	18,8	26,7	30,4	16,0	23,2	27,9	14,3	21,1	19,8	10,7	15,3	16,5	9,7	13,1	25,0	12,7	18,8
990	15,6	7,0	11,3	21,3	9,0	15,2	21,3	10,2	15,8	19,9	8,9	14,4	26,6	13,4	20,0	31,8	15,4	23,6	36,9	19,7	28,3	36,3	20,5	28,4	32,9	17,0	25,0	22,5	12,4	17,5	19,7	8,9	14,3	17,0	6,1	11,6	25,2	12,4	18,8
991	15,5	6,3	10,9	14,8	5,4	10,1	18,6	7,8	13,2	19,8	8,3	14,1	26,1	12,2	19,2	33,2	16,3	24,8	36,3	18,9	27,6	37,2	19,6	28,4	32,1	17,7	24,9	22,1	11,2	16,7	19,2	9,1	14,2	18,7	8,9	13,8	24,5	11,6	18,1
992	15,6	5,4	10,5	18,3	7,4	12,9	22,7	9,5	16,1	24,8	9,8	17,3	28,3	13,7	21,0	24,8	13,2	19,0	36,4	19,2	27,8	35,9	18,0	27,0	32,6	16,1	24,4	22,2	10,5	16,4	22,2	10,9	16,6	18,0	7,6	11,8	25,0	11,8	18,4
993	18,4	6,5	12,5	17,1	7,1	12,1	20,2	8,8	14,5	21,6	7,5	14,6	22,0	10,6	16,3	29,2	14,1	21,7	36,3	19,2	27,8	33,2	17,7	25,5	26,8	13,1	20,0	20,7	10,8	15,8	18,7	9,5	14,1	18,0	7,9	13,0	23,5	11,1	17,3
994	16,0	6,2	11,1	16,8	7,4	12,1	24,3	10,5	17,4	22,3	9,1	15,7	24,2	11,9	18,1	32,9	15,8	24,4	36,2	20,1	28,2	35,6	19,0	27,3	29,3	14,7	22,0	24,8	13,9	19,4	22,4	11,5	17,0	16,0	7,8	11,9	25,1	12,3	18,7
995	16,3	8,0	12,2	18,4	8,4	13,4	21,5	9,6	15,6	24,3	9,9	17,1	28,9	14,1	21,5	29,7	15,9	22,8	35,7	19,0	27,4	34,6	18,9	26,8	28,1	14,4	21,3	28,1	14,7	21,4	20,5	12,5	16,5	16,1	9,4	12,8	25,2	12,9	19,0
996	13,6	7,7	10,7	15,0	5,2	10,1	19,3	9,5	14,4	23,5	11,1	17,3	23,5	13,1	18,3	33,0	17,7	25,4	35,6	18,4	27,0	33,3	17,4	25,4	28,9	14,5	21,7	26,6	13,7	20,2	20,1	11,3	15,7	17,1	8,4	12,8	24,1	12,3	18,2
997	15,4	7,2	11,3	22,4	10,4	16,4	26,8	11,9	19,4	25,5	12,6	19,1	24,8	12,4	18,5	27,8	14,4	21,1	32,5	17,8	25,2	33,5	18,5	26,0	32,0	18,1	25,1	26,4	14,8	20,6	17,7	10,2	14,0	16,0	8,1	12,1	25,1	13,0	19,0
998	15,9	7,7	11,8	18,9	9,5	14,2	24,5	11,4	18,0	20,1	7,6	13,9	23,6	12,6	18,1	33,2	15,8	24,5	36,5	19,1	27,8	36,3	19,9	28,1	29,0	16,6	22,8	26,7	12,1	19,4	21,2	10,8	15,9	19,0	7,5	13,3	25,4	12,5	19,0
999	16,5	6,0	11,3	18,2	4,5	11,4	21,1	7,9	14,5	24,6	10,6	17,6	27,5	12,5	20,0	35,1	17,3	26,2	37,3	17,0	27,2	36,2	17,4	26,8	27,8	14,9	21,4	23,7	13,5	18,6	18,2	8,7	13,5	16,4	8,2	12,3	25,2	11,5	18,4
000	16,7	5,7	11,2	21,3	9,9	15,6	22,2	9,7	16,0	17,9	8,0	13,0	25,8	14,1	20,0	33,3	16,0	24,7	35,6	17,2	26,4	36,4	19,5	28,0	31,5	17,1	24,3	25,5	12,8	19,2	16,8	8,5	12,7	16,7	10,1	13,4	25,0	12,4	18,7
EDIA	15,4	6,1	10,7	16,8	6,9	11,9	20,6	8,7	14,6	21,2	9,2	15,2	24,6	12,0	18,3	30,6	15,1	22,9	34,9	18,1	26,5	34,9	18,2	26,6	31,0	16,4	23,7	24,4	12,6	18,5	19,1	9,8	14,4	16,3	7,5	11,9	24,2	11,8	18,0

HUMEDADES DE RIOTINTO, PERIODO 1.918 - 1947

(%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
1918	86	73	75	77	62	47	43	45	54	54	78	77	64
1919	78	87	71	63	52	52	47	33	52	60	74	72	62
1920	79	75	70	64	57	46	44	44	50	75	80	78	64
1921	76	81	63	61	58	47	44	40	60	69	73	70	62
1922	74	77	79	59	48	54	41	42	52	71	71	77	62
1923	67	81	69	75	54	52	43	34	48	60	79	72	61
1924	80	73	86	62	50	39	35	46	64	68	74	82	63
1925	78	77	65	60	56	72	46	44	48	70	78	85	65
1926	79	76	67	67	58	44	42	44	44	66	83	70	62
1927	76	78	74	51	61	47	44	42	48	64	72	87	62
1928	76	73	79	76	67	49	37	41	59	66	73	74	64
1929													
1930													
1931													
1932													
1933													
1934	77	63	75	72	58	48	47	44	47	52	76	86	62
1935	67	72	65	52	65	50	42	49	48	59	79	82	61
1936	87	87	83	71	72	58	50	51	48	65	69	71	68
1937	81	74	78	63	47	51	34	45	47	73	64	76	61
1938	72	69	54	70	64	49	38	44	64	61	71	81	61
1939	86	68	58	62	52	63	52	50	61	81	72	82	66
1940	80	78	73	58	58	57	42	41	50	75	72	69	63
1941	75	84	75	73	63	50	48	45	62	56	74	75	65
1942	78	64	81	69	60	54	42	44	55	65	78	78	64
1943	86	66	76	63	50	40	45	35	59	72	65	78	61
1944	73	57	66	64	53	56	48	55	59	63	65	75	61
1945													
1946													
1947													
MEDIA	78	74	72	65	58	51	43	44	54	66	74	77	63

HUMEDADES DE RIOTINTO, PERIODO 1.948 - 1977

(%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
1948													
1949													
1950													
1951													
1952													
1953													
1954													
1955													
1956													
1957													
1958					45	44	37	45	49		56	73	
1959	70	52	66	53	59	43	46	49	61	51	75	81	59
1960	77	80	71	55	56	47	41	42	49	70	76	68	61
1961	73	64	55	64	51	49	43	48	55	75	82	84	62
1962	85	65	83							65	74	70	
1963	80	78	71	62	52	57	44	44	55		79	82	64
1964	76	81	77	60	56	57	47	47	54	54	73	76	63
1965	80	72	75	53	47	44	41	135	54	63	84	83	69
1966	92	88	53	70	48	50	48	41	49	84	72	74	64
1967	78	80	65	68	66	46	35	39	45	76	79	70	62
1968	63	83	72	74	62	64	51	55	62	66	84	83	68
1969	87	84	81	67	66	54	36	44	70	62	81	76	67
1970	94	66	68	55	51	60	41	45	55	77	67	73	63
1971	87	63	59	79	78	54	54	50	61	53	67	74	65
1972	82	87	85	69	72	71	50	51	64	62	79	82	71
1973	69	66	67	64	68	63	48	51	54	86	80	79	66
1974	86	77	76	80	61	72	46	61	71	75	75	72	71
1975	75	81	80	72	75	71	63	67	75	64	74	84	73
1976	72	89	72	86	70	51	65	61	79	75	76	86	74
1977	87	90	69	65	66	73	68	61	67	80	77	86	74
MEDIA	80	76	71	66	60	56	48	55	59	69	76	78	67

HUMEDADES DE RIOTINTO, PERIODO 1.978 - 2.000

(%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
1978	77	82	70	82	77	76	56	57	64	62	76	84	72
1979	87	83	79	69	67	66	70	64	74	86	77	82	75
1980	88	91	87	83	84	84	83	86	90	87	89	80	86
1981	83	86	86	90	86	84	85	89	90	89	87	94	87
1982	92	91	85	88	86	85	87	90	90	90	92	91	89
1983	90	92	88	88	87	89	87	89	91	90	96	92	90
1984	88	85	89	90	89	88	84	87	91	84	91	91	88
1985	91	92	86	90	87	89	86	86	91	86			
1986													
1987								60	63	76	72	79	
1988	80	66	49	64	60	65	49	53	56	71	77	63	63
1989	72	68	69	76	57	53	48	66	25				
1990	70	86	64	64	40	46	50	60	77	82	87	86	68
1991	83	85	78	78	57	52	52	66	75	79	82	84	73
1992	85	83	75	74	65	73	64	64	68	81	87	88	76
1993	85	82	81	83	76	61	50	76	75	84	87	88	77
1994	82	88	75	82	80	58	55	70	74	82	91	94	78
1995	87	89	77	80	69	71	64	79	83	79	85	89	79
1996	91	89	76	77	74	61	64	77	80	80	88	96	79
1997	94	84	67	78	74	66	66	75	79	85	95	93	80
1998	88	83	74	84	79	60	65	77	90	87	87	85	80
1999	85	84	84	76	76	68	83	82	86	92	86	95	83
2000	86	84	81	88	76	69	81	83	83	86	98	94	84
MEDIA	85	84	77	80	74	70	68	74	77	83	87	87	79

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.987

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	N-S	45 N-E	W-E	N-S	45 N-W	10 S-E	60 N-W	45 N-E	80 N-W	45 S-W	30 S-E	45 S-E
2	45 S-E	60 N-W	N-S	45 S-E	45 N-W	10 S-E	45 S-E	45 N-E	N-S	80 N-W	30 S-E	45 S-E
3	45 S-E	30 S-W	80 S-W	10 S-E	45 N-W	45 S-E	10 N-W	80 S-E	N-S	80 N-W	60 N-E	40 S-E
4	45 S-E	10 N-E	80 S-W	10 N-W	45 N-W	45 S-E	10 N-W	45 N-W	45 N-W	80 N-W	60 S-E	45 S-E
5	10 N-E	45 N-W	80 S-E	10 N-W	45 S-E	45 S-E	10 N-W	45 N-W	45 S-E	80 N-W	45 S-W	45 S-E
6	10 N-E	W-E	80 S-E	10 N-W	45 S-E	45 S-E	45 S-E	45 N-W	45 S-E	45 S-E	60 S-E	45 S-E
7	45 N-W	W-E	80 S-E	45 S-E	60 S-W	45 S-E	45 S-E	45 S-W	45 S-E	45 S-E	45 S-W	45 S-E
8	45 N-E	W-E	80 S-E	45 N-E	45 N-W	45 S-E	S-N	45 S-W	45 S-E	45 S-E	45 S-W	20 S-W
9	45 N-E	45 N-E	80 N-E	30 S-E	45 N-W	45 S-E	45 N-W	45 S-W	S-N	45 N-W	45 S-W	20 S-W
10	45 N-E	45 S-E	80 N-W	45 S-E	45 N-W	80 S-E	60 S-E	50 S-E	45 N-W	45 N-W	45 N-W	45 S-W
11	45 N-E	45 S-E	80 N-W	45 S-W	W-E	30-N-W	E-W	S-N	S-N	45 N-W	70 N-W	40 S-W
12	S-N	W-E	80 S-W	45 S-W	N-S	10 S-W	E-W	80 S-W	50 N-W	45 N-W	70 N-W	30 N-W
13	60 S-E	W-E	45 N-W	45 S-W	45 S-E	10 S-W	E-W	45 N-W	50 N-W	30 N-W	30 N-W	30 N-W
14	20 N-E	W-E	45 N-W	45 N-W	45 S-E	10 S-W	20 S-W	60 S-E	50 N-W	30 S-W	45 N-W	30 N-W
15	80 S-E	W-E	45 N-W	80 N-W	60 S-E	10 S-W	40 N-W	60 S-E	45 S-E	45 N-W	45 N-W	45 S-W
16	60 N-W	45 S-E s-e	60 N-W	80 S-W	80 S-E	80 S-E	45 N-W	60 S-E	45 S-E	45 N-W	45 N-W	50 S-W
17	60 N-W	45 S-E	60 N-W	80 S-W	80 S-E	S-N	40 N-W	60 S-E	45 S-E	45 S-E	60 S-E	30 S-E
18	60 N-W	45 S-E	10 S-E	80 S-W	80 S-E	10 S-E	45 N-W	60 S-E	10 S-W	45 S-E	45 S-E	45 S-E
19	60 S-W	30 N-W	10 S-E	80 S-W	30 N-E	10 S-E	45 N-W	40 S-W	10 S-W	45 S-E	60 S-E	45 S-E
20	60 N-W	30 N-W	10 S-E	60 S-E	80 N-W	45 N-E	45 N-W	S-N	10 S-W	80 S-W	45 S-E	45 S-E
21	60 N-W	30 N-W	60 S-E	75 N-E	60 N-E	45 N-E	45 S-W	80 N-W	10 S-W	45 N-E	45 S-W	45 S-E
22	60 N-W	30 N-W	60 S-E	10 N-E	S-N	45 N-E	45 S-W	45 N-W	50 N-W	10 N-E	45 S-W	60 S-E
23	10 N-E	30 N-W	60 S-E	60 S-E	20 N-W	45 S-E	50 S-W	45 N-W	W-E	30 S-E	45 S-W	45 S-E
24	10 N-E	45 S-E	60 N-E	80 N-E	20 N-W	10 S-E	45 N-W	45 N-W	45 S-W	E-W	80 N-W	45 S-E
25	10 N-E	W-E	60 N-E	80 N-E	20 N-W	10 S-E	10 S-E	30 N-W	20 S-W	E-W	45 N-W	45 S-E
26	60 N-E	W-E	45 N-W	80 N-E	10 N-E	80 S-E	10 S-E	60 N-W	80 S-W	E-W	30 N-W	45 S-E
27	45 N-E	W-E	60 N-E	45 N-E	80 S-E	10 S-E	10 S-E	30 S-E	80 S-W	45 N-W	45 N-W	45 S-E
28	10 N-W	W-E	60 S-W	80 N-W	10 S-E	10 S-E	45 S-E	45 S-E	80 S-W	45 N-W	20 S-W	45 S-E
29	45 N-E		60 S-W	80 N-W	W-E	10 S-E	45 S-E	30 S-W	80 S-W	45 S-E	20 S-W	60 S-E
30	45 N-E		60 S-W	45 N-W	W-E	10 S-W	40 N-W	10 S-E	45 N-W	45 S-E	20 S-W	60 N-W
31	45 N-E		80 S-W		W-E		45 N-E	10 S-E		30 S-E		60 S-W

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.987

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	10	40	10	20	5	5	5	5	5	10	30	10
2	10	20	5	5	5	5	5	5	5	10	30	15
3	10	10	5	30	5	5	5	5	0	10	30	35
4	10	5	5	5	30	10	5	10	5	10	20	20
5	5	10	10	5	5	5	5	10	15	5	10	20
6	5	10	5	5	5	10	5	5	15	5	20	20
7	5	10	5	5	0	20	5	5	15	5	5	20
8	0	10	5	5	10	30	5	5	5	5	5	30
9	20	10	5	10	5	30	5	5	5	10	5	30
10	10	30	25	5	5	5	5	5	5	10	20	10
11	20	60	5	10	5	0	5	10	5	10	5	20
12	10	30	20	10	5	5	5	10	5	5	5	5
13	20	20	20	10	5	10	5	5	5	5	10	5
14	10	20	20	20	10	10	5	5	5	10	10	5
15	5	20	20	40	25	10	10	5	10	10	10	15
16	0	30	25	5	15	5	10	5	5	10	10	10
17	0	20	0	5	15	5	30	5	5	5	20	5
18	0	30	0	5	15	10	5	5	5	5	5	10
19	30	20	0	5	5	10	5	5	5	10	20	5
20	35	20	0	5	20	5	5	5	5	10	5	5
21	35	20	20	10	15	5	5	5	5	5	20	5
22	5	20	20	10	20	5	5	20	5	5	20	5
23	10	10	30	10	10	5	5	20	5	10	20	5
24	10	40	20	20	10	5	5	20	5	5	30	5
25	10	10	20	5	10	5	10	5	10	5	30	15
26	25	10	5	5	5	5	10	5	5	5	10	15
27	10	10	5	5	5	5	10	5	5	5	10	15
28	15	10	20	10	5	5	5	10	5	5	20	15
29	40		20	5	0	5	5	10	5	10	20	5
30	40		35	5	0	5	5	5	5	10	20	5
31	40		10		0	0	5	5		30		35
MAXIMA MES	40	60	35	40	30	30	30	20	15	30	30	35
MINIMA MES	0	5	0	5	0	0	5	5	0	5	5	5
MEDIA MES	15	20	13	10	9	8	7	7	6	8	16	14

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.988

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	N-S	60 N-W	E-W	45 N-W	45 S-W	80 N-E	45 N-W	60 S-E	45 N-W	45 S-E	E-W	N-S
2	N-S	N-S	45 S-E	70 N-W	45 S-W	45 N-W	80 S-E	60 S-E	50 N-W	45 S-E	E-W	45 N-W
3	N-S	N-S	40 S-E	70 N-W	30 N-W	45 N-W	80 S-E	30 N-W	60 S-E	45 S-E	E-W	N-S
4	S-N	70 N-W	40 S-E	70 N-W	40 S-E	45 S-W	80 S-E	45 N-E	60 S-E	60 N-W	45 S-E	N-S
5	S-N	80 N-W	50 N-W	45 N-W	45 S-E	45 S-W	80 N-W	80 S-W	60 S-E	50 N-E	45 S-E	N-S
6	45 N-W	45 N-W	50 N-W	40 N-W	45 S-E	45 S-W	80 S-E	30 N-E	80 N-E	50 N-W	45 S-E	E-W
7	45 N-W	45 N-W	50 N-W	W-E	80 N-E	S-N	N-S	30 N-E	60 S-E	45 N-W	45 S-E	E-W
8	45 S-W	45 N-W	45 S-E	45 N-E	80 N-E	S-N	N-S	30 N-E	80 S-W	45 N-W	80 N-E	E-W
9	10 S-W	45 N-W	45 N-E	40 N-E	80 N-E	S-N	S-N	70 S-W	45 S-W	45 N-W	45 S-E	E-W
10	10 S-W	N-S	S-N	40 N-E	45 S-E	S-N	S-N	30 N-W	80 N-W	45 N-W	E-W	50 S-W
11	10 S-W	80 N-W	E-W	40 N-E	45 S-W	W-E	S-N	45 N-W	80 N-W	45 S-W	30 S-E	50 S-W
12	45 N-W	45 N-W	45 S-E	50 N-W	40 N-W	W-E	E-W	30 N-W	80 N-W	45 N-W	45 S-E	50 S-W
13	45 S-E	E-W	45 S-E	45 N-W	80 N-W	W-E	80 N-W	45 N-W	80 N-W	45 N-W	45 S-E	30 N-E
14	40 S-E	E-W	45 S-E	70 N-E	W-E	S-N	45 N-W	45 N-W	N-S	60 N-W	45 S-E	S-N
15	S-N	E-W	45 N-W	45 S-E	W-E	S-N	80 N-E	45 N-W	E-W	45 S-E	60 S-E	S-N
16	N-S	45 S-E	45 N-W	W-E	W-E	45 S-W	70 N-W	45 N-W	N-S	45 S-E	75 S-E	10 N-W
17	N-S	45 S-E	W-E	W-E	40 N-W	50 N-W	70 N-W	45 N-W	45 S-E	45 S-E	80 S-E	45 S-E
18	N-S	40 S-E	N-S	W-E	40 N-W	50 S-E	70 N-W	45 N-W	45 S-E	S-N	45 S-E	45 S-E
19	45 N-W	40 S-E	W-E	45 N-W	45 N-W	50 S-E	45 N-W	30 N-W	45 S-E	40 N-W	85 N-W	45 S-E
20	45 N-W	45 S-E	W-E	E-W	45 N-E	50 S-E	45 N-W	45 S-E	E-W	80 N-E	85 N-W	50 S-W
21	80 N-W	45 S-E	W-E	70 S-E	45 N-W	45 S-E	40 N-E	45 S-E	60 N-W	S-N	85 N-W	45 N-E
22	45 S-W	45 S-E	N-S	60 N-W	45 N-W	45 S-E	60 N-E	45 S-E	45 N-W	45 S-E	45 S-E	60 S-E
23	45 S-W	E-W	80 N-E	45 S-W	45 N-W	E-W	60 N-W	45 N-E	45 N-W	45 S-E	60 S-E	45 S-E
24	45 S-W	N-S	E-W	45 S-W	E-W	45 N-E	60 N-W	N-S	45 S-E	45 S-E	E-W	60 S-E
25	45 S-W	80 N-E	40 N-W	45 S-W	30 N-W	50 N-W	60 N-W	50 N-E	45 S-E	E-W	40 S-E	60 S-E
26	45 S-W	E-W	45 S-W	N-S	45 N-W	50 N-W	60 N-W	80 S-E	45 S-E	45 S-E	S-N	60 S-E
27	40 S-E	60 S-E	45 S-W	45 N-W	40 N-W	50 N-W	10 N-W	50 N-W	S-N	E-W	S-N	70 S-E
28	30 S-W	60 S-E	45 S-W	50 S-E	80 N-W	45 N-W	45 S-E	50 N-W	60 S-E	45 S-E	S-N	E-W
29	45 S-E	60 S-E	30 N-W	45 N-W	80 N-W	45 S-E	45 N-W	50 N-W	W-E	S-N	45 S-E	E-W
30	60 N-W		45 N-W	45 N-W	80 N-W	45 N-W	60 S-E	60 N-W	40 N-W	S-N	60 N-W	45 S-E
31	60 N-W		45 N-W		45 N-E		60 S-E	80 N-W		S-N		70 N-W

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1,988

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	5	10	30	10	10	5	10	5	10	5	10	10
2	5	20	10	30	10	10	10	10	10	5	10	10
3	5	10	10	30	5	10	10	5	5	5	10	5
4	5	10	5	30	10	5	10	0	5	5	10	5
5	5	15	5	10	10	5	5	5	5	5	30	5
6	10	5	5	30	5	5	5	5	20	5	30	10
7	10	5	5	5	10	10	10	5	20	5	30	10
8	5	5	10	5	10	5	5	5	5	5	15	15
9	5	5	5	5	10	5	5	5	10	5	5	15
10	5	15	5	5	10	5	5	5	5	5	15	5
11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	5
12	0	5	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5
13	30	40	10	10	10	5	5	5	5	5	5	15
14	15	40	10	5	5	5	5	5	10	5	5	5
15	5	40	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5
16	10	20	10	5	5	5	5	5	20	5	10	5
17	10	20	10	5	10	5	5	5	15	5	20	5
18	10	10	5	5	5	5	5	5	15	10	5	5
19	10	10	10	10	10	5	10	5	15	5	5	5
20	15	15	10	15	10	5	10	5	5	5	5	5
21	20	15	10	10	10	10	5	5	5	5	5	25
22	10	15	5	5	10	10	5	5	5	10	10	20
23	10	5	15	15	10	5	5	5	5	10	20	5
24	10	5	5	15	5	5	5	5	5	10	30	10
25	10	10	5	15	5	10	5	5	5	10	30	10
26	10	30	10	15	10	10	5	10	5	20	5	10
27	15	20	10	5	10	10	5	10	5	10	5	5
28	5	20	10	5	15	5	5	10	10	10	5	10
29	10	20	5	10	15	10	5	10	5	5	5	15
30	10		5	10	15	5	5	5	10	5	5	40
31	10		10		5		5	5		5		5
MAXIMA MES	30	40	30	30	15	10	10	10	20	20	30	40
MINIMA MES	0	5	5	5	5	5	5	0	5	5	5	5
MEDIA MES	9	15	9	11	9	7	6	6	9	7	12	10

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.989

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	70 N-W	45 S-E	60 N-W	W-E	S-N	45 N-W	45 N-W	45 N-W	N-S	45 S-E	45 S-W	60 S-E
2	70 N-W	45 S-E	50 N-W	W-E	S-N	50 N-W	45 N-W	S-N	W-E	W-E	45 S-W	60 S-E
3	E-W	45 S-E	45 N-W	W-E	80 N-E	45 N-W	45 N-W	80 S-W	W-E	45 S-W	80 N-W	60 S-E
4	45 S-E	45 N-E	S-N	W-E	50 S-E	45 N-W	45 N-W	45 S-W	W-E	45 N-E	80 N-W	60 S-E
5	E-W	45 N-E	S-N	50 N-W	45 S-E	45 N-W	50 N-W	45 S-W	S-N	45 N-E	80 N-W	60 S-E
6	45 N-E	45 N-E	S-N	45 N-W	20 N-W	50 S-W	50 N-W	45 S-W	E-W	45 N-E	80 N-W	15 S-E
7	45 N-E	E-W	45 S-W	80 S-E	20 N-W	60 N-W	60 N-W	45 S-W	45 S-W	45 N-E	45 N-W	15 S-E
8	45 N-E	80 S-E	20 N-E	50 N-W	20 N-W	45 N-W	E-W	45 N-W	W-E	E-W	60 N-W	50 S-E
9	45 N-E	45 N-W	W-E	50 N-W	40 N-W	45 N-W	E-W	S-N	N-S	45 S-E	45 S-E	50 S-E
10	45 S-E	40 S-E	45 S-E	50 N-W	45 N-W	W-E	E-W	45 N-W	N-S	E-W	45 S-E	50 S-E
11	45 N-E	80 N-E	10 S-E	45 N-W	80 N-W	W-E	45 N-W	45 N-W	N-S	E-W	50 S-E	50 S-E
12	45 S-E	80 N-E	10 S-E	W-E	80 S-W	W-E	W-E	30 N-W	E-W	45 S-E	50 S-E	45 S-E
13	45 N-E	80 N-E	10 S-E	80 N-W	30 N-W	N-S	80 N-E	30 N-W	W-E	45 S-E	50 S-E	45 S-W
14	45 S-E	E-W	80 S-E	40 N-W	30 N-W	60 S-E	W-E	30 N-W	W-E	45 S-E	45 S-E	50 S-W
15	45 S-E	45 N-E	30 N-W	N-S	30 N-W	45 S-E	S-N	30 N-W	W-E	45 S-E	60 N-W	50 S-W
16	45 S-E	50 S-E	45 N-W	N-S	N-S	45 N-W	S-N	30 N-W	N-S	45 S-E	80 N-W	45 S-W
17	E-W	60 N-E	80 N-W	N-S	45 N-W	E-W	S-N	80 N-W	N-S	N-S	S-N	45 S-W
18	45 S-E	50 S-W	45 N-W	E-W	W-E	E-W	45 N-E	S-N	N-S	N-S	S-N	45 S-W
19	E-W	50 S-W	45 N-W	45 S-E	45 S-W	E-W	70 N-W	45 S-W	E-W	S-N	S-N	75 S-W
20	E-W	50 S-W	45 N-W	60 N-W	45 S-E	45 N-W	S-N	45 S-W	W-E	S-N	S-N	45 S-E
21	E-W	50 N-W	20 N-W	80 N-W	45 S-E	40 S-E	45 S-E	45 S-W	W-E	S-N	45 S-E	S-N
22	E-W	60 N-W	E-W	S-N	45 S-E	60 N-W	45 N-W	45 S-W	80 N-W	S-N	50 S-E	80 N-W
23	E-W	60 N-W	50 N-W	S-N	50 S-W	W-E	45 N-W	W-E	80 N-W	45 N-E	45 S-W	45 S-W
24	45 S-E	45 S-W	50 N-W	S-N	20 N-W	45 S-E	45 N-W	80 N-W	80 N-W	E-W	45 S-W	45 S-W
25	45 S-E	W-E	50 N-W	45 S-E	50 S-E	45 S-E	45 N-E	80 N-W	80 N-W	45 S-E	W-E	45 S-W
26	S-N	W-E	50 N-W	45 N-W	50 S-E	45 S-E	45 S-W	80 N-W	45 N-E	S-N	W-E	45 S-W
27	80 N-E	W-E	50 N-W	45 N-W	45 S-W	60 N-W	W-E	80 N-W	45 N-W	E-W	W-E	50 N-W
28	E-W	60 N-W	W-E	S-N	45 S-W	N-S	45 N-W	80 N-W	45 N-W	E-W	W-E	60 S-E
29	E-W		20 N-E	S-N	45 S-W	N-S	W-E	50 N-W	45 S-E	E-W	50 S-E	60 N-E
30	E-W		45 N-W	S-N	45 N-W	40 N-W	W-E	30 N-W	45 S-E	45 S-W	50 N-W	50 S-E
31	80 S-E		40 S-W		50 N-W		W-E	45 N-W		45 S-W		50 S-E

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.989

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	5	5	10	15	5	10	5	5	5	5	5	10
2	5	5	5	15	5	5	5	5	5	5	5	10
3	5	5	5	15	5	10	5	5	5	5	10	10
4	5	5	5	15	10	10	5	5	5	10	10	10
5	5	5	5	15	15	10	5	5	5	10	10	10
6	5	5	5	15	5	5	5	5	10	10	10	20
7	5	10	5	5	5	5	5	5	5	10	5	20
8	5	5	5	10	5	5	5	5	5	10	10	10
9	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	10	10
10	5	15	5	10	5	5	5	5	5	5	10	10
11	5	15	5	10	5	5	5	25	5	10	10	10
12	5	10	5	10	5	5	5	10	5	5	10	5
13	10	20	5	20	5	5	5	10	5	5	10	10
14	10	15	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5
15	10	5	5	10	5	10	5	10	5	5	5	10
16	10	10	20	10	5	5	5	10	5	5	5	20
17	10	5	10	10	5	5	5	5	5	5	5	20
18	5	5	5	15	5	5	5	5	5	5	35	20
19	5	5	5	10	5	5	5	5	5	10	40	5
20	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	45	5
21	15	5	20	5	5	5	10	5	5	10	10	5
22	15	5	5	5	5	5	10	5	5	10	5	10
23	15	10	10	5	5	5	10	0	5	20	10	5
24	15	10	10	5	5	10	5	0	5	15	5	5
25	10	15	10	5	10	10	5	0	5	5	20	5
26	5	15	10	10	10	10	5	5	5	5	20	5
27	5	15	10	5	5	5	5	5	5	5	20	5
28	20	10	10	15	5	5	5	5	5	5	5	15
29	20		10	5	5	5	5	0	5	5	5	15
30	20		5	5	10	5	5	5	5	5	5	5
31	10		5		10		5	10		5		5
MAXIMA MES	20	20	20	20	15	10	10	25	10	20	45	20
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	0	5	5	5	5
MEDIA MES	9	9	7	10	6	6	5	6	5	7	12	10

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.990

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	50 S-E	W-E	E-W	W-E	E-W	E-W	80 S-W	80 N-W	20 N-W	45 S-E	N-S	5 S-E
2	50 S-E	40 N-W	E-W	W-E	E-W	45 N-W	80 S-W	45 S-W	20 N-W	70 N-W	N-S	5 S-E
3	W-E	45 S-E	50 S-E	W-E	E-W	45 N-W	N-S	50 S-W	20 N-W	45 N-W	S-N	5 S-E
4	45 N-W	45 S-E	50 S-E	40 N-W	E-W	45 N-W	45 S-W	50 S-W	80 N-W	80 N-W	S-N	30 S-E
5	30 S-E	45 S-E	50 S-E	50 S-W	70 N-W	50 N-W	80 S-W	50 S-W	E-W	45 N-W	S-N	30 S-E
6	E-W	S-N	E-W	45 S-E	70 N-W	N-S	45 N-W	45 N-W	20 S-W	45 S-E	45 S-E	45 S-E
7	E-W	80 S-W	50 S-W	60 S-W	70 N-W	50 N-W	45 N-E	45 N-E	45 N-W	45 S-E	45 S-E	45 S-E
8	E-W	80 N-E	45 N-W	W-E	45 S-E	50 N-W	45 N-E	45 N-E	45 S-E	45 S-E	70 S-W	80 N-E
9	E-W	80 N-W	N-S	W-E	E-W	45 N-W	45 N-E	60 S-E	45 S-E	45 S-E	45 N-W	80 N-E
10	E-W	80 N-W	W-E	W-E	E-W	45 N-W	N-E	30 S-W	45 S-E	E-W	45 S-E	80 N-E
11	E-W	80 N-W	W-E	45 N-E	E-W	45 N-W	45 S-E	30 S-W	W-E	E-W	45 S-E	60 N-W
12	45 S-E	80 N-W	W-E	45 N-E	45 S-W	S-N	80 N-W	30 S-W	W-E	50 N-W	45 S-E	10 N-E
13	70 N-E	80 N-W	N-S	N-S	45 S-W	45 S-W	E-W	30 S-W	W-E	50 N-W	70 N-E	80 S-W
14	70 N-E	N-S	N-S	N-S	45 S-W	W-E	45 S-E	30 S-W	45 S-E	50 N-W	70 N-E	30 S-W
15	70 N-E	60 N-W	E-W	N-S	S-N	E-W	45 S-E	45 N-W	45 S-E	50 N-W	60 S-W	60 S-E
16	E-W	W-E	45 S-E	N-S	S-N	45 N-W	45 S-E	45 N-E	45 S-E	S-N	60 S-W	60 S-E
17	10 S-E	W-E	45 S-E	N-S	S-N	45 N-W	N-S	45 S-W	45 S-E	45 N-W	45 N-E	60 S-E
18	W-E	W-E	45 S-E	60 N-E	45 N-W	45 N-W	45 N-E	45 S-W	W-E	S-N	45 N-E	80 S-E
19	E-W	W-E	45 S-E	50 N-E	N-S	45 N-W	W-E	80 N-W	W-E	20 N-W	45 N-E	80 S-E
20	E-W	W-E	45 S-E	80 N-W	N-S	45 N-W	80 N-W	45 S-E	W-E	W-E	E-W	45 N-E
21	E-W	W-E	50 S-E	45 N-W	N-S	45 N-W	E-W	45 S-E	45 N-W	W-E	45 N-W	45 N-E
22	E-W	W-E	50 N-E	45 N-W	N-S	S-N	E-W	W-E	45 N-W	W-E	45 N-W	30 N-W
23	60 N-W	E-W	W-E	45 N-W	50 N-W	S-N	E-W	50 S-W	45 N-W	45 S-W	45 N-W	30 N-W
24	80 N-W	45 S-E	E-W	50 N-W	45 N-W	S-N	45 S-E	20 N-W	45 N-W	45 N-W	45 N-W	30 N-W
25	W-E	N-S	E-W	S-N	45 N-W	S-N	20 N-W	80 N-W	20 S-E	45 N-W	45 N-W	45 N-W
26	W-E	N-S	E-W	45 S-E	50 N-E	80 N-W	W-E	80 N-W	20 S-E	45 N-W	45 N-W	45 N-W
27	50 N-W	N-S	45 N-E	45 S-E	50 N-E	80 N-W	60 S-E	80 N-W	80 S-E	E-W	45 N-W	30 N-W
28	50 N-W	80 N-W	45 N-E	45 S-E	50 N-E	45 N-W	60 S-E	60 N-E	45 S-E	E-W	60 N-W	20 N-W
29	50 N-W		E-W	45 S-E	50 N-W	80 S-W	60 S-E	45 N-W	45 S-E	E-W	30 N-W	80 N-W
30	20 N-W		E-W	45 S-E	60 N-W	80 S-W	40 S-E	45 N-W	45 S-E	70 N-W	S-N	80 N-W
31	30 S-E		W-E		E-W		80 N-W	80 N-W		45 N-W		80 N-W

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.990

(Km / h)

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
5	5	15	5	5	15	5	5	5	5	10	5
5	5	15	5	5	10	5	5	5	5	10	5
5	10	5	5	15	10	10	5	5	5	5	5
10	10	5	10	10	5	5	5	5	5	5	5
5	10	5	5	5	15	5	5	5	5	5	5
15	5	10	10	5	10	5	5	5	10	5	10
15	5	5	10	5	5	5	5	5	10	10	10
15	5	5	10	10	5	5	5	5	10	5	10
10	5	10	10	10	5	5	5	5	10	5	10
5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	10
15	10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	40
5	10	5	10	5	5	5	5	10	5	10	5
5	10	15	10	5	5	10	5	5	10	5	5
5	5	15	10	5	5	10	5	5	10	5	5
5	5	5	10	10	5	10	5	5	10	5	15
10	5	10	10	10	5	10	5	5	10	5	15
5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	15
5	5	10	10	5	5	10	5	5	5	5	15
5	5	10	10	5	10	5	5	5	10	5	15
5	5	15	10	5	10	5	5	5	10	5	15
5	5	10	5	5	10	5	5	5	10	5	10
5	15	5	5	10	10	5	5	5	10	5	10
10	10	10	5	15	10	5	5	5	5	5	10
5	10	10	10	5	10	5	5	5	5	10	10
10	10	10	5	5	10	5	5	5	5	10	15
10	10	10	5	10	5	5	5	5	10	5	15
10	5	10	20	10	5	5	5	5	10	5	10
10	5	5	10	15	5	5	5	5	10	5	5
5		15	10	5	5	5	5	5	10	5	5
5		15	10	5	5	5	5	5	5	5	5
10		5		15		5	5		10		5
15	15	15	20	15	15	10	5	10	10	10	40
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	7	10	9	8	7	6	5	5	8	6	10

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.991

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	E-W	W-E	N-S	40 N-W	N-S	50 N-W	45 N-W	25 N-E	N-S	45 N-W	45 N-W	60 S-W
2	E-W	45 N-W	E-W	30 N-W	N-S	60 N-W	50 N-W	45 S-E	N-S	30 N-W	45 N-W	60 S-W
3	45 S-E	45 N-W	E-W	45 N-W	E-W	60 N-W	45 S-E	45 S-E	40 N-W	40 N-W	45 N-W	45 S-E
4	N-S	45 N-W	E-W	20 N-W	50 S-E	60 N-W	80 S-E	45 S-E	40 N-W	40 N-W	45 N-W	45 S-E
5	45 S-W	W-E	45 S-W	40 N-W	50 S-E	20 N-W	45 N-E	45 S-E	80 N-W	40 N-W	N-S	45 S-E
6	45 S-W	20 N-W	40 N-E	E-W	50 S-E	45 N-W	45 N-E	25 N-W	80 N-W	45 N-W	N-S	45 S-E
7	45 S-W	45 N-W	W-E	E-W	45 N-E	50 N-W	45 N-E	5 S-W	45 N-W	45 N-W	E-W	45 S-E
8	45 S-W	80 N-W	45 N-W	E-W	N-S	20 N-W	45 N-E	10 N-W	45 N-W	45 N-W	45 S-E	45 S-E
9	50 N-W	45 N-W	45 S-E	20 N-W	N-S	20 N-W	E-W	N-S	45 N-W	S-N	E-W	45 S-E
10	S-N	45 N-W	45 S-E	40 N-W	N-S	20 N-W	E-W	25 S-E	S-N	E-W	E-W	45 S-E
11	S-N	45 N-W	45 S-E	E-W	E-W	S-N	60 N-W	25 S-E	40 N-W	45 S-E	E-W	30 S-E
12	E-W	E-W	S-N	E-W	E-W	60 N-W	80 N-E	25 S-E	45 N-W	45 N-W	40 S-E	60 N-E
13	E-W	80 N-E	N-S	S-N	E-W	45 N-W	20 N-W	25 S-E	N-S	40 N-W	45 N-W	45 S-E
14	E-W	20 N-E	45 N-W	S-N	N-S	45 S-E	20 N-W	45 N-W	20 S-W	40 N-W	50 N-W	W-E
15	45 S-E	E-W	45 N-W	S-N	N-S	45 N-W	20 N-W	20 N-E	20 S-W	W-E	80 N-W	W-E
16	80 S-W	45 S-E	N-S	E-W	S-N	45 N-W	W-E	20 N-E	20 S-W	45 N-E	45 N-W	W-E
17	50 S-E	45 S-E	N-S	45 S-E	W-E	45 N-W	45 S-E	20 N-E	20 S-E	45 S-E	45 N-W	60 S-E
18	45 S-E	45 S-E	N-S	45 S-E	80 S-W	W-E	80 N-W	20 N-E	30 N-W	45 S-E	45 N-W	75 N-E
19	E-W	N-S	20 N-W	45 N-W	80 S-W	W-E	45 N-E	20 N-E	E-W	E-W	45 N-W	80 N-E
20	E-W	45 N-W	20 N-W	45 S-E	80 S-W	70 N-W	W-E	40 N-W	45 N-W	E-W	N-S	10 N-E
21	E-W	20 N-W	E-W	45 S-E	E-W	S-N	W-E	45 N-W	80 N-W	E-W	N-S	45 S-E
22	E-W	W-E	E-W	45 S-E	45 S-E	45 S-W	W-E	80 N-W	80 N-W	15 N-E	N-S	45 S-E
23	E-W	45 S-E	N-S	40 N-W	45 S-E	45 S-W	20 S-W	45 N-W	80 N-W	45 S-E	45 S-E	45 S-E
24	E-W	45 S-E	N-S	45 N-W	45 S-E	45 S-W	45 N-W	20 N-W	45 S-E	45 S-E	45 S-E	40 S-E
25	20 N-E	45 S-E	N-S	45 N-W	45 S-E	20 N-W	40 N-W	20 N-W	45 N-W	45 S-E	45 S-E	50 S-E
26	20 N-E	W-E	30 N-W	50 N-W	45 S-E	50 S-W	45 N-E	20 N-W	45 N-W	40 N-W	S-N	50 S-E
27	20 N-E	45 N-W	45 S-E	60 N-W	45 S-E	40 N-W	25 N-W	10 N-W	N-S	40 N-W	E-W	40 S-E
28	20 N-E	N-S	40 N-W	60 N-W	45 N-W	45 S-W	25 N-W	S-N	N-S	40 N-W	45 S-E	50 S-E
29	50 S-W		40 N-W	60 N-W	E-W	50 N-W	25 N-W	50 N-W	N-S	80 N-W	80 S-W	50 S-E
30	45 N-W		40 N-W	W-E	45 S-W	50 N-W	45 N-W	45 N-W	N-S	N-S	60 S-W	50 S-E
31	20 N-W		40 N-W		50 N-W		N-S	N-S		N-S		45 S-E

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.991

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	5	5	15	5	20	5	5	10	5	5	5	5
2	5	5	5	5	20	5	10	5	5	5	5	5
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	20	5	5	5	5	5	10	5	5	5	20	5
5	10	5	5	10	5	5	5	5	5	5	20	10
6	10	5	5	5	5	5	5	5	5	10	20	5
7	10	10	10	5	5	10	5	5	5	10	10	5
8	10	5	10	5	15	10	5	5	5	10	5	5
9	10	10	5	5	10	5	5	10	5	5	5	5
10	5	10	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5
11	5	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5
12	10	10	5	5	10	5	5	5	5	5	5	10
13	10	10	5	10	5	5	5	5	5	5	5	15
14	5	5	5	10	5	5	5	5	5	10	5	5
15	5	5	5	10	5	5	5	5	5	10	5	5
16	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5
17	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10
18	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	15	10	5	5	5	15	5	5	5	5	10	5
20	15	5	5	5	5	15	5	5	5	5	10	30
21	15	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
22	5	5	5	5	15	5	5	5	5	10	5	5
23	15	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	5
24	15	5	10	5	5	5	5	5	10	5	5	10
25	15	5	5	10	10	5	5	5	10	10	5	10
26	10	5	5	10	10	5	5	5	10	5	5	10
27	10	10	5	5	20	5	5	5	5	5	5	5
28	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10
29	5		5	5	5	5	10	5	5	5	5	10
30	5		5	5	5	5	10	5	5	5	5	10
31	5		5		5		10	5		5		5
MAXIMA MES	20	10	15	10	20	15	10	10	10	10	20	30
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MEDIA MES	9	7	6	6	8	6	6	5	6	6	7	8

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.992

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	45 S-E	E-W	45 S-E	45 N-W	N-S	20 N-W	N-S	45 S-W	N-S	N-S	45 N-W	20 N-W
2	45 S-E	E-W	45 S_E	E-W	N-S	80 N-W	S-N	45 S-W	10 N-E	50 N-E	45 N-W	W-E
3	45 S-E	E-W	E-W	E-W	N-S	45 N-W	S-N	45 S-W	10 N-E	15 N-E	N-S	60 N-W
4	45 S-E	E-W	45 S-E	80 N-W	N-S	45 N-W	S-E	45 S-E	20 N-E	15 N-E	E-W	60 N-W
5	45 S-E	45 S-E	N-S	80 N-W	45 S-E	N-S	S-E	N-S	45 N-W	15 N-E	S-N	30 N-W
6	45 S-E	45 S-E	N-S	80 N-W	20 S-E	40 N-W	S-E	W-E	45 N-W	30 N-E	45 S-E	30 N-W
7	45 S-E	20 N-W	E-W	45 N-W	20 S-E	40 N-W	20 N-W	45 S-E	45 N-W	45 S-W	50 N-E	30 N-W
8	E-W	45 N-E	E-W	N-S	50 N-W	40 N-W	20 N-W	45 N-W	20 N-W	45 S-W	50 N-E	30 N-W
9	45 N-W	45 N-E	E-W	N-S	40 N-W	50 N-W	20 N-W	45 N-W	45 N-W	50 S-W	50 N-E	30 N-W
10	20 N-W	45 N-E	E-W	N-S	40 N-W	50 N-W	N-S	45 N-W	S-N	30 N-W	45 S-W	45 N-W
11	60 S-E	45 N-W	20 N-W	45 S-W	40 N-W	20 N-W	W-E	45 N-W	30 N-W	30 N-W	W-E	60 N-E
12	60 S-E	45 N-W	80 S-E	45 S-W	45 S-E	W-E	W-E	30 S-W	20 N-W	30 N-W	50 N-W	75 S-E
13	60 S-E	45 N-W	E-W	45 S-W	45 S-E	45 S-E	W-E	60 N-W	20 N-W	30 N-W	60 N-W	75 S-E
14	E-W	E-W	E-W	45 S-W	N-E	45 S-E	E-W	30 N-W	20 N-W	45 N-E	45 N-W	75 S-E
15	45 S-E	45 S-E	E-W	45 S-W	45 S-E	45 S-E	W-E	60 S-E	60 S-E	S-N	45 N-W	60 S-E
16	40 S-E	45 S-E	20 N-E	60 N-E	20 N-W	40 S-W	20 N-W	60 S-E	45 S-E	45 S-W	45 N-W	45 N-W
17	60 N-W	45 S-E	45 N-W	60 N-E	20 N-W	30 N-W	20 N-W	60 S-E	N-S	60 N-W	20 N-W	W-E
18	60 N-W	30 S-E	45 N-W	60 N-E	20 N-W	W-E	45 N-W	60 S-E	N-S	60 N-W	45 N-W	45 S-E
19	60 N-W	45 N-W	45 N-W	60 N-E	20 S-E	80 N-W	45 N-W	30 S-E	50 S-E	60 N-W	60 N-E	45 S-E
20	60 N-W	45 N-E	80 N-W	60 N-E	W-E	45 S-W	45 N-W	45 S-W	50 S-E	60 N-W	70 N-E	45 S-E
21	50 N-W	45 N-E	80 N-W	80 N-W	W-E	45 S-W	80 N-W	45 S-W	50 S-E	80 N-W	S-N	45 S-E
22	N-S	45 S-E	80 N-W	20 N-E	W-E	45 S-W	45 N-W	30 S-E	45 N-W	80 N-W	S-N	60 S-E
23	45 N-W	45 S-E	N-S	45 N-W	60 N-W	30 N-W	20 N-W	30 S-E	N-S	20 N-E	S-N	45 S-E
24	N-S	45 S-E	N-S	20 N-W	60 N-W	30 N-W	20 N-W	30 S-E	45 S-E	20 N-E	45 N-W	45 S-E
25	E-W	50 S-E	N-S	45 N-W	60 N-W	45 S-W	45 N-W	30 S-E	W-E	20 N-E	50 S-W	E-W
26	E-W	50 N-W	N-S	45 N-W	60 N-W	50 S-W	45 N-W	60 N-W	30 S-E	20 N-E	45 N-E	E-W
27	E-W	60 S-E	45 S-W	45 N-W	45 S-W	45 N-W	45 N-W	60 N-W	30 S-E	45 N-W	E-W	E-W
28	45 S-W	45 S-E	45 S-W	40 N-W	45 S-W	45 N-W	20 N-W	60 N-W	30 S-E	60 N-W	30 N-W	E-W
29	E-W	45 S-E	45 S-W	N-S	45 S-W	45 N-W	45 S-W	W-E	30 S-E	80 S-W	30 N-W	60 S-E
30	E-W		45 N-W	E-W	20 N-W	45 N-W	50 S-W	W-E	N-S	80 N-W	30 N-W	75 S-E
31	40 S-E		45 N-W		20 N-W		80 S-W	W-E		45 N-W		75 N-E

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.992

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	5	10	10	5	15	5	5	5	5	5	5	5
2	5	10	10	5	15	10	5	5	5	5	5	5
3	5	10	5	5	15	5	5	5	5	10	5	25
4	10	10	5	5	15	5	5	5	5	10	5	25
5	10	5	5	5	5	10	5	5	10	10	5	25
6	10	5	5	10	5	5	5	5	10	5	10	25
7	10	5	5	10	5	5	5	5	10	5	5	25
8	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	25
9	5	5	5	10	5	15	5	5	5	5	5	25
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	5	15
12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13	5	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5
14	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
15	5	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5
16	10	5	5	10	5	5	5	5	5	10	10	5
17	5	5	5	10	5	5	5	5	5	10	20	5
18	5	5	5	10	5	5	5	5	5	10	5	10
19	5	5	5	10	5	5	5	5	5	10	5	5
20	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5
21	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
22	5	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10
23	5	15	30	5	5	5	5	5	5	5	5	5
24	5	5	20	5	5	5	5	5	5	5	5	5
25	5	5	40	5	5	5	5	5	5	5	5	5
26	5	5	40	5	5	5	5	5	10	5	5	5
27	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5
28	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5
29	10	5	5	10	5	5	5	10	5	5	5	5
30	5		25	5	5	5	5	10	5	10	5	10
31	5		5		6		5	10		5		5
MAXIMA MES	10	15	40	10	15	15	5	10	10	10	20	25
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MEDIA MES	6	6	10	7	7	6	5	5	6	6	6	10

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.993

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	45 N-W	E-W	45 N-W	45 N-W	20 N-W	45 N-W	80 N-W	45 N-W	80 N-W	60 N-W	45 S-W	50 N-E
2	45 N-W	E-W	45 N-W	N-S	20 N-W	N-S	N-S	45 N-W	45 S-W	45 N-E	45 S-W	50 N-E
3	45 N-W	45 N-E	30 S-E	45 N-W	20 N-W	45 N-W	S-N	50 N-W	20 N-W	45 N-E	30 S-W	45 S-E
4	45 N-W	E-W	30 S-E	45 N-W	S-N	60 N-W	S-N	20 N-W	45 N-W	45 N-E	80 N-W	45 S-E
5	E-W	45 S-E	45 S-E	45 N-W	20 N-W	80 N-W	S-N	40 N-W	45 N-W	80 N-W	20 N-W	45 S-E
6	45 S-E	E-W	45 N-W	E-W	S-N	80 N-W	80 N-E	S-N	45 N-W	80 N-W	20 N-W	45 S-E
7	45 S-E	E-W	45 N-W	W-E	W-E	80 N-W	50 S-W	W-E	45 S-W	20 N-W	20 N-W	45 S-E
8	20 N-W	E-W	45 N-W	W-E	45 N-W	20 S-W	40 S-W	W-E	45 S-W	20 N-W	20 N-W	80 N-W
9	40 N-W	45 S-E	45 N-W	W-E	45 N-W	20 N-W	40 S-W	W-E	45 S-W	45 S-W	30 S-W	80 N-W
10	40 N-W	45 N-E	S-N	W-E	45 N-W	45 N-W	45 S-W	45 S-W	45 S-W	45 S-W	30 S-W	80 N-W
11	40 N-W	45 N-W	S-N	W-E	45 S-E	N-S	45 S-W	80 S-W	45 N-W	45 S-W	80 S-W	45 S-E
12	45 S-E	45 S-E	S-N	W-E	60 S-E	45 N-E	45 S-W	30 S-W	45 N-W	45 S-W	45 N-E	45 S-E
13	E-W	45 S-E	E-W	W-E	60 N-W	45 N-E	E-W	S-N	45 N-W	45 S-W	E-W	45 S-E
14	30 S-E	45 S-E	E-W	W-E	70 N-W	45 N-E	45 N-W	15 N-W	40 S-W	60 N-W	E-W	N-S
15	50 S-W	45 S-E	E-W	W-E	60 N-W	45 N-E	40 N-W	15 N-W	80 N-W	45 N-W	E-W	45 S-W
16	10 S-W	E-W	45 S-E	N-S	60 N-W	60 N-W	40 N-W	15 N-W	20 N-W	S-N	45 N-W	20 N-W
17	10 S-W	E-W	E-W	45 S-E	60 N-W	50 S-W	30 N-W	15 N-W	45 N-W	S-N	60 S-W	45 N-W
18	10 S-W	50 S-E	45 S-E	45 S-E	45 N-W	45 S-W	30 N-W	45 N-W	E-W	S-N	45 S-E	40 N-E
19	30 S-W	45 N-E	N-S	45 S-E	45 N-W	45 S-W	30 N-W	45 N-W	E-W	20 N-E	N-S	40 N-E
20	30 S-W	S-N	N-S	45 S-E	N-S	45 S-W	10 N-W	20 N-E	E-W	45 N-E	60 S-E	40 N-E
21	60 S-W	S-N	N-S	20 N-W	E-W	45 S-W	50 S-E	25 N-W	45 N-W	45 N-E	60 S-E	45 N-W
22	45 S-E	S-N	N-S	45 N-W	E-W	W-E	30 N-W	25 N-W	45 N-W	N-S	60 S-E	N-S
23	20 N-E	E-W	30 S-E	50 N-W	E-W	45 N-W	45 S-E	25 N-W	45 N-W	45 S-E	60 S-E	45 N-E
24	20 N-E	45 S-E	S-N	W-E	E-W	45 S-W	45 N-W	45 N-W	45 N-W	45 S-E	E-W	30 N-W
25	20 N-E	N-S	N-S	W-E	40 S-W	20 N-W	45 N-W	W-E	45 N-W	45 S-E	E-W	30 N-W
26	45 S-E	30 N-W	E-W	W-E	45 S-W	80 N-W	45 N-W	5 N-E	45 N-W	E-W	80 N-W	30 N-W
27	45 S-E	45 N-W	45 N-W	45 N-W	45 N-W	80 N-W	50 S-W	20 N-E	45 N-W	45 N-E	80 N-W	60 N-W
28	W-E	45 N-W	45 N-W	45 N-E	50 S-W	80 N-W	W-E	20 N-E	W-E	45 S-E	80 N-W	60 N-W
29	45 S-E		45 N-W	20 N-W	N-S	80 N-W	45 N-W	20 N-E	S-N	45 S-E	80 N-W	60 N-W
30	E-W		50 S-E	W-E	N-S	45 N-W	45 N-W	20 N-E	60 N-W	45 S-W	50 S-W	N-S
31	E-W		45 N-W		N-S		45 N-W	45 N-W		45 S-W		E-W

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.993

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	5	10	5	15	5	5	5	5	5	15	20	5
2	5	5	5	10	5	10	5	5	5	10	20	5
3	5	15	5	5	5	5	5	5	5	10	15	5
4	5	10	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	5
6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	20	5	5
10	5	5	5	5	5	10	5	5	5	20	5	5
11	5	5	5	5	5	15	5	5	10	20	15	5
12	5	5	10	5	5	5	5	5	10	10	5	5
13	5	5	5	15	5	5	5	10	10	10	10	5
14	5	5	5	10	5	5	5	10	10	5	10	10
15	5	5	5	10	5	5	5	10	5	5	10	10
16	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5
17	5	5	15	5	5	5	5	10	5	5	5	5
18	5	5	15	5	5	5	5	0	5	5	5	5
19	5	10	10	5	10	5	5	5	5	5	5	5
20	10	5	10	5	10	5	5	5	5	10	10	5
21	10	5	10	10	10	5	5	0	5	5	10	5
22	10	5	10	5	5	5	10	0	10	5	10	20
23	5	15	5	5	5	5	5	0	10	5	10	5
24	5	5	5	35	5	5	5	10	10	5	5	30
25	5	5	15	35	5	5	5	5	5	5	5	30
26	5	5	10	35	5	5	5	10	5	5	5	30
27	5	10	10	5	5	5	5	20	5	5	5	30
28	5	10	10	5	5	5	5	20	5	10	5	5
29	5		5	5	5	5	10	20	5	10	5	20
30	5		5	5	5	5	5	20	15	20	5	5
31	5		5		5		5	0		20		5
MAXIMA MES	10	15	15	35	10	15	10	20	15	20	20	30
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	0	5	5	5	5
MEDIA MES	5	7	7	9	5	6	5	7	7	9	8	10

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.994

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	60 S-W	30 S-W	30 N-E	30 N-W	60 N-W	60 S-W	75 N-W	30 N-W	10 S-W	80 N-W	15 S-W	60 S-E
2	60 S-W	45 N-W	45 N-E	30 N-W	60 N-W	15 N-W	45 N-W	75 N-W	10 S-W	80 N-W	30 S-W	45 S-E
3	60 S-W	60 S-W	75 N-E	30 N-W	60 N-W	60 N-W	45 N-W	75 N-W	30 S-E	80 N-W	80 N-W	45 N-W
4	30 N-W	45 N-W	60 S-E	30 N-W	45 N-W	75 N-W	45 N-W	75 N-W	30 S-E	15 N-W	80 N-W	45 N-W
5	45 N-W	20 N-W	30 S-E	75 N-W	45 N-W	75 N-W	30 N-W	75 N-E	30 S-E	45 N-W	80 N-W	45 N-W
6	E-W	20 N-W	30 S-E	15 N-E	30 N-W	75 N-W	30 N-W	75 N-W	80 N-W	75 S-E	80 N-W	45 S-E
7	E-W	20 N-W	30 S-E	45 N-W	75 N-W	30 N-W	15 S-W	75 N-W	45 N-W	60 N-W	60 S-W	45 S-E
8	75 N-W	60 S-W	45 S-E	N-S	75 N-W	45 N-W	30 N-E	75 N-W	10 N-E	60 S-E	60 N-W	80 N-W
9	75 N-W	W-E	75 S-E	N-S	75 N-W	75 N-E	15 N-W	45 N-W	30 N-W	60 S-E	75 N-W	80 N-W
10	75 N-W	20 W-E	30 N-E	N-S	60 N-E	75 S-E	15 N-W	W-E	45 N-W	60 S-E	45 N-W	45 S-E
11	E-W	S-N	45 N-E	N-S	E-W	60 S-W	15 N-W	80 N-W	45 N-W	30 S-E	60 N-W	45 S-E
12	75 N-W	E-W	45 N-E	45 N-E	60 S-W	60 S-W	45 N-W	5 N-W	45 N-W	15 S-W	45 S-E	45 S-E
13	75 N-W	E-W	45 N-E	E-W	60 S-W	60 S-W	45 N-W	60 S-W	15 N-W	15 S-W	45 S-E	45 S-E
14	75 N-W	E-W	45 N-E	75 N-W	60 S-W	75 N-W	15 S-E	60 S-W	30 N-W	70 N-W	45 S-E	E-W
15	45 N-E	45 N-E	75 N-E	80 N-W	60 S-W	15 S-W	15 S-E	60 S-W	30 N-W	70 N-W	75 S-E	80 N-W
16	45 N-E	45 N-E	60 N-E	60 N-E	60 S-W	15 S-E	15 S-E	60 S-W	30 N-W	70 N-W	75 N-E	30 N-W
17	45 N-E	30 S-W	75 N-W	60 N-E	W-E	75 N-W	15 N-W	60 S-W	45 N-E	70 N-W	80 N-W	45 N-W
18	30 N-E	75 N-W	75 N-W	60 N-E	45 N-W	45 N-W	15 N-W	80 N-W	45 N-E	W-E	30 N-E	45 N-W
19	30 N-E	75 N-W	60 N-W	30 S-E	45 N-W	45 N-W	45 N-W	W-E	45 N-E	60 S-W	45 S-W	45 N-W
20	30 N-E	75 N-W	60 N-W	45 N-W	45 N-W	45 N-W	45 N-W	15 S-W	60 N-W	W-E	45 S-W	N-S
21	45 N-E	75 N-W	60 N-W	W-E	S-N	45 N-W	60 N-W	15 S-W	30 N-W	45 N-W	45 S-W	45 N-E
22	60 S-E	75 S-W	75 N-W	15 S-E	S-N	45 S-E	60 N-W	15 S-W	60 N-W	15 N-W	10 S-E	75 N-W
23	60 S-E	75 N-W	60 N-W	30 N-W	S-N	60 S-E	60 N-W	15 N-W	60 N-W	15 N-W	75 N-E	15 N-E
24	60 S-E	75 N-W	E-W	30 N-W	75 N-W	60 N-W	45 N-W	80 N-W	30 N-W	15 N-W	60 S-E	10 N-E
25	60 N-W	45 S-W	15 S-W	30 N-W	45 S-W	15 N-E	60 N-W	40 N-W	30 N-W	30 N-W	60 S-E	10 N-E
26	60 N-W	30 N-E	60 N-W	60 N-E	30 N-W	15 N-E	75 N-W	5 N-W	30 N-W	30 N-W	30 S-E	10 N-E
27	45 S-E	30 N-E	60 N-W	45 S-W	45 S-W	15 N-E	30 S-E	85 N-W	10 N-W	15 S-W	30 S-E	10 N-E
28	E-W	30 N-E	60 N-W	E-W	45 S-W	W-E	60 N-W	85 N-W	45 N-E	45 N-E	30 S-E	N-S
29	30 S-E		60 N-W	30 S-E	45 S-W	75 N-W	30 N-W	85 N-W	75 N-W	15 S-W	45 S-E	75 S-W
30	30 S-E		45 S-E	60 N-W	45 S-W	75 N-W	30 N-W	60 N-W	75 N-W	15 S-W	45 S-E	60 N-W
31	30 S-E		30 N-W		S-N		30 N-W	45 N-W		15 S-W		60 N-E

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.994

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	5	5	25	5	5	10	5	5	5	5	5	20
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	20	10
3	5	15	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5
4	15	10	5	5	10	5	5	5	5	5	10	5
5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	10	5
6	40	5	10	5	5	5	5	5	5	20	10	5
7	10	5	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5
8	15	5	10	10	5	5	5	5	25	5	5	5
9	15	10	5	10	5	5	5	10	5	5	40	5
10	15	5	5	10	5	15	5	10	5	5	5	10
11	5	5	5	10	20	5	5	5	5	5	5	10
12	5	10	5	25	15	5	5	5	5	5	5	10
13	5	10	5	10	10	5	5	5	5	5	5	10
14	5	10	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5
15	25	5	5	5	5	5	5	5	15	5	10	5
16	25	5	5	5	5	10	5	5	10	5	5	5
17	25	5	5	5	10	5	5	5	10	5	5	5
18	45	5	5	5	10	5	5	5	10	5	5	5
19	5	5	10	5	10	5	5	5	10	5	5	5
20	40	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	10
21	30	5	10	5	5	15	5	5	10	10	5	10
22	5	5	10	10	5	15	5	5	5	5	5	10
23	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	10
24	5	5	15	5	5	5	5	10	5	5	5	5
25	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5
26	5	25	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
27	5	25	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
28	5	25	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
29	5		5	5	5	5	5	5	5	5	10	5
30	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
31	5		5		5		5	5		5		5
MAXIMA MES	45	25	25	25	20	15	5	10	25	20	40	20
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MEDIA MES	13	8	7	7	7	6	5	6	7	6	8	7

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.995

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	60 N-E	N-S	60 N-W	75 N-W	W-E	45 S-E	80 N-W	60 S-W	S-N	75 N-W	45 N-W	45 S-W
2	60 N-E	45 N-E	15 N-W	75 N-W	W-E	75 S-E	80 N-W	30 N-W	75 N-W	75 N-W	45 N-W	65 N-E
3	60 N-E	45 N-E	45 N-W	75 N-W	80 S-E	60 S-E	80 N-W	45 N-W	75 N-W	15 N-E	80 N-W	45 N-W
4	15 N-W	60 S-E	80 N-W	75 N-W	45 S-E	60 S-E	15 N-W	30 N-W	75 N-W	75 S-W	45 S-E	45 N-W
5	80 N-W	60 S-E	80 N-W	60 N-W	80 S-E	60 S-E	45 N-W	45 N-W	75 N-W	75 N-W	45 S-E	45 N-W
6	45 N-W	60 S-E	80 N-W	N-S	75 N-W	30 S-E	75 N-W	45 N-W	75 N-W	45 S-E	45 S-E	35 N-W
7	45 N-W	45 N-E	80 N-E	80 N-W	75 N-W	30 N-W	60 S-W	45 N-W	60 N-W	45 S-E	45 S-E	80 S-W
8	45 N-W	60 N-E	45 N-W	85 S-E	75 N-W	45 N-W	75 N-W	45 N-W	75 N-W	45 S-E	45 S-W	35 S-E
9	45 N-W	80 N-E	45 N-E	85 S-E	45 S-W	80 N-W	75 N-W	60 N-W	45 S-W	45 S-E	N-S	35 S-E
10	80 N-E	30 N-W	45 S-W	85 S-E	30 N-W	45 S-W	75 N-W	45 N-W	45 S-W	45 S-E	45 S-E	35 S-E
11	45 N-W	80 N-W	30 S-E	15 S-W	E-W	45 S-W	45 N-W	60 N-W	45 S-W	45 S-E	45 S-E	35 S-E
12	N-S	80 N-W	30 S-E	80 N-W	E-W	45 S-W	45 N-W	W-E	N-S	45 S-E	45 S-E	45 S-E
13	E-W	80 N-W	30 S-E	45 S-E	45 N-W	75 N-W	45 N-W	W-E	15 N-E	45 S-E	80 N-W	45 S-E
14	15 S-W	45 N-W	60 N-W	45 S-E	45 N-W	30 N-W	N-S	W-E	N-S	75 N-W	45 S-W	45 S-E
15	15 S-W	W-E	15 N-E	45 S-E	45 N-W	60 N-W	45 N-W	W-E	N-S	75 N-W	45 S-W	75 N-E
16	15 S-W	45 N-W	30 N-W	45 S-E	30 N-W	W-E	45 N-W	60 N-W	75 N-W	75 N-W	45 S-W	65 S-E
17	75 N-W	30 N-E	30 N-W	45 S-E	60 N-W	W-E	45 N-W	45 N-W	75 N-W	75 N-W	45 S-W	45 S-E
18	75 N-W	30 S-E	75 N-W	75 N-W	45 N-W	W-E	10 S-W	75 N-W	75 N-W	30 S-E	45 S-E	25 S-E
19	75 N-W	30 S-E	75 N-W	60 N-W	60 N-W	W-E	80 N-W	75 N-W	30 N-W	30 S-E	45 S-E	15 S-E
20	30 N-W	30 S-E	75 N-W	15 N-W	S-N	45 S-W	50 S-W	75 N-W	45 N-W	15 N-E	45 S-E	10 N-W
21	75 N-W	15 N-E	30 S-E	80 N-W	S-N	45 S-W	75 S-W	30 S-W	30 S-W	60 S-E	65 S-W	15 S-E
22	75 N-W	15 N-E	30 S-E	45 N-W	S-N	45 S-W	80 N-W	75 N-W	75 N-W	60 S-E	45 S-W	45 S-W
23	75 N-W	N-S	60 S-E	45 N-W	45 S-W	45 N-W	80 N-W	15 S-W	S-N	60 S-E	45 S-W	W-E
24	80 N-W	30 N-W	45 S-E	45 N-W	W-E	45 S-W	80 N-W	W-E	S-N	S-N	60 N-E	W-E
25	E-W	15 N-E	75 N-W	45 N-W	60 N-W	45 S-W	75 N-W	W-E	S-N	S-N	75 S-W	W-E
26	E-W	15 N-E	75 N-W	45 N-W	N-S	45 S-W	N-S	W-E	75 S-E	15 S-E	75 S-W	W-E
27	45 N-W	15 N-E	75 N-W	30 S-W	30 N-W	60 S-W	75 N-E	W-E	75 S-E	15 S-W	75 S-W	45 S-W
28	15 S-W	60 N-W	N-S	30 S-W	30 N-W	80 N-W	60 N-E	W-E	60 N-E	45 S-E	45 S-E	80 N-W
29	15 S-W		30 N-E	W-E	30 N-W	75 N-W	30 S-E	W-E	15 N-W	45 S-E	35 S-E	45 S-W
30	15 S-W		75 N-E	W-E	15 N-E	30 S-E	30 S-E	W-E	75 N-W	45 S-E	65 S-W	45 S-W
31	W-E		E-W		45 N-E		30 S-E	W-E		60 S-E		10 S-E

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.995

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	5	5	5	5	5	15	5	5	5	5	5	5
2	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5
3	5	5	5	5	10	5	5	5	10	5	5	5
4	10	10	10	5	5	5	10	5	10	5	10	5
5	5	10	10	5	5	5	5	10	10	5	10	15
6	5	10	10	5	5	5	5	10	10	5	10	5
7	5	5	20	5	5	5	5	10	15	5	15	5
8	5	10	5	10	5	5	5	5	10	5	5	10
9	5	10	15	10	5	5	5	5	10	5	5	10
10	5	45	10	10	5	5	5	5	10	10	5	10
11	5	20	10	5	15	5	5	5	10	10	5	10
12	5	20	10	5	20	5	5	5	15	5	5	5
13	40	20	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	5	5	5	5	5	5	10	5	10	5	15	5
15	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	15	25
16	5	5	10	5	10	5	5	5	15	5	30	5
17	40	5	5	5	15	5	5	5	15	10	15	5
18	40	5	5	5	5	5	5	5	15	10	5	5
19	5	5	5	5	5	5	5	10	15	5	5	5
20	5	5	5	10	5	5	5	10	10	5	5	5
21	5	5	35	20	5	5	5	10	5	10	5	5
22	5	5	35	10	5	5	5	5	5	10	5	10
23	5	5	20	10	5	5	5	5	5	10	5	35
24	10	25	5	10	5	5	5	5	5	10	5	35
25	5	25	5	10	10	5	5	5	5	10	10	35
26	5	25	5	5	10	5	10	5	15	10	5	35
27	5	25	5	10	5	5	5	5	5	5	5	40
28	15	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	10
29	15		5	5	5	5	5	5	5	5	10	25
30	15		20	5	10	5	5	5	5	5	5	15
31	5		20		5		5	5		15		5
MAXIMA MES	40	45	35	20	20	15	10	10	15	15	30	40
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MEDIA MES	10	12	10	7	7	5	5	6	9	7	8	13

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.996

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	10 S-E	75 S-W	60 S-E	70 S-W	80 S-W	65 N-E	85 S-E	65 S-W	45 S-E	45 N-W	5 S-E	35 N-E
2	10 S-E	65 N-W	45 S-E	75 S-W	80 S-W	65 N-E	85 N-E	85 S-W	45 S-E	45 N-E	5 S-E	35 N-E
3	20 S-W	45 S-E	45 S-E	60 N-E	45 S-W	65 N-E	85 N-E	45 N-W	45 N-W	35 N-E	5 S-E	25 N-E
4	45 S-W	45 S-E	45 S-E	45 N-E	80 N-W	45 N-E	85 N-E	45 N-W	45 S-E	35 N-E	5 S-E	45 N-E
5	45 S-E	75 N-W	70 S-E	45 N-E	75 S-W	45 N-E	85 N-W	45 N-W	45 S-W	45 N-E	45 N-W	45 N-E
6	45 S-E	60 N-W	60 S-E	45 N-E	75 S-W	35 S-E	85 N-W	45 N-W	75 N-W	45 N-E	45 N-W	45 N-E
7	45 S-E	W-E	50 N-W	45 N-E	80 S-W	45 S-W	85 N-W	65 S-E	45 N-W	45 N-E	65 N-E	45 N-E
8	50 S-E	45 S-W	65 S-E	45 N-E	W-E	75 N-W	85 N-W	45 N-W	45 N-W	45 N-E	25 S-E	45 N-E
9	80 N-W	80 N-W	70 S-E	65 N-E	50 N-W	80 S-W	85 N-W	85 N-E	45 N-W	25 N-E	45 N-E	45 N-E
10	45 N-W	45 N-W	70 S-E	25 N-E	70 N-W	80 S-W	85 N-W	45 N-W	65 S-E	10 S-W	65 S-W	45 N-E
11	15 S-E	45 N-W	70 S-E	45 S-E	45 N-W	55 N-E	85 N-E	45 N-W	60 S-E	45 N-W	25 S-W	45 S-E
12	45 N-W	45 N-W	30 S-W	65 N-E	55 N-E	75 S-E	85 N-E	45 N-W	75 N-W	45 N-W	25 S-W	VARIABLE
13	45 S-E	70 N-W	30 N-W	65 N-E	55 N-E	75 S-E	85 N-W	45 N-W	80 N-W	45 N-W	45 S-W	45 S-W
14	45 S-E	45 N-W	30 N-W	65 N-E	85 S-E	E-W	85 N-W	65 N-W	45 S-W	45 N-W	25 S-W	35 S-E
15	45 S-E	65 S-E	40 N-W	65 N-E	85 S-E	65 N-W	85 N-W	45 N-W	45 S-W	45 N-W	45 S-W	35 S-E
16	65 N-E	30 N-W	65 N-W	75 N-W	45 S-W	45 S-E	45 N-W	45 N-W	45 S-W	65 N-W	25 N-E	35 S-E
17	60 N-E	30 N-W	65 N-W	60 N-W	75 S-E	45 S-E	45 N-W	45 N-W	75 N-W	65 N-W	45 N-W	35 S-W
18	45 S-E	30 N-W	65 N-W	75 S-E	45 S-W	45 S-E	85 N-W	45 N-W	65 N-W	65 N-W	45 N-W	45 S-W
19	35 S-E	30 N-W	50 S-E	80 S-E	45 N-W	45 N-W	65 N-W	45 N-W	75 N-W	45 S-E	45 N-W	65 N-W
20	30 S-E	15 N-W	75 S-W	80 S-W	45 N-W	45 N-W	45 S-W	45 N-W	45 S-W	45 S-E	85 N-W	25 S-E
21	30 S-E	60 N-W	80 S-E	75 N-W	65 N-E	45 N-W	45 S-W	65 N-W	45 N-W	45 S-E	65 N-W	15 S-W
22	45 S-E	75 N-W	80 S-E	75 N-W	75 N-E	45 N-E	45 S-W	85 N-W	45 N-W	45 S-E	85 N-W	15 S-W
23	40 S-E	45 S-E	70 S-E	65 N-W	75 S-W	45 N-E	45 S-W	85 N-E	45 N-W	75 S-E	45 S-E	15 S-W
24	85 N-W	45 N-W	60 N-W	85 N-E	75 S-W	45 N-E	45 N-W	85 N-W	75 N-W	45 S-W	45 S-E	25 N-W
25	85 N-W	45 N-W	70 N-W	80 N-W	35 N-E	45 N-W	65 N-W	85 N-W	25 N-W	05 N-W	45 S-E	45 N-E
26	65 S-E	45 N-W	75 N-W	65 N-W	45 N-E	85 S-E	80 N-W	85 N-W	25 N-W	05 S-W	45 N-W	45 N-E
27	45 S-E	65 N-W	60 N-W	80 N-W	45 N-E	85 S-E	75 N-W	65 N-W	25 N-E	05 S-W	75 N-W	25 S-E
28	45 S-E	75 S-W	45 S-W	80 N-W	45 S-E	75 S-W	75 N-W	75 N-W	10 S-W	05 S-W	65 N-W	80 N-W
29	45 S-E	75 S-W	65 S-E	80 N-W	65 N-W	85 S-E	75 N-W	75 N-W	10 S-W	15 N-E	70 N-E	80 N-W
30	35 S-E		65 S-E	55 N-W	75 N-W	85 S-E	85 N-E	85 S-W	10 S-W	25 N-E	35 N-E	80 N-W
31	65 S-E		65 S-E		85 N-W		45 N-W	45 S-E		05 S-E		80 N-W

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.996

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	25	50	5	40	10	10	5	5	5	5	5	10
2	5	5	5	15	10	10	10	5	5	5	5	10
3	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5
4	5	5	10	5	5	15	5	5	5	5	5	10
5	25	5	25	5	10	15	15	5	5	10	5	10
6	25	20	10	5	10	5	15	5	5	10	10	10
7	25	30	5	5	5	5	15	5	5	10	5	10
8	10	10	5	5	5	5	15	5	5	10	5	10
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10
10	5	5	5	5	20	5	5	5	10	5	5	10
11	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	15	45
12	10	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	30
13	10	5	15	5	5	10	10	5	5	10	5	10
14	5	5	35	5	10	5	10	5	5	10	10	10
15	5	15	5	5	5	5	10	5	5	5	5	10
16	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	15	10
17	5	15	10	15	5	5	5	5	10	5	15	5
18	5	15	5	10	10	5	5	5	15	5	15	10
19	5	15	5	5	5	5	5	5	15	5	5	5
20	5	20	5	10	5	5	5	5	15	5	15	5
21	10	5	5	10	5	10	5	5	10	5	5	10
22	10	15	10	10	10	10	5	5	10	5	5	10
23	10	5	10	10	5	10	5	5	5	5	5	10
24	5	5	15	15	5	10	5	5	5	5	5	15
25	10	5	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5
26	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
27	10	5	5	5	5	10	5	5	5	5	5	10
28	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	10	5
29	5	5	10	10	5	5	5	5	5	10	5	10
30	5		10	5	5	5	5	5	5	5	10	10
31	10		10		5		5	5		5		20
MAXIMA MES	25	50	35	40	20	15	15	5	15	10	15	45
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MEDIA MES	9	11	9	8	7	7	7	5	7	6	7	11

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.997

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	75 S-W	45 N-W	45 S-E	15 N-W	45 S-W	15 N-W	25 S-E	45 S-W	25 N-E	45 N-E	25 S-W	S-N
2	75 S-W	45 N-W	45 S-E	45 S-W	45 S-W	15 N-W	45 N-W	15 S-W	25 N-W	45 S-W	25 S-W	45 N-W
3	80 N-W	45 N-W	45 S-E	45 S-W	25 N-W	05 N-W	45 N-W	15 S-W	25 N-W	45 S-W	25 S-W	45 N-W
4	45 S-E	45 S-W	75 S-E	45 S-E	25 N-W	45 N-W	05 N-E	15 S-W	25 N-W	45 S-E	25 N-W	10 N-E
5	45 S-E	75 N-W	25 N-E	25 N-W	25 N-W	35 S-E	45 N-W	45 N-W	25 N-W	45 S-E	45 S-W	10 N-E
6	45 S-E	45 S-W	15 S-E	25 N-W	35 N-W	10 S-W	45 N-W	10 N-E	45 S-E	45 S-E	25 N-W	10 N-W
7	45 S-E	45 S-W	45 S-W	25 N-W	45 N-W	15 N-W	45 N-W	10 N-E	45 S-E	25 N-W	45 N-W	10 N-W
8	75 N-W	75 N-W	35 S-E	35 N-W	15 N-E	15 N-W	45 N-W	15 N-E	45 S-E	25 N-W	25 N-W	10 N-W
9	80 N-W	75 N-W	35 S-E	25 N-E	25 N-W	15 N-W	45 N-W	25 N-E	45 S-E	25 N-W	25 N-W	10 N-W
10	45 N-W	75 N-W	35 S-E	35 N-E	25 N-W	25 S-W	45 N-W	15 N-W	45 S-W	45 N-E	25 N-W	45 N-W
11	45 S-E	60 N-W	45 S-E	25 N-E	25 N-W	45 N-W	45 S-W	15 N-W	45 N-E	45 N-E	75 N-W	45 N-W
12	45 S-E	75 N-W	35 S-E	35 N-W	25 N-W	45 N-W	45 S-W	15 N-W	25 S-E	45 N-E	75 N-W	60 N-W
13	45 S-E	45 N-W	25 N-W	35 N-W	25 N-W	05 N-W	45 S-W	45 S-E	'45 S-W	45 N-E	25 N-W	10 S-W
14	75 N-W	80 N-W	15 N-E	35 N-W	05 N-W	65 N-W	45 S-W	25 S-E	'45 S-W	45 N-E	25 N-W	10 S-W
15	45 S-W	45 N-E	35 S-E	25 N-W	25 N-E	65 N-W	45 S-E	45 S-W	'45 S-W	25 S-E	75 S-W	10 S-W
16	35 S-W	45 N-E	35 S-E	25 N-W	05 S-E	65 N-W	05 N-W	25 S-W	25 S-W	45 N-E	75 S-W	45 S-W
17	45 N-W	45 N-E	35 S-E	45 N-W	05 S-E	65 N-W	45 N-W	25 S-W	45 N-E	45 N-E	75 S-W	45 S-W
18	35 N-E	45 N-E	15 N-E	35 N-W	05 S-E	45 N-W	25 S-W	25 S-W	25 N-W	25 S-W	25 N-W	45 N-W
19	35 N-E	45 S-W	5 S-E	35 N-W	05 S-E	45 N-W	45 S-W	25 S-W	05 N-W	25 S-W	10 N-W	75 N-W
20	35 N-E	75 S-W	25 S-E	35 N-W	25 N-W	35 N-W	45 S-W	15 N-W	25 S-E	25 S-W	75 N-W	75 N-W
21	75 N-W	75 S-W	25 S-E	25 N-W	25 N-W	05 S-W	45 S-W	10 N-W	25 S-E	25 N-W	75 N-W	75 N-W
22	35 S-E	65 N-W	25 S-W	25 N-W	25 S-E	05 S-W	25 S-W	25 S-W	25 S-E	25 N-W	10 S-W	75 N-W
23	75 N-W	65 N-W	25 S-W	35 N-W	25 S-E	05 S-W	15 S-W	45 N-E	15 S-W	45 N-W	10 S-W	75 N-W
24	45 N-W	65 N-W	25 S-W	45 S-E	25 S-E	25 S-W	05 N-W	45 N-E	45 N-W	45 N-W	10 S-W	45 S-W
25	75 S-E	75 N-W	15 N-E	45 N-W	45 S-E	65 N-W	45 S-E	45 N-E	35 S-W	75 S-W	VARIABLE	45 N-W
26	75 S-E	25 N-E	45 N-E	25 N-E	45 S-E	45 N-W	25 S-E	25 N-E	35 S-W	75 S-W	25 N-W	45 N-W
27	75 S-E	45 S-E	25 N-E	25 N-E	05 S-W	35 N-W	25 S-E	45 N-E	45 S-E	75 S-W	25 N-W	45 S-W
28	45 S-E	45 S-E	25 N-E	25 N-E	15 S-W	25 S-E	25 N-W	15 N-E	45 S-E	75 N-W	25 N-W	45 S-W
29	45 S-E		25 N-E	45 N-W	65 N-W	25 S-E	10 N-W	25 N-E	45 S-E	45 N-E	S-N	45 S-W
30	25 S-W		25 N-E	05 S-E	05 S-E	25 S-E	10 N-W	25 N-E	25 N-W	45 N-E	S-N	10 N-W
31	45 S-E		15 N-W		15 N-W		15 N-W	25 N-E		60 S-E		45 N-W

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.997

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	5	5	5	5	5	10	5	5	10	10	10	10
2	5	5	5	5	5	10	5	5	5	5	10	5
3	15	5	5	5	5	5	10	5	5	5	10	5
4	10	5	10	10	5	15	10	5	5	10	5	40
5	5	5	5	5	10	15	5	5	5	10	25	40
6	5	5	5	5	15	10	5	10	5	10	30	5
7	5	10	5	5	20	5	5	10	10	5	10	5
8	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5
9	10	5	15	10	10	5	10	5	5	5	10	5
10	5	5	15	5	5	10	10	10	10	15	10	5
11	5	5	10	10	5	10	5	5	5	15	15	5
12	5	5	5	5	5	5	5	10	10	15	10	10
13	20	5	5	5	5	5	5	10	5	15	10	5
14	15	15	5	5	5	5	10	5	10	15	10	5
15	15	5	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5
16	10	5	5	5	5	10	10	5	10	5	5	5
17	5	5	25	10	5	5	5	5	10	5	5	20
18	10	5	5	10	10	5	10	5	5	5	10	20
19	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20	5	5	5	10	10	5	5	5	5	5	5	15
21	5	5	5	5	10	10	5	5	5	5	5	15
22	5	5	5	5	10	10	5	5	5	5	5	15
23	10	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5
24	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
25	10	5	20	10	10	5	10	5	5	5	10	5
26	10	10	15	5	5	5	10	5	5	5	10	5
27	10	5	10	10	5	15	10	5	5	5	5	5
28	10	5	20	5	5	10	10	10	5	10	5	5
29	5		5	5	5	10	5	10	5	5	10	5
30	5		15	5	5	5	5	10	10	5	10	5
31	10		5		10		5	10		15		5
MAXIMA MES	20	15	25	10	20	15	10	10	10	15	30	40
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MEDIA MES	8	6	8	6	7	8	7	6	6	8	9	10

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.998

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	45 N-W	VARIABLE	80 N-W	45 N-W	45 N-W	80 S-W	45 S-W	E-W	80 N-W	60 N-W	15 N-W	15 N-E
2	45 N-W	VARIABLE	80 N-W	60 N-W	45 N-W	10 S-W	45 S-W	E-W	80 N-W	45 N-W	15 N-W	60 N-E
3	45 N-W	45 S-W	80 N-W	80 S-W	45 N-W	10 N-E	N-S	E-W	80 N-W	45 N-W	15 N-W	45 N-W
4	45 N-W	45 N-W	45 S-W	45 N-W	45 N-W	80 N-W	80 N-W	45 N-E	80 N-W	45 N-W	80 S-W	80 N-W
5	45 N-W	60 N-W	45 S-W	45 N-W	10 N-W	40 N-W	80 N-W	45 N-W	10 N-W	45 N-W	15 N-E	80 N-W
6	45 N-E	60 N-W	80 N-W	45 N-W	80 S-E	40 N-W	80 N-W	45 S-W	10 N-W	45 N-W	30 S-E	80 N-W
7	45 N-E	80 N-E	45 N-W	45 N-W	80 S-E	40 N-W	10 N-W	45 S-W	10 N-W	10 N-W	75 S-W	80 N-W
8	60 S-E	80 N-E	45 N-W	10 N-W	45 S-E	40 N-W	15 N-W	60 N-W	80 N-E	10 N-W	75 S-W	80 N-W
9	45 S-E	80 N-E	45 N-W	10 N-W	10 S-W	40 N-W	N-S	60 N-W	85 S-W	15 N-E	75 S-W	80 N-W
10	45 S-E	60 S-E	45 N-E	10 N-W	10 S-W	40 N-W	N-S	60 N-W	85 N-W	85 N-E	75 S-W	80 N-W
11	45 S-E	50 S-E	45 N-W	10 N-W	10 S-W	80 N-W	80 N-W	S-N	20 N-W	85 N-E	N-S	75 S-E
12	45 S-E	50 S-E	10 N-E	10 N-W	10 S-W	80 N-E	80 N-W	60 N-E	10 N-W	85 N-E	30 N-W	75 S-E
13	80 N-W	60 S-E	10 N-W	10 N-W	N-S	10 S-W	80 N-W	80 N-W	10 N-W	85 N-E	15 N-W	75 S-E
14	45N-W	20 S-E	45 N-W	10 N-W	N-S	10 S-W	45 S-W	45 S-W	10 N-W	45 N-W	60 S-E	75 S-E
15	S-N	20 S-E	45 N-W	70 N-W	80 N-W	10 S-W	80 N-W	W-E	20 N-E	45 N-W	60 S-E	60 S-E
16	45 S-E	20 S-E	45 N-E	80 N-W	80 S-E	10 S-W	80 N-W	W-E	80 N-W	45 S-W	60 S-E	45 S-W
17	60 N-W	45 S-W	10 S-E	80 N-W	80 S-E	85 N-W	80 N-W	W-E	10 S-E	45 N-W	60 S-E	45 S-E
18	60 N-W	45 N-W	10 S-E	80 S-W	80 S-E	45 N-E	45 S-W	W-E	10 S-E	45 N-W	60 N-W	30 S-W
19	60 N-W	45 S-W	10 S-E	80 S-W	80 N-W	80 N-W	45 S-W	10 N-W	10 N-W	45 N-W	E-W	60 S-E
20	45 N-W	45 S-E	45 N-E	80 S-W	80 S-W	80 N-W	45 S-W	75 S-W	10 N-W	45 N-W	E-W	60 S-E
21	45 N-E	45 S-E	80 S-W	45 N-E	10 N-E	80 N-W	45 S-W	30 S-W	10 N-W	60 N-W	80 N-W	60 S-E
22	80 N-E	45 S-E	80 S-W	80 N-W	S-N	80 N-W	N-S	30 S-W	45 N-W	60 S-W	80 N-W	60 S-E
23	45 N-W	45 S-E	80 S-W	45 N-W	45 S-W	80 N-W	N-S	30 S-W	45 N-W	45 S-W	80 N-W	45 N-W
24	70 N-W	70 S-E	45 N-W	80 N-E	45 S-W	45 N-W	45 S-W	30 S-W	80 N-W	15 N-W	15 N-E	15 N-E
25	70 N-W	70 S-E	45 N-E	45 N-W	45 S-W	45 N-W	45 S-W	45 N-W	45 S-W	15 N-W	15 N-E	15 S-W
26	70 N-W	80 N-E	10 N-W	45 N-W	45 S-W	45 S-W	45 S-W	45 S-W	VARIABLE	15 N-W	45 S-W	15 S-W
27	45 S-E	80 S-E	45 S-W	45 N-W	80 N-W	45 S-W	45 S-W	45 N-W	VARIABLE	60 S-E	80 N-E	15 S-W
28	80 N-E	80 N-W	80 N-W	80 N-W	N-S	45 S-W	45 S-W	80 N-W	VARIABLE	75 N-E	15 N-E	15 S-W
29	S-N		80 N-W	45 N-W	E-W	45 S-W	45 S-W	10 N-W	85 N-W	30 S-E	15 N-E	80 N-W
30	45 S-E		80 N-W	45 N-W	80 S-W	45 S-W	80 N-W	10 N-W	30 N-W	80 N-E	15 N-E	E-W
31	VARIABLE		45 S-W		80 S-W		45 S-W	10 N-W		15 N-W		45 S-E

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.998

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	5	15	5	5	5	5	10	15	5	5	5	10
2	5	15	5	5	5	5	10	15	5	5	5	10
3	5	5	5	5	10	5	10	15	5	10	5	5
4	5	35	5	5	5	5	5	10	5	10	10	5
5	5	5	5	5	5	10	5	5	20	10	5	5
6	10	5	5	5	10	10	5	5	20	10	10	5
7	10	10	5	10	10	10	5	5	20	10	5	5
8	5	10	5	10	5	10	5	5	5	10	5	5
9	5	10	5	10	10	10	5	5	5	5	5	5
10	5	5	5	10	10	10	5	5	5	5	5	5
11	5	5	15	10	10	10	5	5	5	5	5	5
12	15	5	30	10	10	20	5	5	15	5	10	5
13	5	5	10	10	10	5	5	5	15	5	15	5
14	5	5	5	5	10	5	10	5	15	5	5	5
15	5	5	5	5	5	5	5	5	15	5	5	5
16	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5
17	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5
18	5	5	5	5	5	10	5	5	10	5	5	5
19	5	5	10	5	5	5	5	5	10	5	10	5
20	5	10	5	5	5	5	5	5	10	10	5	5
21	10	10	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5
22	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
23	5	10	5	10	5	5	5	5	5	5	5	10
24	10	10	5	5	5	5	5	5	5	15	15	5
25	10	10	15	15	5	5	5	5	10	15	5	10
26	10	10	5	15	5	5	5	5	30	15	5	10
27	5	20	5	15	5	5	5	5	30	5	10	10
28	5	5	5	5	10	5	5	5	30	5	35	10
29	5		5	15	10	5	5	5	5	5	35	5
30	10		5	15	5	10	5	5	10	5	35	25
31	15		5		5		5	5		5		10
MAXIMA MES	15	35	30	15	10	20	10	15	30	15	35	25
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MEDIA MES	7	9	7	8	7	7	6	6	11	7	10	7

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 1.999

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	60 N-W	15 N-E	10 N-E	45 N-E	45 N-W	45 N-E	60 N-W	45 N-W	VARIABLE	45 N-E	45 N-W	45 N-E
2	60 N-W	45 N-E	10 N-E	45 N-E	45 N-W	45 S-W	60 N-W	45 N-W	45 S-W	15 N-W	45 N-W	VARIABLE
3	60 N-W	E-W	45 N-E	45 N-E	45 N-W	45 N-E	60 N-W	45 N-W	60 N-W	15 N-W	45 N-W	45 N-E
4	60 N-W	15 N-E	50 N-E	45 N-E	45 N-W	45 N-E	60 N-W	45 N-W	60 N-W	15 N-W	45 S-E	50 S-W
5	60 N-W	60 N-W	45 N-E	45 N-E	45 N-W	45 N-E	60 N-W	45 N-W	60 N-W	15 N-W	15 S-E	50 S-W
6	35 S-E	35 N-W	45 S-E	80 N-W	20 S-W	45 N-E	45 N-W	45 N-W	60 N-W	45 S-W	15 S-E	50 S-W
7	80 S-E	35 N-W	45 S-E	45 N-W	20 S-W	45 N-E	50 S-E	45 N-W	60 N-W	45 N-E	25 S-E	50 S-W
8	15 N-W	35 N-W	45 S-E	45 N-W	W-E	45 N-E	60 N-W	45 N-W	45 S-W	45 N-E	15 S-E	60 N-E
9	45 S-E	60 N-W	10 N-W	75 N-E	W-E	45 N-E	45 N-W	45 N-W	60 S-E	45 S-E	45 N-E	60 N-E
10	45 S-E	60 N-W	10 N-W	5 N-E	W-E	45 N-E	45 N-W	45 N-W	VARIABLE	45 S-E	VARIABLE	E-W
11	45 S-E	N-S	15 S-E	5 N-E	W-E	45 S-W	45 N-W	15 S-E	60 N-W	60 N-E	15 N-E	45 N-W
12	VARIABLE	N-S	60 S-E	5 N-E	45 N-E	45 S-W	45 N-W	N-S	60 N-W	60 N-W	45 N-E	45 N-W
13	15 N-E	45 N-E	45 N-E	45 N-W	45 N-E	45 N-W	50 N-W	65 N-W	60 N-W	60 N-W	45 N-E	45 N-W
14	50 S-E	45 N-E	45 N-E	45 N-W	10 N-W	45 N-W	50 N-W	65 N-W	60 N-W	15 N-E	45 N-E	45 N-W
15	45 N-E	45 N-E	45 N-E	45 N-W	45 S-W	15 N-W	45 N-W	65 N-W	55 N-W	N-S	45 N-E	VARIABLE
16	N-S	15 N-W	10 N-E	45 N-W	45 S-W	60 S-W	45 N-W	65 N-W	55 N-W	VARIABLE	15 N-E	VARIABLE
17	N-S	15 N-W	15 N-E	45 N-W	45 S-W	55 N-W	45 N-W	65 N-W	55 N-W	VARIABLE	15 N-E	N-S
18	N-S	60 S-E	60 N-W	30 N-W	45 S-W	45 N-E	45 N-W	65 N-W	50 N-W	VARIABLE	15 N-W	50 N-E
19	N-S	15 N-W	65 N-E	30 N-W	E-W	45 S-E	45 N-W	80 N-W	50 N-W	45 N-E	15 N-W	50 N-E
20	15 S-E	15 N-W	60 N-W	30 N-W	45 N-E	45 S-E	45 N-W	15 N-W	50 N-W	VARIABLE	VARIABLE	50 N-E
21	45 N-W	15 N-W	60 N-W	45 S-W	N-S	45 S-E	45 N-W	15 N-W	60 N-W	45 S-W	VARIABLE	10 N-E
22	15 S-E	45 N-W	60 N-W	45 S-W	N-S	55 N-W	50 N-W	15 N-W	60 N-W	VARIABLE	VARIABLE	50 N-W
23	15 S-W	10 N-W	VARIABLE	45 N-W	E-W	45 S-W	50 N-W	15 N-W	15 S-E	55 S-W	VARIABLE	50 N-W
24	15 S-W	50 N-W	50 S-W	55 N-W	E-W	60 S-W	50 N-W	75 N-W	55 N-W	55 S-W	10 N-E	15 N-W
25	15 S-W	20 N-W	50 N-E	45 N-W	E-W	60 N-W	50 N-W	65 S-W	45 S-E	55 S-W	15 S-E	45 N-E
26	15 S-W	45 N-E	45 N-W	45 N-W	E-W	15 N-E	50 N-W	45 S-W	45 S-E	45 N-E	55 S-E	45 N-E
27	60 N-W	10 N-E	45 N-W	45 N-W	45 S-E	15 N-E	10 S-W	45 S-W	45 S-E	VARIABLE	VARIABLE	45 N-E
28	N-S	10 N-E	45 N-W	60 S-E	45 N-E	15 N-E	45 S-W	60 S-W	50 S-W	VARIABLE	VARIABLE	45 N-E
29	N-S		45 N-W	60 S-E	E-W	60 N-W	N-S	60 S-W	15 N-W	45 S-E	VARIABLE	45 S-E
30	15 S-E		25 N-W	45 S-E	45 N-E	60 S-W	45 N-W	60 S-W	50 N-W	45 N-W	VARIABLE	50 N-W
31	15 S-E		45 S-E		45 N-E		45 N-W	60 S-W		45 N-W		50 N-W

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 1.999

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	5	10	5	5	10	5	10	5	20	15	10	15
2	5	15	5	5	10	5	10	5	5	15	10	20
3	5	5	5	5	10	5	10	10	5	10	15	10
4	5	10	10	5	10	10	10	5	5	10	15	10
5	15	5	5	5	10	5	10	5	5	10	15	10
6	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	15	10
7	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	15	10
8	5	5	10	10	5	5	10	5	15	15	15	10
9	5	10	10	15	5	5	5	5	5	10	10	10
10	5	15	10	10	5	5	5	5	20	10	25	10
11	5	5	15	10	5	5	5	5	15	10	10	5
12	25	5	15	10	5	5	5	5	15	10	10	5
13	5	5	10	10	5	5	5	5	15	5	10	5
14	5	5	10	10	5	5	5	5	15	5	10	10
15	10	5	10	10	5	5	5	5	5	5	10	20
16	20	10	15	10	5	5	5	5	10	15	15	30
17	20	10	15	10	5	5	5	5	10	15	15	20
18	20	10	5	5	5	15	5	5	5	15	10	10
19	5	5	10	5	10	10	5	5	5	10	10	10
20	5	5	5	5	10	10	5	5	5	30	15	10
21	5	5	5	10	5	10	5	5	5	5	15	5
22	5	5	5	10	5	10	10	5	5	35	15	5
23	15	5	25	10	5	10	10	5	5	15	20	5
24	15	10	10	10	5	10	10	10	10	15	10	5
25	15	5	10	10	5	5	10	5	5	15	15	15
26	5	10	5	10	5	5	10	10	5	15	5	15
27	15	5	5	10	5	5	5	15	5	15	15	15
28	5	5	5	10	5	10	10	15	5	15	15	15
29	5		5	10	5	5	5	15	10	10	15	10
30	10		5	5	5	15	5	15	20	10	20	40
31	10		10		5		5	15		10		10
MAXIMA MES	25	15	25	15	10	15	10	15	20	35	25	40
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MEDIA MES	9	7	9	8	6	7	7	7	9	12	14	12

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 2.000

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	45 N-E	45 S-E	45 N-W	55 N-W	45 S-W	45 S-E	45 N-W	60 N-W	15 S-E	15 N-W	80 N-W	60 N-W
2	45 N-E	45 N-W	25 N-E	55 N-W	45 S-W	15 S-E	45 N-W	60 N-W	VARIABLE	15 N-W	80 N-W	S-N
3	45 N-E	E-W	45 S-W	55 N-W	15 S-W	45 N-E	45 N-W	45 N-W	VARIABLE	80 N-W	80 N-W	S-N
4	45 S-W	VARIABLE	45 S-E	55 N-W	15 S-W	45 N-E	50 N-W	VARIABLE	VARIABLE	N-S	VARIABLE	S-N
5	15 S-E	N-S	45 S-E	55 N-W	15 S-W	45 N-E	80 N-E	55 N-W	45 S-W	60 S-W	VARIABLE	S-N
6	10 S-E	N-S	45 S-E	45 N-E	45 S-E	VARIABLE	75 N-E	55 N-W	55 N-W	15 N-W	VARIABLE	VARIABLE
7	40 S-E	N-S	15 S-E	VARIABLE	45 S-E	VARIABLE	N-S	55 N-W	45 N-W	15 N-W	15 N-W	VARIABLE
8	VARIABLE	50 N-E	VARIABLE	45 N-W	45 S-E	VARIABLE	50 N-W	55 N-W	45 N-W	15 N-W	85 N-W	15 S-E
9	VARIABLE	15 N-W	45 S-E	45 N-W	45 S-E	VARIABLE	50 N-W	55 N-W	45 N-W	15 N-W	55 N-W	15 S-E
10	VARIABLE	15 N-E	45 S-E	45 N-W	45 N-W	45 S-E	50 N-W	15 S-W	45 N-W	30 N-W	55 N-W	15 S-E
11	45 S-E	10 N-E	45 N-W	45 N-W	45 S-E	45 S-E	35 N-E	15 S-W	45 N-W	30 N-W	55 N-W	15 S-E
12	55 S-E	15 N-W	45 N-W	45 N-W	45 N-W	45 S-E	5 N-W	55 N-W	55 N-W	45 N-W	45 N-W	45 S-E
13	15 S-W	15 N-W	45 N-W	45 S-W	45 S-W	45 S-E	55 N-W	55 N-W	55 N-W	45 N-W	45 N-W	15 S-W
14	VARIABLE	15 N-W	45 N-W	VARIABLE	45 S-W	45 S-W	20 S-W	55 N-W	75 N-W	W-E	45 N-W	N-S
15	VARIABLE	S-N	45 S-E	45 N-W	45 S-W	VARIABLE	50 N-W	55 N-W	S-N	W-E	VARIABLE	45 N-W
16	VARIABLE	30 N-W	VARIABLE	45 N-W	45 S-E	45 S-W	50 N-W	55 N-W	60 N-W	W-E	15 N-W	45 N-W
17	VARIABLE	15 N-W	60 N-W	45 N-W	40 N-E	45 S-E	50 N-W	55 N-W	60 N-W	45 N-W	15 N-W	45 N-W
18	15 S-E	VARIABLE	30 S-W	45 N-W	10 N-E	45 S-E	20 S-E	55 N-W	60 N-W	60 S-W	45 N-W	45 N-W
19	15 N-W	45 S-W	30 S-W	45 N-W	45 N-E	45 S-E	40 N-W	45 N-W	15 N-W	30 S-W	45 N-W	30 N-W
20	S-E	45 S-W	30 S-W	N-S	55 N-E	10 S-W	N-S	45 N-W	80 N-W	S-N	45 N-W	30 N-W
21	E-W	45 S-W	N-S	N-S	55 N-E	45 N-E	45 N-W	45 N-W	45 N-E	60 S-W	45 N-W	45 S-W
22	E-W	50 N-W	N-S	N-S	55 N-E	45 N-E	45 N-W	15 N-W	45 S-E	60 S-W	15 S-E	45 S-W
23	E-W	15 N-W	50 N-W	N-S	S-N	80 S-E	45 N-W	45 N-W	60 N-E	60 S-W	VARIABLE	60 S-W
24	E-W	VARIABLE	50 N-W	N-S	45 N-E	45 S-W	45 N-W	45 N-W	60 N-E	60 S-W	50 N-W	60 S-W
25	45 S-E	45 S-E	15 N-W	45 N-W	45 N-E	45 S-W	55 N-E	45 N-W	60 N-E	30 S-E	75 N-W	60 S-W
26	60 S-E	S-N	15 N-W	60 N-W	20 N-W	45 S-W	20 N-W	45 S-W	80 N-W	15 N-W	75 N-W	60 S-W
27	60 S-E	S-N	15 N-W	45 N-W	15 N-W	N-W	85 N-W	45 S-W	45 S-W	30 N-W	75 N-W	45 S-W
28	60 S-E	S-N	VARIABLE	45 N-W	15 N-W	55 N-W	N-W	45 S-W	80 N-W	15 N-W	15 S-E	60 S-W
29	60 S-E	S-N	15 N-W	45 S-W	15 N-W	45 N-W	60 S-E	55 N-W	W-E	15 N-W	VARIABLE	45 S-W
30	60 S-E		60 S-E	45 S-W	45 N-W	20 N-W	60 S-E	55 S-W	15 N-W	15 N-W	75 S-E	45 S-W
31	60 S-E		60 N-W		45 S-E		60 S-E	75 N-W		15 N-E		45 S-W

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 2.000

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	5	5	10	10	10	5	10	5	5	10	5	5
2	5	5	5	10	10	5	10	5	15	10	5	5
3	5	5	5	10	5	15	10	5	15	5	5	5
4	5	15	5	10	10	15	10	10	15	5	15	5
5	5	5	5	5	10	15	5	5	5	5	15	5
6	5	5	5	5	5	15	5	5	5	5	15	15
7	5	5	5	15	5	15	10	5	5	5	10	15
8	20	5	15	10	5	15	5	15	5	5	5	10
9	20	10	15	10	5	15	5	5	5	5	5	10
10	20	5	15	10	5	10	5	5	5	30	10	10
11	5	5	5	15	5	10	5	5	10	30	5	10
12	5	5	5	5	10	10	10	5	5	10	5	5
13	5	5	5	5	5	10	5	5	15	10	5	5
14	15	5	5	15	5	5	5	5	5	10	5	5
15	15	5	5	10	5	15	5	5	5	10	15	5
16	15	5	10	10	5	10	5	5	5	10	10	5
17	15	10	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5
18	5	15	5	10	5	5	10	5	5	5	10	5
19	5	5	5	30	5	5	5	5	15	5	10	45
20	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	5
21	5	5	10	5	5	5	5	5	10	10	5	10
22	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	30
23	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	15	25
24	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	25
25	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	25
26	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	25
27	15	5	10	10	10	5	5	5	5	5	5	30
28	15	5	15	15	10	5	5	5	5	5	5	10
29	15	5	5	10	10	5	5	5	10	5	15	10
30	15		5	10	5	5	5	5	10	5	10	10
31	15		10		5		5	5		10		10
MAXIMA MES	20	15	15	30	10	15	10	15	15	30	15	45
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MEDIA MES	10	6	7	10	6	9	6	5	8	9	8	13

DIRECCIÓN DEL VIENTO EN RIOTINTO

AÑO 2.001

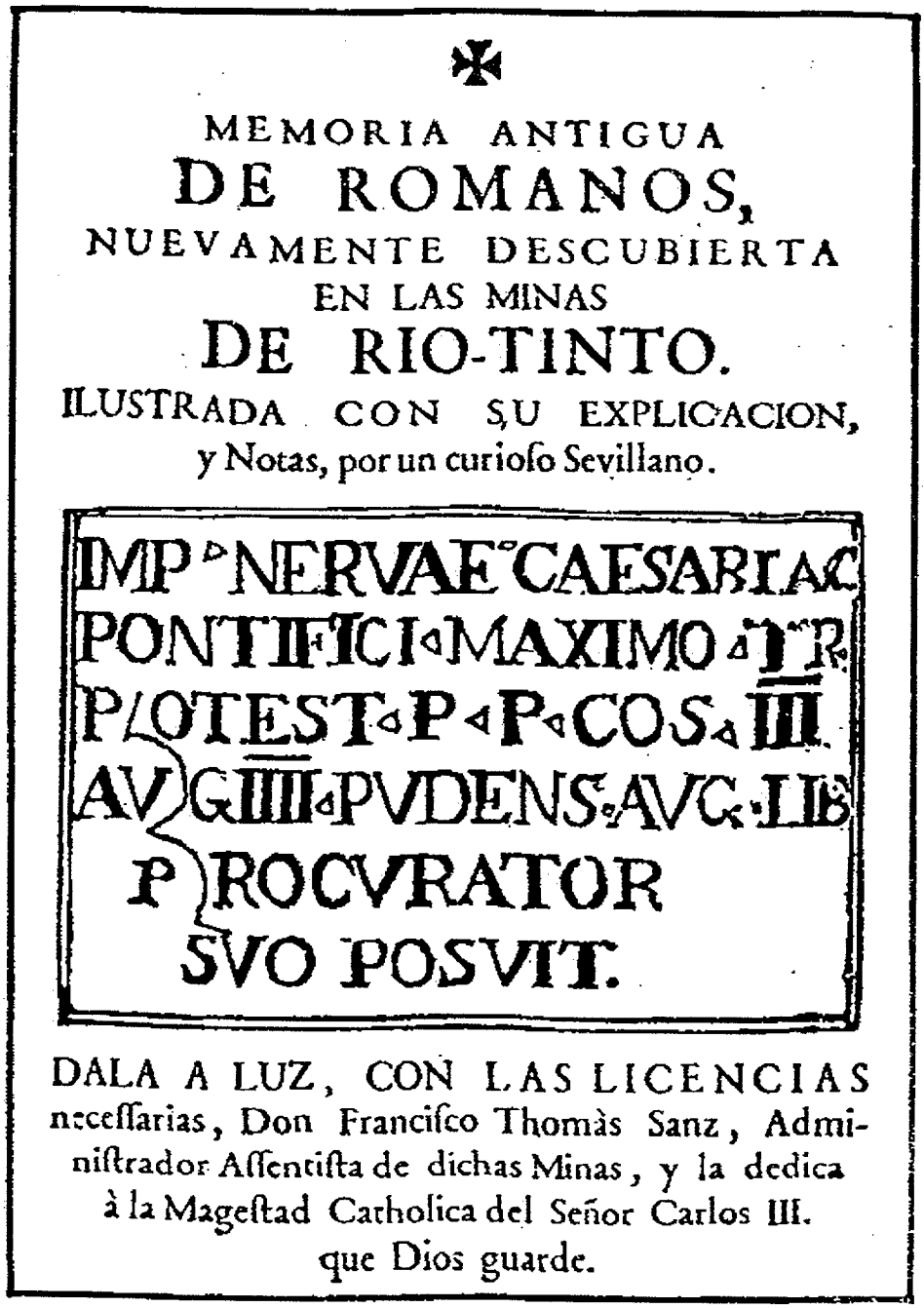
DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	45 N-W	30 N-W	30 S-W	W-E	15 N-W	15 S-W	80 N-W	85 N-W	80 N-W	80 S-W	45 S-E	45 S-W
2	45 N-W	60 S-W	VARIABLE	W-E	N-W	15 S-W	80 N-W	65 N-W	80 N-W	60 N-W	45 S-E	45 S-W
3	80 N-W	60 S-W	VARIABLE	45 N-W	55 N-W	15 S-W	30 N-W	45 N-E	80 N-W	15 N-W	15 S-E	45 S-W
4	80 N-W	60 S-W	VARIABLE	45 N-W	55 N-W	60 S-W	80 N-W	45 S-W	30 S-W	60 N-W	15 S-E	W-E
5	VARIABLE	60 S-W	VARIABLE	45 N-W	60 N-W	5 N-W	80 N-W	45 S-W	45 S-E	60 N-W	15 S-E	W-E
6	60 S-E	30 S-E	45 S-W	15 N-W	60 N-W	15 S-W	80 N-W	45 S-W	45 S-W	60 N-W	80 S-E	W-E
7	60 S-E	30 S-W	S-N	80 N-E	60 N-W	15 S-W	60 N-W	45 S-W	60 S-W	60 N-W	80 S-E	W-E
8	60 S-E	60 N-W	80 S-W	80 N-E	15 S-E	60 N-W	60 N-W	15 N-W	85 N-W	60 N-W	45 N-W	VARIABLE
9	15 S-E	W-E	75 N-W	80 N-E	15 N-E	15 N-W	60 N-W	55 N-W	85 N-W	60 N-W	45 N-W	VARIABLE
10	10 S-W	45 S-E	75 N-W	30 S-E	45 N-W	15 N-W	15 N-W	55 N-W	85 N-W	15 N-E	VARIABLE	VARIABLE
11	55 N-W	45 S-E	75 N-W	30 S-E	55 S-W	15 N-W	80 N-W	45 N-E	15 S-E	30 S-E	VARIABLE	80 N-E
12	55 N-W	45 S-E	75 N-W	80 N-W	55 N-W	80 N-W	80 N-W	45 N-E	45 N-W	W-E	N-S	VARIABLE
13	45 S-W	30 S-E	75 N-E	80 N-W	55 N-W	30 N-W	15 N-W	45 N-E	45 S-W	W-E	N-S	45 S-E
14	45 S-W	45 S-E	VARIABLE	80 N-W	55 N-W	30 N-W	60 N-W	45 N-E	85 N-W	W-E	15 N-E	45 S-E
15	45 S-W	45 S-W	80 S-E	80 N-W	60 S-W	15 N-W	60 N-W	65 N-W	85 N-W	W-E	15 N-E	VARIABLE
16	65 N-W	45 S-W	45 S-W	80 N-W	15 N-W	30 S-E	60 N-W	65 N-W	85 N-W	30 S-E	30 S-E	VARIABLE
17	55 N-W	45 S-W	45 S-W	80 N-W	15 N-W	30 S-E	30 N-W	45 N-W	85 N-W	30 S-E	80 N-E	VARIABLE
18	55 N-W	45 S-W	45 S-W	45 N-W	15 N-W	30 S-E	15 N-E	15 N-W	30 S-W	S-N	80 N-E	E-W
19	55 N-W	45 S-W	45 S-W	N-S	55 N-W	VARIABLE	VARIABLE	15 N-W	60 S-W	15 S-W	80 N-E	75 S-E
20	45 S-W	45 S-E	75 N-W	75 S-W	55 N-W	75 N-W	VARIABLE	15 N-W	30 S-W	45 S-E	VARIABLE	E-W
21	45 S-W	60 S-E	75 S-W	30 N-W	55 N-W	75 N-W	VARIABLE	55 S-W	15 S-W	45 S-E	30 S-E	60 S-E
22	45 S-W	60 S-E	60 S-E	30 N-W	15 N-E	75 N-W	VARIABLE	45 S-W	45 N-W	45 S-E	75 N-E	60 N-W
23	55 N-W	30 S-W	75 S-E	30 N-W	45 N-W	15 S-W	VARIABLE	60 N-W	45 N-W	80 N-W	45 S-E	60 N-W
24	VARIABLE	45 N-W	80 N-W	45 N-W	30 N-E	15 S-W	60 N-W	45 N-E	45 N-W	30 S-E	75 S-W	60 N-W
25	45 N-W	45 N-W	80 N-W	VARIABLE	15 N-E	15 S-W	45 N-W	45 N-E	45 N-W	30 S-E	75 S-W	60 N-W
26	45 N-W	45 N-W	80 N-W	15 N-E	45 S-E	15 S-W	60 N-W	45 N-E	60 N-W	75 S-W	75 S-W	60 N-W
27	60 S-W	30 N-W	80 N-W	15 N-W	45 S-E	45 N-W	45 N-W	45 N-E	80 N-W	60 S-E	75 N-W	N-S
28	60 S-W	30 S-W	30 N-W	VARIABLE	45 S-E	30 N-E	80 S-W	45 S-E	45 S-W	60 S-E	75 N-E	75 S-E
29	60 S-W		60 N-W	VARIABLE	60 S-E	45 S-W	80 S-W	55 S-W	80 S-W	60 S-E	75 N-E	15 S-W
30	45 S-W		W-E	VARIABLE	45 N-W	80 N-W	80 S-W	15 N-E	80 S-W	60 S-E	30 N-W	15 S-W
31	45 S-W		W-E		65 N-W		W-E	45 N-E		45 S-E		15 S-W

VELOCIDAD DEL VIENTO EN RIOTINTO - AÑO 2.001

(Km / h)

DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	10	10	10	5	10	5	5	5	5	10	10	5
2	10	10	45	5	10	5	5	5	5	5	10	5
3	5	15	20	5	10	5	5	5	5	5	10	5
4	5	15	20	5	10	10	10	5	5	5	10	5
5	20	15	20	5	5	5	15	5	5	5	10	5
6	10	25	5	5	5	5	10	5	5	5	10	5
7	10	30	10	10	5	5	10	5	5	5	5	5
8	10	10	20	10	5	5	10	5	5	5	20	30
9	10	10	10	10	5	5	10	5	5	5	20	30
10	10	10	5	5	5	5	5	5	5	10	35	30
11	10	10	5	5	5	5	5	5	5	15	35	20
12	10	10	5	5	5	5	5	5	5	10	5	25
13	10	5	20	5	5	5	5	5	5	10	5	10
14	10	10	20	5	5	5	10	5	10	10	25	5
15	10	5	5	5	10	15	10	10	10	10	20	25
16	5	5	10	5	5	10	10	5	10	5	10	25
17	5	15	5	10	5	10	5	5	10	5	10	25
18	5	15	5	5	5	10	15	5	5	10	10	20
19	10	15	5	5	5	35	20	5	5	15	10	10
20	5	20	5	5	5	5	5	5	5	10	15	10
21	5	5	10	5	5	5	5	5	10	10	5	10
22	5	5	10	5	5	5	5	5	10	10	5	10
23	5	10	5	5	5	5	5	5	10	5	10	10
24	20	5	10	5	5	5	5	5	10	5	5	10
25	5	5	10	10	5	5	5	5	5	5	5	10
26	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	10
27	35	10	10	10	5	10	5	5	5	10	5	5
28	35	10	10	10	10	10	5	5	10	10	10	5
29	35		10	10	5	5	5	5	10	10	5	5
30	15		5	10	5	5	5	5	10	15	5	5
31	10		5		5		5	5		10		5
MAXIMA MES	35	30	45	10	10	35	20	10	10	15	35	30
MINIMA MES	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MEDIA MES	11	11	11	7	6	7	7	5	7	8	12	12

ANEXO II
LÁMINA DE COBRE ROMANA
ENCONTRADA EL 31 DE JULIO DE 1762


MEMORIA ANTIGUA
DE ROMANOS,
NUEVAMENTE DESCUBIERTA
EN LAS MINAS
DE RIO-TINTO.
ILUSTRADA CON SU EXPLICACION,
y Notas, por un curioso Sevillano.

IMP NERVAE CAESARI AC
PONTIFICI MAXIMO TR
POTEST P P COS III
AVG IIII PVDENS AVG LIB
PROCVRATOR
SVO POSVIT.

DALA A LUZ, CON LAS LICENCIAS necessarias, Don Francisco Thomàs Sanz, Administrador Assentista de dichas Minas, y la dedica à la Magestad Catholica del Señor Carlos III. que Dios guarde.

Portada de la publicación realizada por FRANCISCO THOMAS SANZ, dedicada a Carlos III, con motivo de encontrarse el día 31 de julio de 1762 una placa romana al abrir una antigua galería a la que puso el nombre de San Carlos en honor al Rey.

ANEXO III

INFORME DEL CLÉRIGO DIEGO DELGADO SOBRE LAS MINAS DE RIOTINTO, FECHADO EN ARACENA EL 15 DE AGOSTO DE 1556

INFORME DEL CLÉRIGO DIEGO DELGADO EN 1.556

"Relación fecha en la villa de Aracena a 15 días del mes de Agosto de 1.556 años, por mi, Diego DELGADO, clérigo, vecino de Madrid, de las minas que por el Sr. FRANCISCO DE MENDOZA nos fué dada comisión a PEDRO AGUILAR conmigo, vecino de Castro Nuño, para las ver y mirarlas en los términos comarcales de Zalamea la Vieja, y asimismo a otros términos; en el cual término de Zalamea, visto por el Sr. D. FRANCISCO DE MENDOZA haber grandes labores y edificios, y disposiciones y cuevas y pozos antiguamente labrados, y grandes escuriales de las fundiciones y labores antíguas; visto la disposición de la tierra, y tierras y términos, y haber muchas venas, nos fué cometido a nos, DIEGO DELGADO y PEDRO AGUILAR, para que particularmente tornásemos a certificar y ver tentar y buscar y descubrir ansi venas como los metales que los antíguos labraban y se aprovechaban; para que, vistos los metales, el Sr. D. FRANCISCO DE MENDOZA mande lo que más convenga al servicio de S.M.

Y luego nos lo sobredichos DIEGO DELGADO y PEDRO DE AGUILAR, en cumplimiento de la dicha provisión nos partimos en fin de Julio de 1.556 al dicho término de Zalamea, y nos recogimos en un monte a unas casas que dicen Nuestra Señora de Río Tinto[1] que había poco más de un cuarto de legua a las cuevas y pozos que los antíguos hicieron; a otro día como llegamos nos fuimos a una de las cuevas, la cual se dice del Salitre[2], y entramos en ella. Esta cueva tiene desde la entrada hasta la frontera setenta pesos, y de traviesa ochenta y más; su altura, como una iglesia, y ansi está como una bóveda, y en la cual cueva hay grandes concavidades y lumbreras que salen a lo alto del cerro: a nuestro parecer serán de alto algunas lumbreras de más de quince estados[3] de alto; y por estas lumbreras recibian luz para sus labores; entre yo el dicho DELGADO en uno, para sentir y descubrir el fin que tuvieron los antíguos y

[1] Denominadas posteriormente Nerva, donde han vivido parte de la población de las minas.
[2] Que en las explotaciones modernas se les llamó "Cueva del Tabaco".
[3] Estado.- Medida de longitud equivalente a la altura de un hombre.

para qué efecto; dentro del pozo hallé, una vena cubierta por tierra echada con mano, la cual aparté, y descubrí la vena y unos huecos que van por ella, y de aquella vena y huecos saqué hasta una arroba de metal en espacio de seis credos; sentí que por alli seguían los antíguos su obra.

Salidos del dicho pozo, corrimos toda la dicha cueva, y vimos que en ella los antíguos seguían cuatro o cinco diferencias de metales, todos los cuales venian y salian de una vena madre que por medio de dicha cueva iba[4]; y visto que no le podiamos descubrir el metal, por la cueva, por razón de la mucha tierra y piedra que en ella quedó, por donde nos fué forzoso procurar descubrilla por la mesma cordillera, aunque va muy montuoso y cerrado el monte; lo cual, pasados diez días de nuestra llegada a la cueva y término de Zalamea, día de San Lorenzo, tomé el dicho DELGADO un hombre con picayo, y me fui a donde unos días pasados había reconocido una señal de metal, y alli mandé cavar, y descubri a dos o tres golpes luego metal; mandé más ahondar, hasta la rodilla, y siempre descubriendo gran cantidad de metal, mandé llevar una arroba al Sr. D. FRANCISCO; y esta vena está de la Cueva poco más de un tiro de arcabuz del cerro. Visto los metales que estaban en la dicha cueva, y visto el metal que descubrí, hallamos que todos eran unos, de los cuales los antíguos se aprovechaban, ansi de la cueva como de los pozos; y ansi es todo uno lo que descubri, y ansi lo respondré al Sr. D. FRANCISCO para que lo mande desaminar, y ver lo que de ello se podrá aprovechar.

Asimesmo, andando en el dicho descubrimiento desta como de otras, vimos muy grandes asientos y edificios de fundiciones y escuriales de las venas y metales que los antíguos labraban y aprovechaban, los cuales escuriales son tan grandes, que parescen ser muy grandes montañas y cerros; seran estos escuriales que vimos hasta dos leguas en largo y otras dos en encho[5], sin más de otros, que tuvimos noticia que tenian más de ocho leguas de largo.

Asimesmo fuimos a ver otra cueva, la cual estaba llena de agua[6] y salia de debajo della un rio, el cual se dice Rio-Tinto; la causa por qué nace por

---

[4] Se refiere a las variaciones de colores que presenta la jarosita.
[5] A lo que Gonzalo Tarín, obra citada, pag. 62, consideró muy exagerado.
[6] La cueva del Lago, que en las explotaciones modernas se mantuvieron secas.

veneros de caparrosa, que por otras partes se dice aceche, de lo que sirve para tinta; y ansi todas las orillas de este río están llenas de aceche, principalmente en el mes de Agosto, y ansi todos los lugares por donde pasa el rió o cercanos son obligados cada consejo de enviar sus cuadrillas de mujeres y mozas é mozos, en todo el mes de Agosto, á coger este aceche, y con este aceche pagan al Arzobispo de Sevilla ciertos tributos, de los cuales ellos están obligados: los consejos y otras personas no los pueden coger en ningún tiempo, porque es suyo del Arzobispo, sopena de graves penas.

Acá no sabian qué era la causa por qué este río iba teñido, hasta que se lo di á sentir y conocer cómo nacia por veneros de caparrosa, aunque hay otro secreto en ello, lo cual no se lo daré porque le guardé; y como le veian y ver ir este rio teñido, no se dice de otra manera sino Rio-Tinto.

En este río no se cría ningún género de pescado, ni cosa viva, ni las gentes las beben, ni las alimañas, ni se sirve de esta agua en ninguna cosa. Tiene una propiedad esta agua, que cualquiera persona que tiene en el cuerpo cosa viva, como beba della, se lo mata y le echa del cuerpo: otra propiedad les dije que tiene, de lo cual ellos se holgaron de saber, y es que ninguna persona que tuviese mal de ojos, que como se lavase con aquella agua, que luego sanaria: y esto les di por medicina en aquella tierra, de lo cual ellos quedaron muy contentos, porque lo vieron luego por experiencia. Tiene otra propiedad que si le echan un hierro en el agua, en pocos días se consume; esto yo lo probé; y tomé una rana viva y la eché en el rio, y luego murió sin poder salir del agua. En todo este río no se halla arena en él ni cosa suelta, porque todas las piedras que hay están presas y pegadas unas á otras, y se echa de fuera una piedra, á pocos días está pegada al suelo y con las otras.

Andando en dicha busca de venas, hallamos dos grandes cerros, en los cuales hallamos otras maneras de labores de venas y pozos, los cuales pozos eran los unos para labrar las dichas venas y darles luz, y otros pozos labrados de otra manera, sin llevar metal ninguno, porque, según hallamos, se hicieron para desaguar las dichas venas que labraban, y estos pozos se contraunian unos

con otros[7], hallamos más de cincuenta pozos, que iban por un cerro arriba muy grande[8], para el efecto de desaguar; mandamos entrar en uno de ellos, para informarnos más, el cual pozo tenía quince estados. Junto á este pozo, á ochenta pasos, nace otro río, que es el agua acechada, la cual agua probé, yo el dicho DIEGO DELGADO, y nombrase también éste Río-Tinto[9], y muchas otras cosas dejamos de ver, por la grande espesura de los montes, y porque teniamos noticias de ellas.

Ansimesmo, andando buscando donde los antíguos tuvieron sus afinaciones, para ver si podríamos descubrir alguna que nos diese luz para ver si sacaban plata ó algún otro metal, los cuales no pudimos descubrir por los montes estar cerrados. Recogiendonos á nuestro cuartel, hallamos en un cerro[10], en lo más alto, una señal de edificio; alli mandamos cavar, y á más de un estado hallóse cierto plomo, por donde conocimos que pues los antíguos tenían y trataban en plomos, que su fin era aprovecharse en plata.

Preguntando á muchas gentes antíguas viejas que habían oido decir de aquellos edificios tan antíguos, respondieron que habían oido decir que España solia antiguamente dar á los romanos ciertos talentos de plata y oro en tributo, y que de allí lo llevaban, y no sabian más.

Visto todo lo dicho, é informándome en todo lo que pude, nos volvimos para la villa de Aracena tres días antes de Nuestra Señora de Agosto de 1.556. Donde está el Sr. D. FRANCISCO de MENDOZA, para dalle cuenta y razón conforme á la provisión á nos dada. Venimos, la dimos conforme á lo que pudimos é hicimos, juntamente con los metales que recibimos, los cuales le emponderamos para que dellos dispusiese y mandase ver y ensayar".

---

[7] Alude a los antíguos socavones de desagüe, con sus lumbreras.
[8] Cerro de San Dionisio.
[9] Actualmente se conoce por "Tintillo".
[10] Cerro de Salomón.

ANEXO IV

REAL ASIENTO A FAVOR DE D. LIEBERT WOLTERS, PARA EL BENEFICIO DE LAS MINAS DE GUADALCANAL, RIO-TINTO, CAZALLA, ARACENA Y GALAROZA

REAL ASIENTO A FAVOR DE D. LIEBERT WOLTERS, PARA EL BENEFICIO DE LAS MINAS DE GUADALCANAL, RIO-TINTO, CAZALLA, ARACENA Y GALAROZA

EL REY

Lo que por mi mandado se asienta, y concierta con D. LIEBERT WOLTERS, caballero sueco de nación: Por cuanto pretende escaparse del trabajo, y beneficio de las minas de plata de Río Tinto, Guadalcanal, Cazalla, Aracena y Galaroza, que se hallan en las provincias de Extremadura y Andalucía, en virtud del pliego que puso en mis Reales manos, firmado de su nombre, en Madrid, á diez y seis de Agosto de mil setecientos veinte y cuatro, el cual firmado también por D. JUAN BAUTISTA DE OREADAIN, de mi Consejo y Secretario del Despacho universal en lo tocante á Hacienda, remití al consejo de ella, con Real Orden mia de primero de Mayo de este año de mil setecientos veinte y cinco, mandando que, respecto de que con Decreto de seis de Junio de mil setecientos y diez y nueve, le remití asimismo un pliego, dado por D. NICOLÁS VAILLANT, encargándose del beneficio de las minas de plata de Guadalcanal, Río Tinto, Cazalla, Aracena y Galaroza, por treinta años con diversas condiciones, para que se diesen los despachos correspondientes en observancia, que no llegó el caso de expedirse, por no haber acudido á sacarlos el interesado ó por su falta de medios, ó por haber fallecido; y que habiendo con este motivo ocurrido ahora D. LIEBERT WOLTERS á tratar sobre el beneficio de estas minas, y dado el pliego que remití, encargándose del Asiento de éllas, bajo las condiciones que contiene, y adelante se expresan había venido en aprobarle, y la remití a mi Consejo de Hacienda, para que por él se despachase el Asiento (que es éste) y corresponde con las cédulas que pidiere de sus condiciones para su observancia, y que se hagan las prevenciones, y demás que sean precisas a su ejecución, y resguardo de mi Real Hacienda, con la calidad de que la

capitulación diez y siete, que trata sobre que todos, y cualquier oficiales que vinieren del Norte, para la labor y beneficio de las minas, se han de ser molestados por causas, y motivo de Religión, sea, y se entienda mientras sirvieren en los trabajos de las minas propias; y con la condición de que se abstengan de toda injuria de nuestra Santa Fé, y no hagan ejercicios públicos de su secta; y los que no prosiguieren en los trabajos, hayan de salir del reino, sino le dejan; y publicado en mi Consejo de Hacienda, acordó se cumpliese. Por tanto las condiciones con que se ha de establecer este Asiento y beneficio, son las siguientes:

I Que el referido D. LIEBERT, sus compañeros y partícipes, han de gozar del fruto de las expresadas minas por tiempo de treinta años, que han de empezar a correr y contarse desde el día en que se entregasen los despachos, con calidad de que así el suplicante, como sus interesados, no se le ha de obligar á abrir y trabajar en dichas minas hasta pasados diez y ocho meses después de la fecha de este Asiento, por ser preciso en este tiempo hacer venir del Norte oficiales prácticos, y de inteligencia en este manejo, y mandar fabricar diferentes máquinas de una invención particular, jamás vista en estos reinos, con las cuales espera lograr el desagüe y limpieza de dichas minas, que impide el trabajo y beneficio de éllas, preparándose en este tiempo de los caudales que se necesitan para emprender obra tan grande, en que se sigue el beneficio que se deja considerar á mi Real Hacienda, reparar y reedificar las casas de dichas minas de Guadalcanal, que se hayan arruinadas, e incapaces de habitación, para el alojamiento de los oficiales y obreros: y pasado el referido tiempo de los diez y ocho meses, pondrá corriente, en primer lugar, una de las dichas minas, ó bien sea la de Guadalcanal ó Río Tinto, y concluídas éstas, continuará la labor y beneficio de las demás, con calidad que constando haber dado principio al trabajo, y beneficio de las citadas minas, en caso de cesar en la labor de todas ellas, ó beneficio de sus metales, que se hubiesen sacado después de haber pasado el término de tres meses consiento se les quite el manejo y propiedad de éllas.

II Que en atención a los crecidos gastos que se ocasionan para poner corrientes las referidas minas, se les ha de conceder por mi, como concedo a

dicho D. LIEBERT liberación por seis años contados desde el día en que se empezasen las fundiciones, beneficios, por azoque ó otros, en la mitad de lo que debiere contribuir, según se previene por las ordenanzas, tanto en los metales de plata, ó oro, como en todos los demás, los cuales han de estar en custodia de D. LIEBERT, con intervención del Veedor y Contador, hasta que con la misma se beneficien luego que haya los suficientes para ello, y cumpliendo el referido término, se obliga á pagar enteramente lo que corresponde por la razón de quintos.

III Que les ha de ser permitido cortar leña y fabricar carbón para el trabajo de las minas y casas de las beneficiaciones en los montes, que no fuesen de particulares, porque á estos se les ha de pagar su importe a su justo precio, según lo dispuesto en las Ordenanzas de Minas.

IV Que por evitar los perjuicios que se siguen en los montes por el fuego, que de tiempo en tiempo se hace para sembrarlos, y por lo que distribuyen los árboles, y los ganados que pastan en éllos, se ha de mandar observar lo dispuesto por las leyes, sobre la conservación de los montes y dehesas, y permitirles lo que en cuanto á esto conceden las Ordenanzas de Minas, y que por ningún modo se pueda poner en fuego en los montes de distancia de media legua de las bocas principales de dichas minas, procediendo con todo rigor contra las personas que lo quebrantasen sin que se permitan pastar en dichos términos ganados algunos, que no sean de la gente que se ocupare en los transportes, y abasto de dichas minas, y estudiándose todo lo expresado sin perjuicio de tercero, porque en este caso, así el referido D. LIEBERT como sus partícipes, satisfarán enteramente lo que se justificase haber adeudado, á quien tuviere derecho legítimo.

V Que por las comunidades y lugares más cercanos á las minas, se les han de dar todas las acémilas y bagages que necesitaren para el servido de éllos sin dificultad, ni dilación, pagando lo que fuere justo, y estuviese tasado por las justicias, sin hacer violencias á los dueños en los bagages de su labranza.

VI Que en caso de que se descubran algunas nuevas minas en los parages en que están las referidas, precediendo señalar el sitio y metal de éllas, y las demás formalidades prevenidas en las Reales Ordenanzas, se les hayan de dar por mi

Consejo de Hacienda, para que estas mismas condiciones sean observadas en todo y por todo en cuanto á ellas.

VII Que por el superintendente de la Mina del Almadén, Asentista de la pólvora, y demás arrendadores, se les ha de dar la cantidad de azogue, pólvora, salitre, sal común y plomo, que precisamente justificaren necesitan para el beneficio, y fundición de dichas Minas, pagando estos géneros al mismo precio que tienen de costa á mi Real Hacienda, excepto el de azogue, que este desde luego se allana á satisfacer á razón de cuatrocientos reales de vellon el quintal, y no entregándosele á este precio, o al que fuese justo, y corriente en la referida Mina del Almadén, lo hayan de poder introducir de fuera de estos Reinos libremente.

VIII Que dicho D. LIEBERT y demás sucesores y participes que se emplearen en el servicio de las referidas Minas, se les ha de conceder, como mando se les concedan las minas exenciones y franquicias, que en los años de mil seisciento y ochenta y cuatro, y mil seisciento y ochenta y siete se ampliaron por el señor D. CARLOS SEGUNDO, á favor de D. RAPHAEL GÓMEZ, y los demás que entendieron en dichas Minas, precediendo en cuanto á lo comestible y vestuario, para no pagar derecho de ello, que haya de señalar los géneros y cantidades de que en cada un año ha de gozar liberación presentando al principio de cada uno relación jurada de todo, y también las listas de la gente que trabajare, para que en su vista por el juez conservador que fuese de estas Minas, se les dé las órdenes que juzgare por conveniente.

IX Que para mantenerse en la paz y concordia, que negociación de tan graves consecuencias, requiere al resguardo y auxilio del dicho D. LIEBERT, y todos los demás dependientes de dichas Minas, y mantener las autoridades de su jurisdición con eficacia, que sus árduos casos requieren para la conservación, el Gobernador de mi Consejo de Hacienda, que es, o fuere como juez, conservador general y privativo, que ha de ser de dichas Minas, ha de despachar, y mandar se libre título de juez subdelegado, con ampliación de jurisdición, en favor de la persona que se elegiere por el dicho D. LIEBERT, que lo sea de su satisfación, capaz, idoneo, competente, y de toda calidad, y que dicho título de subdelegación, se ha de aprobar por mí, mandando despachar

mi Real Cédula de aprobación y ratificación, con plena facultad para su mayor consistencia, autoridad, y pronta ejecución a las órdenes que por Dicho Gobernador de Hacienda se le dieren, según y en la conformidad que se ha ejecutado por el que fué nominado por el referido D. RAPHAEL GÓMEZ, siendo esta la base principal, y esencial, en que consiste la quietud, buen gobierno, y corriente del mineral, y para que dicho juez conservador pueda conocer y conozca asimismo de todo lo ajeno, y dependiente a dichas Minas, con inbición á las Justicias, Chancillerías, Audiencias, y demás Tribunales, con las apelaciones solo a mi Consejo de Hacienda, á quién privativamente toca, por lo cual satisfará en cada un año seiscientos pesos de ayuda de costa.

X Que para mayor claridad, buen regimen, y justificación del producto que Dios fuere servido de dar al dicho D. LIEBERT, y demás participes en la beneficiación de dichas Minas, se ha de nombrar por el gobernador de mi Consejo de Hacienda un Veedor y Contador, para que este lleve la cuenta y razón de todo; y considerándose haber en efectos de plata, oro, ú otro cualquier metal hasta en cantidad de cinco mil pesos, se hayan de hacer las reparticiones en la conformidad que queda estipulado, por lo cual desde luego el dicho D. LIEBERT satisfará al referido Veedor y Contador, la mitad del sueldo que se consignare correspondiente á este empleo, entendiéndose, que este no tendrá obligación de pasar al parage donde se hallan dichas Minas, hasta que se haya empezado á trabajar en ellas, desde cuyo tiempo será de la obligación del dicho D. LIEBERT asistirle con lo que llevo referido.

XI Que en todo sea lícito á dicho D. LIEBERT, de ir y venir, salir del Reino y entrar en él, dejando persona de toda su confianza, para administrar y adelantar el trabajo de las Minas, con los mismos derechos y la misma autoridad que el mencionado D. LIEBERT; y que en caso de fallecer este, han de ser reconocidos y mantenidos por mí y mis sucesores, como lo mando, y por mis Consejos y Ministros, así los interesados en dichas Minas, que sucedieren en su lugar, como el heredero, ó herederos que, nombrare, gozando los mismos privilegios, derechos y prerrogativas, que el dicho D. LIEBERT todo el tiempo que faltare hasta el referido de los treinta años y con las mismas fuerzas que se esplican y espresan en este tratado.

XII Que por si alguna persona, con algún motivo, ó derecho que pueda tener á dichas Minas, intentase pedir cosa alguna contra el dicho D. LIEBERT, sus herederos y compañeros, no sea oido enjuicio, ni fuera de él: y si durante este Asiento se le inquietase, ó pertubase por los interesados, que pretendan tener derecho en las expresadas Minas, salga el Fiscal de mi Consejo de Hacienda, como lo ordeno a su voz y de defensa; porque desde ahora para entonces, ha de ser visto, que por mí han de quedar, como quedan, derogadas absolutamente todas, y cualesquiera otras mercedes y facultades, que por los Reyes mis predecesores se hubiesen dado en favor de otras cualesquier personas.

XIII Que se ha de permitir, que los dependientes de las Minas menos los peones y jornaleros, puedan traer las armas que necesitaren para su resguardo y defensa, en el distrito de ellas, en la misma conformidad que el señor D. CARLOS II concedió esta facultad al mismo D. RAPHAEL GÓMEZ, por Cédula de diez y siete de Enero de mil seiscientos y ochenta y nueve.

XIV También se obliga por si, sus herederos y sucesores, á que después de cumplidos los treinta años referidos, entregará graciosamente al Ministro de mi Consejo de Hacienda, y a favor de ella, todas las precitadas Minas, corrientes, con las casas, molinos, ingenios, mulas, máquinas y otros instrumentos, y todo lo demás que se hallare, y de obras hechas y existentes, escepto la plata y otro metal, que tuviere fuera de los minerales.

XV Que el importe de los quintos pertenecientes á mi Real Hacienda, le ha de satisfacer en los mismos parajes donde se hicieren las beneficiaciones; y que en caso que sea de mi Real agrado le paguen en Sevilla, ó en esta corte, expediré y o las ordenes convenientes, para que los cabos militares de tropas, que se hallaren acuertelados en los lugares por donde transitare la conducta, la comboyea con toda seguridad, entendiéndose, que los gastos han de ser de cuenta de mi Real Hacienda, y por lo que toca al beneficio perteneciente al dicho D. LIEBERT, ó sus interesados, tendrán facultad de disponer de él y conducirlo donde le pareciere, como no sea fuera de estos Reinos, con la circunstancia, que si para dicha conducción habían de menester, hagages y escoltas, se le han de conceder, pagando los gastos acostumbrados.

XVI Que se te han de entregar al dicho D. LIEBERT, y sus sucesores y participes, todas las tierras de trigo, prados, jardines, viñas, montes, bosques, y otras cualesquiera que hayan sido de su jurisdición, de las referidas Minas en el tiempo que fueran trabajadas, oyendo en justicia á los poseedores, si a ello saliesen.

XVII Que todos, y cualesquier oficial que viniesen del Norte para la labor y beneficio de dichas Minas, no han de ser molestados por causa y motivo de su Religión, según y como se han practicado con los oficiales que se condujeron de Holanda para la Real fábrica de paños de Guadalajara.

XVIII Que por ningún pretesto ó motivo, cualquier que sea, pueda ser lícito arrestar, ni encarcelar á dicho D. LIEBERT y sus interesados, ni embargarle sus efectos; y finalmente, se obliga á que en todo lo que no fuere expresamente comprendido en los referidos capítulos y condiciones, observará lo que se dispone, previene, y manda por las Reales Ordenanzas de Minas, gozando al mismo tiempo de todas las preeminencias, exenciones, libertades, y demás prerogativas que en las referidas Ordenanzas de Minas se expresan, desde el día de la fecha de este Asiento; con las cuales dichas calidades y condiciones, que van espresamente declaradas, hace allanamiento y se obliga de emprender y tomar á su cargo el beneficio en general de las precitadas Minas, sin que se pueda precisar á su labor y beneficio hasta el tiempo referido en el capítulo primero: para cuyo efecto, y poner desde luego en ejecución sus máquinas y operaciones, me suplicó admitiese dicho Asiento, mandando que á este fin se den las más prontas providencias, por convenir así a los intereses de mi Real Hacienda y beneficio público, para que se logre el buen celo, ánimo y leal afecto, y aplicación del dicho D. LIEBERT, en que por esperiencia se reconozcan no ha degenerado de su nacimiento de Suevos y Godos, los que siempre han sido señalados por la fidelidad con que han servido á sus Reyes y Principes. Y para que todo lo referido en este Asiento y sus partes, tenga efecto, por la mia prometo y aseguro, con mi fé, y palabra Real, se guardarán las condiciones que contiene á dicho D. LIEBERT y sus compartícipes, cumpliendo por ellos, con lo que de la suya les toca; y para su observación mando le cumpla el Gobernador, Ministros de mi Consejo de Hacienda, y fiscal que en este Asiento va espresado,

se pueda oponer, con inhibición de cualquier otros Consejos, Chancillerías, Audiencias ó Ministros mios, porque todos han de ser, como mando sean, inhibidos del conocimiento, que reservo solo al Gobernador y Consejo de mi Real Hacienda.

Y para en cuando á todo lo contenido en este Asiento, dispenso cualquier Leyes, Pragmaticas y órdenes que haya, ó pueda haber en contrario, dejándolos en su fuerza por lo demás, que así es mi voluntad, y que se tome la razón de este Asiento en mi Contaduría mayor de Cuentas, y las generales de valores y distribución de mi Real Hacienda, la general de Millones y la de Rentas generales, dentro de dos meses de su fecha; porque pasados y no lo haciendo, será nulo, y unas y otras han de hacer las prevenciones convenientes al resguardo de mi Real Hacienda, en inteligencia de que ha otorgado la obligación que debe darse para este Asiento, de la cual se ha de tomar la razón en las partes que van referidas. Dado en San Idelfonso á diez y seis de Junio, año de mil setecientos y veinte y cinco -YO EL REY- Por mandado del Rey nuestro Señor.- D. FRANCISCO DÍAZ ROMÁN.

ANEXO V

MANIFIESTO POR D. LIEBERT WOLTERS VONSIOHIELM, CABALLERO DE NACIÓN SUECO

MANIFIESTO POR D. LIEBERT WOLTERS VONSIOHIELM, CABALLERO, DE NACIÓN SUECO,

En que se hace público al Asiento y contrato que ha hecho con S.M. por el tiempo de treinta años de las minas de oro y plata de Guadalcanal, Río Tinto, Cazalla, Aracena y Galaroza en las provincias de Andalucía y Extremadura, y el proyecto y compañía que se establece para cuantos quisieron entrar en ella á beneficiar sus intereses, con las calidades y condiciones que se expresan.

Habiendo acreditado la experiencia, que en los reinos y provincias de la Península de España se hallan varias Minas de oro, plata y otros metales, tan ricas y abundantes como las mayores de Europa; y siendo en particular las descubiertas y mejores las de Guadalcanal, Río Tinto, Cazalla, Aracena y Galaroza en las provincias de Andalucía y Extremadura: hicieron asiento con la Majestad del S. Felipe II (que santa gloria haya) los Condes Fúcares alemanes y, con sola la de Guadalcanal que abrieron, consiguieron hacerse los más ricos de Europa con el oro y plata que sacaron de ella, hasta que se la querían quitar, la inundaron de agua y privaron de este beneficio á los Sres. Reyes de España y sus vasallos.

Aunque todas, y cada una de por sí, es público y notorio, son muy abundantes los minerales de oro y plata, esto en particular la de Guadalcanal, pues en diferentes partes de ella se hallan más de dos tercios de plata maciza, y en algunas el todo con tanta abundancia, que solo el producto de los quintos para S.M., excedía de 60.000 escudos cada día.

La Mina de Cazalla (que dista tres leguas de la de Guadalcanal) se abrió por un indiano de grandes experiencias, y á los 25 estados que profundizó, halló que traia la superficie tres onzas de plata por quintal, y habiendo éste muerto en la Villa de Cazalla en Andalucía, declaró en su testamento que si se llegase á profundizar hasta 40 estados, sería la más rica y abundante en sus minerales de todas las Indias.

Halláse la de Río Tinto á 16 leguas de la de Guadalcanal, y 10 de la ciudad de Sevilla, de la que se sacaban 2.700 ducados de oro al día; y aunque ésta se halla llena de agua vitriolo, se puede sacar muy facilmente, de conformidad que en breve tiempo se logre conocido beneficio, y lo mismo las de Aracena y Galaroza; pues aunque estas no se han abierto hasta ahora, se cree conseguirlo por los medios que se han de practicar.

Deseosos diferentes sujetos de conseguir lo mismo que los Condes Fúcares en las minas de Guadalcanal, han hecho varios Asientos (con los Sres. Reyes de España) para sacar de ellas el oro y plata, y el agua de que están inundadas; pero por faltarles inteligencia y máquinas para el desagüe han desistido de la empresa, sin lograr el beneficio y utilidad.

Hallándose D. LIEBERT WOLTERS con suficiente inteligencia, práctica y capacidad para conseguir con brevedad el desagüe de dichas minas inundadas y abrir de nuevo las otras con las máquinas que ha de hacer para tan importante obra, (como lo ha manifestado con otras en la ciudad y Río de VIGO, á vista ciencia é inteligencia de muchos que se hallaron presentes, con las que consiguió sacar del mar diferentes efectos, como es público y notorio), ha hecho Asiento y contrato con S.M. (Dios le guarde) por el término de 30 años para el producto y beneficio de dichas minas, con diferentes claúsulas, condiciones, prerrogativas, privilegios y exenciones que en dicho Real Asiento ó CEDULA se expresan, cuyo tenor es el siguiente:

Deseando D. LIEBERT WOLTERS, manifestar con sincera y verdadera realidad el celo, cariño y amor que profesaba á la Nación española y lo mucho que apreciaba el acierto del R.S. de S.M., aumento de su Real Hacienda, y el beneficio y bien público de sus vasallos, y para que esto lo experimenten y también conozcan que el fin de su anhelo no es querer hacer ninguna extracción de tesoros en dinero de España, ha hecho el expresado Asiento con S.M. Y aunque para la ejecución de él, y ponerlo en práctica, tiene señalado tiempo hasta 18 de Diciembre del año próximo de 1.726; y también tiene sujetos fuera de la nación española, que pretenden adelantar esta obra, debe preferir, y hacer experiencia de los naturales, antes que de otros, en la inteligencia que D.

LIEBERT WOLTERS, cuando empezó a tratar con S.M. de este asunto, tenía por sí suficiente caudal, que se ha divertido en España, como S.M. tiene significado.

Que siendo preciso haya algunos gastos en dichas minas, antes de sacar de éllas el considerable fruto que se espera señaladamente de las de Guadalcanal y Río Tinto, para que se logre el fin distributivamente se conviene en formar una Compañía con caja y tesorería, como se practica en estos casos, y en ellas se pongan los fondos para suministrar los gastos á los sujetos de experiencias que han de venir del Norte, y á los trabajadores y demás personas que sean necesarias conforme se regle por la misma Compañía, que deberá ser en esta forma:

BASES PARA LA FORMACION DE UNA COMPAÑIA, PRESENTADAS POR D. LIEBERT WOLTERS, PARA LA EXPLOTACION DE LAS MINAS QUE SE LE CONCEDIERON POR REAL ASIENTO DE 16 DE JUNIO DE 1.725

I

Que cada uno de los que entrasen en la Compañía, con su contingente, para unirse con el número de otros diez y nueve, para tener voto de elegir Director, Veedor, Contador y Tesorero, y lo demás que pareciese conveniente, dando poder al que pareciese de todos (veinte hombres) de sana conciencia, verdad e inteligencia y sincero celo, para que por todos los de este número dé su voto; y en caso de que este, por sus fines particulares, perturbe la quietud o dé ocasión á discordias, se le revoque el poder y se dé á otro idóneo, siendo consecuencia que si alguno pusiese cantidad que llegue á 40 porciones, debe tener dos votos, y á proporción si pusiere más.

II

Que debiendo reservarse D. LIEBERT WOLTERS las acciones que se dirán en adelante, por ellas ha de tener facultad de nombrar seis sujetos de su satisfacción que voten igualmente como los precedentes en la elección de los oficiales que expresa el artículo antecedente, previniendo que en lo demás ha de tener los votos que correspondieren á sus acciones, y la presidencia de esta Compañía la ha de ejercer el mismo D. LIEBERT, ó la persona que eligiere.

III

Que no se pueda elegir ninguno de los que hayan de ejercer empleo, para que tenga voto, si no tuviese interés ó caudal puesto en la Compañía.

IV

Que respecto de no poder concurrir todos los que deben tener voto, en el paraje donde se han de abrir las minas, podrá el Director nombrado por la Compañía concurrir a las disposiciones prontas que se ofrezcan, y para las que fueren de gravedad é importancia avisará al apoderado general que haya de correr con los negocios de esta Corte, para que este convoque á la Compañía en el paraje donde convenga.

V

Que ha de haber un arca de dos llaves distintas, donde entre y esté seguro el caudal que se fuere depositando por la Compañía, para la primera entrada de los que quisieren concurrir, y la una de las dichas llaves la deberá tener D. LIEBERT WOLTERS, y la otra el Reverendísimo Padre Fr. JERÓNIMO NIETO, Procurador general del Real Convento de Nuestra Señora del Carmen Calzado de esta corte, donde se depositará el dinero en el archivo y caja de dicho Real Convento, con intervención de dicho Procurador General y del referido D. LIEBERT WOLTERS, quién dará el boletín de resguardo á cada uno, según el dinero de las acciones que tomase, dejandolo notado en su libro, en el interin que, sabidos los que concurren, se forma la Compañía, previniendo que para lo sucesivo la misma Compañía dará las reglas y providencias; y para la mayor comodidad de los que quieran entrar en dichas acciones, se asistirá en dicho Real Convento y archivo desde las nueve de la mañana hasta las doce, y por la tarde desde las tres hasta las siete, excepto los domingos y días de fiesta de precepto.

VI

Que todas las personas que quisieren entrar á los intereses y al beneficio que se saque de dichas minas, puedan hacerlo con las proposiciones que se regulan, á cincuenta doblones de á dos escudos de oro cada una, pagaderos de esta forma: los cinco primeros el día que entren en la Compañía y quede alistado para que se forme sucesivamente; diez en 31 de Marzo de 1.726; otros

diez en 1º de Julio del mismo año, y los restantes de cada porción á cumplimiento de los cincuenta doblones, se pagarán en adelante si fueren necesarios y conviniere.

VII

Que desde el día de la fecha de este proyecto habrá facultad para entrar en él por el tiempo de treinta días, para que puedan gozar de este beneficio los que se hallaren dentro y fuera de esta Corte, por no permitir más dilación lo preciso de este importante encargo.

VIII

Que fenecido el término de los treinta días, ó antes si se cumpliere el número de las acciones, deberán juntarse en el archivo de dicho Real convenio, ó sala que en sí eligiese, para elegir los que han de votar, y estos nombrarán Director, Veedor, Contador y Tesorero, los que deberán estar prontos para marchar en compañía del dicho D. LIEBERT al paraje de las referidas minas y planificar todo lo conveniente.

IX

Que respecto de las providencias anticipadas que es necesario dar para formar las máquinas nunca vistas en estos reinos, para el desagüe, y para cortar leña y principar las casas, y especialmente para hacer venir los prácticos de fuera de estos reinos, que deben entender con los trabajadores de dichas minas, y otras cosas urgentes, ha de poder D. LIEBERT disponer y librar sobre el caudal de los cinco doblones de este primer ingreso todo aquello que tuviere por conveniente y preciso emplear en los referidos gastos.

X

Que deseando D. LIEBERT, por su parte, todo cuanto conduzca al acierto y continuación de esta grande obra, hará patente al Director que se nombrare, el ingenio y breve modo del desagüe de las minas, y todo lo demás que debe practicarse, para satisfacción de todos los interesados y desempeño de su verdad y honor, sincera y buena intención en el servicio de S.M. y provecho de los interesados, con la condición de que ha de preceder juramento del Director de no revelar el ingenio á persona alguna, si no es en el caso de morir el citado

D. LIEBERT; y porque siempre haya quién pueda continuar esta magnifica obra, lo dejará sabido luego que haya tomado posesión de dichas minas.

XI

Que se computarán hasta 2.000 acciones, y de ellas se sacarán al público las 1.300 al respecto de 50 doblones cada una en los plazos expresados; y las 700 restantes han de quedar al beneficio y propio aprovechamiento de D. LIEBERT WOLTERS, libres, declarando que por razón de la anticipación de los 50 doblones que corresponde á cada acción no debe concurrir á ninguno gasto nunca.

XII

Que siempre que se empiece a sacar fruto de las dichas minas, concurrirá su contingente al respecto de lo que se sacare y correspondiere a cada acción, igualmente de las 1.300, con las 700 que se reserva el citado D. LIEBERT, á los gastos ordinarios y extraordinarios que desde entonces se ofrecieren; y de lo que quedare líquido de caudal, después de separar el quinto correspondiente á S.M. y los gastos de las minas, se repartirá á proporción á cada uno de ellos, según las. porciones que tuviere.

XIII

Que cualquiera de los que hubieren entrado en una ó más porciones, tendrá facultad de venderla, cederla o traspasarla su mismo derecho, bien sea voluntariamente ó por muerte para sus herederos y sucesores; bien entendido que antes de hacerlo deberá acudir al agente general de la Compañía para que éste lo anote en su libro de registro y dé su permiso, firmándose en el mismo papel o cesión.

XIV

Que mediante la facultad antecedente, deseando la mayor equidad para los que entraren en las acciones y no puedan continuar con las pagas y plazos estipulados, y porque igualmente no cese el curso de tan importante obra, deberá cualquiera acudir al apoderado general que residiere en esta Corte, cuando no pueda suministrar los medios de cualquier plazo asignado quince días antes que se cumpla, para que se le busque alguna disposición de

beneficio, en conformidad del capítulo antecedente, declarando que si no se encontrase ó no avisare con la anticipación referida, quedará eternamente excluído.

XV

Que en cuanto al trabajo de las minas, así por la obligación que tiene hecha con S.M., citada en su Real Decreto, como también por razón de su inteligencia, se le ha de reconocer á dicho D. LIEBERT, ó á la persona que eligiere por superior de todos, como principal en el Asiento que se ha concedido por S.M., y por sí, y sin intervención de otro alguno, ha de tener amplia facultad de elegir y nombrar todos los oficiales, ingenieros, obreros, minadores, proveedores y demás personas necesarias para el trabajo, y seguridad de las minas, y á éstos los ha de quitar ó mudar á su satisfación siempre que convenga, señalando á cada uno el salario que según su habilidad deba gozar.

XVI

Que el Director, Juez Conservador, Tesorero, Contador y Apoderado General en esta Corte, y á los demás que se consideraren precisos, se les señalarán y pagarán sus sueldos de los caudales que pusieren los interesados, hasta que haya fondos de los que produjeren las minas; y será la obligación de estos ministros hallarse presentes al trabajo de las minas ó donde se señalaren, excepto el Apoderado General, que ha de residir en esta Corte, el que tendrá la obligación de dar noticia á cada uno de los interesados, de los caudales y beneficios que les rocaren, según el producto, por las relaciones que se remitiesen de dichas minas.

Y para que todo género de personas puedan entender este negociado y entrar á la utilidad que Dios fuere servido se saque de las dichas minas, se hace este proyecto, y manifiesto para la seguridad y firmeza en todo lo que ha parecido posible que debe practicarse reglado á la justicia distributiva, y conservación del derecho común.- Madrid á 4 de Septiembre de 1725.

ANEXO VI

INFORME DE 23 DE MARZO DE 1726, DE ROBERTO SHEE, SOBRE LAS MINAS DE RIOTINTO, ELABORADO PARA LA JUNTA DE LA COMPAÑÍA CREADA POR LIEBERT WOLTERS PARA SU EXPLOTACIÓN

El informe que de Río Tinto dió D. ROBERTO SHEE a la Junta de la Compañía de minas fué:

"En el término de Zalamea la Real está el monte que por los modernos se llama el Castillo Viejo en donde se ven todavía paredes y ruinas que hicieron los antíguos en lo más alto de él, y parece haber sido fortaleza por cuya situación se puede no solamente registrar las minas en general, sino el terreno por algunas leguas de su contorno. De este monte sale por las dos partes que miran al norte y al mediodia el agua vitriólica, y por lo que tiñe las piedras por donde pasa llaman Río Tinto: el mismo nombre tiene un pueblo, o aldea de hasta ochenta vecinos, distante de Aracena a la parte del oriente 5 leguas y de Guadalcanal 20, de Sevilla 12 y de Zalamea la Real 2. Zalamea es villa como de 1.000 vecinos, es clima y terreno saludable y abundante: sus moradores son industiosos, y acomodados por el comercio que tienen en bastimentos, cerdos, cueros, cera y miel de que abundan en estas partes; el Corregidor o Alcalde mayor es por nombramiento del Rey".

"La aldea llamada Río Tinto está contigua y inmediata a dicho monte que sigue en grande altura una larga cordillera, y consta, que en su origen estaba unida, pero que los romanos y cartagineses la rompieron para hacer carril, o camino carretero, el cual se vé aún hoy por muchas partes, y que seguian hasta el mar océano donde se embarcaban los metales que sacaban de estas minas. Este carril guiaba principalmente al puerto llamado San Juan del Puerto, distante de Río Tinto nueve leguas. A la orilla de este Puerto hay un castillo o torre que hoy tiene por nombre la Torre de Salomón, en donde (refieren las tradiciones) almacenaban los antíguos tesoros hasta poderlos embarcar con conveniencia. Se trabajó una parte de esta cordillera con tanta continuación, que de las escorias que sacaron de las fundiciones se formaron montes iguales a los naturales, siendo tantas, que han causado admiración y espanto a cuanto han reconocido aquellos parages y sitios, y puedo yo asegurar con verdad que los muchos y diferentes escoriales antíguos y modernos que se

hallan en estos Reinos, y en los de las Indias, no igualan todos juntos a estos, lo que persuade ser el sitio más rico y abundante de minerales que encontraron los antíguos en estos Reinos, y dan bastante testimonio de la riqueza y utilidad que esperimentaron en su seguimiento y beneficio. Esto se verifica, además de lo que se vé de indicios de labores y escoriales, en las ruínas de una gran población o ciudad, que la tradición refiere se nombraba la Gran Bitania, la cual está al norte a corta distancia del referido castillo, y de las minas, y por la canteria labrada en columnas y otras figuras se conoce haber habido suntuosas habitaciones; y en otras muchas partes de este mismo parage, se encuentran cimientos de obras y casas, que prueban lo muy poblado que estuvo en lo antiguo este territorio. Conócese también que los cartagineses y romanos trabajaron por la parte por donde están todas las labores y entradas a las minas, tan ensanchadas y grandes que tienen huecos los montes, pero en medio de esto no parece se han profundizado, y que todos los huecos de las minas quedaron a medio centro del monte y parte del norte, dejándolos abandonados cuando encontraron las aguas".

"Los sarracenos trabajaron también este sitio, y éstos como más hábiles en labores y trabajos subterráneos, abrieron calle o acueducto por la parte del mediodia, mucho más bajo que lo que trabajaron los antíguos por la parte del norte, y por ella caminaron a coger el centro del monte y poner mucho más profundas sus labores con la disposición de hacer que el desagüe saliese por su pié sin necesidad de otro artificio ni máquina, y aunque se hallan hoy grandes lagos de agua toda vitriólica dentro de estos montes, me parece que como todas pueden salir por su pié, es fácil evacuarla, y en poco tiempo, y así a poco gasto se pueden ver descubiertas y puestas a punto todas estas grandes obras, pués es evidente que lo que impide hoy el corriente de las aguas por la referida calle o conducto, es una piedra de gran tamaño que a mi parecer consta haber sido puesta con malicia en la boca del onceno o lumbrera de la calle o cañería, en cuya consecuencia queda el curso de las aguas de las partes más arriba interrumpido, y detenido, y no dudo que los sarracenos y moros, que fueron los postreros que trabajaron en este sitio, hallándose forzados a retirarse se valieron

de esta industria con el intento de estorbar a los españoles el seguimiento de estas obras".

"Corre en los pueblos de esta vecindad una tradición creida entre ellos, que en los huecos de estos montes, labores subterráneas, etc., quedaron ocultos los tesoros de grande entidad, o en monedas o en minerales: el fundamento o probabilidad que tiene esta voz tan común, no puedo yo imaginar, sino que acaso sea la tan repentina y fugaz retirada de los bárbaros después tan larga, próspera y fecunda posesión, etc. Para mayor explicación de la referida calle o desaguadero conviene poner en noticia de V.S. que es de tamaño, capaz de entrarse en ella un hombre para trabajar y limpiarla: desde la primera abertura al pié del monte hacia el centro de él hay veintidós pozos a distancia regular de doce varas cada uno, que le sirven de lumbreras ó respiraderos. En la boca del onceno, por la parte de arriba, y contra la corriente está puesta la piedra que lo detiene, como queda ya referido; por cuyo impedimento se forma allí un lago de agua vitriólica, pero tan clara y transparente como si fuera agua dulce, como que en tiempo sereno se puede ver desde la superficie el fondo de él y también la piedra; he tenido la curiosidad de fondear de mi propia mano este lago, y hallé que tiene 12 estados de agua. El pozo más alto hacia el monte tiene 30 estados de profundo, quince de agua y quince secos".

"De que calidad de metal abundan más estos minerales, si de oro ó de plata, no se podrían dar ciertas noticias, pero parece por todos indicios ser de oro, y además de los indicios tan patentes me confirma en esta opinión lo que he adquirido por papeles de toda autoridad, son las noticias que dió el sujeto más eminente en el beneficio de los metales que tuvo el Reino del Perú, por cuya enseñanza se trabaja hoy en los dos Reinos de las Indias. Este vino á estos Reinos con dos beneficiadores de los más hábiles y capaces que se hallaron entonces de orden del Rey FELIPE IV, y desde el año de 1.648 hasta el de 1.651 se empleó en reconocimientos de diferentes minas. En las de Río Tinto se empleó dicho sujeto algún tiempo con los otros dos que traía, y después de muchas y varias esperiencias descubrió el modo de beneficio, asegurando por Memorial que dió de lo que había hecho, tenía S.M. en aquellos desmontes y escoriales inmensos tesoros, y que había hallado en ellos poca plata pero

considerable parte de oro, declarando el modo como se había de sacar; pero como S.M. no quiso hacer los gastos necesarios para poner corrientes los beneficios de cuenta de la Real Hacienda, e interesarse en todo lo que produjesen, no tuvo efecto por la poca administración y gastos exorbitantes habiendo seguido también SILL la guerra de Portugal, con que se quedó olvidado para España este sitio y sus abundantes metales".

"Los metales de que se hace aquí expresión no son los que salen de las minas, sino los que yá disfrutaron de primer beneficio los antiguos y los dejaron ocultados para los fines que se deja entender de irlos apurando á su tiempo. Estos son un compuesto de muchos metales y medios minerales con mucha parte de antimonio, arsénico, azufre y fierro, por cuya razón para lograr la riqueza que incluyen, será preciso seguir el modo de beneficio que no dudo se hallará en los archivos del referido año de 1.654, o que haya hombres de grande habilidad en el arte de separar los metales puros de los impuros, y en diferentes Reinos del Norte. Yo sé de propia experiencia que hay muchísimos sujetos habilísimos y expertos en este arte de separación, y no dudo los habrá también en España. De los metales puros que salen de las minas no puedo tampoco dar razón ni noticias ciertas, pero por todo lo ya referido, la circunstancia de sus aguas vitriolas, la cantidad copiosa de el bermellón y sanaloria natural y fina que se muestra en varias partes de este sitio, de la cual envio con esta á V.S. una muestra, a mi parecer indican por indubitables la abundancia y superior ley de sus metales".

"En qué tiempo de la antigüedad ó debajo de qué gobierno particular se empezó el beneficio de estos minerales, no me pongo á averiguar con certeza, pero consta que ha sido su continuación por varios siglos, y por ahora tomaré razón solamente de algunas monedas ó medallas que unos pastores y otras personas hallaron por casualidad entre las ruinas de aquella ciudad de la Gran Bitania, y las del referido Castillo Viejo. Por curiosidad y con algunas diligencias he logrado encontrar con ellas, las cuales entregué en Real mano propia de S.M. Una era de plata con el retrato y nombre visible del Emperador Vespasiano; otra de cobre de Julio César; otra de metal de oro y cobre algo gastada que parece de Augusto, y otras más gastadas que por su tamaño y

hechura, y por la semejanza de otras que he visto juzgo ser de Trajano y Tiberio, y entre ellas á mi dictámen no cede á alguna una de plata mayor que un real de á dos, tan blanca y entera como si hubiera salido de la estampa; esta se halló en un sepulcro y consta ser de los sarracenos; pero como los caracteres son arábigos no alcanza mi ciencia á descifrarlos".

"Yo se que no es del caso saber cuando se empezaron ó acabaron estos beneficios, pero digo, que el arte de fundir, separar metales y desaguar minas nada debe á los antíguos, al contrario consta que desde algunos años á esta parte el genio, industria y aplicación de los modernos en diferentes Reinos han aumentado esta ciencia con tantos ingeniosos descubrimientos y raros secretos, inventando tan admirables máquinas, hornos, instrumentos, etc. para beneficio y ahorro de gastos en las labores de minas y minerales en general, que pasan aún hoy día la imaginación de muchos artífices que no han experimentado sus operaciones".

"Esto, señores, digo es del caso y muy en favor y ventaja de V.S. en cuya suposición acabo esta suplicando continúen animosos en la prosecución de esta grande obra. El cielo muestra señales en su favor, pués ya se ha descubierto una muy abundante mina de carbón de fierro, de cuya calidad he hecho la experiencia de Guadalcanal, y puedo decir que no cede en bondad á las muy famosas de Inglaterra; en la Villa de Cazalla se ha descubierto otra mina de nó menor riqueza de azogue, la utilidad é importancia de este en las fundiciones, separación de metales y beneficio en general es tan notoria, que es escusado el encarecerla. La empresa de V.S. no es ácosta de la Real Hacienda ni de cargo á los vasallos; V.S. no son asentistas ni arrendadores de las Rentas Reales, ni causan sus ministros escarmientos ni terror en los pueblos por donde transitan; V.S. no pretenden formar tesoros, palacios ni castillos á costa agena ó pública; en fin V.S. no pretenden empleos provechosos que puedan en manera alguna ser de cargo de la Real Hacienda; al contrario V.S. animados con valor y celo más noble y provechoso á su Rey y Patria, emplean sus propios caudales para sacar de las entrañas de la tierra un provecho y caudal común. ¡Ojalá de esta siempre loable industria de V.S. (extrañada y puede ser aborrecida de la pereza, de la ignorancia crasa y de otros genios de más maligna intención) brotaran

crecidos e inesperados aumentos a los Reales haberes!. De esta industria se puede esperar el alivio del vasallo, el empleo del ocioso, el socorro del necesitado, el consuelo de la viuda y huérfana, etc., cuyas circunstancias convidan a España en general a contribuir a rogar por el feliz suceso de ella: lo que se debe prometer por el patrocinio de el Todopoderoso Dios, el favor y auxilio de nuestros renombrados y piadosos monarcas FELIPE e ISABEL (Q.D.G.), el apoyo de tan ilustre compañía y las asistencias de tan acertada y vigilante Junta Particular. En esta confianza vivo yo; deseando ocasiones de mayor entidad en que poder emplear mi celo y cortos para el bien común, rogando a N.S. la empresa de V.S. concediendo unión y acierto en sus resoluciones y a cada particular los felices y dilatados años que les deseo. Madrid 23 de Marzo de 1.726. B.L.M. de Vuestras Señorias su más fiel y afecto servidor y amigo. D. ROBERTO SHEE".

ANEXO VII

ASIENTO DE LAS REALES MINAS DE RIO-TINTO Y ARACENA, CONCEDIDO POR SU MAGESTAD, A DON SAMUEL TIQUET JUNIOR, CABALLERO DE NACIÓN SUECO

ASIENTO DE LAS REALES MINAS DE RIO-TINTO Y ARACENA, CONCEDIDO POR SU MAGESTAD, A DON SAMUEL TIQUET JUNIOR, CABALLERO DE NACIÓN SUECO

EL REY

Por cuanto por Asiento, firmado de mi Real mano en diez y seis de Junio de mil setecientos y veinte y cinco, se estipuló, y concedí facultad á D. LIEBERT WOLTERS VONSIOHIELM, para labrar y beneficiar las Minas de Guadalcanal, Rio-Tinto, Cazalla, Aracena y Galarosa, en la forma y con las condiciones siguientes:

(Se reproduce el Asiento con WOLTERS.)

Habiéndose formado cierta Compañía de accionistas para la labor de estas Minas, bajo de algunas convenciones, que dió en un proyecto al público dicho D. LIEBERT y suscitádole diferentes dudas, por mi Real órden de once de Noviembre de mil setecientos y veinte y seis, ordené lo siguiente: En decreto de primero de Mayo del año de mil setecientos y veinte y cinco, expedido á ese Consejo, mandé se ajustase Asiento, y concierto con D. LIEBERT WOLTERS, labre el trabajo y beneficio de las Minas de plata de Rio-Tinto, Guadalcanal, Cazalla, Aracena y Galaroza en las provincias de Extremadura y Andalucía, con diferentes calidades y condiciones; cuyo Asiento se ajustó y conservó con el referido D. LIEBERT WOLTERS, por Cédula espedida por ese Consejo en diez y seis de Junio de aquel año; y en virtud de ella el expresado D. LIEBERT publicó un Proyecto para formar una Compañía y entrar á beneficiar los intereses de las referidas Minas, como en efecto se formó de los que dieron su contingente, hasta el número de dos mil acciones, á cincuenta doblones cada una, pagaderos en diversos plazos, regulando cada veinte acciones una voz y voto, para elegir después entre los vocales accionistas los empleos necesarios, como lo ejecutaron; y para evitar la confusión en el crecido número de votos, nombraron una junta particular, compuesta de un Presidente y ocho Vocales, con diversas calidades y circunstancias; y con motivo de haberse suscitado perjudiciales

disputas, desuniones y desavenencias entre la Junta general y particular, que notablemente atrasaron el mayor beneficio de las referidas Minas, y el llegar á conseguir la utilidad que de ellas se puede sacar; en decreto espedido á ese Consejo en tres de Setiembre de este año, tomé la determinación conveniente, á fin de "evitar las desuniones, y de que se adelantasen las obras, para conseguir la espresada utilidad; pero no habiendo bastado alguna de estas arregladas providencias á conseguir la mayor union y conformidad, suscitándose siempre gestiones y dudas, sin que se haya podido hasta ahora poner en planta la idea proyectada para el desagüe de las Minas, y las obras que en ellas se deben hacer, padeciendo el público por esta razon el perjuicio de haber entregado sus caudales con la sinceridad y confianza, que debia esperar de un proyecto autorizado por Asiento y contrato, firmado de mi Real mano, sin que hasta ahora haya visto, no solo las utilidades que esperaba; pero ni aun adelantar los medios para conseguirlas: He resuelto tomar la determinacion conveniente, para atajar de una vez todos los expresados perjuicios y establecer una regla fija, de la que no se pueda exceder para, llegar lo más pronto que sea posible á ver los efectos que han de producir estas providencias; y en primer lugar mando, que la Cédula espedida por ese Consejo en diez y seis de Junio del año de mil setecientos y veinte y cinco, del Asiento y concierto de estas Minas, se observe en todo y por todo como en ella se contiene excepto en aquellos casos en que hubiere alguna variación para esta resolucion. Todo lo necesario de las obras de las referidas Minas, ha de correr á cargo de D. LIEBERT WOLTERS, y los obreros, minadores, trabajadores y demas personas que se emplearen en lo laborioso y mecánico de ellas, han de ser de su eleccion y satisfaccion de los sueldos ó salarios de estos trabajadores, se han de proponer por D. LIEBERT á la Junta general para su aprobacion; la cual ha de dar providencia para la puntual satisfaccion y paga de estos sueldos ó salarios, á fin de que no haya detencion alguna, ni se esperimente atraso (y solo en el caso de tener la Junta motivo muy justificado para no convenirse en ello, me dará cuenta por medio de vos D. JOSÉ PATIÑO, Gobernador de ese Consejo, como Juez conservador y privativo que sois de las espresadas Minas). El referido D. LIEBERT ha de formar un estado de todas las obras, que con preferencia de unas á otras se

deben ejecutar, con espresion de las que se han de hacer principalmente y con noticia por un supuesto de cada una, el cual le ha de presentar en la junta para su inteligencia y reconocimiento; la que me dará cuenta por mano de vos, en el caso que lo considerase necesario. Las obras que propusiere el referido D. LIEBERT, y aprobare la Junta no se han de poder variar sin prévia noticia de ella, á quien el mismo debe dar la conveniente, con las razones fundamentales que tuviere para su variacion. La Junta general, en primer lugar debe formar de union y plena conformidad de todos los Vocales, una instruccion ú ordenanza de compañía de comercio; la cual firmada por todos, la pondrá en mis manos para su aprobacion, por medio de vos D. José Patiño; y en ella, arreglándose á lo contenido en mi Real Cédula citada, espedida en diez y seis de Junio de mil setecientos y veinte y cinco, y á esta mi resolucion, se han de referir los empleos que ha de haber, con espresion de los sueldos que han de gozar los individuos ó Vocales, de que se ha de componer la Junta particular para la mas breve espedicion de las dependencias y facultades que han de tener, espresando precisamente, que de las personas que compusieren esta junta particular, se ha de mudar cada año la mitad á lo menos para lograr de la alternacion los demas Vocales de la Junta general haciéndole la nominacion ahora desde luego, y en adelante, el dia seis de Enero por la tarde de cada año, por mayor número de votos; y en el caso de igualdad se ejecutará por suerte; en inteligencia de que probadas que sean estas Ordenanzas, no se han de poder alterar, ni variar, sino con motivo urgente, que se considere perjuicio, dándome cuenta antes, para que Yo lo apruebe. La Junta general y particular ha de ser como una misma y entre las dos debe haber la mayor union y conformidad; y en el caso de que algun individuo inquietare la buena armonia, que debe haber en estos dos cuerpos (aunque en la esencia es uno solo) (vos tomareis la providencia conveniente á su correccion ó castigo; y no bastando, me dareis cuenta, para que Yo tome esta resolucion). Ha de ser del cargo de la Junta poner un Veedor ó Interventor, para observar y reconocer, que todas las obras que se ejecutaren sean arregladas á lo que hubiere propuesto el mencionado D. LIEBERT WOLTERS, y se hubiere aprobado por la Junta, á la que debe dar cuenta al expresado Veedor con la mayor puntualidad de lo que se fuese adelantando y la Junta á vos, para que Yo

tenga noticia puntual de todo, cuando fuere mi voluntad pedírosla. Ha de haber en Madrid un Tesorero, (en cuyo poder han de entrar los caudales del producto de las dos mil acciones de la Compañía que se han de poner en arcas de tres llaves, que la una ha de tener el Gobernador de la Junta particular, otra el Contador, y otra el Tesorero); y el manejo de los caudales, así para la entrada como para la salida ha de ser con la intervencion de los tres sugetos referidos. (El Tesorero ha de nombrar persona por su cuenta y riesgo, para que resida en las Minas en el parage donde se hubieren de hacer las labores y trabajos, y á quien ha de remitir el importe de lo que por la Junta se librare para las obras y gastos que se resolviere ejecutar). Y este pagador, ó persona de la satisfaccion del Tesorero, ha de satisfacer el importe de sueldos, salarios y demas gastos, en virtud de los papeles ó libranzas que diere el expresado D. LIEBERT WOLTERS; pero procediendo el reconocimiento de ser lo que se librare y hubiere de pagar, arreglado á lo que hubiere propuesto el mismo D. LIEBERT y aprobado la Junta. Y respecto de que el Tesorero principal, que residía en Madrid, ha de nombrar este pagador por su cuenta y riesgo, deberá dar las firmas que parecieren competentes á la Junta para la seguridad y resguardo de los caudales que se hubiesen de remitir á las Minas. Es de la obligación de la Junta entregar todos los caudales que se consideraren necesarios para los expresados gastos, sueldos y salarios del mismo producto de las acciones, ó buscándolos á su crédito con intereses como le pareciere conveniente. (El mencionado D. LIEBERT no ha de tener en la Junta otra alguna preeminencia, que la que le dieren las acciones que tuviere, reguladas, como está dispuesto el número de veinte por un voto), y en la misma conformidad los demas accionistas, pero en la Junta particular han de ser los votos iguales. Luego que se publique esta mi resolucion, dará providencia la Junta en primer lugar, á que sin pérdida de tiempo, se continúen las obras y trabajos que fueren más útiles en las expresadas Minas, para que la operación se adelante todo lo posible, y no cese por caso alguno; y después pasará á formar las Ordenanzas, dando comision para ello á dos, ó cuatro Vocales, los mas hábiles é inteligentes, para que las formen, y llevándolas á la Junta, se aprueben por ella; y esto se ha de ejecutar en el término de doce dias después de publicada esta mi resolucion,

pues al fin de ellos han de quedar entregadas á vos D. JOSÉ PATIÑO, para que me deis cuenta, y con mi aprobacion se ponga de una vez regla fija á esta dependencia; con la prevencion de que cualquiera individuo, que intentaré dilatarlo, fomentando desuniones, y no arreglándose á la razón, además de que será despedido de la Compañía, perdiendo las acciones que tuviere (que han de quedar á beneficio de la misma Compañía) se le castigará con la mayor severidad y rigor, para que el público tenga seguridad de la buena fé con que ha entrado en esta Compañía, y reconozca cuanto se mira por su interés y beneficio, en el cual está refundido el de mi Real Corona; y esta resolucion se publicará, y dará cumplimiento á ella por la actual Junta particular y después se ejecutará por la general todo lo que en ella se expresa. Tendráse entendido el Consejo de Hacienda, y por el Gobernador de él, como Juez conservador privativo de las expresadas Minas, daréis las órdenes convenientes á la puntual ejecución y cumplimiento de todo lo contenido en esta mi deliberacion.

Y por los repetidos recursos que se hacían á mí por WOLTERS y la Compañía, motivados de los perjuicios que suponían resultarles de no cumplirse recíprocamente los convenios, y disposiciones, en varios tiempos hechos, se me propusieron por ambas partes algunos medios, discurridos para separarse de Compañía, había considerado no conveniente su práctica; y que teniendo Yo presente, que estos continuados pleitos se oponen directamente al fin de conseguir el beneficio de estas Minas, en el que Yo soy interesado por los derechos que de los metales que produjeren han de pagar, queriendo Yo quitar de raiz las controversías y desunion, que por lo pasado ha habido; por órden mia participada á mi Consejo de Hacienda, y á D. JOAQUÍN DE BARRENECHEA Ministro de él, y subdelegado para la comision de Juez conservador de estos beneficios, en avisos de D. JOSÉ PATIÑO de mi Consejo. Secretario del Despacho universal de Hacienda y Gobernador de mi Consejo de ella, de cuatro de Julio de este año, resolví, que el proyecto de Compañía, que está ejecutado, se estendiese á dos Sociedades y que el conjunto de los cinco Reales sitios de Minas, que comprende, se adjudicasen las de Rio-Tinto y Aracena (bajo de las mismas condiciones y reglas establecidas) á D. LIEBERT WOLTERS, por su tercera parte de acciones (que son con corta diferencia las

setecientas, que habia de convertir íntegras á su provecho, ó de los que las beneficiasen) á cuyo fin se segregasen de la compañía, para que WOLTERS, con independencia absoluta de la compañía, la Junta de ella, y de D. JOAQUÍN DE BARRENECHEA, pudiese trabajar las que se le destinaban; y á la Compañía la quedasen las de Guadalcanal, Cazalla y Galarosa, dejando yo respectiva, y separadamente á cada uno de estos dos cuerpos el manejo gubernativo, económico, que estaba concedido á el actual; y aunque WOLTERS, no ha pagado de caudal propio parte de ningunos de los crecidos gastos que hasta entonces se habían ejecutado en el apronto de los géneros precisos para el desagüe, inclusas las máquinas traídas del Norte, mandé le cediese la Compañía la menor, para que se sirviese de ella en Rio-Tinto, donde se me hizo presente ser apropósito, y que la Compañía se quedase con la mayor, y con los artífices y operarios estranjeros, que eligiese para el uso de ella y demas obras, por deber ser preferida en esto, mediante haber sido quien ha costeado los gastos de traerlos á España; y para que cesasen todas las pretensiones que D. LIEBERT pudiese tener contra la Compañía, sobre que pague esta los salarios, que suponian estarse debiendo á los mencionados operarios, seria de mi agrado, que por una vez entregare la compañía á WOLTERS quinientos doblones, con los cuales quedase de su cuenta pagar lo que se debe y libre la Compañía de que en ningún tiempo se la pidan maravedises algunos de sueldos, ni otro ningun gasto, que supiese WOLTERS devolvérsele hasta el día de la referida mi Real órden, que no estuviese liquidado, y convenida la Compañía á pagarle; y en caso de no convenirse estos interesados en ello, les deje reservado su derecho, para que le pudiesen deducir en justicia, con la reserva solo de que aunque no se conformasen con ello, no dejasen de tener efecto lo demas arriba espresado; lo cual le participaba á fin, que haciéndose saber esta mi resolucion á la Junta y el asentista, dispusiesen inmediatamente cumplir lo mandado por mí; en inteligencia de que seria de mi desagrado lo contrario.

En este estado por parte de SAMUEL TIQUET JUNIOR se dió Memorial en mi Consejo de Hacienda, justificando con evidentes testimonios, que el dia veinte y seis de Julio de este año, falleció en el sitio de la Mina de Rio-Tinto, D.

LIEBERT WOLTERS, su tio carnal, dejándole por heredero de las preeminencias, que Yo le concedí por el asiento preinserto en este; y que en el capítulo diez de él declaré mantendria á D. LIEBERT en ellas, y en los derechos que le competiesen, por treinta años, tanto á él, como á sus herederos; y respecto á que el referido SAMUEL es declarado y legítimo, é inteligente en el beneficio de metales como hizo constar de varios certificados, suplicó se espidiesen despachos mandando lo que á favor de su tio para dicho SAMUEL, por lo que toca á Rio-Tinto y Aracena, con sus derechos y preeminencias, segun lo resuelto por mí en el referido decreto de cuatro de Julio de este año en que como va espuesto, separé con estas dos minas al referido D. LIEBERT de las de Guadalcanal y su Compañía, bajo de las mismas cláusulas y condiciones que comprendió el Asiento arriba citado que las comprendió todas. Asimismo representó y justificó, que D. PEDRO DE OCAMPO, luego que supo la muerte de DON LIEBERT, pasó desde Zalamea la Real, como Alcalde mayor de ella, con toda la Justicia, á inventariar y embargar cuanto habia perteneciente á él, atajando con esta tropelía el progreso de las labores, quitando al referido SAMUEL el uso del dinero, papeles y demas concerniente, destinado á la empresa; y porque este atentado es contrario á mis órdenes, en especial al artículo nueve del inserto Asiento, en que inhibo á todas las Justicias, Chancillerías y Ministros, dejando esta regalía á solo mi Consejo de Hacienda y subdelegado, porque suplicó se diese la mas eficaz órden á dicho D. PEDRO DE OCAMPO, para que levante con toda presteza el embargo, dando por nulo lo ejecutado por él; y advirtiéndole que en lo venidero no perturbe estas labores y beneficio con ningun pretesto. Y visto en el referido mi Consejo de Hacienda, con los instrumentos de justificacion, y oido al Fiscal lo que sobre todo se le ofreció decir, acordó se hiciese como el referido SAMUEL TIQUET pide, por tanto en su consecuencia, y del Asiento mencionado, espedido á favor del dicho D. LIEBERT WOLTERS, he tenido por bien dar el presente, por cuanto mando se cumpla y observe el antecedente en todo y por todo segun y como se contrató y bajo de las limitaciones que en mis Reales órdenes está dispuesto y va espresado, y que el Alcalde mayor de Zalamea la Real alce luego al punto el embargo de los bienes de D. LIEBERT, dejando el uso libre de ellos á SAMUEL

TIQUET y ni él, ni otro Ministro le perturbe, ni impida el cumplir lo dispuesto y prevenido en mis órdenes, para beneficio y labor de las Minas de Rio-Tinto y Aracena, que así es mi voluntad; y que se tome la razón de este Asiento en mi Contaduría Mayor de Cuentas y las Generales de Valores y distribucion de mi Real Hacienda y de la escritura, que para cumplirle ha otorgado en mi Secretaría de la Real Hacienda. Dada en San Lorenzo á catorce de Noviembre de mil setecientos veinte y siete. -YO EL REY-. Por mandado del Rey nuestro Señor, D. GERÓNIMO DE UZTARIZ.

ANEXO VIII

NUEVO ASIENTO DE LAS MINAS DE RÍO-TINTO, ESTENDIDO Á FAVOR DE D. SAMUEL TIQUET

NUEVO ASIENTO DE LAS MINAS DE RIO-TINTO, ESTENDIDO A FAVOR DE D. SAMUELTIQUET.

EL REY.- Por cuanto por parte de D. SAMUEL MANUEL TIQUET, se representó al Rey mi Señor y Padre (que en Santa Gloria haya), que en virtud del Asiento firmado de su Real mano y refrendado de D. FRANCISCO DIAZ ROMAN, en diez y seis de Junio de mil setecientos y veinte y cinco, se concedió facultad á su tio D. LIEBERT WOLTERS VONSIOHIELM, de nacion Sueco, para beneficiar las Minas de Guadalcanal, Rio-Tinto, Cazalla, Aracena y Galarosa, formando Compañía, y despues para que sin intervencion de ella pudiese beneficiar solo las de Rio-Tinto y Aracena, por su tercera parte de acciones; y que habiendo fallecido el referido su tio en veinte y seis de Julio de mil setecientos veinte y siete dejándole por heredero de todos sus derechos habia continuado en el beneficio de las espresadas Minas y Asiento (haciendo traer á costa de crecidos caudales, operarios de fuera, sin que aun con ellos sacase el fruto que esperaba, y solo logró el sacar alguna porcion de cobre, y al mismo tiempo con sus repetidas esperiencias, el modo de fabricar vitriolo y alcaparrosa con el agua de las minas, mezclada con alguna porcion de mineral, que se habia reconocido no podrian absolutamente producir otros géneros que los espresados: suplicando fuese servido permitirle el establecimiento de otro nuevo Asiento para beneficiar los citados géneros y para ello concederle las condiciones que espresaba. Y visto en mi Real Junta General de Comercio y de Moneda, con los informes que tuvo por conveniente pedir en el asunto por los que constó se hallaban corrientes las espresadas fábricas de vitriolo y alcaparrosa en Noviembre de mil setecientos cuarenta y dos, y que se habian labrado mas de nuevecientas y setenta arrobas de estos géneros desde diez y seis de Diciembre de mil setecientos y cuarenta y uno, hasta veinte y cinco de Octubre de mil setecientos cuarenta y dos, correspondiendo á cada una de las arrobas de alcaparrosa mas de libra y media de cobre, y que se hallaban en disposicion de poder fabricar mayores cantidades á proporcion de las calderas

que se aumentasen y trabajasen, habiendo conseguido esta nueva fábrica á costa de esperiencias y muchos caudales, y aplicacion del mencionado D. SAMUEL MANUEL TIQUET, en el acto mismo de beneficiar el cobre que produce la mina de Rio-Tinto, y de ser los citados géneros de la calidad mas selecta que se conoce en España, y nada inferior el vitriolo, al mejor que en estos Reinos se gasta y viene de Chipre, Hungría, Suecia, y otros paises estranjeros, y sin comparacion mas escelente y fina la alcaparrosa que la que se fabrica en Aragon, de cuyos géneros se necesitan crecidas cantidades para diversas tinturas y medicinas; en cuya inteligencia y de lo que sobre ello se ofreció decir á mi Fiscal dió cuenta de todo la referida mi Junta general al referido Señor Rey mi Señor Padre en consulta de veinte y uno de Mayo de este año haciendo presente las grandes utilidades que se siguieran al Reino del establecimiento y permanencia de estas fábricas, así porque con la abundancia de estos géneros se evitará la introduccion de ellos de paises estranjeros, como tambien la estraccion de caudales, y por resolucion á la espresada consulta fué servido aprobar (como por la presente yo apruebo) el nuevo Asiento del mencionado D. SAMUEL MANUEL TIQUET, concediéndole por tiempo de treinta años las gracias que se espresarán en las condiciones siguientes:

1ª Primeramente que respecto de ser el vitriolo y alcaparrosa que fabrica el referido TIQUET de toda satisfaccion y de mejor calidad sin comparacion que el que se introduce y gasta en general en estos Reinos, y tan útil y necesario para todos los géneros de tintes de lana, seda, algodon y hilo, para los sombreros, infinitas medicinas, para agua fuerte y otros espíritus, sin incluir otros muchos fines en que se consume, le concedo la facultad de beneficiar y fabricar el vitriolo y alcaparrosa por el tiempo de treinta años, prorogando el principal Asiento de las Minas de Rio-Tinto y Aracena hasta su cumplimiento en ellos.

2ª Que durante el referido tiempo de treinta años que han de empezar á contarse desde la fecha de esta mi Cédula, y en el distrito de veinte leguas en contorno de las espresadas fábricas, no se admita otra de estos géneros, sino que sea para TIQUET, ó se verifique ser de cuenta suya, bajo de las multas y penas impuestas por las leyes establecidas.

3ª Que ha de tener facultad el referido TIQUET, como se la concedo para poner almacenes de vitriolo y alcaparrosa en las ciudades de Sevilla, Cadiz, Cartagena, Alicante, Barcelona y Almería, y del mismo modo en los puertos y ciudades principales en las costas del Occéano, así como en las demas de lo interior de estos Reinos de donde con mayor facilidad y comodidad puedan surtirse los pueblos mayores, con la obligación de tener todo el vitriolo y alcaparrosa que se necesitare para el surtimiento de cada partido.

4ª Que siendo cierto que los estranjeros y los que de ellos se abastecen, venden en los puertos de mar el quintal de vitriolo y alcaparrosa de cien libras castellanas á cuatro pesos y medio y á veces á seis, mando que por ahora venda el mencionado TIQUET á los precios que á su arbitrio fueren mas convenientes al público, atendiendo á que la mayor equidad que hiciere en las ventas de estos géneros, servirá á la sujecion de los que de esta clase introducen los estranjeros.

5ª Que respecto de que el establecimiento de estas fábricas es de mucha utilidad á mi Real Hacienda, como á la causa pública de estos Reinos, pues por este medio se evita el que los estranjeros saquen de ellos considerables cantidades, que mis vasallos se ven obligados á gastar para adquirir un género de tan precioso y útil consumo, no siendo menor la que resulta de que mis dominios abunden de fábricas de todas calidades, pues la naturaleza ha producido tan liberalmente los materiales que pueden servir para su surtimiento y tintes: Mando que todo el vitriolo y alcaparrosa de las fábricas sea tráfico libre de todos derechos é impuestos en mis dominios de España llevando los conductores guia de TIQUET ó de sus administradores, y para que no haya fraude en esto llevarán sobre las cargas de vitriolo y alcaparrosa banderillas con mis armas Reales, y por señal de ser fábrica Real, y luego que lleguen á la Aduana será de la obligacion del administrador mandar registrar sus despachos, y hallándolos buenos dispondrá sin detencion que un oficial de las Aduanas acompañe las cargas al almacen que TIQUET hubiere establecido y se registren allí los cajones del vitriolo y alcaparrosa para conocer no llevan otra cosa, ejecutándolo sin dilacion alguna.

6ª Que estando establecida y corriente la fábrica, se obliga TIQUET por mayor servicio mio y del público, á dar en el almacen que ha de establecer en Madrid graciosamente y sin precio alguno todo el vitriolo y alcaparrosa que fuere necesario para el consumo y abasto de las fábricas de tegidos de lana de Guadalajara, siempre que corriesen de cuenta de mi Real Hacienda, reglándose despues de espedida esta Cédula y establecido el almacen, las cantidades á que se hubiere de reducir este allanamiento.

7ª Que despues de abastecida la Península de España de los referidos géneros, pueda sacar los que le sobren á paises estranjeros para su consumo, entendiéndose lo mismo para sus herederos y sucesores en este Asiento.

8ª Que respecto á los grandes é indecibles gastos que TIQUET se ha visto precisado á hacer en el desagüe y trabajo de las minas, como en la conduccion y salarios crecidos de los muchos operarios é Ingenieros que ha hecho venir de los Reinos estranjeros para las pruebas y esperimentos hechos, aunque inutilmente en la fundicion de los metales, por cuyo motivo tiene ya casi del todo consumidas las setecientas acciones establecidas en el Asiento hecho con el referido D. LIEBERT y por falta de acciones imposibilitado de proseguir en su labor y beneficio de las minas; le concedo facultad para formar otras setecientas acciones, de suerte que todas las acciones é interesados en las Reales Minas de Rio-Tinto y Aracena, compongan el número de mil y cuatrocientos, con la calidad de que sean preferidos los accionistas antiguos, quienes si requeridos, no pudieren ó quisieren formar las nuevas setecientas acciones, no se les perjudica en la facultad que se da á TIQUET para establecerlas con distintos nuevos accionistas, antes sí resultará beneficio á los antiguos pues con este nuevo fomento conseguirán en la continuacion de los trabajos, y fábricas el respectivo útil rateado en las mil y cuatrocientas acciones de que carecerían sin el fomento de las nuevas setecientas acciones.

9ª Que en premio del nuevo invento de estos géneros y para poner corriente esta nueva fábrica no conocida en estos Reinos, resulta á sus naturales y al público la ventaja de tenerlos propios; he venido en dispensarle las franquicias y escepciones que están concedidas en el Asiento del referido año de mil setecientos veinte y cinco, por los capítulos tercero, cuarto, octavo, once,

trece, diez y siete y diez y ocho, con las limitaciones que aquí se insertan y son: (Que le ha de ser permitido cortar leña y fabricar carbon para el trabajo de las minas, fábricas y casas de las beneficiaciones en los montes en que no fuesen de particulares, porque á estos se les ha de pagar su importe á su justo precio segun lo dispuesto en las Ordenanzas de Minas: Que por evitar los perjuicios que se siguen en los montes por el fuego que de tiempo en tiempo se hace para sembrarlos y por lo que destruyen los árboles y los ganados que pastan en ellos, mando se observe lo dispuesto por las leyes sobre la conservacion de los montes y dehesas, y permitirles lo que en cuanto á esto conceden las Ordenanzas de Minas, y que por ningun modo se pueda poner fuego en los montes, en distancia de media legua de las bocas principales de dichas fincas, procediendo con todo rigor contra las personas que lo quebrantasen, sin que se permita pastar en dichos términos ganados algunos que no sean de la gente que se ocupare en los transportes y abastos de las espresadas minas y fábricas, entendiéndose todo lo espresado sin perjuicio de tercero, porque en este caso así el referido D. SAMUEL MANUEL TIQUET, como sus partícipes satisfarán enteramente lo que se justificase haber adeudado á quien tuviere derecho legítimo: Que el citado D. SAMUEL y demas sucesores y partícipes que se emplearen en el servicio de las referidas minas y fábricas han de gozar como mando gocen las mismas escepciones y franquicias que en los años de mil seiscientos ochenta y cuatro, y mil seiscientos ochenta y siete se ampliaron por el Señor Rey D. CARLOS II a favor de D. RAFAEL GOMEZ y los demas que entendieron en las espresadas minas, procediendo en cuanto á lo comestible y vestuario para no pagar derecho de ello el ponerse de acuerdo con los Ministros de la Direccion de Rentas generales para señalar los géneros y cantidades de que en cada un año han de gozar liberacion: Que sea lícito al espresado D. SAMUEL ir y venir, salir del Reino y entrar en él dejando persona de toda satisfaccion para administrar y adelantar el trabajo de las minas y fábricas con los mismos derechos y la misma autoridad que el mencionado D. SAMUEL, con la calidad de que haya de dejar fondos suficientes para que no cesen las fábricas, y labores de minas á la persona que durante su ausencia nombrare para que administre y cuide de ellas; y que en caso de fallecer D. SAMUEL, han

de ser reconocidos y mantenidos por mí y mis sucesores, como así lo mando y por la referida mi Junta general, Consejos, y Ministros, así los interesados en las citadas minas y fábricas que sucediesen en lugar del espresado D. SAMUEL, como el heredero ó herederos que nombrare, gozando los mismos privilegios, derechos y prerogativas que este interesado, todo el tiempo que faltare hasta el prefinido de los treinta años y con las mismas fuerzas que se esplican y espresan en el citado Asiento de diez y seis de Junio de mil setecientos veinte y cinco: Que ha de ser permitido á los dependientes de las minas y fábricas, menos los peones y jornaleros, puedan traer las armas que necesitaren para su resguardo y defensa en el distrito de ellas, en la misma conformidad que el Señor Rey D. CARLOS II concedió esta facultad al referido D. RAFAEL GOMEZ por Cédula de diez y siete de Enero de mil seiscientos ochenta y nueve: Que se han de entregar al mencionado D. SAMUEL y sus sucesores y participes, todas las tierras de trigo, prados, jardines, viñas, montes, bosques y otras cualesquiera que haya sido de la jurisdiccion de las referidas minas, en el tiempo que fueron trabajadas oyendo en Justicia á los poseedores si á ello saliesen: Que por ningun pretesto ni motivo cualquiera que sea pueda ser lícito arrestar ni encarcelar al referido D. SAMUEL y sus interesados, ni embargarle los efectos escepto en las causas criminales y en las civiles solo han de ser esceptos del embargo los bienes y efectos correspondientes á las labores y beneficios de las minas y sus fábricas; y que ni aun estos sean privilegiados, siendo las deudas por lo que se les haya prestado para los beneficios de ellas, ó pertenecientes á mi Real fisco en la forma que está concedido á los labradores de tierras de pan sembradas y ganados, y pertrechos de ellas: Y mediante que el referido D. SAMUEL se obliga á que en todo lo que no fuere espresamente comprendido en este Asiento observará lo que se dispone, previene, y manda por las Reales Ordenanzas de Minas gozará desde el dia de la fecha de esta mi Cédula de todas las preeminencias, escepciones, libertades, y demas prerogativas que en las propias Ordenanzas de minas se espresan.

10ª Que para el mejor régimen y adelantamiento de las referidas fábricas, sus operarios y dependientes, puedan proponer á mi Junta general de Comercio y de Moneda la persona que fuese de su satisfaccion para Juez

conservador, á quien en su órden se ha de despachar el nombramiento correspondiente para que conozca en primera instancia de todas las causas que dimanaren de las referidas fábricas ó tuvieren concesion con él para el tráfico de sus géneros con inhibicion de todas las Justicias, Jueces, Consejos, y Tribunales de estos mis Reinos, porque todos han de quedar, como lo mando, inhibidos del conocimiento de lo perteneciente á las mencionadas fábricas, dejando sus apelaciones á la citada mi Junta general en todo lo que sea perteneciente á ellas.

11ª Que pueda nombrar un escribano Real ó fiel de fechos que asista en las espresadas minas y fábricas, y autorice todos los instrumentos que allí se otorguen, y despachos que se librasen y ofreciesen para la espedicion, economía, y gobierno de ellas, y que actúe ante el Juez conservador todos los autos y negocios que ocurran al dicho fin y perteneciesen al uso de su ministerio y que todos los instrumentos y papeles ya sean de los que para su validacion deben quedar en el registro ó Protocolo, ya de los que no necesitan de esta formalidad, todos ellos los pueda retener en sí el referido escribano, y custodiarlos guardando y formando sus registros y Protocolos segun por derecho se deba, situándolos en la escribanía y oficina de las minas y fábricas para remitirse á ellos en los casos que ocurriesen sin tener obligacion de pasar á protocolarlos á otro oficio de que de lo contrario se seguiria preciso estravío al Gobierno político, y perjuicio grave á la pronta espedicion de los negocios de las minas, y fábricas, y mejor cobro de sus productos y efectos.

12ª Que se le suministren por las comunidades y lugares mas cercanos á las mencionadas minas, y fábricas, y por donde le sea conveniente transitar, las acémilas y bagages que necesitaren para el servicio de las referidas fábricas y transportes, escepto á los que por Ordenanzas militares están libres de darlas aun para la tropa, sin dificultad y dilacion alguna, pagando TIQUET los alquileres que fueren justos segun y como estuvieren tasados para la marcha y transporte de la tropa y militares, y que así tengan las Justicias obligacion de mandarlo cumplir y en su omision y defecto se les pueda apremiar con el rigor correspondiente por el Juez conservador de las fábricas.

13ª Y respecto á que he concedido al espresado D. SAMUEL MANUEL TIQUET y á todos sus dependientes y otros cualesquiera que estén

empleados en las Minas y fábricas de Rio-Tinto y Aracena el goce de las escepciones y franquicias, libertades y preeminencias que en el mencionado Asiento del año de mil setecientos y veinte y cinco se espresan... á lo que en esta Cédula se haya alterado ó añadido mando que todo el plomo, pólvora y sal comun que necesitare para el consumo de sus fábricas, se le dé por los arrendadores respectivos pagándolos al mismo precio que tiene de costa á mi Real Hacienda; por tanto publicada la referida mi Real resolucion en mi Junta general de Comercio y de Moneda para que tenga su debido cumplimiento he tenido por bien espedir la presente, por la cual ordeno á los Capitanes Generales ó Comandantes Generales de los Ejércitos de Andalucía y Estremadura, á los Intendentes y Oidores de mis Consejos, Chancillerías y Audiencias, Regentes, Gobernadores, Intendentes, Superintendentes, Corregidores, Alcaldes mayores y ordinarios, Administradores de mis rentas Reales y Generales y de los servicios de millones, fieles Cojehedores, Arrendadores, Tesoreros, Aduaneros, Portazqueros, Guardas y Diputados de Gremios, Veedores y tratantes de estos mis Reinos y Señoríos y otros cualesquiera Tribunales, Ministros y personas á quienes en cualquier forma toque ó tocar pueda en todo ó parte el cumplimiento de lo contenido en esta mi Cédula que luego les sea presentada ó su traslado signado de escribano de forma que haga fé, la vean, guarden, cumplan y ejecuten y lo hagan guardar cumplir y ejecutar en todo y por todo segun y como va espresado en los trece capítulos insertos en ella, sin permitir que persona alguna de cualquier estado ó calidad que sea, ó ser pueda, con pretesto, causa ó motivo que tenga ó aleguen, alteren su disposicion; Que así es mi voluntad y que de esta mi Cédula se tome razon en las Contadurías generales de Valores y distribucion de mi Real Hacienda en el término de dos meses de su fecha y no haciéndole en ellos queden nulas estas gracias, en la de la administracion de mis Rentas generales de Aduana y las provincias de la córte y Superintendencia de la ciudad y Reino de Sevilla y en las demas partes donde convenga, fecha en Buen Retiro á veinte y siete de Julio de mil setecientos cuarenta y seis. -YO EL REY-. Por mandado del Rey nuestro Señor.- FRANCISCO FERNANDEZ DE SAMIELES.

ANEXO IX

REAL RESOLUCIÓN, COMUNICADA AL SEÑOR DON BERNARDO DE LUQUE, TENIENTE SEGUNDO DE LA CIUDAD DE SEVILLA Y JUEZ SUBDELEGADO DE MINAS, SOBRE LOS RECURSOS Y QUEJAS DADAS POR LAS JUSTICIAS, CAPITULARES Y SÍNDICO PROCURADOR DE LA VILLA DE ZALAMEA LA REAL, CONTRA DON FRANCISCO T. SANZ, ADMINISTRADOR DIRECTOR DE LAS REALES MINAS DE RIO-TINTO Y ARACENA, SOBRE LOS PARTICULARES QUE CONTIENE

REAL RESOLUCIÓN, COMUNICADA AL SEÑOR DON BERNARDO DE LUQUE, TENIENTE SEGUNDO DE LA CIUDAD DE SEVILLA Y JUEZ SUBDELEGADO DE MINAS, SOBRE LOS RECURSOS Y QUEJAS DADAS POR LAS JUSTICIAS, CAPITULARES Y SÍNDICO PROCURADOR DE LA VILLA DE ZALAMEA LA REAL, CONTRA DON FRANCISCO T. SANZ, ADMINISTRADOR DIRECTOR DE LAS REALES MINAS DE RIO -TINTO Y ARACENA, SOBRE LOS PARTICULARES QUE CONTIENE.

La villa de Zalamea la Real y su procurador síndico, dieron memorial á la Junta general de Comercio, Moneda y Minas en 9 de Julio de este año de 1765 y repitieron su instancia por escribania de Cámara en pedimento de 2º de Agosto, presentando varias justificaciones y testimonios en uno y otro recurso, quejándose de D. FRANCISCO T. SANZ, administrador de las Minas de Río Tinto, por los escesos que suponian haber cometido en la corta de árboles y leña en términos realengos de aquella villa, construyendo hornos para hacer carbon de humo para las fundiciones y afinaciones de las Minas, faltando á lo mandado en la Real Ordenanza de Marina, destruyendo los montes y abrogándose facultades, que no le conceden las Reales Cédulas de su Asiento. Que igualmente habia abusado de las porciones de trigo, que le suministraran del pósito de aquella villa, por disposicion del Asistente de Sevilla y por órden del señor Director general de pósitos, en vista de oficio, que pasó la Junta; pues convirtió en comercio propio, lo que debia ceder en beneficio de los trabajadores de las minas, además del perjuicio que suponian causarse á los vecinos de la villa de Zalamea, su abasto y siembra, con el que sacaba el administrador, suplicando que por estos motivos y los demas que difusamente representaron, se mandase al administrador Sanz, que el carbon necesario para

las calcinaciones, fundiciones y demas trabajos de las minas, se haga de cepas de brezo, madrofia, azebuche y cepa inútil conforme á la institucion de los capitulos 3º y 5º de sus Asientos, y que no se volviese á pasar oficios con el Juez de Pósitos, para que se le dé porcion alguna de trigo de aquel pósito; que tampoco se obligase, á que el escribano de aquella villa asistiese á las Minas; sino que nombrase á otro su administrador; y que se le oyese en Justicia sobre los espresados asuntos. Habiendo tomado la Junta general los informes secretos, que con plena justificacion se han presentado en ella, ha resultado instrumentalmente ser cavilosa la queja de la villa y agenos de la verdad los supuestos que hace; pues en cuanto á el corte de leñas, siempre le ha ejecutado el administrador Sanz con arreglo á las condiciones de su Asiento, á las Ordenanzas de Marina (á cuyos Ministros así consta) y con licencia las mas veces del ayuntamiento. Y por lo que mira al socorro del trigo del pósito, además de que debe considerársele como vecino, y que la mayor parte de los trabajadores de las minas, lo son de Zalamea, siempre ha convertido en la manutencion de estos, el que se le ha dado, sin estraviar á otro destino, ni hacer la supuesta grangería que le atribuye la villa, en cuyo pósito no ha faltado trigo; pues además del repartimiento hecho á los labradores para la siembra, y al comun en el panadeo se han repartido del sobrante á los vecinos por carga concejil, varias cantidades desde el año 1756 y aun en el de 1763 (á que se reduce la queja) 335 fanegas; de modo, que no solo no ha causado perjuicio el mas leve á la villa y sus vecinos, sino que su especial manutencion pende en el dia, de lo que lucran con las labores de minas.

Bien instruida la Junta general de todo lo que V. informó en 11 de Setiembre último, y de los varios incidentes y recursos que han mediado desde el año de 1758 halla, que la villa de Zalamea, su Justicia y capitulares, por cuantos medios les son posibles, procuran el atraso y destruccion de las minas, promoviendo instancias en la Junta, en el Ministerio de Hacienda y en el Juzgado de los pósitos, sin que haya bastado á contenerlos las repetidas órdenes y providencias de la Junta y con especialidad la de 7 de Mayo de este año comunicada al Asistente de Sevilla, para que llamando á su presencia á los Alcaldes y Capitulares (como lo hizo), los amonestase y apercibiere sobre su

enmienda, la que no han tenido, antes bien han promovido las cavilosas inquietudes y recursos falsamente fundados, que van referidos, para distraer al administrador del cuidado de las minas, útiles al Real Erario y al comun de la Nacion y de la misma villa que le persigue.

Y siendo ya preciso el escarmiento de tales escesos, ha acordado la Junta general, que V. pase á la villa de Zalamea la Real y juntando su ayuntamiento, les lea y notifique esta órden, y exija de los Alcaldes, Regidores y Procurador Síndico, 300 ducados de vellon de multa, mancomunadamente de sus propios bienes, imponiéndoles perpétuo silencio en las instancias que han hecho contra el administrador; y apercibiéndoles con la regravacion de multas y penas en cualquiera sucesiva contravencion, que se les verifique tanto á los actuales, como á los que les sucedan en sus empleos, para que en adelante procedan con mejor fé y legalidad en los recursos, remitiendo V. testimonio de haber practicado esta diligencia y el importe de la multa en letra por mi mano, á fin de que la Junta la destine segun fuere de su agrado.

Y respecto de que, segun lo ya justificado, no hay necesidad de oirles en Justicia sobre los citados puntos, como pretenden; sin embargo, para que en ningun tiempo puedan quejarse con el menor pretesto, ha acordado la Junta, que sin perjuicio ni retardacion de hacer efectiva la multa y apercibimiento (pues recae sobre escesos verificados hasta ahora) les haga V. saber, que si sobre otros asuntos tuvieren que decir, lo hagan ante V. como Subdelegado de la Junta y Juez establecido para las primeras instancias, interponiendo en caso de sentirse agraviados en sus resoluciones, la apelacion correspondiente, quien á su tiempo les oirá y guardará justicia en cuanto les competa.

Advierte á V. la Junta, que en adelante proceda con la mayor actividad, á hacer respetar su jurisdiccion, así por las citadas Justicias de Zalamea, como por las de los pueblos inmediatos á las Minas, no dando lugar á que se sigan en ellas atrasos y perjuicios, ni se abuse de la benignidad, con que hasta ahora se ha tratado á las Justicias.

Todo lo participo á V. de acuerdo con la Junta para su inteligencia y puntual cumplimiento. Dios etc. Madrid 10 de Diciembre de 1765.- LUIS DE ALVARADO.- Sr. D. BERNARDO DE LUQUE Y MIÑANA.

ANEXO X

REAL ORDEN DE 29 DE DICIEMBRE DE 1786, POR LA QUE SE ENVIABA A D. FRANCISCO ANGULO A LAS MINAS DE RIOTINTO EN COMISIÓN DE SERVICIO

Mediante Real Orden de 29 de Diciembre de 1786 firmada por el ministro de la Real Hacienda D. FRANCISCO ANGULO para visitar las minas de Riotinto, el texto decía:

"El Rey manda que V. pase a Rio-Tinto llevando en su campaña a D. FLORIANO COETANFAO, pensionado de S.M., y a D. JUAN LÓPEZ DE PEÑALVER, para reconocer aquellas minas, y proponer al Administrador y Subdelegado de ellas, D. MELCHOR JIMÉNEZ, todo lo que le parezca conveniente, así para la mejor y más útil dirección de los trabajos, como para la calcinación y afinación de los cobres, a fin de que disponga su ejecución según le previene en la Real Orden que se le comunica con esta fecha, y de que remito a V. copia para su gobierno y que concurra a su cumplimiento en todo lo que le corresponda.

El citado JIMÉNEZ se halla en Sevilla, donde podrá V. incorporarse con él para seguir a Rio-Tinto, y poner en práctica lo que se les encarga en dicha Orden, valiéndose de V. de COETANFAO y de PEÑALVER para que le ayuden al desempeño de todo lo que le corresponde.

He dado orden a los Directores de Rentas para que hagan entrega V. por la Tesorería principal de ellas, 10.000 reales de vellón para los gastos del viaje, y cuando V. necesite de más dinero, lo avisará con alguna anticipación para dar orden de que se le entregue en la Tesorería de rentas de Sevilla.

En el caso que V. considere conveniente ocupar a COETANFAO o PEÑALVER en alguna de las Minas que va a reconocer, lo presentará para su aprobación, esperando S.M. que V. se dedicará al desempeñar lo expresado con el celo y exactitud que tiene acreditados, y que si le ocurriere alguna cosa que hacer presente, lo ejecute directamente por mi mano.- Dios, etc.- Madrid 29 de Diciembre de 1786.- PEDRO DE LERENA."

ANEXO XI

REAL CÉDULA DE SU MAGESTAD Y SEÑORES DEL CONSEJO POR LA CUAL SE DECLARAN EXENTOS DE SORTEOS PARA EL SERVICIO MILITAR A DIFERENTES SUGETOS EMPLEADOS EN LAS REALES MINAS DE COBRE DE RIO-TINTO Y ARACENA CON LO DEMÁS QUE CONTIENE

REAL CÉDULA DE _ _ SEÑORES DEL CONSEJO POR LA CUAL SE DECLARAN ESENTOS DE SORTEOS PARA EL SERVICIO MILITAR Á DIFERENTES SUGETOS EMPLEADOS EN LAS REALES MINAS DE COBRE DE RIO-TINTO Y ARACENA CON LO DEMAS QUE CONTIENE.

Don Cárlos, por la gracia de Dios, etc.

A los del mi Consejo, Presidente y Oidores de mis Audiencias y Chancillerías, Alcaldes, Alguaciles de la mi casa y córte, y á todos los Corregidores, Asistentes, Gobernadores, Alcaldes Mayores y Ordinarios y demas Jueces, Justicias, Ministros y personas en todas las ciudades, villas y lugares de estos mis Reinos, así de Realengo, como de Ordenes, Señorío y Abadengo, á quien lo contenido en esta mi Real Cédula toca, ó tocar pueda en cualquier manera, Sabed: que deseando, que mis Reales Minas de cobre de Rio-Tinto y Aracena no carezcan de sujetos facultativos y prácticos en su continuo laboreo, conservacion y beneficio, queriendo Yo remover las esenciones injustas y explicar las que deben subsistir, respecto á la contribucion del reemplazo del ejército, por ampliacion del artículo diez y nueve, párrafo tercero de mi Real Ordenanza de tres de Noviembre de mil setecientos y setenta, por mi Real decreto de veinte y seis de Marzo de este año, que fué publicado y mandado cumplir por el mi Consejo en treinta del mismo: He venido en declarar esentos de sorteos para el servicio militar á un segundo Director de las Minas, un Contador con su oficial, un minero mayor y entibador, y otro, que se necesita, un ayudante de entibador, los barreneros, fundidores, contramaestres, oficiales, maestros refinadores y sus oficiales, carpinteros, maquinistas, herreros y martineros, con sus respectivos oficiales, y á los calcinadores, por cuanto estos oficios requieren aprendizaje y mucha práctica y no son fáciles de reemplazar con otros; cuya estension ha de cesar en el momento que los sujetos que los sirvan, se aparten de tal aplicacion y asistencia; pero las clases de peones,

operarios y carboneros quedan obligados á alistamiento y sorteo. Para exacto cumplimiento de esta declaración, mando, que el administrador de las Minas, ó quien las dirija, remita al fin de cada año á la Justicia ordinaria de la villa de Zalamea una lista comprensiva de las citadas clases esentas, para que pueda advertir, oyendo sobre ellas al personero, cualquiera fraude, que no se espera, procediendo sin emulacion, y otra igual al Intendente del ejército de Andalucía, para que se guarde en la contaduría de él, donde pasan los alistamientos generales. Para que los jornaleros y demas clases sujetas á alistamiento y sorteo no se escusen de ellos, ni se abriguen otros, en perjuicio del servicio, á la sombra de las minas, pasará al mismo tiempo el administrador listas de estos á la misma Justicia y la Intendente, espresando de qué pueblos son vecinos y naturales; y para mayor solemnidad, irán firmadas todas estas listas del Contador de las Minas, con remision á sus libros y visadas del administrador. Este ha de franquear siempre á las Justicias cualesquiera noticias, que á estos efectos le pidan, sin formar sobre ello competencias, guardando entre sí la mejor armonía en observancia de mis Reales determinaciones, ni patrocinar á persona alguna, en fraude de lo dispuesto en la Ordenanza de reemplazo y sus declaratorias. Y para que así se ejecute se acordó espedir esta mi Cédula: Por la cual os mando, que luego que la recibais, veais la anterior mi Real resolucion y la guardeis y cumplais y hagais guardar, cumplir y ejecutar en todo y por todo, segun y como en ella se contiene, ordena, declara y manda, sin permitir su contravencion en manera alguna, teniendo esta mi Real Cédula por ampliación del artículo diez y nueve, párrafo tercero de la Real Ordenanza de tres de Noviembre de mil setecientos y setenta; que así es mi voluntad: Y que al traslado impreso de esta mi Real Cédula, firmado de D. ANTONIO MARTINEZ SALAZAR mi Secretario, Contador de Rentas y escribano de Cámara mas antiguo, y de Gobierno del mi Consejo, se le dé la misma fé y crédito que á su original. Dada en Aranjuez á doce de Mayo de mil setecientos setenta y dos años.- YO EL REY.- Yo, D. JOSE IGNACIO DE GOYENECHE, Secretario del Rey nuestro Señor, le hice escribir por su mandado.

Artículo 21 de la Real Instruccion de 14 de Mayo de 1788

"Los que de continuo sirvieren y trabajaren en ellas (las Minas) en calidad de maestros, capataces, fundidores, estiradores, barreneros, carpinteros, herreros y demas ejercicios de diaria asistencia y precisos para el cultivo, fomento y labor de las Minas han de ser libres y exentos sus personas y bagages de ir á la conduccion de tropas y otros repartimentos como tambien del servicio militar, mientras permanecieren en dichas Minas, pues en el caso de que se los separe del servicio por causa que hayan dado para ello ó voluntariamente se despidieren han de quedar sin el goce de estos privilegios."

Real órden de 24 de Junio de 1794

"Habiéndose conformado el Rey con lo propuesto por V. SS. en el informe que han evacuado en 12 del corriente mes sobre las representaciones hechas por la villa de Zalamea la Real y por el administrador de las Reales Minas de cobre de Rio-Tinto D. MELCHOR GIMENEZ, ambas relativas á la clase de operarios de ellas que deben tenerse como exentos del servicio militar en virtud de lo prevenido en el artículo 21 de la Instruccion que las gobierna, se ha dignado declarar, que la exencion del sorteo de Milicias y quintas para reemplazo del ejército que es sirvió conceder por el mencionado articulo sea y se entienda para con los maestros, capataces, fundidores, entibadores, barreneros, carpinteros y herreros del establecimiento fijos en ellas, en sus personas y bagages, sean ó no vecinos de la referida villa, pero no para los peones ó jornaleros que no hagan constar haber existido en diario y continuo trabajo en las mismas el tiempo de seis meses antes de publicado el sorteo ó quinta, pues estos pueden suplirse por otros que no sean aptos para las armas, etc."

ANEXO XII

REPRESENTACIÓN QUE HIZO EL AYUNTAMIENTO DE LA VILLA DE ZALAMEA LA REAL, PARA QUE SE LE INCORPORASE LA POBLACIÓN DE LAS MINAS DE RIO-TINTO

REPRESENTACION QUE HIZO EL AYUNTAMIENTO DE LA VILLA DE ZALAMEA LA REAL, PARA QUE SE LE INCORPORASE LA POBLACION DE LAS MINAS DE RIO-TINTO.

Excmo. Sr.: El Ayuntamiento constitucional de la villa de Zalamea la Real, deseoso constantemente de que el sistema constitucional que felizmente nos rige, tenga en todas sus partes su mas cumplido efecto y en atencion á que por la ley de 9 de Octubre de 1812, dictada por las Córtes generales y estraordinarias de aquel año, se previene precisamente la union entre sí de las pequeñas poblaciones, aun cuando en algun tiempo hayan gozado privilegios esclusivos, que ya hoy no existen, pues todos los establecimientos, en otro tiempo Reales, se deben gobernar por las reglas de un particular; ha creido en su deber, y con el fin de que se observe una igualdad entre todos los ciudadanos de que se compone el territorio español, hacer presente á V. E. el estado de la pequeña poblacion de las Nacionales Minas de Rio-Tinto, y reclamar la union de ella al Ayuntamiento de esta villa. El número de vecinos de esta poblacion es en la actualidad de setenta, entre los cuales no hay Ayuntamiento constitucional ni otro Juez que el administrador del establecimiento; se halla colocada en el centro del término de esta villa, á una legua corta de distancia de ella y media mas próxima que otras aldeas de su jurisdiccion, para las cuales da paso, sin que se haya tratado de poner Ayuntamiento constitucional, y sus vecinos gozan por todos los conceptos la injusta distincion de los demas, pues están en su fuerza y vigor los fueros y privilegios que en tiempo y por el poder arbitrario se habian grangeado: sus vecinos ni pagan ni han pagado contribucion, no son obligados á entrar en quintas ni á contribuir como los demas y con arreglo á la Constitucion de la Monarquía con ningun gravámen ni en proporcion de sus haberes para la defensa del Estado, de que se infiere ser esta una pequeña ínsula asilo de todo hombre que se quiere libertar de tan justos deberes, gobernados con las mas

punible arbitrariedad contraria en un todo á nuestras sábias leyes vigentes. Tamañas condiciones con otras muchas mas que podria este Ayuntamiento esponer, presentarán precisamente á los ojos de V. E. la dificultad de que esta poblacion que por su corto recinto no debe tener Ayuntamiento por si, se maneje como hasta aqui, y la rigurosa necesidad en que se encuentra de que V. E. las agregue á este Ayuntamiento y estén sujetas en cuanto al gobierno económico gubernativo á él, de que resultará la abolicion como está prevenido, de unos privilegios que ya no pueden existir y se llevarán á efecto las ordenes del Gobierno.

A pesar de que á V. E. convencerá lo justo de la reclamacion de este Ayuntamiento le hace presente para que lo tenga á la vista al resolver sobre este particular, no ser su ánimo el que los edificios que sirven para la elaboracion , bocas de minas, pinares y demas útiles para ellas, cuya propiedad corresponde al Crédito Público, se dejen de conservar bajo el mismo estado que tengan en la actualidad, en cuya atención espera el mismo de la notoria justificacion de V. E. y deseo al acierto y al bien, se digne mandar que la pequeña poblacion de las Minas Nacionales de Rio-Tinto, estén y se rijan sujetas al Ayuntamiento de esta villa y sus vecinos á las cargas que pesan sobre los demas, en lo que V. E. administrará rectamente la justicia, sin embargo, con su acostumbrado acierto resolverá lo que crea mas conforme.-Dios guarde á V. E. muchos años. Zalamea la Real 26 de Febrero de 1821.- Excmo. Sr. Gefe superior Político de la provincia de Sevilla.

INFORME

Direccion de las Minas y fábricas Nacionales de cobre de Rio-Tinto

Con mucho atraso he recibido el oficio de V. E. de 28 de Mayo último en que me incluye una copia de la solicitud que ha dirigido á la Diputacion Provincial el Ayuntamiento constitucional de la villa de Zalamea la Real para que se le incorpore esta poblacion de las Minas de Rio-Tinto y evacuado el informe que V. S. se sirve pedirme, debo esponer, prévios los conocimientos necesarios y segun el espíritu de las nuevas instituciones; que la pretension en los términos que está concebida mas bien parece un libelo infamatorio y una

muestra de ambicion, que un deseo de que permanezca asegurada la libertad civil y la igualdad de derechos, que es el carácter del justo y benéfico sistema de gobierno que nos rige.

Los datos que se presentan por el Ayuntamiento para inclinar al Gobierno á la incorporacion, son notoriamente contrarios á la realidad: se dice en primer lugar que la poblacion de las Minas es en la actualidad de setenta vecinos, y segun habrá visto la Diputacion Provincial por el estado y relacion nominal que se le ha dirigido para el cupo ó señalamiento del servicio de quintas resulta, que á pesar de haberse disminuido el vecindario desde la fecha de la esposicion, consta de ciento y diez vecinos de cabezas de familia, con 474 habitantes: añade que no hay Ayuntamiento constitucional ni otro Juez que el administrador del establecimiento, cuando no ignora que hay Director y Juzgado de minería compuesto de este con su Asesor titular, desempeñando la parte fiscal la Contaduría y que está reconocido por la ley de 9 de Octubre de 1812 por el Gobierno y por el tribunal territorial en las causas y negocios que ocurran: se dice que las Minas distan una legua corta de Zalamea, y es tan larga que si se mide acaso pasará de legua y media. Se presenta aislada la idea de no haber Ayuntamiento, y se oculta la dificultad de que atendida la calidad de sus habitantes, haya habido esta corporacion tan benéfica, y ojalá fuera posible que la hubiese, porque entonces seria una demostracion de que en las Minas de Rio Tinto habia propiedades y riqueza territorial ó industrial; mas por desgracia no hay lo uno ni lo otro, y el Gefe inmediato de las habitantes de las Minas, á quienes se pinta como seres privilegiados y donde rije la arbitrariedad y el desorden, tiene derecho a reclamar que el Ayuntamiento de Zalamea no esceda los justos limites del decoro, no falte á la verdad tan impudentemente, y no intente sorprender al Gobierno con tan falsas alegaciones. Para convencer á V. S. de la injusticia con que agravia á la poblacion de las Minas y al inmediato Gefe de ellas sobre este punto, es necesario dar un ligero resúmen de su origen, su progreso y su estado actual de decadencia.

En el año 1730, que es cuando se dió principio al beneficio de las Minas, no habia en ellas ni casas, ni chozas, sino un desierto: el primer Asentista D. LIEBERT WOLTERS, de nacion Sueco, con los pocos operarios que trajo para

sus labores se acomodaron por entonces en la aldea de Rio-Tinto distante media legua: luego que se descubrió formalmente la veta y se principiaron á sacar minerales, algunos años despues fué ya necesario para su custodia y beneficio establecerse en aquel sitio, y para ello fabricaron algunas chozas y casas; fueron muy pocos los operarios que habia de residencia fija mientras las Minas estuvieron en poder de aquel estranjero y sus sucesores, que fué hasta el año de 1783. En él se estableció su administracion por cuenta de la Real Hacienda, y se arregló el plan de su gobierno y economia por una Real instruccion y Reglamento que fue aprobado por S. M. en 14 de Mayo de 1788, en el cual se ve cuanto distan las reglas dictadas para el gobierno, policía y administracion, de la arbitrariedad y el desórden que supone el Ayuntamiento constitucional de Zalamea. Desde la época en que se estableció la administracion se traspasó al Real Erario la propiedad de las casas, utensilios y demas que habia en virtud de contrata con los sucesores de aquel estranjero que fueron reintegrados en sus costos y quedó la Real Hacienda; en el dominio y propiedad, no solo de las Minas, sino de las casas y todo lo demas que habia. Se construyeron otras por la misma Real Hacienda; se costeó por la misma la siembra de pinares y otros arbolados, el beneficio y conservacion de los que habia para el servicio de las Minas, y desde entonces nada ha habido que no le pertenezca, de modo que los habitantes como operarios que son todos, ni tienen propiedad ni pagan arrendamiento de las casas que habitan, porque todas son del Erario, y se les da el uso y habitacion como en parte de sus salarios y sueldos. Todos están empadronados en la Contaduría como empleados á quienes el Gobierno tiene facultad de exigirles su trabajo personal en la elaboracion bajo los precios que tiene detallados, y no se admite ningun forastero que no sea operario necesario para el establecimiento, por la misma razon de ser una propiedad particular del Gobierno.

La villa de Zalamea desde que el estranjero D. LIEBERT WOLTERS tomó a su cargo por Asiento el fomento de las Minas, comenzó á oponerse al progreso de este establecimiento, sin embargo de que era el pueblo que mas beneficio recibia, porque en razon de su inmediacion encontraba un objeto de industria en que ocupar los brazos de sus habitantes y los de sus aldeas, las

cuales se hallan en estado de decadencia y la del Pié de la Sierra desierta, desde que ha faltado el fomento de las Minas. Se opuso al señalamiento del recinto concedido en la contrata con arreglo á la Ordenanza de 22 de Agosto de 1584, que es la ley 4ª, tít. 18, libro 9 de la Novísima Recopilacion, y con este motivo habiéndose formado un ruidoso pleito en la Junta general de Comercio, Moneda y Minas, vino á quedar concluido por una concordia y contrato solemne que celebró la villa de Zalamea con el administrador de las Minas, y fué aprobada por S. M. y espedida la correspondiente órden por la Junta general, de cuyo documento acompaño copia como asimismo un testimonio de la concordia con el mismo, en cuyas diligencias se vé demostrado un título de propiedad el mas fuerte y eficaz en favor del Gobierno sobre el término de que consta el establecimiento de las Minas de Rio-Tinto.

Con estos auxilios ha prosperado este establecimiento tan estraordinariamente mientras se le ha socorrido con la consignacion de metálico necesaria para la elaboracion, que en el quinquenio comprensivo desde el año de 1789 hasta el de 94, dió un producto de 66.088 arrobas 8 libras y 2 onzas de cobre fino, y en el segundo quinquenio desde 94 hasta 98 dió un producto de 84.768 arrobas 3 libras y 12 onzas, la mayor parte en punto para bocas de fuego al costo de 3 reales y 24 mrs. Libra.

Desde el año 99 dejó de ser auxiliado este establecimiento y fué decayendo en términos, que para no ser molesto en la narrativa, basta decir presenta en el dia un cuadro lastimoso, en el que lejos de verse seres privilegiados, como dice el Ayuntamiento de Zalamea, se ven operarios que sin poder devengar sus salarios y jornales y no teniendo medios de ejercer su industria, fomentar su riqueza y formar esperanza de adquirir propiedades, se hallan reducidos á la desnudez y á la indigencia, ó á tener que transitar leguas para encontrar trabajo en las labores del campo.

Ahora bien, ¿de qué privilegios habla el Ayuntamiento de Zalamea la Real? No se han conocido otros que los del artículo 21 de la Real Instruccion, y desde luego reconocerá V. S. que no puede ser mas conforme á la Constitucion y á los principios de Justicia, que los facultativos de diaria asistencia sean libres de otra ocupacion mientras están egerciendo en favor de la Nacion un cargo de

contínuo incompatible con cualquiera otro servicio á virtud de un contrato hecho con el Gobierno mismo. Cuanto esto tenga de contrario al espíritu de las nuevas instituciones se halla reformado desde que principiaron á regir, y en prueba de ello que la Instruccion y Reglamento adicional para las quintas actuales conserva la exencion en su epígrafe 15 á los maestros y empleados facultativos, y en el oficio en que dirigí la relacion nominal de estos habitantes hice la competente distincion, que en la poblacion de las Minas no se ha pretendido nunca esencion alguna contraria á la igualdad de derechos y obligaciones, resultando falso que estos habitantes estén libres de quintas. Por lo respectivo á contribuciones vuelvo á repetir que ojalá pudiesen contribuir, pero como no tienen propiedades falta el supuesto de este servicio, y si hay cuatro operarios que tienen algunas cabezas de ganado no se han negado ni se negarian á satisfacer si se les pidiese á pesar de los despreciable de esta carga. Es verdad que en el término de las Minas hay algunas fincas particulares de corta utilidad, pero estas como pertenecientes á vecinos de otros pueblos, han pagado contribucion en Zalamea, de lo cual tengo noticia por no haber querido apoyar la pretension que se me hizo para que se les considerase como exentos, pues yo no los calificaba á estos propietarios por individuos del establecimiento ni nunca lo han sido. Tengo, pues, demostrado á V. S. que en las Minas de Rio-Tinto todo pertenece al Erario aplicado hoy al Crédito Público, que no gozan privilegios contrarios á la Constitucion sus habitantes, y que siendo regidos por una Real Instruccion y Juzgados por un Tribunal de Minería, reconocido por las nuevas instituciones, no es este establecimiento ni puede serlo asilo de todo hombre que quiera libertarse de los justos deberes ni gobernado con la mas punible arbitrariedad, sobre injuria é impostura daré la competente queja á S. M. si V. S. no se digna mandar se dé á los Gefes de este establecimiento una satisfaccion por tamaño agravio.

Veamos ahora en qué puede fundarse la incorporacion á Zalamea la Real. Se dice que la poblacion de las Minas por su corto recinto no debe tener Ayuntamiento; mas acaso ¿se infiere por ello que debe agregarse al de Zalamea para que aumente con este establecimiento el número de sus aldeas? ¿En qué razon puede fundarse que el gobierno económico y gubernativo de unos

operarios que no tienen propiedades ni otras relaciones que las pactadas con la Nacion como tales operarios, haya de depender del Ayuntamiento para romper los vínculos del contrato que forma su subsistencia en este pais? ¿Será posible concebir que las relaciones sociales de los habitantes de las Minas que son consiguientes á su calidad de operarios, puedan ser conciliadas con las que tienen los vecinos de los demas pueblos entre sí como capaces de egercer la industria y fomentar su riqueza particular? ¿No conoce el Ayuntamiento de Zalamea que mientras las Minas se hallen en esta disposicion no tiene otro objeto su gobierno económico que el de las relaciones de los operarios con sus Gefes relativas al establecimiento, y que cualquiera disposicion que diera otra autoridad seria contraria á la marcha del establecimiento minero? En esto se fundó la ley de 9 de Octubre para conservar los Tribunales de Minería, porque reconoció que donde se hallan no hay otras relaciones sociales que las que nacen del establecimiento de las Minas.

Mas si en todas las partes del territorio español deben los hombres ser gobernados, como es justo, por sus representantes municipales, es contraria la solicitud del Ayuntamiento al espíritu de la misma Constitucion en su artículo 310, al decreto de 23 de Mayo de 1812 en su artículo 2º, y á la Real órden inserta en la Gaceta de 13 de Febrero de este año que en la regla 4ª previene queden los pueblos en que no hay agricultura, industria y poblacion bastante, agregados á los que lo hayan estado, y no habiéndolo sido estas Minas á Zalamea, no se está en el caso que solicita su Ayuntamiento; y como en los artículos 2º y 3º de la citada Real órden de este año se previene, que siendo muy oportuno para el mejor gobierno de los pueblos que se estienda la formacion de Ayuntamientos en cuanto sea posible se verifique la reunion de los pueblos, cotos, parroquias, feligresías, ó jurisdicciones que no tengan Ayuntamiento para que los formen entre sí, de aquí es que seria mucho mas arreglado á la Constitucion y á las leyes, que el Ayuntamiento de Zalamea la Real hubiese formado su esposicion diciendo; que con las aldeas de su jurisdiccion denominadas el Villar, Buitron y Pozuelo que son tres parroquias se debia formar un Ayuntamiento, y otro con las de Rio-Tinto, Ventoso (que con las Minas forman la parroquia de Rio-Tinto), las Delgadas, Corralejo y Monte Sorromero, que aunque forman otra parroquia,

se hallan ambas al cargo de un solo cura párroco y contienen 343 vecinos con 1.199 almas, distando entre sí las pequeñas poblaciones que las componen la que mas tres cuartos de legua, cuando la que menos dista mucho mas de una legua de Zalamea.

Seria la mayor de todas las injusticias conservar estas poblaciones bajo la denominacion de Zalamea que las ha tratado siempre como aldeas, y sujetas en la misma clase ó denominacion ó figurada representacion á los habitantes de las Minas, cuando reunidos estos pueblos entre sí, como queda indicado, formarian su respectiva riqueza, promoverian la agricultura y la industria y se obraria conforme al espíritu de la Constitucion y al tenor de los decretos y Reales órdenes consiguientes á ella, pues en el distrito en que solo hay un Ayuntamiento habria tres.

Esto es lo útil, ó por lo mejor decir necesario, esto la verdadera inteligencia de la Constitucion, y esto por último lo que descorre el velo de la ambicion de la villa de Zalamea la Real que ostenta el éxito de su empresa, haciendo en ello poco honor al Diputado provincial vicario de aquella villa, que por sus virtudes no es creible proteja tan desatinada como inconstitucional pretension; pues aun formados como queda indicado, los dos nuevos Ayuntamientos quedan á la villa de Zalamea las aldeas de Marigorta, Membrillo Alto y Membrillo Bajo, Traslarsierra y Campillo.

Me parece dejo cumplidas las intenciones de V. S. en este informe del que dirijo una copia al Gobierno haciendo las observaciones convenientes.

Dios guarde á V. S. muchos años. Minas de Rio-Tinto 3 de julio de 1821.- El Contador Director interino, ANTONIO JOAQUÍN DE ACOSTA.- Sr. Gefe superior Político de la provincia de Sevilla.

ANEXO XIII

REAL ORDEN DE 1 DE ENERO DE 1825 PARA LA RESTAURACIÓN Y FOMENTO DE LAS REALES MINAS DE RIO-TINTO[11]

[11] Dictada como consecuencia de la visita e informe de D. FAUSTO DE ELHUYAR.

REAL ÓRDEN DE 1º DE ENERO DE 1825.

Amortizacion.- Direccion general de Rentas

El Excmo. Sr. Secretario de Estado y del Despacho de Hacienda ha comunicado á esta Direccion general la Real órden siguiente:

"He dado cuenta al Rey nuestro Señor del espediente general que se dignó mandarme instruir con presencia de cuantos antecedentes existiesen en esa Secretaría de mi cargo para la restauracion y fomento de las Reales Minas de cobre de Rio-Tinto, sitas en la provincia de Sevilla hacia los confines de Estremadura, con el designio importante de hacer efectivo este arbitrio asignado al pago de la deuda del Estado por Reales decretos de 5 de Agosto de 1818 y 4 de Febrero de 1824, y de fomentar aquella nueva poblacion de mineros, costeada toda por el Erario, y que ha absorbido la mayor parte de los rendimientos anteriores de las Minas, y tambien las de su comarca, que tanto se han resentido por la falta de unos trabajos de que dependieron muchos años y que carecen casi de otra riqueza é industria. S. M. se ha enterado muy prolijamente de la historia económica y científica de dichas Minas, así desde el tiempo de su primer laboreo por los asentistas Suecos y sus sucesores, como despues por cuenta de la Real Hacienda desde el año 1783 hasta el de 1810, en que pararon todo punto sus labores; y lo mismo de la riqueza y abundancia de sus metales, y el constante aprecio que se ha hecho de su calidad para la aleacion del bronce de artillería, fabricacion de la moneda de vellon, y otras aplicaciones en las artes; circunstancias que unidas á la admirable propiedad y disposicion de sus aguas vitriólicas, que manan de dichas Minas, y constituyen con el hierro sumergido en ellas la prodigiosa labor de la *Cementacion*, perfeccionada y estendida ahora y poco apreciada hasta aquí, han causado la justa celebridad que tuvieron desde lo antiguo dentro y fuera de España. Se ha enterado igualmente de las utilidades que ha obtenido hasta ahora el Erario, y de las providencias acordadas anteriormente para sostener y perfeccionar esta

negociacion, y de las dictadas tambien en los seis años últimos por el estinguido Crédito Público para utilizarse de este arbitrio. Tambien se ha penetrado S. M., por lo que resulta de los muchos y complicados espedientes formados sobre esta empresa, y de los diversos informes y memorias producidas por personas ilustradas y corporaciones celosas á consecuencia de las visitas giradas á aquel establecimiento, y de las repetidas solicitudes hechas para conseguir su entrega y manejo en manos de la industria particular, de las causas que sucesivamente produjeron su prosperidad, subsiguiente decadencia é inaccion que aun dura, y de los perjuicios que el Erario y los pueblos han sufrido por efecto de esta (señaladamente el de las Minas, cuyos moradores se hallan dispersos hace catorce años, y reducidos á la mayor miseria por falta de trabajo en que se criaron, y á que ansían volver); y lo mismo la industria del Reino, que por muchos años ha tenido que valerse de los metales estranjeros, aunque mas caros y de calidad inferior, para el consumo de las fábricas que se sirven de ellos. Ha percibido S. M. tambien la necesidad que hay que organizar de nuevo dicho establecimiento bajo un plan de administracion por su Real Hacienda (sistema preferible en órden á esta finca á cualquier arriendo), mas análogo que el seguido anteriormente en lo directivo y económico á la índole de estas negociaciones; que estribe sobre las bases de inteligencia facultativa, órden y sencillez en todos los ramos y total dependencia de sus mismos productos, los cuales deberán á este fin ingresar siempre en la administracion de Minas con la debida intervencion de las oficinas de la córte; que al tenor de estos hayan de arreglarse las operaciones de aquellas, ya sea para emprender ahora la restauracion gradual y progresiva de sus trabajos, y la reparacion de los deterioros y quebrantos padecidos en tan largo tiempo de inaccion, como tambien en lo sucesivo; todo con el designio de dar á la estraccion de metales la estension que es visto permite la disposicion de las Minas, y hacer que estos gocen de la perfeccion que exige su competencia con los de fuera en todos los usos de la sociedad, y de su fácil enagenacion con el menor costo posible de la empresa; en lugar de depender como en otro tiempo de consignaciones periódicas de caudales, cuyo sistema, aun suponiéndole arreglado á esta especie de especulaciones, podria con la menor falta de puntualidad en su realizacion,

inevitable en muchos casos, contribuir como entonces á las interrupciones y enervacion total de tan útiles faenas. Y penetrado por último el Rey nuestro Señor de la solidez de estos principios, y de que con su adopcion y una corta anticipacion por el Erario, unida al valor de sus existencias actuales, podrá arribar pronto dicho establecimiento á un estado de prosperidad cual permite y se necesita, y no solo reintegrar en breve este fondo, sino dejar despues anualmente un sobrante proporcionado á sus utilidades liquidas, que pueda aplicarse, sin desatender las obligaciones corrientes, al importante objeto de su instituto, y surtir esclusivamente, como es debido, del cobre necesario á las fundiciones de artillería, casas de Moneda y demas establecimientos Reales que le emplean en sus labores con ventajas de ellos mismos, del servicio y de la riqueza pública; ha tenido á bien S. M. aprobar los treinta y seis artículos siguientes, persuadido de que con su observancia se conseguirá el deseado fomento y prosperidad de las interesantes Minas de Rio-Tinto, de su poblacion y comarca, al mismo tiempo que el fondo destinado para el pago de los acreedores al Estado se aumentará con el producto de ellas; y cesarán en fin los perjuicios políticos y económicos que una suspension tan larga de sus labores ha producido á las mismas y á la industria del Reino.

Art. 1.- La Direccion general de Rentas librará á las Minas en calidad de anticipacion de los arbitrios destinados á la Real Caja de Amortizacion por una vez, y en el discurso de seis meses seguidos, seiscientos mil reales vellon sobre las Tesorerías de Cádiz, Sevilla, Granada, Jaen o Córdoba para empezar sus labores, sin aguardar á la venta de sus existencias actuales de cobres; debiendo verificarse la primera remesa de cien mil reales antes de fin del presente para hacer oportunamente el surtido de carbon necesario en las tres fábricas que han de ocuparse desde luego en la fundicion de los minerales calcinados y el de la fábrica de afinacion: la segunda en Febrero, y por este órden las demas, hasta el completo de la espresada cantidad.

Art. 2.- Las minas, en el primer año despues de restablecidas todas sus labores, reintegrarán al fondo de la Amortizacion las cantidades anticipadas por este para dar principio á su entonacion; única cantidad que retirará la Amortizacion en dicho tiempo.

Art. 3.- Las minas, formando cada seis meses un balance de los valores de los cobre finos labrados en ellos, vendidos o existentes, y de los gastos indispensables que deban hacerse en los seis meses siguientes, podrán á disposicion de la Direccion general de Rentas el caudal que resulte sobrante, despues de lo que necesiten para las elaboraciones y compras de primeras materias en los tres meses siguientes, ora dicho caudal consista en efectivo, ora en débitos de los departamentos que consuman el cobre; y la Direccion, segun los avisos dados por la de las Minas, dispondrá de dichos fondos y de su ingreso en la Caja de Amortizacion.

Art. 4.- Los caudales restantes, necesarios para las elaboraciones y compras en los tres meses siguientes á la formacion del balance de que habla el artículo anterior, quedarán depositados en la arca de tres llaves de la administracion de las Minas, ó bien á disposicion de ellas en poder de los departamentos consumidores, para destinarlos desde allí por medio del giro á la compra de hierro y otros artículos de su consumo que se hace en sitios distantes de ellas.

Art. 5.- La Direccion general de Rentas, que es la autoridad encargada de la administracion de este arbitrio, no dispondrá en ningun caso, por urgente que sea, de los productos de las Minas sino despues de haber asegurado estas los fondos suficientes para los objetos y tiempo de que habla el artículo anterior; y antes bien, si alguna vez no alcanzasen los existentes en ellas para asegurar sus operaciones, ó bien para algunos gastos estraordinarios que pueden ocurrir, anticipará los necesarios para este objeto; reintegrándose despues con los productos de las ventas de cobres, del modo que menos perjudique á las operaciones sucesivas de las Minas.

Art. 6.- En el caso no esperado de que, por retardarse algun tiempo la venta de los cobres, ó el percibo de sus valores en la administracion de las Minas, ó bien de imposibilidad en que pueda hallarse la Direccion general de Rentas para hacer la anticipacion necesaria de que trata el artículo anterior, se vean amenazadas aquellas de tener que suspender su movimiento por falta de fondos suficientes, el Director de las Minas estará autorizado para buscar entre particulares, con acuerdo de la Contaduría, y bajo un premio moderado, los

caudales suficientes para salir de su apuro, ofreciendo el pago del producto de los primeros cobres que se labre, ó bien con ellos mismos, con los requisitos que exijan el crédito y prosperidad ulterior de las fábricas; dando parte de esta ocurrencia á la Direccion general de Rentas, que deberá garantizar estos contratos de las Minas; y estará igualmente autorizado el Director de ellas para adoptar el arbitrio, si le conviniese mejor, de vender los cobres que existan en el establecimiento, cualquiera que sea el destino que se les hubiese señalado; bien que solo en cantidad suficiente para cubrir con sus productos el empeño ó empeños en que pueda encontrarse el establecimiento de las Minas; rebajando el precio designado á los metales, y adoptando cualesquiera otras providencias que basten para evitar la suspensión de las labores; entendiéndose que para estos casos habrá de preceder una junta del Director, Contador y principales empleados, en que se trate del medio mejor de salir de semejantes compromisos con el menor perjuicio posible de la negociacion; y dando parte de lo acordado, y del voto particular, si alguno hubiese contrario, á la Direccion general de Rentas.

Art. 7.- La Direccion de las Minas estará igualmente autorizada para suspender la obediencia á cualquiera órden de la general de Rentas, hasta la resolucion de S. M., á quien deberá dar parte inmediatamente por medio de esta Secretaría de Estado y del Despacho de Hacienda en los casos siguientes: 1º Cuando sin tener las Minas asegurados los fondos suficientes para sus operaciones en tres meses, como se establece en el artículo 3º, se dispusiese de ellos por la Direccion general de Rentas, ó de los cobres que existan en las Minas, aunque no esten asignados á ningun departamento: 2º Cuando mandase entregar á cualquiera de los departamentos alguna cantidad de cobre al fiado ó sin haber acabado de satisfacer á las Minas los que se le hubiesen entregado anteriormente: 3º Si estando las Minas empeñadas con cualquiera de los mismos departamentos consumidores por alguna anticipacion de fondos que las hubiese hecho, dispusiese la Direccion se dé otro destino á los cobres antes de haberse cubierto con ellos dichos empeños; y generalmente en aquellos casos en que pueda seguirse del cumplimiento de alguna disposicion de la Direccion general de Rentas el que las Minas carezcan de los fondos suficientes en las

épocas críticas de sus indispensables gastos, ó de la necesidad de interrumpirse las labores, pues que la esperiencia de los tiempos anteriores tiene acreditado los incalculables perjuicios que se seguirian de estos accidentes.

Art. 8.- La Direccion de Minas arreglará desde luego y siempre sus operaciones al designio de escusar la necesidad de otras anticipaciones por parte del Erario, fuera de la que trata el artículo 1º, de que los productos de las ventas de los cobres alcancen siempre para los gastos corrientes de todas sus operaciones, y que aun resulte alguna cantidad sobrante de consideracion, y que se aumente progresivamente, que pueda destinarse sin detrimento de aquellas al fondo de la Amortizacion para el sagrado objeto á que está aplicado.

Art. 9.- Deberá asimismo no perder de vista entre las atenciones y gastos que exigen las operaciones contenidas en los artículos 12, 13, 14, 20 y 21 de esta órden, la necesidad que tienen de reparacion las fundiciones nombradas de los Desamparados y las dos de la Concepcion, contiguas al molino harinero, por ser las primeras que deben servir despues que las labores hayan adquirido cierta estension; abandonándose por ahora las nombradas de los Planes: la que igualmente tiene de composicion los caminos y carriles de indispensable tránsito de la poblacion á distintos puntos de precisa comunicacion: los reparos indispensables en las plazas de calcinacion y alpendes de los minerales crudos: en las targeas ó alcahuceras y en los edificios de la poblacion, particularmente en ciertos almacenes: la conclusion de las casas que se hallan en Alberca, y que muy luego se necesitarán para habitaciones de operarios y otros objetos del primer cuidado; siendo uno de ellos la poda y limpia de los pinares y encinares del establecimiento, para evitar los frecuentes incendios á que por falta de este requisito están espuestos y sufren muchos veranos; proveyéndose desde luego la plaza de Guarda-Celador del término, cuya falta ha irrogado tantos perjuicios al establecimiento, y debiendo atender á dichos reparos paulatina y gradualmente, y de modo que los gastos que ocasionen no perjudiquen á los corrientes del beneficio de las Minas, ni priven al fondo de la Amortizacion de la parte de utilidades líquidas que debe producirle anualmente este arbitrio.

Art. 10.- Se procederá desde luego á la nueva instruccion del espediente instaurado en el año de 1797, teniéndose presentes los antecedentes que obran

en esta Secretaría y en la Cámara del Consejo, sobre erigir en parroquia la iglesia de la poblacion de las Minas, en lo cual interesan considerablemente las utilidades de la Real Hacienda, y mas aun el bienestar y fomento de aquella poblacion de mineros.

Art. 11.- Asimismo, y por iguales razones que existen en favor de la Real Hacienda y de beneficio para aquellos habitantes, y aun de muchas de las aldeas inmediatas, se instruirá el correspondiente espediente sobre erigir en villa aquella poblacion, como se solicitó en el año de 1791 por su administrador-Subdelegado, con el nombre de San Luis de las Minas de Rio-Tinto, habiéndose decretado entonces que S. M. no hallaba reparar, pero que deseaba oir al Consejo, y debiendo en tal caso denominarse villa de Amalia de Rio-Tinto, en obsequio de la Reina nuestra Señora.

Art. 12.- Las Minas empezarán su movimiento inmediatamente con la habilitacion de las tres fábricas de fundicion nombradas San Luis, San Josef y San Francisco de Borja, para fundir los metales calcinados que existen depositados en distintos sitios del establecimiento, y con su afinacion en la fábrica de Santa María.

Art. 13.- Asimismo se dará principio inmediatamente á las obras de la cañería de las aguas vitriólicas, propuestas en la memoria sobre la labor nombrada *Cementacion*, por el empleado facultativo D. JOSEF MARTINEZ MARCOS para estender y perfeccionar sus resultados, y aprobadas ya en Real órden de 26 de Junio último, todo con sujecion á las reglas propuestas en dicho escrito, y á cargo del mismo, que es quien ha de dirigir en adelante esta labor con entera separacion de las demas, lo mismo que la afinacion de la cáscara de cemento; procurando se hallen ejecutadas dichas obras para cuando lleguen á las Minas los primeros tres mil quintales de hierro de que trata el artículo 20.

Art. 14.- Tambien empezarán desde luego á calcinarse los metales crudos que existen en los alpendes y plazas subterráneas; á limpiarse los pasos de comunicacion y galerías de las Minas; á fortificarse los sitios mal seguros, y á disponerse lo demas conveniente para dar principio con el número posible de barreneros á esplotar minerales en el último piso ó plano mas profundo de los trabajos actuales; procediéndose en todas estas operaciones paulatina y

gradualmente, segun lo permitan los fondos que produzcan las ventas de cobres.

Art. 15.- Para dar á la esplotacion y elaboracion de los metales toda la estension y perfeccion debidas, y que exigen los usos á que se destinan, se tendrá presente, despues de planteadas las providencias contenidas en los tres artículos anteriores, la memoria que tiene presentada al Gobierno desde Febrero de 1823 el Director general de Minería de Méjico D. FAUSTO DE ELHUYAR, Vocal de la Junta de Fomento de Riqueza.

Art. 16.- Para facilitar mas y mas la salida ó venta de los cobres de las Minas, si resultasen sobrantes despues de cubiertas las necesidades de los departamentos, que forzosamente los han de emplear en sus usos, se procederá en aquel caso á la plantificacion de un martinete en el sitio de las Minas, ó de sus inmediaciones, segun lo permita la localidad, para reducir el cobre á paños, suelos de calderas y otros utensilios, y se reducirá tambien á barras y demas formas en que vienen los cobres estranjeros; y se pondrán á la venta del público en Sevilla y alguna otra capital á cargo de un comerciante bajo un premio moderado, ó bien de los que corren por cuenta de la Real Hacienda con el despacho de los géneros plomizos.

Art. 17.- El Director de las Minas, con acuerdo de los demas gefes y principales empleados en ellas, y con presencia de todos los Reglamentos los que rigen en todas las de España, y circunstancias particulares de las de Rio-Tinto, formará un Reglamento é Instruccion, en que se comprenda el número y clase de empleados necesarios, al frente de los cuales se hallen siempre un Director facultativo, gefe del establecimiento, que reasumirá el cargo de administrador, y un subdirector de esta clase, y encargado especial de la cementacion, sus dotaciones y deberes; el de los capataces, maestros y operarios para cada ramo; el sistema administrativo y de contabilidad, y el órden de todas y cada una de las manipulaciones; arreglándose á que reinen el mayor órden, economia y sencillez; á que se ocupe útilmente el mayor número posible de empleados; que se imposibilite la prevaricacion, y se asegure con claridad el interés y utilidad de la Real Hacienda; debiendo entrar por apéndice de este Reglamento el que rija en la labor nombrada *Cementacion*, que ha de formar el

encargado especial de la misma; y todo se elevará á este Ministerio por conducto de la Direccion general de Rentas para la aprobacion de S. M., despues de haberse oido el dictamen de la Junta de Fomento de la Riqueza del Reino.

Art. 18.- Todos los surtidos de los diferentes artículos y efectos que se consumen en las labores de las Minas, que se compran en grandes cantidades, y proceden de sitios distantes de ellas, se harán por contratas, que celebrará el Director administrador de las mismas con los respectivos fabricantes ó comerciantes, con intervencion de la Contaduría, prévios los avisos públicos y anticipados que se han de dar en la capital inmediata y pueblos de la circunferencia, en que se espresen la calidad y requisitos que han de tener dichos artículos, y las demas condiciones de utilidad para la Real Hacienda con que se han de celebrar las enunciadas contratas; estando autorizado dicho gefe de las Minas para aprobarlas con acuerdo de la Contaduría, y dando parte en seguida del espediente formado sobre cada una á la Direccion general de Rentas.

Cesará asimismo para siempre el sistema de comprar y mantener bueyes y mulas por cuenta del establecimiento, pues las operaciones en que se ocupaban se han de hacer tambien por contratas celebradas con aquellos pueblos; omitiéndose igualmente el sistema de hacer compras de trigo para los apuros de aquel vecindario; pues en tales casos es preferible subir los jornales; y quedando estinguidos en su consecuencia los destinos llamados de Tercero de granos y Apoderado de las Minas en Sevilla, por ser escusados, y conforme á lo propuesto por el Director de las Minas en su informe general de 1820.

Art. 19.- Por el mismo órden para los acopios de carbon de brezo necesario para la fundicion y afinacion de los metales y el de las leñas para su calcinacion: el surtido de cepas y escorias para las fábricas de fundicion: el acarreo de los minerales calcinados desde las plazas á las fundiciones, desde estas á la fábrica de afinacion, y de aquí á los almacenes de cobre fino: las remesas de este artículo á Sevilla, Huelva ó á cualquier otro punto, cuando hayan de hacerse por cuenta del establecimiento: las conducciones de hierro desde Sevilla ó Huelva á las Minas: los surtidos de cal, arena y ladrillo para las

obras de albañilería: y en general todas las operaciones de esta clase, se harán precisamente por contratas, que se celebrarán en las Minas con intervencion de la Contaduría, precediendo avisos públicos en su poblacion y en las inmediatas, segun el objeto sobre que recaiga, y con anticipacion á lo menos de ocho dias; siendo indispensable que dichos acopios y operaciones se hagan en las épocas y estaciones propias de cada surtido para facilitar así la mayor utilidad á la Real Hacienda; debiendo la Direccion-administracion de las Minas, al tiempo de remitir la cuenta general del año, acompañar en estracto de los espedientes formados para estas contratas para conocimiento de la Direccion general de Rentas.

Art. 20.- Para la custodia de los caudales de la administracion de las Minas, y para afianzar las providencias del gefe, que tambien ha sido siempre y ha de continuar siendo Juez ordinario subdelegado y conservador de aquella poblacion y su término, y para asegurar el órden y quietud pública de la misma, como tambien para evitar el paso frecuente que se hace muchos años ha de contrabandistas por la poblacion y contornos de las Minas, se volverá á destinar de Sevilla el destacamento de diez o doce soldados y un cabo de tropa viva, ó á falta de esta de inválidos que hubo en otro tiempo por espacio de muchos años; dándose las disposiciones convenientes por el Ministerios de la Guerra; pudiendo renovarse mensualmente dicho destacamento si conveniese, y debiendo asistírsele por el establecimiento con leña, luz y cama, y pagándosele por aquella Tesorería una corta gratificacion en caso de tener que hacer algun servicio estraordinario, como escoltar caudales, etc., segun sucedió por muchos años hasta el de 1801.

Art. 21.- La Direccion de las Minas, contando desde luego con los seiscientos mil reales vellon que se librarán por el Gobierno en seis meses seguidos que empezarán en el presente mes, y con el resto del valor de los cobres finos que se han entregado desde Diciembre de 1823 á la Real casa de Moneda de Segovia, así como con el de las dos mil ciento cuarenta y cinco arrobas y veinte libras de igual clase existentes en los almacenes de las Minas, procederá inmediatamente á hacer los surtidos de carbon que necesitan las tres fábricas que van á ocuparse en la fundicion de los minerales calcinados y el de

la afinacion de Santa María para la conclusion del beneficio de los mismos, con arreglo á lo que queda dicho en el artículo 12.

Art. 22.- Del mismo modo procederá desde luego la Direccion de las Minas, con acuerdo de aquella Contaduría, a ajustar con cualquiera de las ferrerías de Vizcaya, ó bien con la que ha corrido hasta ahora con los surtidos del hierro para la cementacion, una contrata de tres mil quintales de dicho artículo necesarios para la misma en cada año, despues de planteadas las modificaciones de que trata la memoria presentada al Gobierno sobre este ramo, y aprobadas ya por S. M.; conviniendo en órden á precios, épocas y plazos del pago, que ha de ser por cuenta del mismo establecimiento, en los términos mas ventajosos al mismo y á las fábricas contratantes; y comunicándose inmediatamente á la Real casa de Moneda de Segovia la órden mas terminante para el pronto y puntual pago de lo que adeuda á las Minas por los cobres que se le han vendido desde Diciembre de 1823, y sin lo que seria necesario aumentar los fondos por medio de mayores anticipaciones.

Art. 23.- Se espediran inmediatamente órdenes a las Reales fundiciones de Artillería, casas de Moneda, fábricas de laton de Alcaraz y demas establecimientos dependientes del Estado, que se sirven del cobre en sus labores, para que surtan precisa y esclusivamente del de las Reales Minas de Rio-Tinto, hasta donde permita la abundancia de los de este establecimiento, y para que entreguen religiosa y puntualmente en la Tesorería de las Minas en épocas fijas y cantidades determinadas el importe de sus respectivos consumos, ó bien le retengan á disposicion del Director-administrador de las mismas para los fines que convenga en las operaciones de ellas.

Art. 24.- En consecuencia de la disposicion anterior, los gefes de los departamentos citados remitirán á la Direccion general de Rentas en los últimos meses de cada año, empezando desde el presente, y por lo respectivo al corriente dentro del primer mes despues de comunicada esta órden, un presupuesto de las cantidades de cobre próximamente necesarias para sus respectivas labores en el siguiente; y la Direccion, con presencia de estas noticias, y de las que arroje el estado de las Minas, dispondrá las cantidades que hayan de entregarse á cada uno de dichos departamentos, y comunicará al de

las Minas los avisos y órdenes correspondientes para arreglar sus operaciones al cumplimiento de estos surtidos.

Art. 25.- El Director de las Minas queda autorizado para ponerse de acuerdo con los espresados gefes de los departamentos, que han de consumir los cobres, y celebrar con ellos con intervencion de la Contaduría de las mismas, despues de hecha la distribucion de metales por la Direccion general de Rentas, contratas formales en que se obliguen recíprocamente aquel á entregar los metales en la cantidad asignada por la Direccion en épocas fijas, y á los precios que se hayan señalado por la misma; y estos al pago puntual de los cobres que reciban en plazos, épocas y cantidades fijas, y de hacer sus entregas en la Direccion-administracion de las Minas, ó bien retenerlos á disposicion de esta para librar dichos fondos en pago de algun artículo que haya de comprarse fuera de las mismas; debiendo celebrarse dichas contratas, si fuese posible, antes de fin de cada año, y la primera dentro de tres meses siguientes á la comunicacion de esta órden, y elevarse á la Direccion general de Rentas para su noticia y aprobacion, que habrá de preceder á su cumplimiento; y debiendo espresarse de dichas contratas que si circunstancias particulares ocasionaren alguna diferencia en los gastos de las fábricas, de tal naturaleza que no bastase el precio establecido á cubrir aquellas y las utilidades que se ha propuesto el Estado en beneficio de esta empresa, deberá cargarse esta diferencia en el valor de los metales que se asignen á cada departamento, con tal que este recargo no haga superior el precio del cobre de las Minas al que en el mismo tiempo haya tenido este artículo en los mercados estranjeros y del Reino, y conciliándose en esta graduacion la conveniencia de uno y otros establecimientos.

Art. 26.- El Director de las Minas estará igualmente autorizado para solicitar cualquiera anticipacion de caudales de los establecimientos que han de consumir los cobres, y á cuenta de los que deban entregárseles, poniéndose de acuerdo á este fin con los respectivos gefes de los mismos, y pudiendo valerse de este recurso no solo en el dia, si la Direccion general de Rentas no pudiese realizar la anticipacion de los seiscientos mil reales de que trata el artículo 1º, y sin los cuales no podria darse principio á la entonacion de las labores, sino tambien en cualquier caso de apuro o necesidad en que se hallen las Minas de

algunas cantidades estraordinarias de maravedises para proseguir sus labores con economía; debiendo en estos casos la Direccion general de Rentas, á quien se dará parte por la de las Minas, garantir la satisfaccion de estos empeños, y proteger su reintegro con los metales que se labren, sin permitir se les dé otro destino hasta que aquellos se hallen cubiertos.

Art. 27.- Como el precio de los cobres no puede ser igual, porque han de provenir de dos operaciones que ocasionan distintos costos para la negociacion, y estos varían segun los diversos precios que pueden tener las primeras materias, como hierro, cuero, carbon, cáñamo, esparto, pólvora, y demas, los jornales y circunstancias de cada tiempo, en razon de la abundancia y precios de los cobres estranjeros, y la mayor ó menor necesidad de dichos departamentos, la Dirección general de Rentas, con presencia de las noticias que sobre estos particulares adquiera, y de las observaciones que acerca de ellos ha de hacer la Direccion de las Minas en los últimos meses de cada año, fijará al tiempo de hacer la distribucion de metales para cada departamento el precio del de cada clase; esto es, del obtenido por cementacion, y del sacado por la esplotacion, del que pueda necesitarse en estado de cobre negro, del de punto de martinete y del de artillería.

Art. 28.- Siendo indispensable que una parte considerable del valor de los cobres que se entreguen á las Reales casas de Moneda de calderilla lo paguen en la de plata ú oro, las Minas y dichos departamentos deberán sufrir por mitad el quebranto que tengan estos en la reduccion de la moneda y en el giro de letras hasta Sevilla, que es la plaza mas inmediata á las Minas; y el abono del espresado quebranto, con arreglo á aquella consideracion, y acreditado en forma suficiente, se hará rebajándoseles de la última partida del importe de los metales que hubiesen consumido en el mismo año; conciliándose de este modo la recíproca utilidad de unas y otras fábricas, y la sencillez en las operaciones de contabilidad de todas.

Art. 29.- El Director-administrador de las Minas queda autorizado para practicar, de acuerdo con los gefes de los departamentos que consuman los cobres de ellas, todas las diligencias que esten á su alcance, y exija la estraccion y transporte de los mismos á sus respectivos destinos, aprovechando en favor

de aquellos la disposicion ventajosa que presenta la comarca de las Minas para facilitar estas operaciones con la celeridad y baratura que les conviene; siendo de cuenta de dichos departamentos todos los gastos que se causen en la traslacion á ellos de los metales desde los almacenes de las Minas.

Art. 30.- Las dos mil ciento cuarenta y cinco arrobas y veinte libras de cobre fino existentes en el dia en los almacenes de las Minas se entregarán inmediatamente á las Reales casas de Moneda de Segovia y Jubia, ó bien á la que lo necesitase con mas urgencia para sus labores, y su valor de doscientos sesenta y ocho mil doscientos veinte y cinco reales vellon al precio de cinco reales libra, que es el que se considera arreglado por ahora al pié de fábrica, se reintegrará á las Minas con la mayor brevedad posible, para atender con estos fondos y los seiscientos mil reales de que trata el artículo 1º á las operaciones necesarias para la entonacion general de las labores sin nuevas anticipaciones del Erario.

Art. 31.- Para proceder desde luego á la enagenacion de las fincas rústicas y urbanas que pertenecen al establecimiento de las Minas, y de que no necesite absolutamente para lo sucesivo, como son por lo menos aquellas cuya venta propuso en 1816 el intendente de Sevilla, y últimamente el Director de las Minas en su informe generall de 4 de Julio de 1820, se sacarán desde luego á pública subasta en la poblacion de las Minas y en las inmediatas, prévia nueva tasacion, y dando parte á la Direccion general de Rentas para su remate; debiendo ingresar el importe de estas ventas en la administracion de las Minas.

Art. 32.- Igualmente se llevarán á efecto inmediatamente en la parte que no le hayan tenido las medidas económicas 3ª y 10ª, propuestas por D. DOMINGO IBARROLA á consecuencia de la visita que practicó en las Minas en 1812, apoyadas por la estinguida Junta de Hacienda en su informe de 22 de Abril, y cuya ejecucion se encargó á la Direccion general de Rentas por órden de la Regencia del Reino de 10 de Junio del mismo año, y no llegaron á realizarse, relativas una al modo de reintegrarse la Real Hacienda de las cantidades que en calidad de suplementos aparecen en la distribucion de la data en los estados mensuales de las Minas, y la otra á que pasen á la Contaduría Mayor las cuentas de los años 1801 a 1812, y las de 1799 y 1800 para su exámen y fenecimiento;

debiendo suspenderse hasta que esto se verifique la jubilacion que tiene solicitada el administrador actual de las Minas, cuyo destino ha de quedar entonces refundido en el Director que es ó fuere de ellas.

Art. 33.- Para proveer á la urgente necesidad que hay en la poblacion de las Minas de los destinos de facultativos, y mas aun del maestro de primeras letras, y escusar al Erario del pago de sus dotaciones, cual aprobó el Gobierno á propuesta del administrador-subdelegado AGUIRRE al principio de la administracion de las Minas por la Real Hacienda, se volverá á exigir desde el presente año de 1825 la contribucion de doce mil reales vellon que se impuso á los arrendadores de los abastos de la poblacion para cubrir con ella dichas dotaciones; quedando á cargo del Director del establecimiento la variacion de esta cantidad segun lo exijan las circunstacias. Los destinos de médico y cirujano serán refundidos en un solo facultativo de ambos ramos, y en otro las de maestro y fiel de fechos de aquel Juzgado, y repartiendo entre las dotaciones de ambos y del sacristán de aquella Real Capilla la espresada cantidad que produzcan los abastos del pueblo, con arreglo á lo propuesto en el informe general de 1820 por el Director de las Minas.

Art. 34.- Conforme al espíritu de la Instruccion de 1788, que ha regido hasta ahora, y á lo propuesto en dicho informe general de 1820, y siendo mas necesaria que nunca la frecuente correspondencia de oficio en las Minas desde el momento en que empiecen sus labores, se establecerá inmediatamente aquella por la administracion de Correos de la villa de Aracena, distante cinco leguas de las Minas; porque además de que por este medio se facilita el recibo y envio de la correspondencia dos veces á la semana, como es preciso, y sin necesidad de interrumpirse en las invernadas, como sucede hoy en el camino de Sevilla, podrá servirse este destino, luego que fallezca el que le tiene, con menor dotacion, y con ventajas del servicio y de los habitantes de aquella poblacion.

Art. 35.- En la adopcion de todas las providencias no espresadas aquí, bien se refieran á la parte directiva ó facultativa, ó bien al manejo económico de este importante establecimiento, se tendrá presente lo propuesto por el Director en su informe general espresado de 4 de Julio de 1820, y en la Memoria presentada al Gobierno por el Director general de Minería de Méjico D.

FAUSTO ELHUYAR, en todo aquello que no se oponga á lo que aquí queda indicado, ó no se halle ya ordenado por disposiciones posteriores; debiendo asimismo continuar en su fuerza la Instruccion formada en 1788 en cuanto no contradiga á lo que ahora se establece, y hasta la formacion de la nueva y Reglamento que se encarga en el artículo 17.

Art. 36.- La Direccion general de Rentas, á quien está encargada la administracion de este arbitrio, empleará toda su energía y celo en la mas pronta y exacta ejecucion de todas y cada una de las providencias que preceden; dando parte á S. M. Mensualmente, por conducto de esta Secretaría de Estado y del Despacho de Hacienda, de lo que se adelante en dicha ejecucion, y resolviendo por sí, ó consultando cualquiera dificultad que se oponga al mas pronto fomento de las Minas de cobre de Rio-Tinto, y al designio propuesto por S. M. de continuar perpetuar esta negociacion con utilidad de las mismas, del fondo de la Amortizacion á que pertenecen sus productos, y de los pueblos situados en la comarca de aquel importante establecimiento.

Lo comunico á V. SS. de Real órden para su inteligencia y puntual cumplimiento. Dios guarde á V. SS. muchos años. Palacio 1º de Enero de 1825.- LUIS LÓPEZ BALLESTEROS.- Sres. Directores generales de Rentas."

ANEXO XIV
CONDICIONES PARA EL ARRIENDO DE LAS MINAS DE RIOTINTO DE FECHA 5 DE MARZO DE 1828

1ª El arrendamiento comprenderá las Minas, oficinas de beneficio, fincas urbanas y montes que la Real Hacienda posee en aquel establecimiento, y están comprendidas en la media legua en contorno que le está señalada, abrazando también las máquinas, los minerales arrancados existentes, y las herramientas, enseres y efectos que la pertenecen, bajo las condiciones que se indicarán para cada uno de dichos objetos.

2ª Las disposiciones que desde el principio hayan de adoptarse para el buen órden, seguridad y debida economia de los trabajos subterráneos, y las obras que al efecto hayan de ejecutarse, serán determinadas por el facultativo que designe la Direccion general del ramo, y otro nombrado por el Asentista, con sujecion al exámen y aprobacion de la misma Direccion.

3ª En lo sucesivo, el Director de aquel establecimiento visitará de cuatro en cuatro meses, ó con más frecuencia si fuere necesario, sus Minas, acordando lo conveniente para la prosecucion de los trabajos, bajo los mismos principios, sin cortar por esto al Asentista la libertad de disponer sus labores de disfrute como mejor le convenga, siempre que sea con arreglo á arte, y sin perjuicio de su seguridad y de la subsistencia de la Mina, sobre la cual velará el Director.

4ª Las disposiciones y obras que con arreglo á las condiciones anteriores deban plantearse y ejecutarse serán de cuenta del Asentista, sin que en tiempo alguno pueda exigir por ellas abono o retribucion de ninguna especie, excepto el valor de las máquinas que para cualesquiera faena establezca, sea en lo interior ó en las bocas, abonándosele por la Real Hacienda, fenecido el tiempo de arrendamiento, el que entonces tuviesen, por tasacion de peritos nombrados por ambas partes.

5ª Siendo una parte principal del producto de las Minas el de la labor de la cementacion, lo disfrutará el Asentista; y estando determinado perfeccionarle; prolongando y variando la disposicion de sus canales, será de su obligacion verificar su reforma en el modo principiado, ó con las modificaciones

que determine la Direccion general, á consecuencia del plano que hará formar y demás instrucciones que tome sobre el particular, llevando cuenta separada por notas semanarias, intervenidas por la Direccion del establecimiento, de los gastos que causen las obras y nuevas disposiciones necesarias á este fin para el abono de su importe, por descuentos del arrendamiento, en el término de un año, despues de la conclusion de la reforma, y quedando al mismo tiempo obligado á entregar al fenecimiento del arriendo todo lo concerniente a dicha labor en el estado en que por las referidas disposiciones lleguen á ponerse, mediante el reconocimiento que entonces se haga y relacion que se forme, y el que se verifique á la conclusion de aquel término.

6ª Las oficinas de beneficio que se hallan habilitadas y en estado de hacerse uso de ellas, serán entregadas al Asentista con sus máquinas y hornos, valuándose por dos peritos, uno nombrado por la Real Hacienda y otro por aquel, sin que por el uso de ellas deba abonar dicho Asentista cantidad alguna, quedando en libertad de ampliar las dichas oficinas y hacer en ellas las modificaciones que le convengan, y fenecido que sea el tiempo del arrendamiento se hará nuevo avalúo en los términos indicados, para abonar recíprocamente la diferencia que resulte respecto de la primera tasa.

7ª Hallándose en el dia deterioradas o inservibles en su estado actual otras oficinas de beneficio, si conviniese al Asentista repararlas podrá verificarlo de su cuenta, prévio su avalúo, que se repetirá al tiempo de su devolución, para el correspondiente abono de las mejoras que entonces aparezcan; esto mismo se observará respecto de las que construya nuevas, con tal que convengan á la Real Hacienda.

8ª Los minerales arrancados existentes, en cualquiera estado que se hallen, así como la cáscara de cementacion, las herramientas; enseres y efectos de toda especie, destinados al servicio de las oficinas y talleres, se entregarán al Asentista, quien estará obligado á recibirlos, prévia tasacion que se practicará con la formalidad ya indicada, debiendo realizar el pago de su valor en el término de un año, y fenecido que sea el arrendamiento, la Real Hacienda recibirá en los mismos términos las existencias que haya en los expresados artículos.

9ª También se entregará al Asentista de todos los edificios pertenecientes á la Real Hacienda, excepto las casas necesarias á la Inspeccion, á la escuela, botica y cárcel, la iglesia y el molino harinero, con el cuartel destinado al destacamento de tropa, verificándose su tasacion en venta y renta en los términos expresados, á fin de que pagando anualmente el alquiler que correspenda, las conserve en buen estado, practicándose igual tasacion al devolverlas despues de concluido el arriendo, satisfaciéndose mútuamente las mejoras o deméritos que en ella aparezcan, pero la Real Hacienda no estará obligada á recibir edificio alguno de dicha especie que nuevamente haya construido el Asentista, si no la conviniese.

10ª El Asentista tomará igualmente á su cargo los montes consignados á las Minas, pero obligado á la conservacion de los altos como de los bajos, no pudiendo disponer corta ni roza alguna, sin obtener antes la competente licencia del Director á quien expondrá las maderas que necesite, tanto para la adecuación interior de las Minas como para cualesquiera otras obras en la superficie y los tramos de monte bajo que para cualesquiera usos convenga rozar, concediendo dicho Director la licencia en la parte que permita el estado de los montes, mirando siempre á su conservacion.

11ª El Asentista estará obligado á entresacar anualmente los piés inútiles, podando y limpiando con arreglo á la Ordenanza de montes, los más sanos, robustos y propios para las Minas y demás usos del establecimiento, debiendo tener siempre planteles y olivados que aseguren anualmente el aumento triplo del número de piés que se corten, practicándose todo con conocimiento del Director, que visitará y reconocerá los montes con frecuencia para cumplir lo estipulado y exigir del Asentista cualquiera perjuicio que por haber contravenido á ello pueda originarse.

12ª El vecindario en el uso y disfrute de los combustibles precisos para sus hogares, y del arbolado que demanden sus necesidades domésticas del modo que hasta aquí la haya tenido y con sujecion á las penas en que segun la expresada Ordenanza incurran ó causaran algun daño en los montes del mismo, continuará en el goce del fruto de sus bellotas, que les está concedido por Real Orden.

13ª Se entregarán al Asentista los montes, prácticándose reconocimiento de ellos, con asistencia del Director y persona que aquel comisione, nombrándose peritos por ambas partes y extendiéndose diligencia que acredite el estado en que se encuentren, repitiéndose lo mismo despues de concluido el contrato, para exigir del Asentista cualesquiera demérito que los montes presenten por su neglicencia y abuso.

14ª Las aguas de cementacion que despues de su salida de la Mina sirvan para la oficina de beneficio titulada los Desamparados, y las que han servido para la de los Planes, estarán á disposicion del Asentista, sin perjuicio de las segundas en el molino harinero. Si el Asentista aumentase el caudal de aguas, la Real Hacienda, concluido el arriendo, estará obligada á satisfacer el valor que tengan las obras que haya hecho para su conduccion, por tasacion de peritos, siempre que se califiquen útiles.

15ª La reparacion de los caminos que conducen desde la Mina á las oficinas de beneficio, será de cuenta del Asentista, sin que por ellas deba exigir retribucion alguna ni tampoco por cualquiera otro camino que le convenga abrir ó habilitar para los transportes que puedan ofrecérsele en el término consignado á las Minas.

16ª El arrendamiento se estenderá por el tiempo de veinte años, contados desde el dia que el Asentista tome posesion de la Mina y sus dependencias expresadas en las condiciones anteriores, que será un mes despues de concluido el remate.

17ª Las proposiciones del mejor postor se elevarán á conocimiento de S. M., trascurrido el tiempo señalado para que se digne resolver sobre ellas, y si mereciere la soberana aprobacion, el sugeto á cuyo favor recaiga quedará obligado á satisfacer el importe por tercios de año, siendo de su cuenta poner en la caja de la Direccion lo correspondiente á cada uno á su cumplimiento.

18ª El Asentista estará obligado á prestar una fianza de 500.000 rs. en metálico ó fincas libres, para la seguridad de la Real Hacienda en cumplimiento de lo estipulado, y que puedan repetirse daños y perjuicios si los hubiere, otorgándose la correspondiente escritura.

ANEXO XV

INSTRUCCIONES APROBADAS POR S. M. PARA EL DESEMPEÑO DE LA COMISARÍA REGIA, MANDADA PASAR A LAS MINAS DE RIO-TINTO POR REAL ORDEN DE 19 DE ENERO DE 1854

INSTRUCCIONES APROBADAS POR S. M. PARA EL DESEMPEÑO DE LA COMISARÍA REGIA, MANDADA PASAR A LAS MINAS DE RIOTINTO POR REAL ORDEN DE ESTA FECHA.

1ª Se nombra para las minas de Rio-Tinto, un Comisario Régio á quien durante su desempeño se considerará como Jefe del establecimiento bajo la dependencia de la Dirección general de Casas de Moneda, Minas y Fincas del Estado.

2ª Sus atribuciones se asimilarán en general á las que ejerce en las Minas de Almaden el Superintendente de ellas, y además observará las prevenciones que se le hacen en la presente instrucción.

3ª Reunirá al Ingeniero-Director del establecimiento y al Interventor de la Hacienda, así como á los empleados subalternos de ambos cuerpos, que fuese útil examinar para inquirir las causas de la decadencia y demás accidentes contrarios que de algun tiempo á esta parte se observan en el establecimiento, formando de lo que resulta expediente, que remitirá á la Direccion general de Casas de Moneda, Minas y Fincas del Estado.

4ª Inspeccionará las obras que se hayan hecho en el establecimiento para conocer si están estas arregladas en sus condiciones á los presupuestos formados con anterioridad y á las cuentas presentadas, instruyendo los oportunos expedientes en averiguación de los abusos que haya podido haber.

5ª Examinará los libros y documentación de las dependencias, consignando en ellos las notas á que diesen lugar, y obrando en esta parte segun reclamen los vicios que se hubiesen introducido y comunicado á la Direccion indicada sus observaciones y medidas.

6ª Durante su permanencia en aquel establecimiento, deberán autorizarse, precisamente por el Comisario, todas las cuentas, libramientos y demás operaciones oficiales.

7ª Propondrá á la misma Direccion la remoción de todos los empleados que considerase útil separar de aquel establecimiento, así como lo hará también de las ampliaciones ó aumentos que considerase convenientes en el personal.

8ª Asimismo propondrá á la referida Direccion, la suspensión de empleo de los funcionarios de aquel establecimiento, en quienes compruebe abusos ó experimente oposición al buen cumplimiento de estas instrucciones, para la resolución que corresponda.

9ª Inspeccionará los trabajos de las Minas, removiendo todos los obstáculos que se opongan al mayor impulso que pueda dárseles, para lo cual adoptará por sí todas las medidas de utilidad reconocida que exijan pronta resolución, dando cuenta de ellas y consultando todas las que dieren lugar á mayor espera.

10ª Corregirá todas las faltas así administrativas como materiales que se observen en los talleres y demas dependencias del establecimiento.

11ª Inspeccionará el estado de los edificios y propondrá las reformas que en ellos considere más convenientes para los intereses de la Hacienda.

12ª Examinará si los cánones y censos que los habitantes de Rio-Tinto deben satisfacer al Estado, se verifican con puntualidad y verdad.

13ª Inspeccionará los bosques y arbolados de la Hacienda, examinando el método que se ha seguido hasta el dia en sus cortas y estableciendo las medidas más convenientes para el fomento y conservación de esta propiedad.

14ª Examinará si los resultados que dan las empresas particulares están conformes á los contratos establecidos con la Hacienda, exigiendo la responsabilidad de las faltas que pudieran encontrarse, y proponiendo á la Direccion general expresada todo lo que respecto al servicio y compromiso de dichas empresas puede establecerse en obsequio del bien de la Hacienda, sin atacar los contratos celebrados.

15ª Dispondrá la formación de un plano topográfico general del terreno que es propiedad de la Hacienda, amojonando los linderos que lo

designan; pero si esto ocasionase gastos, remitirá previamente presupuestos del coste á la enunciada Direccion general.

16ª Dispondrá tambien la formación del plano interior de la Mina, designándose la marcha de la explotación actual y la que puede establecerse, remitiendo igualmente á la Direccion presupuestos del coste si causa algun gasto extraordinario.- Madrid 19 de Enero de 1854.- Es copia.- Hay una rúbrica.