



**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y MODELIZACIÓN
HIDRODINÁMICA DE VERTIDO
AL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE**

PROYECTO MINA LOS FRAILES

AZNALCÓLLAR (SEVILLA)

IN/MA-19/0729-002/07
Octubre de 2020



ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y MODELIZACIÓN HIDRODINÁMICA DE VERTIDO AL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE

PROYECTO MINA LOS FRAILES

AZNALCÓLLAR (SEVILLA)

ÍNDICE

| | Página |
|--|--------|
| 1. ANTECEDENTES Y OBJETO..... | 1 |
| 2. NORMATIVA APLICABLE SOBRE VERTIDOS LÍQUIDOS A DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE (DPMT)..... | 3 |
| 2.1 Legislación aplicable | 3 |
| 2.2 Normas de calidad ambiental del medio receptor..... | 4 |
| 2.3 Límites de vertido aplicables | 8 |
| 3. CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO DE MLF | 10 |
| 4. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR | 15 |
| 4.1 Características del estuario del Guadalquivir en el entorno del punto de vertido | 15 |
| 4.2 Caracterización de la calidad del estuario en el entorno del punto de vertido propuesto | 30 |
| 5. INTRODUCCIÓN AL MODELO HIDRODINÁMICO DE CÁLCULO (CORMIX) Y PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO..... | 37 |
| 5.1 Descripción general del comportamiento fluidodinámico de un vertido..... | 37 |
| 6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE VERTIDO DE MLF..... | 42 |
| 6.1 Definición de las alternativas objeto de estudio..... | 42 |
| 6.2 Alternativa 0. Vertido en superficie..... | 47 |
| 6.3 Alternativa 1. Vertido en profundidad con una sola boca de descarga..... | 49 |
| 6.4 Alternativa 2. Descarga en profundidad mediante tramo difusor paralelo a la orilla con difusores horizontales..... | 58 |
| 6.5 Alternativa 3. Descarga en profundidad mediante tramo difusor perpendicular a la orilla con difusores horizontales..... | 61 |
| 6.6 Conclusiones del análisis de alternativas | 63 |
| 6.7 Evaluación de la fase preoperacional para la alternativa 1 | 64 |
| 6.8 Evaluación de escenario futuro considerando el cambio climático | 67 |

| | | |
|-------|---|----|
| 7. | MODELIZACIÓN DEL VERTIDO DEL PROYECTO MLF AL DPMT | 70 |
| 7.1 | Escenarios considerados para la modelización del vertido..... | 70 |
| 7.2 | Resultados de la modelización del vertido | 77 |
| 7.2.1 | Presentación de resultados..... | 77 |
| 7.2.2 | Análisis de resultados de la modelización del vertido en la situación operacional | 81 |
| 7.2.3 | Análisis de resultados de la modelización del vertido en la situación preoperacional | 84 |
| 7.2.4 | Análisis de resultados de la modelización del vertido en la situación futura considerando el efecto del cambio climático sobre el medio | 86 |
| 8. | RESUMEN Y CONCLUSIONES | 90 |

ANEXOS:

ANEXO I: Características Generales del Estuario del Guadalquivir

ANEXO II: Fundamentos del modelo hidrodinámico

ANEXO III: Resultados de la modelización hidrodinámica para el escenario preoperacional

ANEXO IV: Resultados de la modelización hidrodinámica para el escenario operacional

ANEXO V: Resultados de la modelización hidrodinámica para el escenario futuro teniendo en cuenta el efecto del cambio climático sobre el medio receptor.

ANEXO VI: Resultados de las medidas realizadas en el medio receptor

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y MODELIZACIÓN HIDRODINÁMICA DE VERTIDO AL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE

PROYECTO MINA LOS FRAILES

AZNALCÓLLAR (SEVILLA)

1. ANTECEDENTES Y OBJETO

El Proyecto de Minera Los Frailes, S.L. (en adelante MLF) sustenta la operación del yacimiento polimetálico de Los Frailes, con reservas de cinc, cobre, plomo y plata, durante los próximos 20 años. El complejo minero de Aznalcóllar tiene una superficie de casi 950 hectáreas, y se ubica en el propio municipio de Aznalcóllar (Sevilla) a 36 kilómetros de la ciudad de Sevilla.

El Proyecto de MLF se levanta sobre un área con pasivos ambientales derivados de la antigua actividad minera, bajo este contexto MLF desarrolló un proyecto integrado, en el que la restauración de los pasivos se ejecuta a la par de la operación minera, bajo esta premisa, MLF se centra en una operación basada en: la explotación subterránea de la masa de mineral de sulfuros complejos, la concentración del mineral por medio de una planta de tratamiento por flotación diferencial y el aprovechamiento de los residuos mineros tanto para actividades de restauración de la Corta Aznalcóllar como para la conformación de la pasta cementada y su aplicación en el relleno de cámaras de interior mina.

Para la gestión del agua, el proyecto de MLF requiere en una primera fase preoperacional, el desagüe y achique de la Corta Los Frailes, actividad fundamental para ejecutar los trabajos de preparación de la mina de interior en condiciones de seguridad. Una vez finalizadas las operaciones de vaciado, el aprovechamiento del agua en la fase operativa será a través del agua procedente de los pasivos (de escorrentía, de infiltración y de drenaje de mina) en un circuito de recirculación de agua de proceso, sin embargo, el sistema es excedentario en agua, por lo cual los efluentes serán adecuadamente tratados y acondicionados antes de su vertido al medio receptor.

En situación actual, es decir, sin operación minera, el complejo ha de gestionar 2,8 Hm³/año de aguas de contacto en términos medios, procedentes en su mayor parte de los antiguos pasivos mineros. Posteriormente en operación, se estima que aproximadamente el 90% del agua a gestionar siga teniendo su origen en los actuales pasivos ambientales.

En este contexto, el objeto del presente estudio es realizar un análisis de alternativas para la configuración de la conducción de vertido, que garantice el cumplimiento de las normas de calidad ambiental que la normativa establece. Posteriormente, una vez obtenida la configuración más adecuada desde el punto de vista ambiental y operativo, se desarrolla un estudio detallado de la dispersión del vertido en el medio y su influencia sobre los niveles de

calidad actuales en el mismo. Para realizar tales análisis se ha empleado el modelo hidrodinámico CORMIX (Cornell Mixing Zone Expert System). Dicho modelo ha sido desarrollado por la Environmental Protection Agency (EPA) en colaboración con la School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University of New York.

Este documento se ha estructurado según el siguiente índice:

1. Antecedentes y objeto
2. Normativa aplicable sobre vertidos líquidos a Dominio Público Marítimo-Terrestre (DPMT)
3. Características del vertido de MLF
4. Caracterización del medio receptor
5. Introducción al modelo hidrodinámico de cálculo (CORMIX) y procedimiento de cálculo
6. Estudio de alternativas para el sistema de vertido de MLF
7. Modelización del vertido de MLF al estuario del río Guadalquivir (DPMT)
8. Resumen y conclusiones

Anexos:

Anexo I: Características Generales del Estuario del Guadalquivir

Anexo I II: Fundamentos del modelo hidrodinámico

Anexo I III: Resultados de la modelización hidrodinámica para el escenario preoperacional

Anexo I IV: Resultados de la modelización hidrodinámica para el escenario operacional

Anexo I V: Resultados de la modelización hidrodinámica para el escenario futuro teniendo en cuenta el efecto del cambio climático sobre el medio receptor.

Anexo I VI: Resultados de las medidas realizadas en el medio receptor

2. NORMATIVA APLICABLE SOBRE VERTIDOS LÍQUIDOS A DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE (DPMT)

2.1 LEGISLACIÓN APLICABLE

La normativa básica en materia de aguas y criterios de calidad, comprende las siguientes disposiciones principales:

- Ley 22/1988, de 28 de julio, *de Costas*, incluyendo las modificaciones posteriores a su publicación.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, *por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas*.
- Real Decreto Legislativo 4/2007, de 13 de abril, *por el que se modifica el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el RDL 1/2001, de 20 de julio*.
- Ley 2/2013, de 29 de mayo, *de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas*.
- Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, *por el que se aprueba el Reglamento General de Costas*.
- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, *por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental*.
- “Best Available Technique (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries” de acuerdo a la Directiva 2006/21/EC del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, *sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas y por la que se modifica la Directiva 2004/35/CE-Declaración del Parlamento Europeo, del Consejo y de la Comisión*.

Asimismo, cabe destacar la legislación al respecto en la comunidad Autónoma de Andalucía, que se concreta en:

- Decreto 204/2005, de 27 de septiembre, *por el que se declaran las zonas sensibles y normales en las aguas de transición y costeras y de las cuencas hidrográficas intracomunitarias gestionadas por la Comunidad Autónoma de Andalucía*.
- Ley 9/2010, de 30 de julio, *de Aguas de Andalucía*.
- Decreto 109/2015, de 17 de marzo, *por el que se aprueba el Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía*.

- Orden de 14 de febrero de 1997, *por la que se clasifican las aguas litorales andaluzas y se establecen los objetivos de calidad de las aguas afectadas directamente por los vertidos, en desarrollo del Decreto 14/1996, de 16 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de calidad de aguas litorales.* (Esta Orden se encuentra actualmente derogada por el Decreto 109/2015, a excepción del Anexo 2, hasta que no se aprueben documentos normativos que deroguen expresamente los límites establecidos en el mismo).

2.2 NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL DEL MEDIO RECEPTOR

Respecto a la calidad del medio receptor, las Normas de Calidad Ambiental de las aguas que deberán cumplirse, en el entorno del vertido del Proyecto, son las establecidas por el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, *por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.*

Este Real Decreto 817/2015, con el objeto de la protección de las aguas, establece:

1. Los criterios básicos y homogéneos para el diseño y la implantación de los programas de seguimiento del estado de las masas de agua superficiales y para el control adicional de las zonas protegidas.
2. Las normas de calidad ambiental (NCA) para las sustancias prioritarias y para otros contaminantes con objeto de conseguir un buen estado químico de las aguas superficiales. Establecer las NCA para las sustancias preferentes y fijar el procedimiento para calcular las NCA de los contaminantes específicos con objeto de conseguir un buen estado ecológico de las aguas superficiales o un buen potencial ecológico de dichas aguas, cuando proceda.
3. Las condiciones de referencia y los límites de clases de estado de los indicadores de los elementos de calidad biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos para clasificar el estado o potencial ecológico de las masas de agua superficiales.
4. Las disposiciones mínimas para el intercambio de información sobre estado y calidad de las aguas entre la Administración General del Estado y las administraciones con competencias en materia de aguas, en aras del cumplimiento de legislación que regula los derechos de acceso a la información y de participación pública.

A continuación, en la Tabla 2.1 se presentan las NCA para las sustancias prioritarias, mientras que la Tabla 2.2 muestra las NCA para las sustancias preferentes, establecidas por el Real Decreto 817/2015⁽¹⁾.

⁽¹⁾ MA: Media anual. CMA: Concentración máxima admisible. Unidades: µg/L para las NCA-MA y NCA-CMA en aguas, y µg/kg de peso húmedo para NCA en biota.

TABLA 2.1
NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL.
SUSTANCIAS PRIORITARIAS Y OTROS CONTAMINANTES.
OTRAS AGUAS SUPERFICIALES
($\mu\text{g/l}$ para las NCA-MA y NCA-CMA en aguas, y $\mu\text{g/kg}$ de peso húmedo para NCA en biota)

| Nº | Nº CAS ⁽¹⁾ | Nombre de la sustancia ⁽²⁾ | Clase de Sustancia ⁽³⁾ | NCA-MA ⁽⁴⁾ Otras aguas superficiales | NCA-CMA ⁽⁶⁾ Otras aguas superficiales |
|----------|--|---|---------------------------------------|---|--|
| (1) | 15972-60-8 | Alacloro | Prioritaria | 0,3 | 0,7 |
| (2) (*) | 120-12-7 | Antraceno | Peligrosa prioritaria | 0,1 | 0,4 [0,1] |
| (3) | 1912-24-9 | Atrazina | Prioritaria | 0,6 | 2,0 |
| (4) | 71-43-2 | Benceno | Prioritaria | 8 | 50 |
| (5) (*) | 32534-81-9 | Difeniléteres bromados ⁽⁸⁾ | Peligrosa prioritaria ⁽⁹⁾ | 0,0002 | no aplicable [0,014] |
| (6) | 7440-43-9 | Cadmio y sus compuestos (en función de las clases de dureza del agua) ⁽¹⁰⁾ | Peligrosa prioritaria | 0,2 | $\leq 0,45$ (Clase 1) 0,45 (Clase 2) 0,6 (Clase 3) 0,9 (Clase 4) 1,5 (Clase 5) |
| (6 bis) | 56-23-5 | Tetracloruro de carbono | Otro contaminante | 12 | No aplicable |
| (7) | 85535-84-8 | Cloroalcanos C10-13 ⁽¹¹⁾ | Peligrosa prioritaria | 0,4 | 1,4 |
| (8) | 470-90-6 | Clorfenvinfós | Prioritaria | 0,1 | 0,3 |
| (9) | 2921-88-2 | Clorpirifós (Clorpirifós- etilo) | Prioritaria | 0,03 | 0,1 |
| (9 bis) | 309-00-2 60-57-1 72-20-8 465-73-6 | Plaguicidas de tipo ciclodieno: Aldrina Dieldrina Endrina Isodrina | Otro contaminante | $\Sigma = 0,005$ | No aplicable |
| (9 ter) | No aplicable | DDT total ⁽¹²⁾ | Otro contaminante | 0,025 | No aplicable |
| | 50-29-3 | p.p'-DDT | | 0,01 | No aplicable |
| (10) | 107-06-2 | 1, 2-Dicloroetano | Prioritaria | 10 | No aplicable |
| (11) | 75-09-2 | Diclorometano | Prioritaria | 20 | No aplicable |
| (12) | 117-81-7 | Ftalato de di(2-etilhexilo) (DEHP) | Peligrosa prioritaria | 1,3 | No aplicable |
| (13) | 330-54-1 | Diurón | Prioritaria | 0,2 | 1,8 |
| (14) | 115-29-7 | Endosulfán | Peligrosa prioritaria | 0,0005 | 0,004 |
| (15) (*) | 206-44-0 | Fluoranteno | Prioritaria | 0,1 [0,0063] | 1 [0,12] |
| (16) | 118-74-1 | Hexaclorobenceno | Peligrosa prioritaria | - | 0,05 |
| (17) | 87-68-3 | Hexaclorobutadieno | Peligrosa prioritaria | - | 0,6 |
| (18) | 608-73-1 | Hexaclorociclohexano | Peligrosa prioritaria | 0,002 | 0,02 |
| (19) | 34123-59-6 | Isoproturón | Prioritaria | 0,3 | 1,0 |
| (20) (*) | 7439-92-1 | Plomo y sus compuestos | Prioritaria | 7,2 [1,3] | No aplicable [14] |
| (21) | 7439-97-6 | Mercurio y sus compuestos | Peligrosa prioritaria | | 0,07 |
| (22) (*) | 91-20-3 | Naftaleno | Prioritaria | 1,2 [2] | No aplicable [130] |
| (23) (*) | 7440-02-0 | Níquel y sus compuestos | Prioritaria | 20 [8,6] | No aplicable [34] |
| (24) | 84852-15-3 | Nonilfenoles (4-Nonilfenol) | Peligrosa prioritaria ⁽¹⁴⁾ | 0,3 | 2,0 |
| (25) | 140-66-9 | Octilfenoles ((4-(1,1',3,3' - tetrametilbutil)-fenol)) | Prioritaria ⁽¹⁵⁾ | 0,01 | No aplicable |
| (26) | 608-93-5 | Pentaclorobenceno | Peligrosa prioritaria | 0,0007 | No aplicable |
| (27) | 87-86-5 | Pentaclorofenol | Prioritaria | 0,4 | 1 |

TABLA 2.1 (CONT. I)
NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL.
SUSTANCIAS PRIORITARIAS Y OTROS CONTAMINANTES.
OTRAS AGUAS SUPERFICIALES

(µg/l para las NCA-MA y NCA-CMA en aguas, y µg/kg de peso húmedo para NCA en biota)

| Nº | Nº CAS ⁽¹⁾ | Nombre de la sustancia ⁽²⁾ | Clase de Sustancia ⁽³⁾ | NCA-MA ⁽⁴⁾ Otras aguas superficiales | NCA-CMA ⁽⁶⁾ Otras aguas superficiales |
|-----------|-----------------------|---|---------------------------------------|---|--|
| (28) (*) | No aplicable | Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) ⁽¹⁶⁾ | Peligrosa prioritaria ⁽¹⁷⁾ | No aplicable | No aplicable |
| | 50-32-8 | Benzo(a)pireno | | 0,05 [1,7 × 10 ⁻⁴] | 0,1 [0,027] |
| | 205-99-2 | Benzo(b) Fluoranteno | | Σ = 0,03 [Nota 16] | No aplicable [0,017] |
| | 207-08-9 | Benzo(k) Fluoranteno | | | |
| | 191-24-2 | Benzo(g,h,i)perileno | | Σ = 0,002 ⁽¹⁶⁾ | No aplicable [8,2 × 10 ⁻⁴] |
| | 193-39-5 | Indeno(1,2,3-cd)pireno | | Σ = 0,002 ⁽¹⁶⁾ | No aplicable |
| (29) | 122-34-9 | Simazina | Prioritaria | 1 | 4 |
| (29 bis) | 127-18-4 | Tetracloroetileno | Otro contaminante | 10 | No aplicable |
| (29 ter) | 79-01-6 | Tricloroetileno | Otro contaminante | 10 | No aplicable |
| (30) | 36643-28-4 | Compuestos de tributilestaño (Cation de tributilestaño) | Peligrosa prioritaria ⁽¹⁸⁾ | 0,0002 | 0,0015 |
| (31) | 12002-48-1 | Triclorobencenos | Prioritaria | 0,4 | No aplicable |
| (32) | 67-66-3 | Triclorometano | Prioritaria | 2,5 | No aplicable |
| (33) | 1582-09-8 | Trifluralina | Peligrosa prioritaria | 0,03 | No aplicable |
| (34) (**) | 115-32-2 | Dicofol | Peligrosa prioritaria | -5 | 19 |
| (35) (**) | 1763-23-1 | Ácido perfluoro-octanosulfónico y sus derivados (PFOS) | Peligrosa prioritaria | -4 | 7,2 |
| (36) (**) | 124495-18-7 | Quinoxifeno | Peligrosa prioritaria | 0,015 | 0,54 |
| (37) (**) | 20 | Dioxinas y compuestos similares | Peligrosa prioritaria | | No aplicable |
| (38) (**) | 74070-46-5 | Aclonifeno | Prioritaria | 0,012 | 0,012 |
| (39) (**) | 42576-02-3 | Bifenox | Prioritaria | 0,0012 | 0,004 |
| (40) (**) | 28159-98-0 | Cibutrina | Prioritaria | 0,0025 | 0,016 |
| (41) (**) | 52315-07-8 | Cipermetrina | Prioritaria ⁽²²⁾ | -6 | -5 |
| (42) (**) | 62-73-7 | Diclorvós | Prioritaria | -5 | -5 |
| (43) (**) | ⁽²³⁾ | Hexabromociclododecano (HBCDD) | Peligrosa prioritaria | 0,0008 | 0,05 |
| (44) (**) | 76-44-8/ 1024-57-3 | Heptacloro y epóxido de heptacloro | Peligrosa prioritaria | -8 | -5 |
| (45) (**) | 886-50-0 | Terbutrina | Prioritaria | 0,0065 | 0,034 |

(*) Las NCA se han revisado a través de la Directiva 2013/39/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de agosto de 2013. Las NCA entre corchetes tendrán efecto a partir del 22 de diciembre de 2018, con objeto de lograr el buen estado químico de las aguas superficiales en relación con dichas sustancias a más tardar el 22 de diciembre de 2027 mediante programas de medidas incluidas en los planes hidrológicos de cuenca.

(**) Sustancias identificadas como nuevas sustancias en la Directiva 2013/39/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de agosto de 2013. Las NCA de las nuevas sustancias tendrán efecto a partir del 22 de diciembre de 2018, con objeto de lograr el buen estado químico de las aguas superficiales en relación con dichas sustancias a más tardar el 22 de diciembre de 2027 y evitar el deterioro del estado químico de las masas de agua superficial en relación con dichas sustancias.

(1) CAS: Chemical Abstracts Service

(2) Cuando se hayan seleccionado grupos de sustancias, a menos que estén explícitamente señalados, determinados representantes típicos se definen en el contexto de la fijación de NCA.

(3) Se distinguen tres clases de sustancias: prioritarias, peligrosas prioritaria y otros contaminantes.

Las sustancias prioritarias son las que presentan un riesgo significativo para el medio acuático comunitario, o a través de él, incluidos los riesgos de esta índole para las aguas utilizadas para la captación de agua potable, y reguladas a través del artículo 16 de la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre. Entre estas sustancias se encuentran las sustancias peligrosas prioritarias (artículo 16.3 de la Directiva 2000/60/CE).

Otros contaminantes: no son sustancias prioritarias sino contaminantes para los cuales las NCA son idénticas a las establecidas en la legislación sobre sustancias peligrosas aplicable antes de la aprobación de la Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.

(4) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA). Salvo que se especifique otra cosa, se aplica a la concentración total de todos los isómeros.

(6) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA). Cuando en la columna NCA-CMA se indica "No aplicable", se considera que los valores NCA-MA protegen contra los picos de contaminación a corto plazo en el caso de los vertidos continuos, ya que son significativamente inferiores a los valores calculados sobre la base de la toxicidad aguda.

(7) Salvo que se indique de otro modo, las NCA de la biota se refieren a los peces. Sustitivamente podrá hacerse el seguimiento de otro taxón de la biota u otra matriz, siempre que las NCA aplicadas ofrezcan un nivel equivalente de protección. Para las sustancias con los números 15 (floranteno) y

28 (HAP), la NCA de la biota se refiere a crustáceos y moluscos. A efectos de evaluar el estado químico, no resulta adecuado el seguimiento del fluoranteno y de los HAP en los peces. Para la sustancia con el número 37 (dioxinas y compuestos similares), la NCA de la biota se refiere a los peces, los crustáceos y los moluscos en consonancia con el punto 5.3 del anexo del Reglamento (UE) Nº 1259/2011 de la Comisión, de 2 de diciembre de 2011, por el que se modifica el Reglamento (CE) Nº 1881/2006 en lo relativo a los contenidos máximos de dioxinas, PCB similares a las dioxinas y PCB no similares a las dioxinas en los productos alimenticios (DO L 320 de 3.12.2011, p. 18).

(8) Por lo que respecta al grupo de sustancias prioritarias incluidas en los difeniléteres bromados (nº 5), las NCA se refieren a la suma de las concentraciones de los congéneres nº 28, 47, 99, 100, 153 y 154.

(9) Solo los compuestos tetra, penta, hexa y heptabromodifeniléter (números CAS 40088-47-9, 32534-81-9, 36483-60-0, 68928-80-3, respectivamente).

(10) Por lo que respecta al cadmio y sus compuestos (nº 6), los valores de las NCA varían en función de la dureza del agua con arreglo a las cinco categorías (clase 1: <40 mg CaCO₃/l, clase 2: de 40 a < 50 mg CaCO₃/l, clase 3: de 50 a < 100 mg CaCO₃/l, clase 4: de 100 a < 200 mg CaCO₃/l, y clase 5: ≥ 200 mg CaCO₃/l).

(11) No se señala para este grupo de sustancias ningún parámetro indicativo. El parámetro o parámetros indicativos deberán definirse mediante el método analítico.

(12) El DDT total incluye la suma de los isómeros 1,1,1-tricloro-2,2-bis(p-clorofenil)-etano (nº CAS 50-29-3; nº UE 200-024-3); 1,1,1-tricloro-2-(o-clorofenil)-

2-(p-clorofenil)-etano (nº CAS 789-02-6; nº UE 212-332-5); 1,1-dicloro-2,2-bis(p-clorofenil)-etileno (nº CAS 72-55-9; nº UE 200-784-6), y 1,1-dicloro 2,2-bis(p-clorofenil)-etano (nº CAS 72-54-8; nº UE 200-783-0).

(14) Nonilfenol (CAS 25154-52-3, UE 246-672-0), con inclusión de los isómeros 4-nonilfenol (CAS 104-40-5, UE 203-199-4) y 4-nonilfenol (ramificado) (CAS 84852-15-3, UE 284-325-5).

(15) Octilfenol (CAS 1806-26-4, UE 217-302-5), con inclusión del isómero 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)fenol (CAS 140-66-9, UE 205-426-2).

(16) Por lo que respecta el grupo de sustancias prioritarias de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (nº 28), las NCA de la biota y las correspondientes NCA-MA en el agua se refieren a la concentración de benzo(a)pireno, en cuya toxicidad se basan. El benzo(a)pireno puede considerarse como un marcador de los otros HAP, ya que solo tal sustancia debe ser objeto de seguimiento a efectos de comparación con las NCA de la biota o las correspondientes NCA-MA en el agua.

(17) Con inclusión de benzo(a)pireno (CAS 50-32-8, UE 200-028-5), benzo(b)fluoranteno (CAS 205-99-2, UE 205-911-9), benzo(g,h,i)perileno (CAS 191-24-2, UE 205-883-8), benzo(k)fluoranteno (CAS 207-08-9, UE 205-916-6), indeno(1,2,3-cd)pireno (CAS 193-39-5, UE 205-893-2) y con exclusión del antraceno, fluoranteno y naftaleno, que figuran por separado.

(18) Con inclusión del catión de tributilestaño (CAS 36643-28-4).

(19) No se dispone de suficiente información para establecer una NCA-CMA para estas sustancias.

(20) Se refiere a los siguientes compuestos: siete dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD): 2,3,7,8-T4CDD (CAS 1746-01-6), 1,2,3,7,8-P5CDD (CAS 40321-76-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDD (CAS 39227-28-6), 1,2,3,6,7,8-H6CDD (CAS 57653-85-7), 1,2,3,7,8,9-H6CDD (CAS 19408-74-3), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD (CAS 35822-46-9), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD (CAS 3268-87-9), diez dibenzofuranos policlorados (PCDF): 2,3,7,8-T4CDF (CAS 51207-31-9), 1,2,3,7,8-P5CDF (CAS 57117-41-6), 2,3,4,7,8-P5CDF (CAS 57117-31-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDF (CAS 70648-26-9), 1,2,3,6,7,8-H6CDF (CAS 57117-44-9), 1,2,3,7,8,9-H6CDF (CAS 72918-21-9), 2,3,4,6,7,8-H6CDF (CAS 60851-34-5), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF (CAS 67562-39-4), 1,2,3,4,7,8,9-H7CDF (CAS 55673-89-7), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF (CAS 39001-02-0), doce policlorobifenilos similares a las dioxinas (PCB-DL): 3,3',4,4'-T4CB (PCB 77, CAS 32598-13-3), 3,3',4',5-T4CB (PCB 81, CAS 70362-50-4), 2,3,3',4,4'-P5CB (PCB 105, CAS 32598-14-4), 2,3,4,4',5-P5CB (PCB 114, CAS 74472-37-0), 2,3',4,4',5-P5CB (PCB 118, CAS 31508-00-6), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 123, CAS 65510-44-3), 3,3',4,4',5-P5CB (PCB 126, CAS 57465-28-8), 2,3,3',4,4',5-H6CB (PCB 156, CAS 38380-08-4), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 157, CAS 69782-90-7), 2,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 167, CAS 52663-72-6), 3,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 169, CAS 32774-16-6), 2,3,3',4,4',5,5'-H7CB (PCB 189, CAS 39635-31-9).

(21) PCDD: dibenzo-p-dioxinas policloradas; PCDF: dibenzofuranos policlorados; PCB-DL: policlorobifenilos similares a las dioxinas; TEQ: equivalentes tóxicos con arreglo a los Factores de Equivalencia Tóxica de 2005 de la Organización Mundial de la Salud.

(22) CAS 52315-07-8 se refiere a una mezcla isómera de cipermetrina, α-cipermetrina (CAS 67375-30-8), β-cipermetrina (CAS 65731-84-2), θ-cipermetrina (CAS 71697-59-1) y ζ-cipermetrina (52315-07-8).

(23) Se refiere a las sustancias 1,3,5,7,9,11-hexabromociclododecano (CAS 25637-99-4), 1,2,5,6,9,10-hexabromociclododecano (CAS 3194-55-6), α-hexabromociclododecano (CAS 134237-50-6), β-hexabromociclododecano (CAS 134237-51-7) y γ-hexabromociclododecano (CAS 134237-52-8).

TABLA 2.2
NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL SUSTANCIAS PREFERENTES
OTRAS AGUAS SUPERFICIALES
($\mu\text{g/l}$ para las NCA-MA)

| Nº | Nº CAS ⁽¹⁾ | Nombre de la sustancia | NCA-MA ⁽²⁾ Otras aguas superficiales |
|------|-----------------------|---|--|
| (1) | 100-41-4 | Etilbenceno | 30 |
| (2) | 108-88-3 | Tolueno | 50 |
| (3) | 71-55-6 | 1, 1, 1 – Tricloroetano | 100 |
| (4) | 1330-20-7 | Xileno (Σ isómeros orto, meta y para) | 30 |
| (5) | 5915-41-3 | Terbutilazina | 1 |
| (6) | 7440-38-2 | Arsénico | 25 |
| (7) | 7440-50-8 | Cobre ⁽⁴⁾ | 25 |
| (8) | 18540-29-9 | Cromo VI | 5 |
| (9) | 7440-47-3 | Cromo | no aplicable |
| (10) | 7782-49-2 | Selenio | 10 |
| (11) | 7440-66-6 | Zinc ⁽⁴⁾ | 60 |
| (12) | 74-90-8 | Cianuros totales | no aplicable |
| (13) | 16984-48-8 | Fluoruros | no aplicable |
| (14) | 108-90-7 | Clorobenceno | no aplicable |
| (15) | 25321-22-6 | Diclorobenceno (Σ isómeros orto, meta y para) | no aplicable |
| (16) | 51218-45-2 | Metolacoloro | no aplicable |

(1) CAS: Chemical Abstracts Service

(2) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

(4) Por lo que respecta a estas sustancias, los valores de la NCA en aguas superficiales continentales varían en función de la dureza del agua con arreglo a cuatro categorías

2.3 LÍMITES DE VERTIDO APLICABLES

Respecto a los límites de vertido al medio receptor, estos deberán de ajustar a los establecidos por la disposición autonómica Decreto 109/2015, de 17 de marzo, *por el que se aprueba el Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía*.

Este Decreto se basa en la Ley 7/2007, de 9 de julio, de *Gestión Integrada de la Calidad Ambiental* donde se establece un marco para la protección global de las aguas continentales, litorales, costeras y de transición, siguiendo los criterios empleados en la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

El Artículo 24 del citado Decreto 109/2015 establece lo siguiente:

“Artículo 24. Límites de emisión.

1. *Los límites de emisión de vertido, así como los parámetros a limitar, se fijarán en las correspondientes autorizaciones de vertido en función de las normas de calidad ambiental y los objetivos medioambientales establecidos para la masa de agua afectada.*

Estos límites y parámetros, se fijarán además teniendo en cuenta el estado de la técnica, las características del proceso, las materias primas y especialmente, la capacidad de absorción de la carga contaminante.

2. *De forma general no podrán autorizarse vertidos cuya carga contaminante supere los límites de emisión establecidos en las tablas del Anexo IV «Valores Límites de Emisión» de este Reglamento, o en su caso, los establecidos en las conclusiones sobre las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para el sector correspondiente, que hayan sido adoptadas por Decisión de la Comisión Europea.*
3. *No obstante, como medida excepcional, se podrán fijar valores límites de emisión menos estrictos que los establecidos en las conclusiones sobre las Mejores Técnicas Disponibles, siempre que se respeten las normas de calidad y los objetivos medioambientales de la masa de agua, y siempre que se ponga de manifiesto mediante una evaluación adecuada, que la consecución de los niveles de emisión asociados con las conclusiones relativas a las Mejores Técnicas Disponibles daría lugar a unos costes desproporcionadamente más elevados en comparación con el beneficio ambiental debido a:*
 - a) *La ubicación geográfica o la situación del entorno local de la instalación de que se trate.*
 - b) *Las características técnicas de la instalación*
4. *Asimismo, podrán sobrepasarse los límites establecidos en el Anexo IV en aquellos casos especiales en los que se apliquen las mejores técnicas disponibles, y siempre que, mediante el oportuno control, pueda justificarse que la emisión de dichos vertidos no afecta al logro de los objetivos medioambientales de la masa de agua afectada.*

3. CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO DE MLF

El efluente líquido que se generará debido al funcionamiento del Proyecto MLF tendrá su origen mayoritario en la gestión de los antiguos pasivos. Cabe señalar que todos estos efluentes serán acondicionados en una planta de tratamiento antes de su vertido a DPMT.

El caudal de vertido asociado al Proyecto de MLF objeto del presente estudio, variará en función de dos fases diferenciadas. Una primera fase (**Fase preoperacional**) se corresponderá con el desagüe y achique de la Corta de los Frailes, que se llevará a cabo por razones de seguridad para ejecutar los trabajos de la mina interior, en la que se prevé se generará un caudal continuo del orden de **1.600 m³/h** (considerándose 1.600 m³/h como el caudal máximo de vertido a evacuar), con una duración estimada de 1,5 años. Una vez finalizadas las operaciones de vaciado de la Corta, durante la **Fase operacional**, el caudal máximo equivalente previsto sería de **500 m³/h**, si bien se podrán alcanzar caudales máximos discontinuos de **hasta 1.600 m³/h**, en función de la operativa del sistema de vertido, al producirse este por lotes desde un sistema de regulación. Las diferencias de caudales entre ambas fases, da lugar a la necesidad de disponer de una balsa de cabecera al comienzo de la conducción para la regulación del caudal de salida. Destacar que, en ambas fases, la caracterización del efluente de vertido será prácticamente la misma, si bien, son esperables concentraciones ligeramente menores de contaminantes durante la fase preoperacional, debido a la naturaleza de las aguas contenidas en la Corta.

El vertido se vehiculará desde las instalaciones de MLF hasta el río Guadalquivir (DPMT) mediante tubería de 30 km de longitud aproximadamente. Los diámetros nominales de la conducción serán de 630 mm en la mayor parte del trazado (aprox. 20 km) y de 500 mm para el resto (aprox. 9 km).

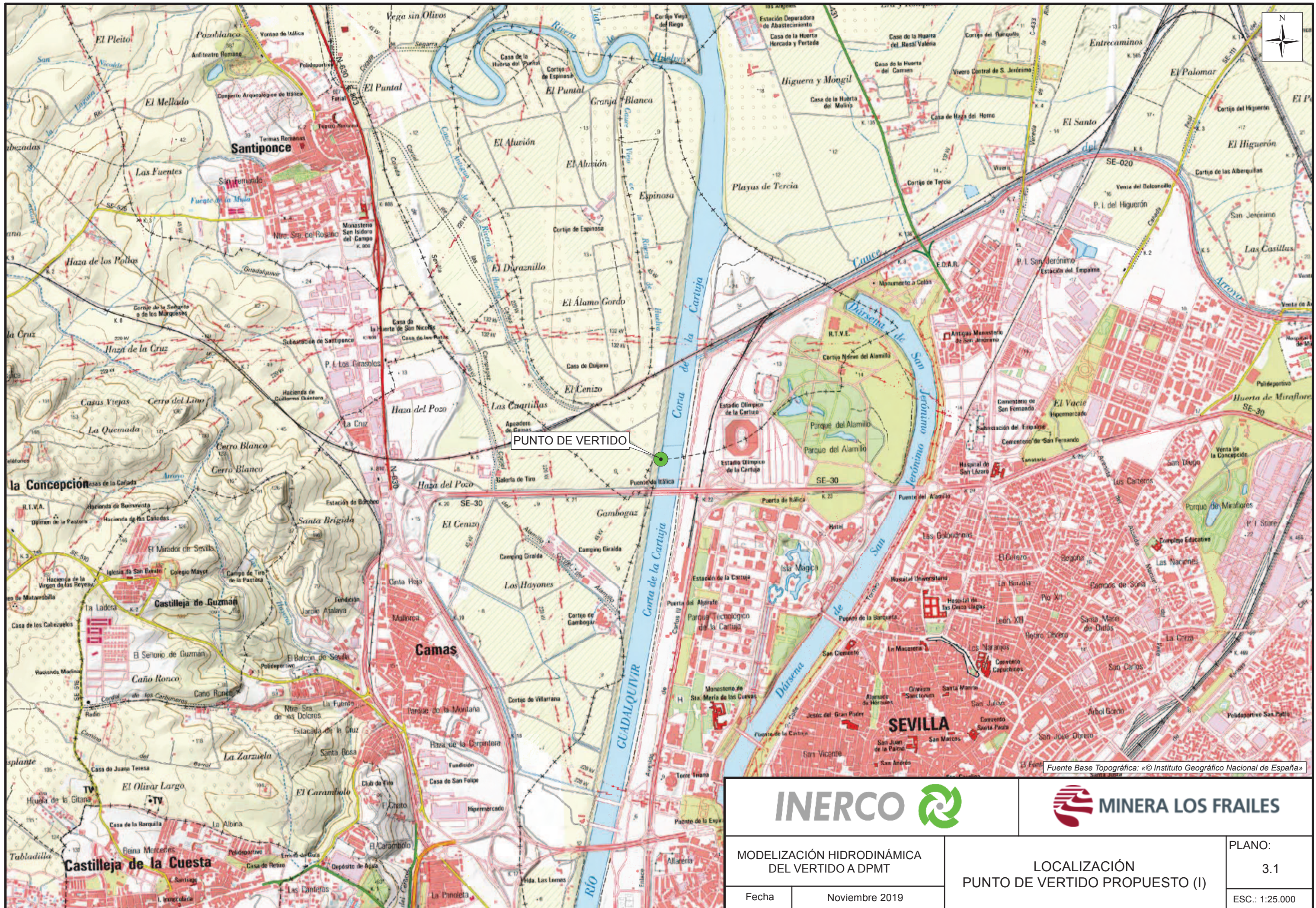
El punto de vertido propuesto por MLF se ubica en el estuario del Guadalquivir, en el término municipal de Santiponce, a la altura de la Isla de la Cartuja (en las proximidades del Estadio Olímpico), aguas abajo de la presa de Alcalá del Río, en zona de influencia mareal.

El caudal medio diario en el río Guadalquivir se sitúa en la mayoría de los casos por debajo de 100 m³/s, teniendo lugar un régimen fluvial de aguas bajas (estuario dominado por la acción mareal, en ausencia de avenidas de agua del río).

Las coordenadas del punto de vertido se muestran en la Tabla 3.1, mientras que en los Planos 3.1 y 3.2 se presenta la situación de éste a diferentes escalas. Asimismo, se adjuntan como Figuras 3.1 y 3.2, fotografías de la situación actual del emplazamiento propuesto para el vertido.

TABLA 3.1
COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DEL PUNTO DE VERTIDO PROPUESTO AL DPMT

| Coordenadas UTM ETRS_1989_UTM_Zone_29N | |
|---|--------------|
| X: 764.471 | Y: 4.145.198 |



PUNTO DE VERTIDO

Fuente Base Topográfica: «© Instituto Geográfico Nacional de España»



MODELIZACIÓN HIDRODINÁMICA
DEL VERTIDO A DPMT

LOCALIZACIÓN
PUNTO DE VERTIDO PROPUESTO (I)

PLANO:

3.1

Fecha

Noviembre 2019

ESC.: 1:25.000



PUNTO DE VERTIDO

Fuente: «PNOA cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España»



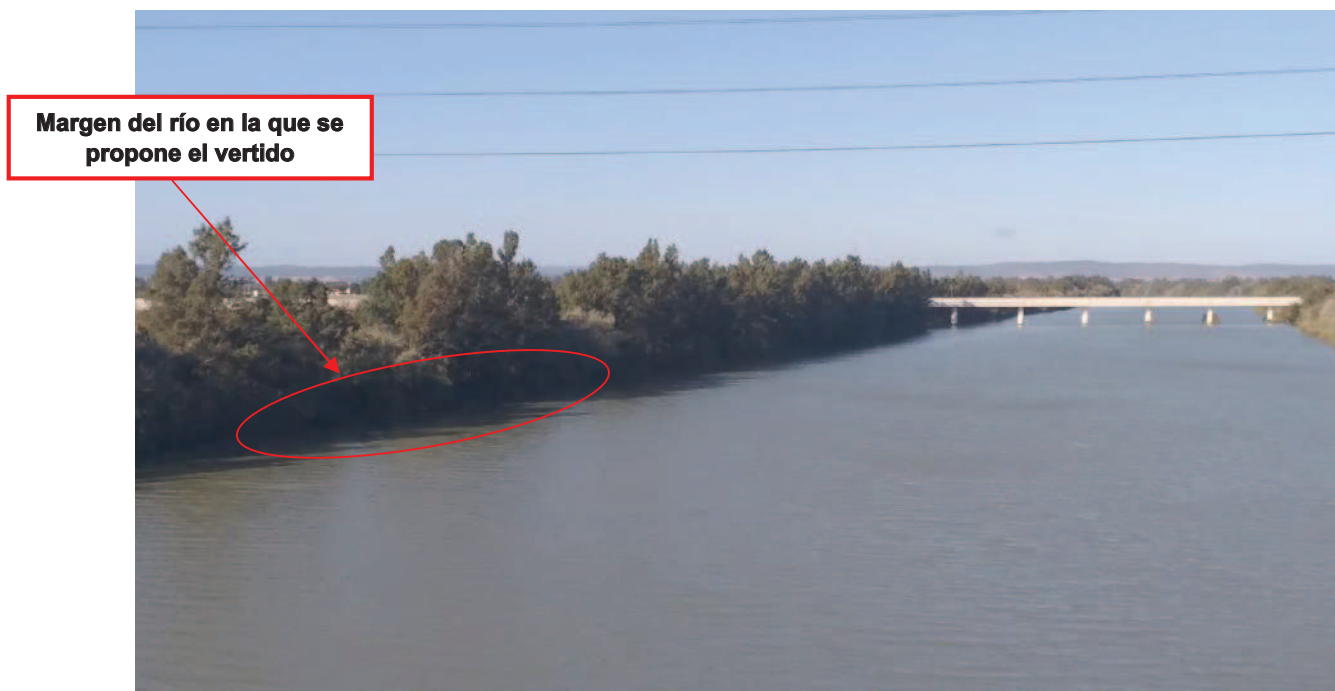
| | | | |
|---|----------------|--|---------------|
| MODELIZACIÓN HIDRODINÁMICA DEL VERTIDO A DPMT | | LOCALIZACIÓN PUNTO DE VERTIDO PROPUESTO (II) | PLANO: 3.2 |
| Fecha | Noviembre 2019 | | ESC.: 1:2.500 |

FIGURA 3.1
FOTOGRAFIA ACTUAL EMPLAZAMIENTO PREVISTO PARA EL PUNTO DE VERTIDO (I)
VISTA GENERAL



Fuente: INERCO S.A.

FIGURA 3.2
FOTOGRAFIA ACTUAL EMPLAZAMIENTO PREVISTO PARA EL PUNTO DE VERTIDO (II)
MARGEN DERECHA DEL RIO



Fuente: INERCO S.A.

A continuación, en la Tabla 3.2 se detalla la propuesta de valores límite del vertido asociado al Proyecto de MLF al estuario del río Guadalquivir, realizada en base a la legislación de aplicación. En este sentido, cabe señalar que, estos valores límite se han propuesto teniendo en cuenta el BREF (Best Available Techniques Reference Document) para la Industria Extractiva, publicado en diciembre de 2018, así como el Decreto 109/2015, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Vertidos de Andalucía, tal y como se detalla en la Tabla a continuación.

TABLA 3.2
CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE VALORES LÍMITE DE VERTIDO DE MLF
AL RIO GUADALQUIVIR (DPMT)

| Parámetro | Unidades | Límite propuesto, fase preoperacional (Media diaria) | Límite propuesto, fase operacional (Media diaria) | Valores de referencia normativa |
|-----------------------------|----------------------|--|---|---------------------------------|
| pH | Ud. pH | 5,5-9,5 | 5,5-9,5 | 5,5-9,5 ⁽¹⁾ |
| Sólidos en suspensión | mg/l | 35 | 35 | 5-35 ⁽²⁾ |
| DQO | mg/L O ₂ | 100 | 100 | 15-100 ⁽²⁾ |
| Nitratos (NO ₃) | mg/L NO ₃ | 50 | 50 | 110 ⁽¹⁾ |
| Hierro | mg/l | 0,5 | 0,5 | 3,3 ⁽¹⁾ |
| Aluminio | mg/l | 0,5 | 0,5 | 6,6 ⁽¹⁾ |
| Manganeso | mg/l | 0,5 | 0,5 | 9 ⁽¹⁾ |
| Cadmio y sus compuestos | mg/l | 0,008 | 0,01 | 0,002-0,01 ⁽²⁾ |
| Plomo y sus compuestos | mg/l | 0,015 | 0,015 | 0,01-0,05 ⁽²⁾ |
| Mercurio y sus compuestos | mg/l | 0,0005 | 0,0005 | 0,0003-0,002 ⁽²⁾ |
| Níquel y sus compuestos | mg/l | 0,1 | 0,1 | 0,01-0,1 ⁽²⁾ |
| Arsénico | mg/l | 0,05 | 0,05 | 0,01-0,05 ⁽²⁾ |
| Cobre | mg/l | 0,1 | 0,1 | 0,002-0,1 ⁽²⁾ |
| Cromo | mg/l | 0,01 | 0,01 | 0,002-0,015 ⁽²⁾ |
| Selenio | mg/l | 0,01 | 0,01 | 0,15 ⁽¹⁾ |
| Zinc | mg/l | 0,5 | 0,5 | 0,005-0,5 ⁽²⁾ |
| Fluoruros | mg/l | 3,5 | 3,5 | 17 ⁽¹⁾ |
| Boro | mg/l | 0,5 | 0,5 | 2,2 ⁽¹⁾ |
| Sulfitos | mg/l | 3 | 3 | 3 ⁽¹⁾ |

⁽¹⁾ Decreto 109/2015

⁽²⁾ BREF Industria Extractiva

Fuente: MLF

4. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR

El medio receptor del vertido del Proyecto de MLF al Dominio Público Marítimo Terrestre es el Río Guadalquivir y, más concretamente, el estuario de dicho cauce a su paso por la ciudad de Sevilla, concretamente frente a la Isla de la Cartuja.

En este apartado se recopilan brevemente los fundamentos de la dinámica mareal del estuario del Guadalquivir en el entorno del punto de vertido, así como sus características, para establecer de esta manera la caracterización del medio receptor a emplear para la modelización del vertido.

No obstante, en el Anexo I del presente documento se incluye información general sobre las características del estuario del Guadalquivir, incluyéndose información relativa a caudales y mareas entre otros aspectos.

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR EN EL ENTORNO DEL PUNTO DE VERTIDO

Características generales y situación

La zona del estuario del Guadalquivir en la que se estudia la localización del vertido de MLF, se ubica en el último tramo del estuario aguas arriba, entre la Punta del Verde y la Presa de Alcalá del Río. La localización del punto de vertido propuesto se ha expuesto en los Planos 3.1 y 3.2.

El carácter del estuario viene definido por la intensidad y la duración de la descarga fluvial, el prisma de marea y el comportamiento de la marea astronómica, resultando un estuario mezclado, parcialmente estratificado o estratificado dependiendo del tramo del mismo.

Los caudales de descarga de la presa son menores de 100 m³/s durante la mayor parte del año, lo que implica que el estuario tenga sus aguas bien mezcladas y, ocasionalmente, en el tramo de la desembocadura sus aguas se encuentran parcialmente estratificadas, denominándose este régimen mareal de caudales bajos.

En el presente estudio y modelización hidrodinámica realizada se ha considerado, como hipótesis conservadora desde el punto de vista ambiental, una situación de no descarga de la presa de Alcalá del Río y, por tanto, del mantenimiento de un caudal mínimo en el río Guadalquivir.

Batimetría

En el estuario interno, la anchura y la sección del mismo decrecen uniformemente desde la desembocadura hasta la presa de Alcalá del Río. No obstante, la profundidad media

del estuario del río Guadalquivir es de unos 7 m ⁽¹⁾, debido a las labores de mantenimiento constantes, si bien en diversos tramos, especialmente en los tramos curvos, la profundidad local se desvía significativamente de este valor medio.

El punto propuesto para el vertido de MLF se ubica aguas arriba de la vía navegable, no encontrándose sometida a dragados continuos, por lo que la deposición de sedimentos provoca una reducción de la profundidad en este punto².

A efectos de caracterizar la profundidad del río en el entorno de la descarga se estudia la sección transversal del cauce del río Guadalquivir. Para ello, se ha extraído la información al respecto contenida en la siguiente bibliografía: “*Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir*” (Septiembre 2010). Este documento nace como resultado del trabajo de la Comisión Científica constituida con anterioridad a la realización de las obras de mejora de acceso marítimo al Puerto de Sevilla, bajo los auspicios del Ministerio de Medio Ambiente, la Consejería de Medio Ambiente y la Autoridad Portuaria de Sevilla, presidida por el Instituto del Agua.

Este Estudio de “*Propuesta Metodológica*” caracteriza los parámetros morfológicos más significativos de diferentes tramos, determinándose para cada uno de ellos, el radio de curvatura con respecto al eje longitudinal, el tipo de perfil, la profundidad del medio y la inclinación de las márgenes. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.1 siguiente, mientras que los perfiles considerados se detallan en la Figura 4.1 a continuación.

¹ Bibliografía: Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir. Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales (Centro Andaluz de Medio Ambiente-Universidad de Granada). Septiembre 2010

² En base a lo cual se ha tomado una profundidad del río de 7 metros en pleamar, que se reduce a 4,3 m en bajamar (carrera de marea de 2,7 m), manteniéndose en 5,6 en vaciante y llenante.

TABLA 4.1
PARÁMETROS MORROLÓGICOS DE LOS PERFILES TRANSVERSALES DEL ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR

| Puntos | R (m) | Perfil | h (m) | h/R | β_d | β_i | $ \beta_i - \beta_d $ |
|------------|----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------------------|
| 1 | 2360 | V-76-09 | 7.5 | 0.00318 | 17.4° | 5.2° | 12.2° |
| 2 | 5478 | V-37-01 | 6.2 | 0.00113 | 6.6° | 24.5° | 17.9° |
| 3 | 2616 | V-69-01 | 12.5 | 0.00477 | 14.9° | 30.8° | 15.9° |
| 4 | 1400 | V-65-01 | 12 | 0.00857 | 17.4° | 65.2° | 47.8° |
| 5 | 1700 | V-60-01 | 11 | 0.00647 | 26.6° | 11.6° | 15° |
| 6 | 9260 | V-58-01 | 8.2 | 0.00089 | 19.6° | 5.6° | 14° |
| 7 (recto) | ∞ | V-49-41 | 8.7 | 0 | 21° | 21° | 0° |
| 8 | 3750 | V-46-01 | 11.5 | 0.00307 | 26.9° | 12.4° | 14.5° |
| 9 | 4600 | V-40-01 | 7.1 | 0.00154 | 4.6° | 27.9° | 23.3° |
| 10 (recto) | ∞ | V-32-70 | 7.3 | 0 | 17.6° | 17.6° | 0° |
| 11 | 6800 | V-30-01 | 8.1 | 0.00119 | 9.8° | 26.9° | 17.1° |
| 12 | 5850 | V-22-01 | 7.5 | 0.00128 | 13° | 10° | 3° |

Radios de curvatura centrados R , profundidades h , relación h/R y pendiente de la margen derecha β_d e izquierda β_i (marchando estuario abajo) y su diferencia.

Fuente: Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir. Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales (Centro Andaluz de Medio Ambiente-Universidad de Granada). Septiembre 2010.

FIGURA 4.1
PERFILES TRANSVERSALES DEL ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR

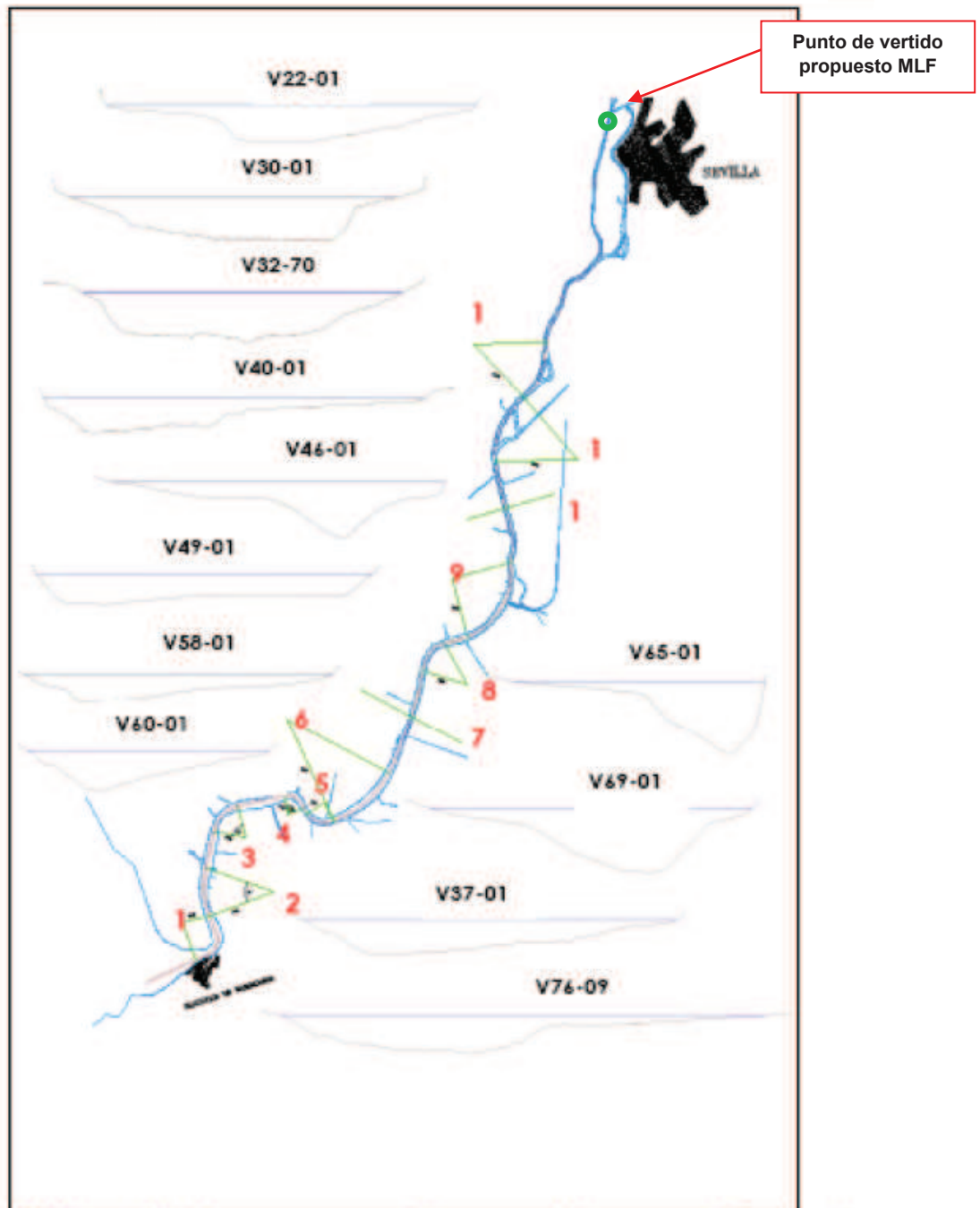


Figura 3.4. Numeración de los tramos curvos más importantes del cauce y su perfil transversal.

Fuente: Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir. Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales (Centro Andaluz de Medio Ambiente-Universidad de Granada). Septiembre 2010.

En base a lo anterior se puede concluir que en los tramos rectos las pendientes de ambas márgenes son prácticamente iguales. Teniendo en cuenta que el punto de vertido propuesto se ubica en un tramo recto del río, las márgenes tendrán la misma inclinación, por lo que se descarta la existencia de márgenes con escasa inclinación o demasiado acusadas.

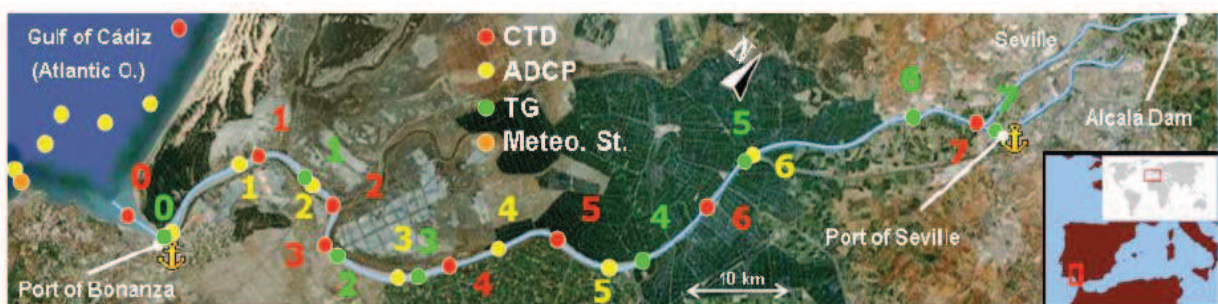
Corrientes

En el régimen de aguas bajas considerado (con un caudal neto de agua dulce circulante a lo largo de un ciclo completo de mareas inferior a $100 \text{ m}^3/\text{s}$, con un valor medio aproximado de $50 \text{ m}^3/\text{s}$), la circulación residual en el estuario del Guadalquivir está regulada por la propagación y transformación de la onda de marea. La resultante neta de esta corriente mareal se dirige, por tanto, hacia la desembocadura. Los ciclos de mareas vivas y muertas refuerzan o debilitan la corriente residual mareal y alteran, en los diferentes tramos del estuario, la resultante de esta corriente con las corrientes fluvial y la debida a los gradientes de densidad.

La corriente fluvial, dirigida siempre hacia la desembocadura, es la componente principal para poder controlar la resultante neta de las corrientes residuales en cada tramo del estuario. En condiciones de avenida (caudal neto superior a $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$), la descarga fluvial supera en uno o dos órdenes de magnitud a las corrientes residuales, siendo la resultante neta hacia la desembocadura, controlando en estos casos la evolución y los procesos morfodinámicos del estuario.

En el anteriormente citado “*Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir*”, se ubicaron diferentes equipos de medidas para la caracterización de las corrientes en diferentes tramos del estuario. Concretamente se emplearon mareógrafos (TGs), correntímetros acústicos perfiladores (ADCPs) y equipos CTDs (equipo medidor de conductividad, temperatura y salinidad), cuya localización se presenta a continuación en la Figura 4.2.

FIGURA 4.2
LOCALIZACIÓN DE EQUIPOS DE MEDIDA
A LO LARGO DEL ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR

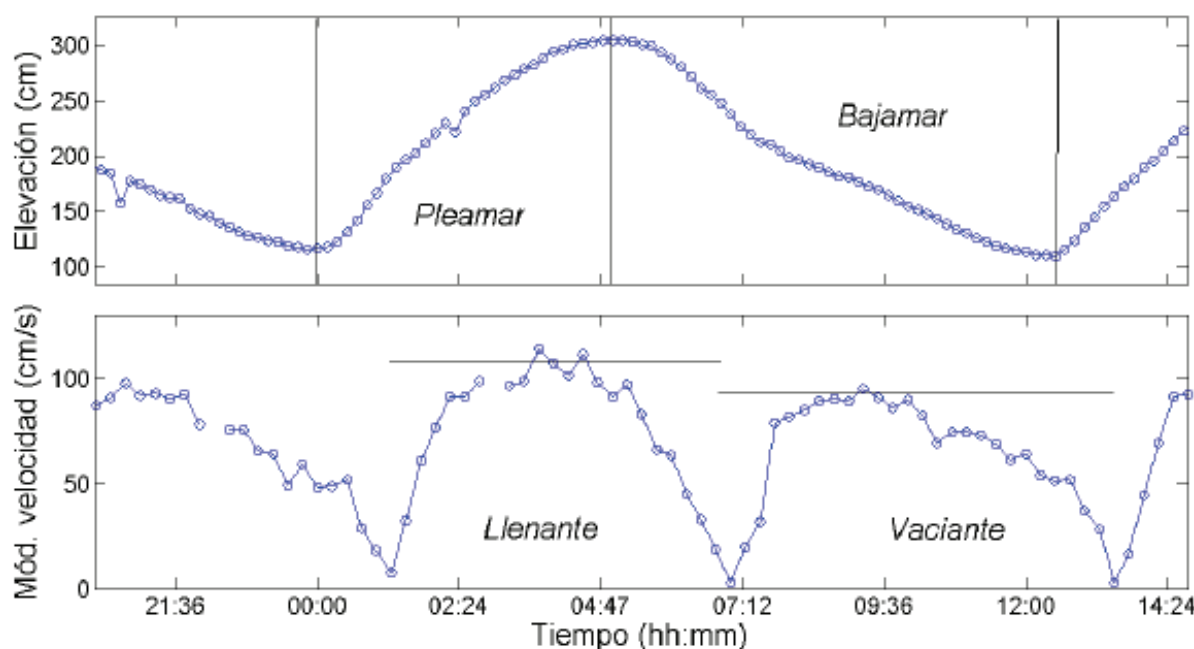


Fuente: Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir. Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales (Centro Andaluz de Medio Ambiente-Universidad de Granada). Septiembre 2010.

En base al informe realizado como consecuencia de dicho proyecto se deduce que, al menos en el 85 % de los días del año, el régimen de descarga es de aguas bajas, menos del 2 % de los días el estuario recibe descargas **netas** diarias medias (a lo largo de los dos ciclos de marea diarios) superiores a 500 m³/s, y menos del 1 % el régimen se considera de avenidas. Por ello, la situación que se analizará en el presente estudio será el régimen de descarga de aguas bajas, más desfavorable desde el punto ambiental y de la dilución del vertido de la instalación.

Por otra parte, indicar que, en los estuarios con geometría convergente, como es este caso, el flujo dominante es el de llenante sobre el de vaciante, siendo la duración de la llenante menor que la de vaciante, y la velocidad en llenante mayor que la de vaciante. A modo de ejemplo, se presenta el resultado de los registros del mareógrafo ubicado a unos 50 km medidos desde la desembocadura (TG4), durante la realización del estudio mencionado con anterioridad (Figura 4.3).

FIGURA 4.3
ELEVACIÓN Y VELOCIDAD REGISTRADAS EN
MAREÓGRAFO TG4 SITUADO A 51,8 km DE LA DESEMBOCADURA

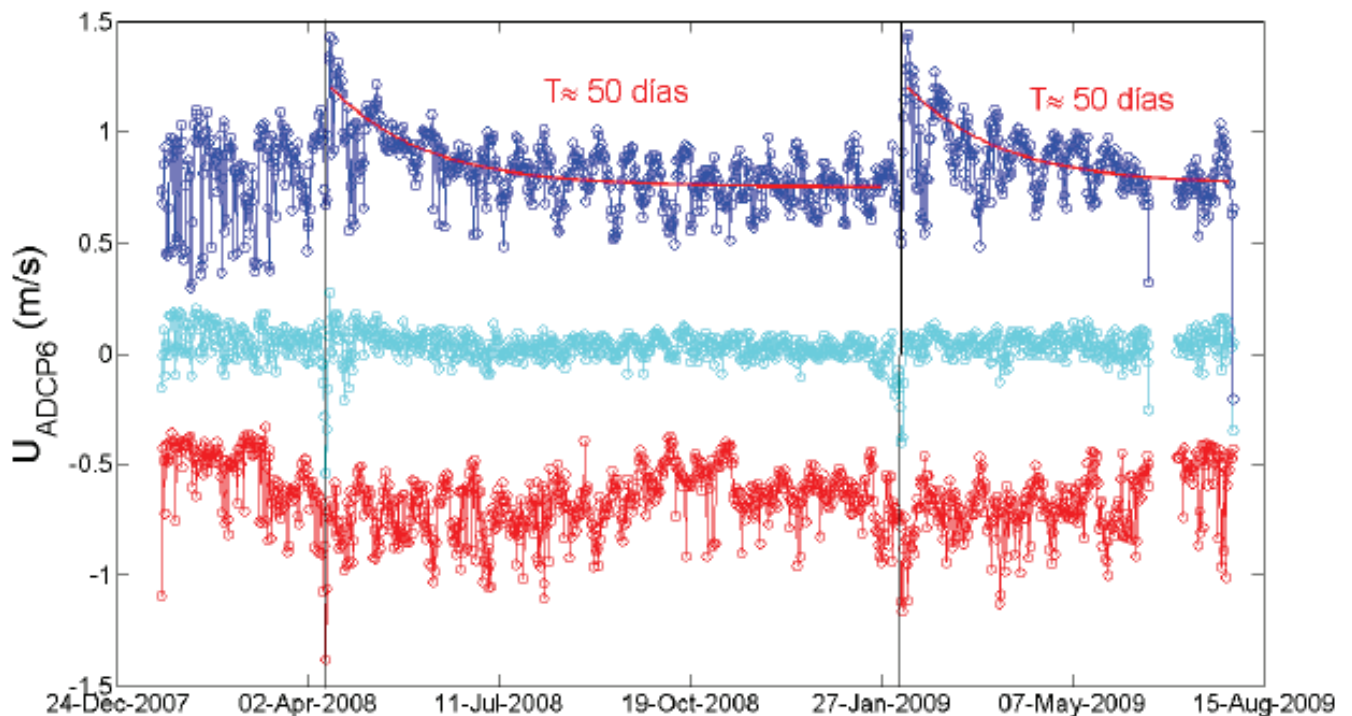


Fuente: Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir. Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales (Centro Andaluz de Medio Ambiente-Universidad de Granada). Septiembre 2010.

Para la realización del estudio de dilución del vertido del Proyecto de MLF al DPMT, se ha adoptado el criterio de caracterizar cada una de las situaciones mareales por una velocidad media representativa, obtenida del correntímetro más próximo al punto de vertido.

Las medidas a partir de las cuales se determinan estas velocidades corresponden a las medidas registradas en el correntímetro ADCP6, localizado a unos 63,8 km de la Desembocadura en Sanlúcar, y cuyos valores se muestran en la Figura 4.4.

FIGURA 4.4.
CORRIENTES REGISTRADAS EN EL CORRENTÍMETRO ADCP6



Fuente: Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir. Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales (Centro Andaluz de Medio Ambiente-Universidad de Granada). Septiembre 2010.

NOTAS:

- (1) Se presentan en azul las corrientes máximas, en cian las corrientes medias y las mínimas en rojo.
- (2) Tanto en abril de 2008 como en enero de 2009 se produjeron descargas de la presa de Alcalá del Río, de ahí los picos de velocidades de corriente.

La Tabla 4.2, presentada a continuación, recoge las intensidades y el sentido de las corrientes características de cada situación mareal, tomadas en función de los datos presentados anteriormente.

TABLA 4.2
CARACTERIZACION DE CORRIENTES RÍO GUADALQUIVIR
EN EL PUNTO DE VERTIDO DE MLF

| Marea | Corriente | |
|----------|-----------|------------------|
| | Sentido | Intensidad (m/s) |
| Bajamar | Vaciante | 0,10 |
| Pleamar | Llenante | 0,15 |
| Vaciante | Vaciante | 0,60 |
| Entrante | Llenante | 0,80 |

Nota: El sentido vaciante se encuentra dirigido hacia la desembocadura del estuario, al contrario del sentido llenante, que considera un sentido de la corriente desde la desembocadura hasta la cabecera.

Como se puede observar en la Tabla anterior, no se considera en el estudio que la velocidad de corriente se modifique en función de los cambios climáticos estacionales. A este respecto, cabe señalar que según la fuente oficial de los datos empleados no existen variaciones significativas de velocidad de corriente entre las distintas estaciones del año (Ver Figura 4.4).

Mareas

Como ya se ha indicado con anterioridad, la onda de marea alcanza la presa de Alcalá del Río y lo hace con energía suficiente para que se refleje en la propia presa. De esta forma, en el último tramo del estuario del Guadalquivir, entre la esclusa y la presa, el movimiento mareal es esencialmente estacionario, mientras que en el tramo exterior el movimiento oscilatorio es progresivo.

En lo tocante al régimen mareal, la onda de marea en la desembocadura del Guadalquivir presenta un carácter semidiurno. El rango mareal medio en este sector es de 2,70 m, tratándose por tanto de una costa mesomareal, es decir, con un rango mareal medio comprendido entre 2 y 4 m.

La amplitud de la marea varía en ciclos de mareas vivas y muertas, de aproximadamente catorce días y medio. Por otra parte, dos veces al año, coincidiendo con los equinoccios, se producen las mayores mareas vivas y muertas.

La onda de marea en la desembocadura del Río Guadalquivir es de tipo progresivo. De este modo, y para una marea media en Bonanza, la pleamar se produce unas cuatro horas más tarde en la estación de La Algaba, mientras que la bajamar se produce con un desfase horario de 5 horas y 50 minutos. Este retardo detectado en el desplazamiento de la onda de marea no es constante y varía de forma apreciable en función del rango de la marea. En términos generales, la velocidad de desplazamiento de la onda de marea por el interior de la desembocadura disminuye al aumentar el rango de marea.

Indicar que, si bien el ancho de la sección de diferentes zonas del estuario puede variar dependiendo de las diferentes condiciones mareales (debido a las bajas pendientes de las márgenes del río junto a la carrera de marea en la zona, las cuales provocan la inundación parcial de las orillas), en el caso que nos ocupa este efecto es muy reducido, pudiendo considerarse un ancho medio de la sección del río (en el entorno del punto de vertido) constante e igual a unos 150 m.

Régimen de vientos

En relación con el régimen de vientos, indicar que los vientos predominantes están determinados por la entrada de vientos oceánicos, de carácter suave y componente SW, aunque en verano, debido a las altas temperaturas del interior, se producen vientos convectivos de Levante, muy secos y calientes.

Para el estudio de dilución realizado y con el fin de contemplar la transferencia de calor entre el vertido y la atmósfera, se ha determinado un valor medio de velocidad de viento de 2 m/s.

Temperaturas

Para la caracterización de la temperatura del agua se va a recurrir a los datos recogidos en la documentación puesta a disposición en la página web oficial de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible durante el trámite de información pública de la solicitud de Autorización Ambiental Integrada y del estudio de impacto ambiental, relativa a planta de beneficio proyecto de explotación de los recursos minerales polimetálicos, en complejo minero-metalúrgico Las Cruces, en los términos municipales de Gerena, Guillena y Salteras (Sevilla). Expediente AAI/SE/703/2018-N.

En la documentación anteriormente citada se incluye como Anexo III de la solicitud de AAI, una Modelización hidrodinámica del vertido del Complejo a DMPT, el cual se sitúa a unos 5 km aguas arriba del punto de vertido propuesto por MLF, por lo que las variaciones de temperatura del agua respecto a ambos puntos serán mínimas.

Para el cálculo de una temperatura media representativa del medio receptor (estuario del Guadalquivir) en el “*Estudio Hidrodinámico del Complejo de Cobre Las Cruces*” se emplearon los valores obtenidos en los muestreos realizados por el Departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla dentro del control del medio receptor, incluido en el Plan de Vigilancia Ambiental de la instalación actual de Cobre Las Cruces.

En la Tabla 4.3 se presentan los valores de temperatura medidos en el punto más próximo al vertido, aguas arriba del mismo (RGUA02), ubicado bajo el puente de La Algaba. La situación de dicho punto se presenta en la Figura 4.5.

FIGURA 4.5
LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO INCLUIDOS EN
EL PLAN DE VIGILANCIA DEL MEDIO RECEPTOR DE COBRE LAS CRUCES
(ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR)



Fuente: “Informe de cumplimiento “Programa de Vigilancia Ambiental (Fase de Operación)”. Cobre Las Cruces, S.A. (Año 2017) (Información pública)

TABLA 4.3
VALORES DE TEMPERATURA DEL RÍO GUADALQUIVIR
EN EL PUNTO DE MUESTREO(RGUA02)

| Fecha | Temperatura (°C) |
|------------|------------------|
| 14/03/2017 | 15,2 |
| 10/05/2017 | 22,4 |
| 20/09/2017 | 23,9 |
| 09/11/2017 | 18,4 |

Fuente: “Programa de Vigilancia Ambiental del medio receptor”. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental para Cobre Las Cruces, S.A. (Informes trimestrales del Año 2017) (información pública)

De los datos anteriores obtenemos dos temperaturas representativas del medio receptor para el período de invierno (considerado entre octubre y marzo) y el periodo de verano (abril-septiembre):

$$T_{\text{invierno}} = 16,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{verano}} = 23,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Como se expone posteriormente en el Apartado 4.2, referente a la calidad de las aguas del estuario, MLF ha estado llevando a cabo mediciones periódicas de parámetros de calidad, entre los que se ha incluido la temperatura. Los valores de temperatura registrados durante los muestreos realizados en el entorno del punto de vertido propuesto (abarcando el periodo de julio a noviembre de 2019), se detallan en la Tabla a continuación. En base a los datos obtenidos, se demuestra como los valores de temperatura reales se encuentran en consonancia con los valores tomados como base de cálculo.

TABLA 4.4
VALORES DE TEMPERATURA DEL RÍO GUADALQUIVIR
MEDIDOS POR MLF

| Fecha | Temperatura (°C) |
|------------|------------------|
| 17/07/2019 | 25,5 |
| 13/09/2019 | 25,4 |
| 02/10/2019 | 24,5 |
| 14/11/2019 | 16,6 |

Salinidad

Los aportes salinos al estuario llegan del océano Atlántico, donde la salinidad se encuentra en el intervalo 30-35,5 PSU, con la propagación de la onda de marea. En el estuario, las aguas salinas se mezclan con las aguas del estuario de salinidad más reducida debido a la circulación fluvial. Debido a la configuración geométrica, tanto la dinámica como el transporte de sales en el estuario es un proceso eminentemente unidimensional. No obstante, en los tramos de fuerte curvatura, o con barras longitudinales y fuerte asimetría transversal del cauce, se pueden generar zonas de casi parada o inversión y recirculaciones de la circulación mareal, fomentando la localización de puntas de salinidad y gradientes transversales de salinidad que en general son poco significativos para la dinámica del estuario.

En general, para cualquier desembocadura fluvial en el mar la geometría y la intensidad de la cuña salina fluctúan de acuerdo con tres variables de diferente escala temporal: una variable semidiurna (pleamar y bajamar), una segunda bisemanal (mareas vivas y muertas) y, por último, una variable estacional (variación del aporte fluvial).

En el régimen de aguas bajas (caudal neto de agua dulce circulante inferior a 100 m³/s, con un valor medio de unos 50 m³/s), la intrusión salina (longitud del estuario en la que

la salinidad presenta entre un 5 y un 10 % del valor en mar abierto) y su variabilidad temporal dependen fundamentalmente de la dinámica mareal. En estas condiciones, los valores máximos y mínimos de salinidad en cualquier punto del estuario coinciden con los instantes de velocidad mareal nula (en estados de pleamar y bajamar, respectivamente). Por el contrario, en régimen de caudales medios y avenidas (caudal neto superior a 500 m³/s), la circulación fluvial mantiene las aportaciones salinas cerca de la desembocadura, formando la estructura de cuña salina.

Destacar que, en régimen de caudales bajos, la variación espacial de la salinidad promediada en un ciclo semidiurno es gradual, suave, con forma de media campana, siendo la marea la que controla la dinámica y la posición de la intrusión salina. En consecuencia, a medida que nos acercamos a puntos más cercanos a la presa de Alcalá del Río, como es el área de vertido que nos ocupa, se produce un apreciable decremento en la conductividad.

Al igual para la temperatura del agua, se va a caracterizar la salinidad en el entorno del vertido de MLF en base a los datos sobre el medio receptor aportados por el complejo minero-metalúrgico Las Cruces en la documentación para la tramitación de la AAI, sometida a información pública mediante su publicación en la página web oficial de la Consejería en materia de medio ambiente. Teniendo en cuenta que el punto de vertido objeto de la citada documentación se ubica a 5 km aguas arriba del punto de vertido de MLF objeto del presente estudio, no se producirán variaciones significativas de salinidad de un punto a otro.

Así pues, los valores de conductividad medidos en el entorno del vertido objeto de estudio, de acuerdo al Plan de Vigilancia del medio receptor del complejo de Cobre las Cruces publicado, se presentan en la Tabla 4.5 a continuación. Es preciso destacar como, en el tramo alto del río Guadalquivir donde se encuentran ubicados tanto el punto de vertido de Cobre Las Cruces como el de MLF, las principales variaciones del parámetro conductividad se producen a lo largo del año, en función de la estacionalidad y los desembalses llevados a cabo, y no a lo largo de un ciclo mareal. Este efecto es similar al ocasionado para el resto de parámetros en el medio receptor, cuyas variaciones durante un ciclo mareal son poco significativas frente a las experimentadas estacionalmente.

TABLA 4.5
VALORES DE SALINIDAD DEL RÍO GUADALQUIVIR OBTENIDOS
EN EL ENTORNO DEL PUNTO DE VERTIDO DE CLC POR EL PVA REALIZADO (RGUA2)

| Fecha | Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
|------------|---|
| 10/01/2017 | 1.493 |
| 06/02/2017 | 1.777 |
| 09/03/2017 | 1.144 |
| 10/04/2017 | 1.293 |
| 15/05/2017 | 1.025 |
| 12/06/2017 | 678 |
| 04/07/2017 | 555 |
| 07/08/2017 | 729 |
| 13/09/2017 | 983 |
| 06/10/2017 | 893 |
| 17/11/2017 | 1.269 |
| 18/12/2017 | 1.224 |

Fuente: "Programa de Vigilancia Ambiental (Fase de Operación)". Cobre Las Cruces, S.A. (Año 2017) (información pública)

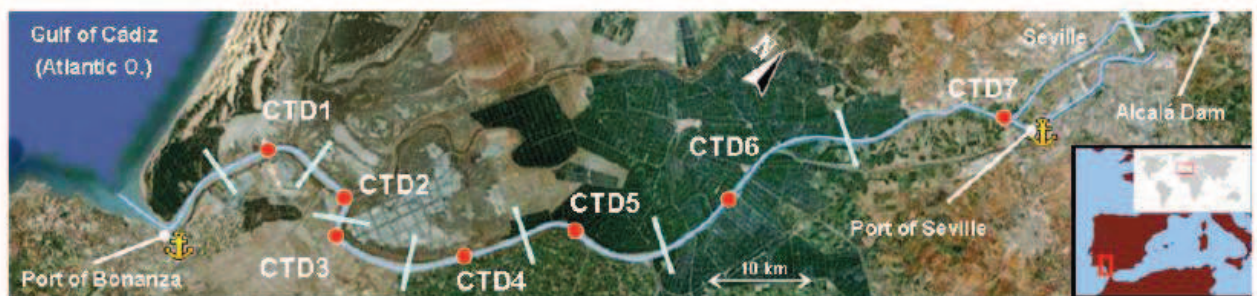
Con objeto de conocer la calidad del agua en el entorno del punto de vertido propuesto para el Proyecto MLF al río Guadalquivir, MLF ha estado llevando a cabo mediciones periódicas en el medio receptor desde junio de 2019 hasta la fecha de redacción del presente documento. Entre estas medidas se ha efectuado la medición de la Conductividad. De los datos medidos por MLF y presentados en la Tabla a continuación, se puede observar cómo éstos coinciden en orden de magnitud con los datos de conductividad medidos en el Plan de Vigilancia de Cobre las Cruces, para las mismas estaciones climatológicas.

TABLA 4.6
CONDUCTIVIDAD MEDIDA EN EL MEDIO RECEPTOR EN EL ENTORNO DEL PUNTO DE
VERTIDO DE MLF PROPUESTO
JULIO 2019-FEBRERO 2020

| Fecha de muestreo | Conductividad a 20°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$) |
|-------------------|---|
| 17/07/2019 | 825 |
| 01/08/2019 | 840 |
| 13/08/2019 | 1010 |
| 30/08/2019 | 851 |
| 13/09/2019 | 956 |
| 2/10/2019 | 1133 |
| 14/10/2019 | 1052 |
| 31/10/2019 | 1256 |
| 14/11/2019 | 1272 |
| 29/11/2019 | 1097 |
| 16/12/2019 | 990 |
| 31/12/2019 | 843 |
| 15/01/2020 | 1350 |
| 03/02/2020 | 1211 |
| 14/02/2020 | 1447 |

Como se ha indicado anteriormente, dentro del proyecto “*Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir*”, empleado como bibliografía para la caracterización del medio receptor, se ha registrado la conductividad mediante CTDs a lo largo del estuario del Guadalquivir. En la Figura 4.6 se localizan dichos medidores.

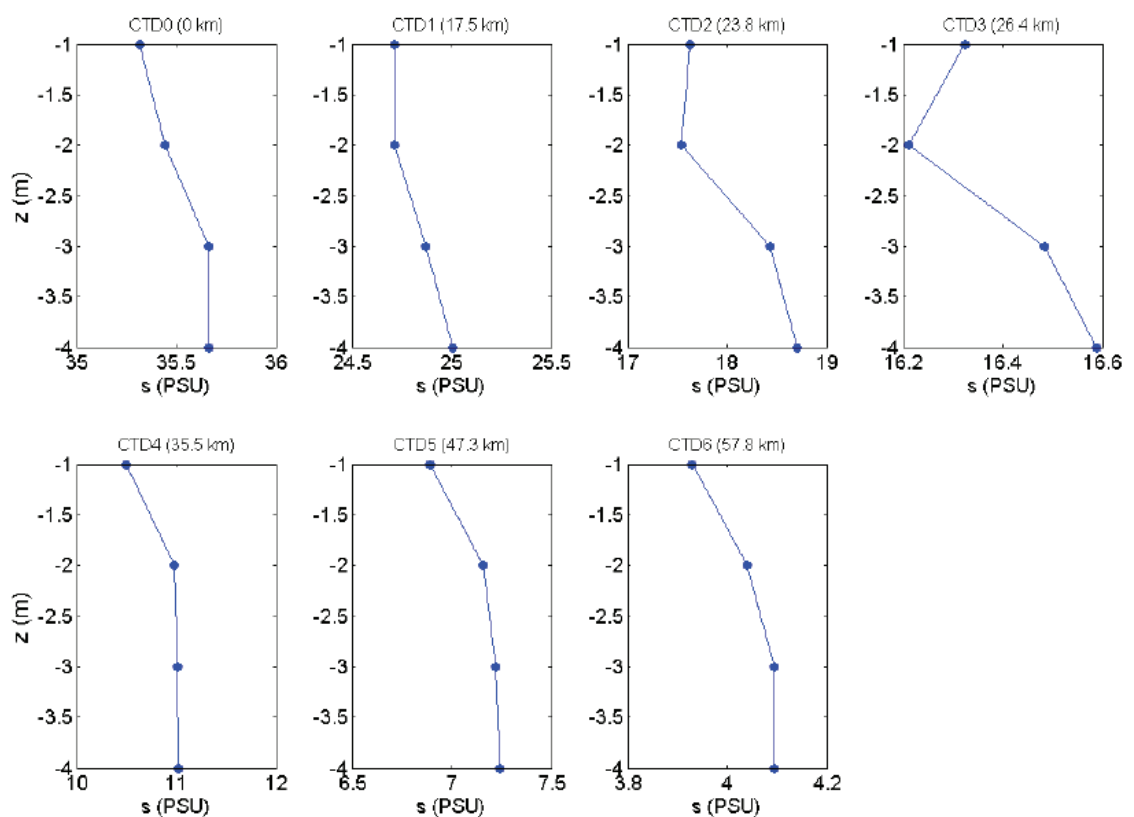
FIGURA 4.6
LOCALIZACIÓN DE MEDIDORES CTDs



Fuente: Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir. Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales (Centro Andaluz de Medio Ambiente-Universidad de Granada). Septiembre 2010.

A continuación, en la Figura 4.7 se observan los perfiles verticales medios de salinidad en un ciclo semidiurno, para cada uno de los CTDs en mareas muertas en régimen de aguas bajas. Se puede observar como en todos los casos la estratificación es muy débil, incluso en mareas muertas.

FIGURA 4.7
PERFILES VERTICALES DE SALINIDAD EN LOS DIFERENTES CTDs
ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR



Fuente: Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir. Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales (Centro Andaluz de Medio Ambiente-Universidad de Granada). Septiembre 2010.

De la misma forma, el citado proyecto ha evaluado la diferencia de densidad ($\Delta\rho$) entre la superficie y el fondo, en los puntos donde se localizaron los medidores ADCP/CTD, la cual se presenta a continuación en la Tabla 4.7. En la misma se puede confirmar la ausencia de diferencias de densidad significativas entre la superficie y las capas del fondo del río, las cuales casi son nulas en los tramos altos del estuario, tal y como es la zona analizada.

TABLA 4.7
DIFERENCIA DE DENSIDAD ENTRE LA SUPERFICIE Y EL FONDO DEL RÍO
GUADALQUIVIR EN LOS PUNTOS DE MEDIDA

| Medidores | $\Delta\rho$ (kg/m ³) |
|------------|-----------------------------------|
| ADCP1/CTD1 | 1 |
| ADCP2/CTD2 | 1 |
| ADCP3/CTD3 | 1 |
| ADCP4/CTD4 | 0,5 |
| ADCP5/CTD5 | 0,5 |
| ADCP6/CTD6 | 0,2 |

Fuente: Propuesta metodológica para diagnosticar y pronosticar las consecuencias de las actuaciones humanas en el estuario del Guadalquivir. Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales (Centro Andaluz de Medio Ambiente-Universidad de Granada). Septiembre 2010.

Teniendo en cuenta los valores constantes registrados de los perfiles de temperatura y salinidad en el estuario del Guadalquivir, así como la evolución decreciente del incremento de densidad conforme nos alejamos de la desembocadura del estuario, en el presente estudio se ha considerado el medio receptor del entorno del vertido del MLF como **no estratificado**.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL ESTUARIO EN EL ENTORNO DEL PUNTO DE VERTIDO PROPUESTO

Con objeto de conocer la calidad del agua en el entorno del punto de vertido, MLF viene realizando mediciones periódicas bimensuales en el río Guadalquivir desde junio de 2019.

Inicialmente, estas medidas fueron realizadas en las proximidades del punto de vertido propuesto, Punto de muestreo 1 (GUQ-0). Posteriormente, una vez definida la ubicación del punto de vertido, se centraron las mediciones en el Punto de muestreo nº2 (GUQ-1), situado 750 metros aguas abajo del primero.

En un inicio, los muestreos realizados incluyeron dentro de la batería de parámetros a analizar, la concentración de metales como “Metal”, que según el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, *por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental*, se define tal y como sigue: “Metal disuelto y parte del metal en Sólidos en Suspensión que se ha disuelto tras

acidificar la muestra. No es posible determinar con exactitud la parte que se disuelve de los SS^o.

En este sentido, el citado Real Decreto 817/2015, en su Anexo IV, apartado B, indica que, en el caso del cadmio, plomo, mercurio y níquel, las Normas de Calidad Ambiental (NCA) del agua se refieren a concentración disuelta, es decir, a la fase disuelta de una muestra de agua obtenida por filtración a través de membrana de 0,45 μm o cualquier otro pretratamiento equivalente, o bien, cuando se indique de modo específico, a la concentración biodisponible. Asimismo, en su Anexo V, apartado B, se indica que, para el caso del arsénico, cobre, cromo, selenio y zinc, las NCA del agua se refieren igualmente a la concentración disuelta.

En vista de lo anterior, para poder evaluar la calidad del medio receptor en base a las Normas de Calidad Ambiental (NCA) en relación a los metales, a partir de febrero de 2020, MLF empieza a incluir como parámetros a analizar en el medio receptor del vertido propuesto, la concentración de metales disueltos, además de metales totales.

Además de incorporar el análisis de concentración de metales disueltos, a partir de la segunda toma de muestra de febrero de 2020, MLF amplía el número de puntos de muestreo hasta 5 puntos adicionales al existente. Estos 6 puntos de muestreo se extienden a lo largo de diferentes masas de agua, por lo que en el presente estudio hidrodinámico, el análisis del medio receptor del vertido propuesto por MLF se realiza en función de las medidas obtenidas en los tres puntos de muestreo ubicados en la masa de agua receptora del vertido (Corta de la Cartuja), denominados como, GUQ-0, GUQ-1 y GUQ-2. No obstante, el hecho de disponer de 6 puntos de muestreo distribuidos en 14 km aguas arriba del punto de vertido y 2 km aguas abajo, pone de manifiesto la homogeneidad en la calidad del agua.

La ubicación de los puntos de muestreo que se considerarán para determinar la calidad química del medio receptor del estudio hidrodinámico del vertido, se muestra en la Figura a continuación.

FIGURA 4.8
LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO CAMPAÑAS DE MEDIDA DE MLF



En función de los datos obtenidos en los puntos de muestreo anteriores, se caracterizará el medio receptor, en base a las concentraciones promedios de las analíticas disponibles (de junio de 2019 a febrero de 2020) para todos los parámetros, a excepción de para los metales cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, cobre, cromo, selenio y zinc, para los que se considerará la concentración de metales disueltos obtenida en los últimos análisis (febrero 2020).

Con objeto de apoyar la representatividad de las medidas de metales disueltos obtenidas en la campaña de muestreo de MLF de febrero de 2020, se han extraído los valores oficiales publicados por la Junta de Andalucía de las concentraciones de metales disueltos disponibles. Concretamente, se han extraído los datos de la Red de Control de Calidad de las Aguas de las Demarcaciones Hidrológicas, la cual cuenta con dos estaciones de control en el entorno del punto de vertido propuesto (uno aguas arriba, y otro, aguas abajo). La identificación y localización de ambos puntos de muestreo respecto al punto de vertido de MLF se detalla en la Figura a continuación.

FIGURA 4.9
LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO RED DE CONTROL DE LA DMA



Fuente: Visor REDIAM

Los datos más actuales disponibles de metales disueltos en ambas estaciones se corresponden con el año 2015, por lo que se tomarán para apoyar la representatividad de las medidas de metales disueltos realizadas por MLF, los tres últimos años de datos oficiales disponibles (2013-2015). Para esta caracterización se calcularán los valores promedios de las concentraciones de metales disueltos medidos en cada estación en el periodo 2013-2015, los cuales se muestran en la Tabla siguiente, junto con los datos de estos parámetros medidos por MLF en el medio receptor.

TABLA 4.8
CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR EN BASE A LA CONCENTRACION DE
METALES DISUELTOS MEDIDOS POR LA RED DE CONTROL DE LA DMA
PERIODO 2013-2015 Y COMPARATIVA CON MEDIDAS MLF

| Parámetro | Datos oficiales DMA | | Datos medidos MLF en febrero 2020 | |
|-------------------|---|---|--|---|
| | Rango de concentración estación 51T0040 ⁽¹⁾ (µg/L) | Rango de concentración estación 51J0050 ⁽¹⁾ (µg/L) | Concentración en GUQ-1 ⁽¹⁾ (µg/L) | Concentración GUQ-2 ⁽¹⁾ (µg/L) |
| Cadmio disuelto | <0,05 | <0,05 | <0,024 | <0,024 |
| Plomo disuelto | <1 | <1 | <0,36 | <0,36 |
| Mercurio disuelto | <0,01 | <0,01 | <0,015 | <0,015 |
| Níquel disuelto | <2-2,5 | <2-2,21 | 3 | 4 |
| Arsénico disuelto | 1,17-2,61 | 1,11-2,59 | 1,8 | 1,7 |
| Cobre disuelto | <2-4,8 | <2-4 | 3 | 3 |
| Cromo disuelto | <2 | <2 | <5 | <5 |
| Selenio disuelto | <2 | <2 | 0,8 | 0,8 |
| Zinc disuelto | <10 | <10 | <9 | <9 |

⁽¹⁾ Los datos con un signo "<" indican valores por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado.

Como se puede observar en la Tabla anterior, los resultados de la campaña de control de MFL se encuentran en consonancia con los datos oficiales medidos en el entorno.

A continuación, se caracteriza el medio receptor para su consideración en el estudio fluidodinámico, en función de los datos del medio receptor resultado de las campañas de medidas realizadas por MLF.

TABLA 4.9
CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR PARA EL VERTIDO DE MLF

| Parámetro | Unidades | Concentración característica |
|----------------------------------|----------------------|------------------------------|
| pH ⁽¹⁾⁽²⁾ | Ud. pH | 7,7 |
| TSS ⁽¹⁾⁽²⁾ | mg/L | 358 |
| DQO ⁽¹⁾⁽²⁾ | mg/L O ₂ | 15,3 |
| Nitratos ⁽¹⁾⁽²⁾ | mg/L NO ₃ | 17,6 |
| Hierro ⁽¹⁾⁽²⁾ | mg/L | 1,46 |
| Aluminio ⁽¹⁾⁽²⁾ | mg/L | 0,87 |
| Manganeso ⁽¹⁾⁽²⁾ | mg/L | 0,204 |
| Fluoruros ⁽¹⁾⁽²⁾ | mg/L | 0,246 |
| Boro ⁽¹⁾⁽²⁾ | mg/L | 0,102 |
| Cadmio metal ⁽¹⁾⁽²⁾ | µg/L | 0,088 |
| Plomo metal ⁽¹⁾⁽²⁾ | µg/L | 8,73 |
| Mercurio metal ⁽¹⁾⁽²⁾ | µg/L | 0,0075 |
| Níquel metal ⁽¹⁾⁽²⁾ | µg/L | 5,95 |
| Arsénico metal ⁽¹⁾⁽²⁾ | µg/L | 3,16 |
| Cobre metal ⁽¹⁾⁽²⁾ | µg/L | 11,8 |
| Cromo metal ⁽¹⁾⁽²⁾ | µg/L | 2,98 |
| Selenio metal ⁽¹⁾⁽²⁾ | µg/L | 0,92 |
| Zinc metal ⁽¹⁾⁽²⁾ | µg/L | 16,7 |
| Cadmio disuelto ⁽³⁾ | µg/L | 0,012 |
| Plomo disuelto ⁽³⁾ | µg/L | 0,18 |
| Mercurio disuelto ⁽³⁾ | µg/L | 0,075 |
| Níquel disuelto ⁽³⁾ | µg/L | 3,5 |
| Arsénico disuelto ⁽³⁾ | µg/L | 1,75 |
| Cobre disuelto ⁽³⁾ | µg/L | 3 |
| Cromo disuelto ⁽³⁾ | µg/L | 2,5 |
| Selenio disuelto ⁽³⁾ | µg/L | 0,8 |
| Zinc disuelto ⁽³⁾ | µg/L | 4,5 |

(1) Para aquellos casos en los que la concentración medida se sitúa por debajo del límite de cuantificación del método analítico se ha tomado para el cálculo de valores medios, la mitad del valor del límite de cuantificación, de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 817/2015, en su Anexo III, apartado C.2.

(2) Promedio de todas las medidas de las campañas realizadas desde junio de 2019 a febrero de 2020.

(3) Promedio de los datos de los 2 puntos de muestreo GUC-1 y GUC-2 en la campaña realizada en febrero de 2020.

Los resultados de todas las medidas realizadas por MFL en el medio receptor a partir de las cuales se han calculado los valores promedios para la caracterización del medio receptor del vertido incluida en la Tabla anterior, se exponen tabulados en el Anexo VI del presente documento.

Adicionalmente, a las campañas realizadas en el río Guadalquivir consideradas en la caracterización del medio incluida en la Tabla 4.9 anterior (campañas de junio de 2019 a febrero 2020), MLF continúa realizando periódicamente medidas en el río en el entorno del punto de vertido proyectado, al objeto de verificar que la caracterización considerada sigue siendo representativa.

5. INTRODUCCIÓN AL MODELO HIDRODINÁMICO DE CÁLCULO (CORMIX) Y PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

En este apartado se describe de forma general el comportamiento fluidodinámico de un vertido en un medio acuático.

Por su parte, el fundamento matemático y físico del programa empleado para la simulación numérica del problema se describe en el Anexo II del presente documento.

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL COMPORTAMIENTO FLUIDODINÁMICO DE UN VERTIDO

El comportamiento de un vertido continuo en un medio acuático puede entenderse como un proceso de mezcla que se lleva a cabo en dos regiones separadas.

En la primera región, denominada **campo cercano**, la cantidad de movimiento del vertido, su flotabilidad y el diseño del dispositivo de descarga determinan la trayectoria del fluido y las características del proceso de mezcla.

Lejos de la zona donde se produce el vertido, la geometría del elemento de descarga pierde importancia y, son las condiciones propias del medio receptor, corrientes, estratificación y temperatura, las que controlan el movimiento y la difusión del efluente. A esta zona se le conoce con el nombre de **campo lejano**.

Campo cercano

La principal característica del campo cercano es la intensidad del proceso de mezcla que tiene lugar en él. La elevada velocidad de descarga provoca un flujo turbulento y un elevado arrastre de fluido desde medio receptor hacia el efluente, acelerando notablemente la dilución de éste.

Otro de los aspectos importantes del campo cercano, es su estabilidad. En función de la diferencia de densidades entre el vertido y el medio receptor, y de la velocidad de descarga, podemos obtener modelos de flujo radicalmente diferentes en las proximidades del punto de vertido. El campo cercano tiene una configuración estable para el caso de descargas en profundidad cuando el efluente mantiene una configuración de chorro en las proximidades del punto de vertido. En la Figura 5.1 se muestra un esquema de esta configuración.

Se dice que el campo cercano es inestable cuando el efluente pierde su configuración de chorro en la cercanía del punto de vertido, interaccionando con el efluente que emana de la boca de descarga, en este caso aparecen zonas recirculatorias o incluso una región de mezcla que abarca toda la profundidad del entorno de la zona de vertido (Figura 5.2).

FIGURA 5.1
DESCARGA CON CAMPO CERCANO ESTABLE

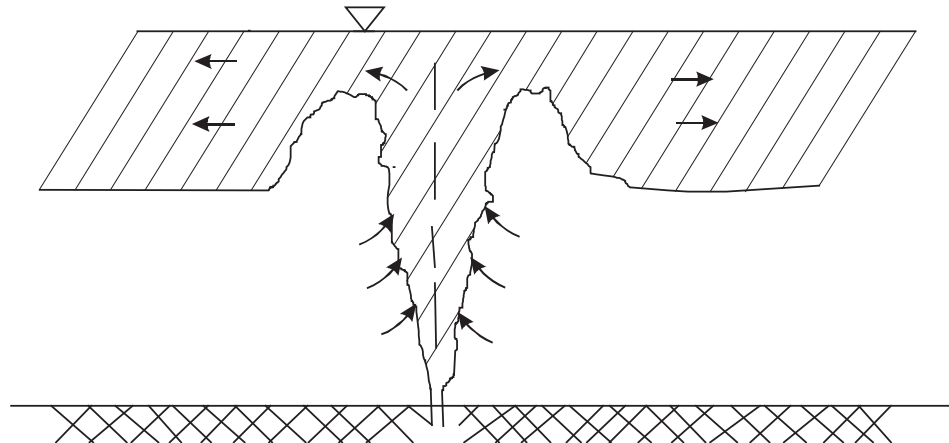
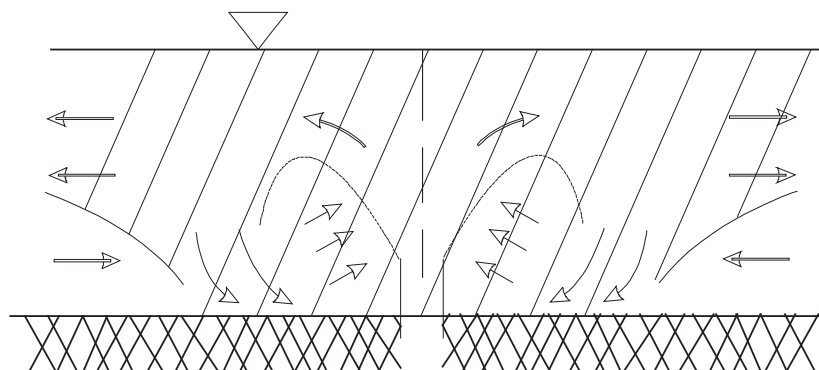


FIGURA 5.2
DESCARGA CON CAMPO CERCANO INESTABLE



Para una descarga vertical un incremento en la velocidad de vertido o en la velocidad del medio receptor desplaza el régimen de operación hacia la zona inestable. Sin embargo, un aumento de la profundidad del punto de vertido y de la diferencia de densidades entre el efluente y el agua del mar favorece la estabilidad del campo cercano.

Los vertidos de aguas residuales suelen presentar un campo cercano estable debido a que el caudal es pequeño y su densidad difiere sustancialmente de la del medio receptor. Además, teniendo en cuenta los criterios de calidad exigidos para este tipo de vertidos, se busca incrementar la profundidad, para favorecer la estabilidad del campo cercano.

Cuando el campo cercano es estable y la temperatura del efluente es mayor que la del medio receptor, aparece una zona claramente definida en la que el efluente, debido a su velocidad de descarga y a que posee menor densidad que el medio, asciende hacia la superficie manteniendo una configuración de chorro o pluma.

Si el medio receptor está estratificado, es decir muestra variaciones verticales de la densidad, es posible que la pluma encuentre un nivel de igual densidad a la suya, quedando estabilizada en esta posición, sin llegar a la superficie.

En las Figuras 5.3 y 5.4 se representa de manera simplificada la forma de la pluma en caso de que alcance la superficie y de que quede estabilizada a una determinada profundidad.

FIGURA 5.3
VERTIDO QUE AFECTA A LA SUPERFICIE

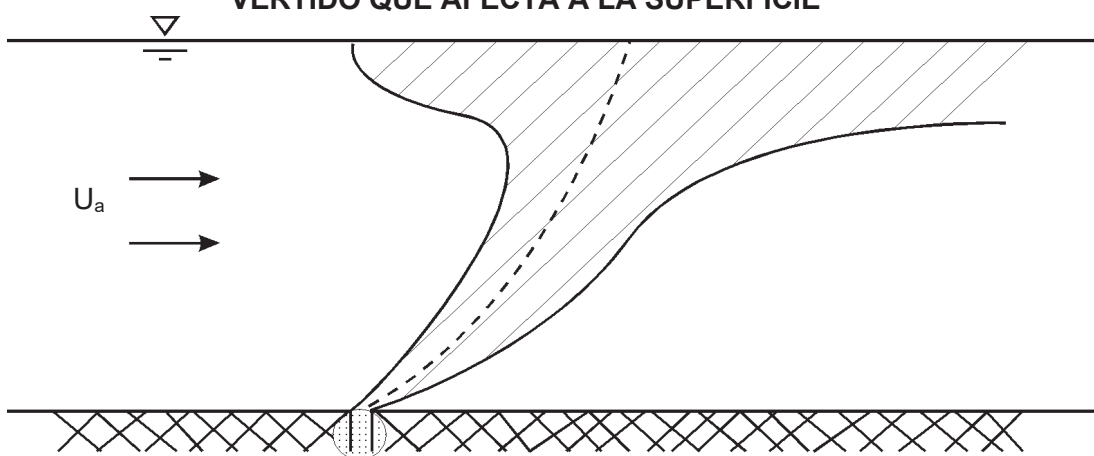
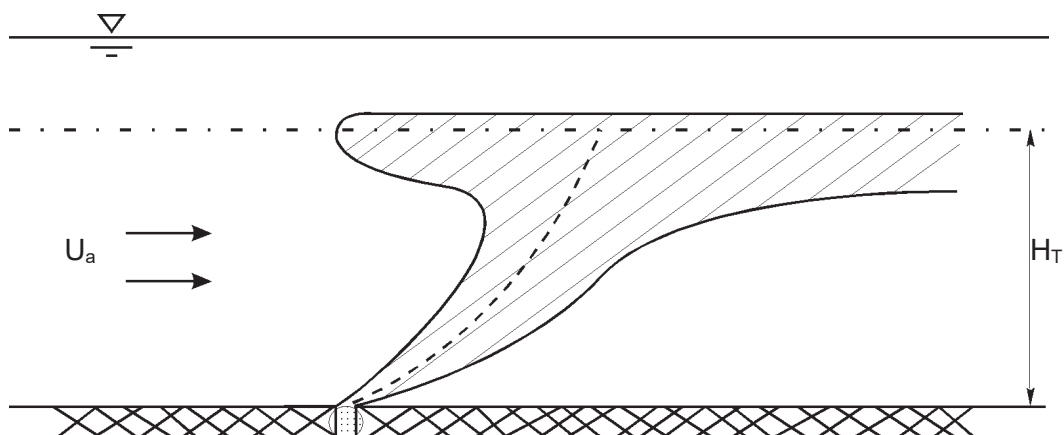


FIGURA 5.4
VERTIDO ESTABILIZADO A UNA DETERMINADA PROFUNDIDAD

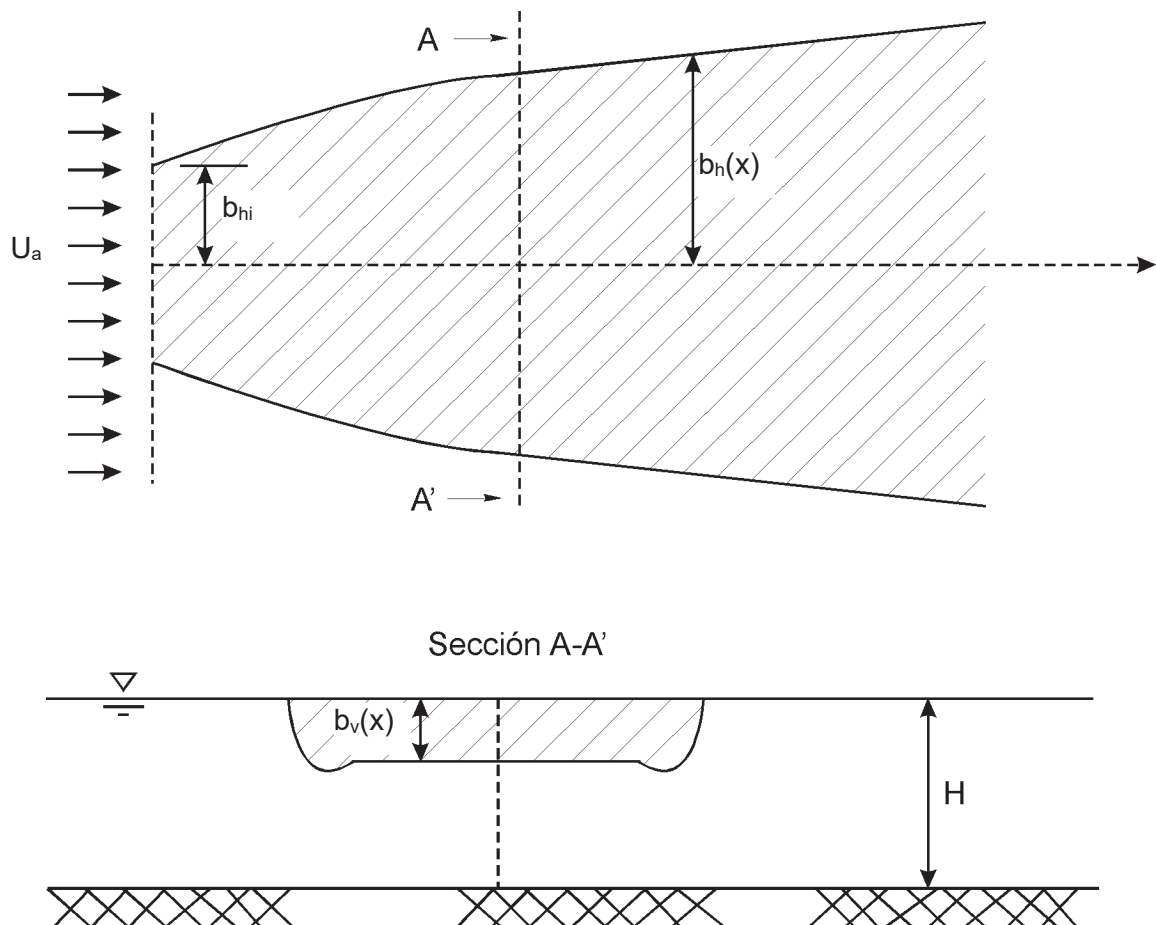


Campo lejano

El campo lejano comienza cuando el flujo interactúa con la superficie en caso de vertidos con menor densidad que el medio receptor, o se estabiliza a un determinado nivel.

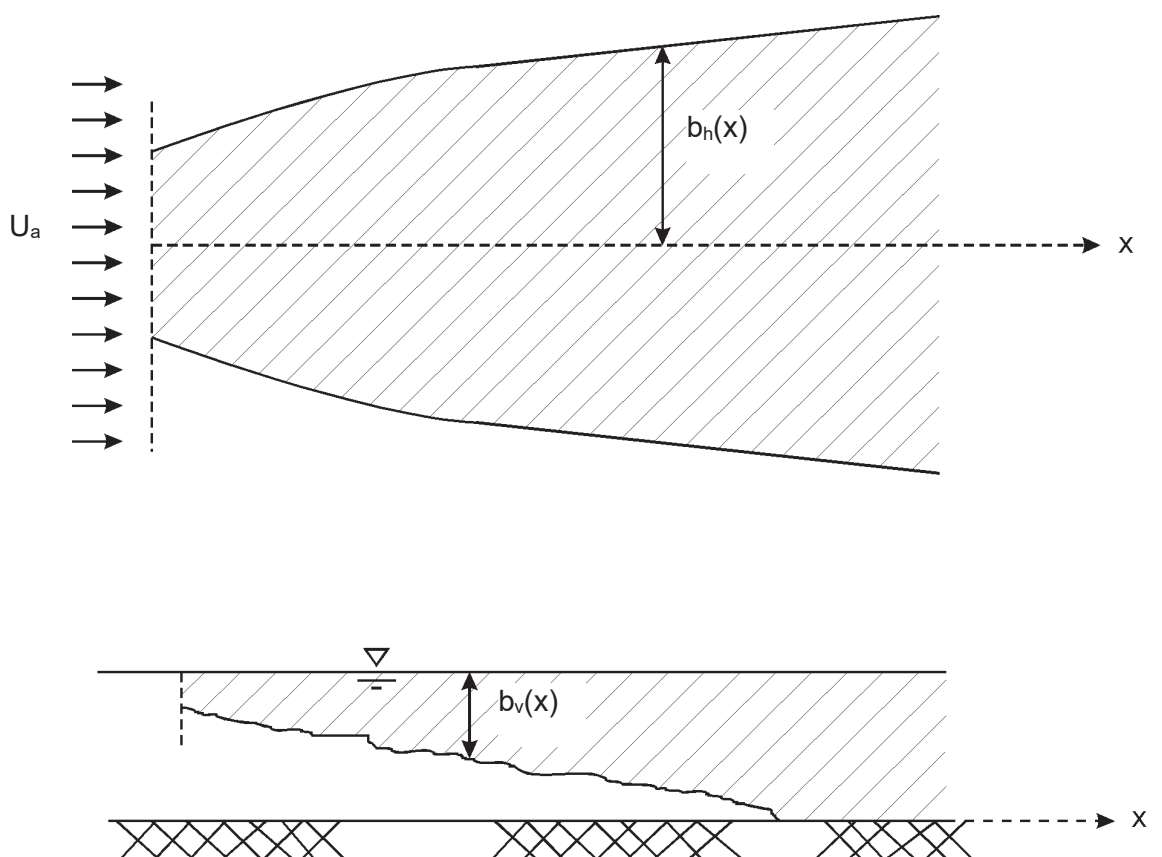
En general está compuesto por dos zonas. En la primera zona tras el impacto con la superficie o tras la estabilización del flujo; la pluma se expande horizontalmente a medida que avanza en la dirección de la corriente del medio receptor. En esta zona la mezcla es muy poco eficiente y el espesor de la pluma puede disminuir. En la Figura 5.5 se muestra un esquema de este proceso para un vertido con menor densidad que el medio receptor.

FIGURA 5.5
ZONA INICIAL DEL CAMPO LEJANO. EFLUENTE CON FUERZA DE FLOTACIÓN POSITIVA



En la segunda zona del campo lejano la turbulencia del medio receptor es el mecanismo dominante en el proceso de migración de la pluma. En general, en esta zona se produce un crecimiento de la pluma vertical y horizontalmente tal y como se puede apreciar en la Figura 5.6.

FIGURA 5.6
DIFUSIÓN EN EL CAMPO LEJANO



Como se ha indicado anteriormente, el fundamento matemático y físico del programa empleado para la simulación numérica del problema se describe en el Anexo II del presente documento.

6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE VERTIDO DE MLF

En el presente apartado se determinan las características básicas del sistema de vertido que permitan evacuar los efluentes de MLF al estuario del Guadalquivir (Dominio Público Marítimo Terrestre), garantizando el cumplimiento de las normas de calidad ambiental (NCA) que la normativa establece.

Para realizar este estudio se ha empleado el modelo hidrodinámico CORMIX (Cornell Mixing Zone Expert System), el cual ha sido descrito en el Capítulo 5 anterior.

6.1 DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS OBJETO DE ESTUDIO

A continuación, se presentan los criterios empleados para la discusión, análisis de alternativas y elección de la solución adoptada:

- Las principales variables que influyen en la dilución del vertido en el campo cercano son la velocidad de descarga, la profundidad en la zona de vertido, y, en su caso, la longitud del tramo de difusores y el número/orientación de los mismos.
- Las alternativas deben contar con viabilidad técnica y económica.
- En primer lugar, se analizará la alternativa de que se produzca una descarga en superficie del vertido. Seguidamente, se analizará la alternativa de una sola boca de descarga sumergida mediante una tubería abierta en su punto final. Finalmente, se estudiarán diferentes configuraciones posibles de un tramo de difusores instalado al final de la conducción sumergida (perpendicular a la conducción de vertido, o longitudinal a ella), variando el número de bocas de descarga y la longitud del difusor.
- El análisis de alternativas se desarrollará para el caudal máximo equivalente previsto durante la fase operacional (500 m³/h), dada su mayor permanencia frente al de la fase preoperacional. No obstante, la solución elegida debe permitir el cumplimiento de las normas de calidad ambiental en el medio receptor para caudales máximos, tanto en la situación preoperacional como operacional (1.600 m³/h).
- En el presente estudio de alternativas se han considerado las posibles consecuencias del cambio climático, modelizándose, para la alternativa elegida, un escenario futuro que contemple tales consecuencias y verificándose que, en tal situación, también se cumplen las normas de calidad ambiental.
- Dado que, en función de la tipología de la conducción de vertido, la condición mareal más desfavorable puede no ser la misma, se han tenido en cuenta cuatro escenarios mareales en los que la corriente del medio es reversible pero siempre

paralela a la orilla (bajamar, pleamar, vaciante y llenante), así como dos periodos temporales: invierno (enero-marzo y septiembre-diciembre) y verano (abril-agosto). La caracterización de cada uno de estos escenarios se presenta en la Tabla siguiente.

TABLA 6.1
CASOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DEL VERTIDO DE MLF A DPMT

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|-----------|----------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--|----------------------------|-------------|-------------------------------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | Densidad (kg/m ³) | Marea | Velocidad corriente ⁽¹⁾ (m/s) | Velocidad del viento (m/s) | T agua (°C) | Densidad (kg/m ³) |
| A | Invierno | 0,138 | 997,8 | Bajamar | 0,10 | 2,03 | 16,8 | 999,5 |
| B | | | | Pleamar | 0,15 | | | |
| C | | | | Vaciantes | 0,60 | | | |
| D | | | | Llenante | 0,80 | | | |
| E | Verano | | 997,3 | Bajamar | 0,10 | | 23,2 | 997,9 |
| F | | | | Pleamar | 0,15 | | | |
| G | | | | Vaciantes | 0,60 | | | |
| H | | | | Llenante | 0,80 | | | |

⁽¹⁾ La velocidad de corriente no se modifica apreciablemente en función de los cambios climáticos estacionales, tal y como se expone en el apartado de caracterización del medio receptor del que forma parte el presente documento, incluido como Capítulo 4.

A continuación, se presentan las diferentes alternativas estudiadas para las que se evaluará posteriormente la incidencia del vertido propuesto:

Alternativa 0: Descarga en superficie a través de una tubería.

Alternativa 1: Descarga en profundidad a través de una sola boca de descarga.

Alternativa 2: Descarga en profundidad a través de un tramo difusor paralelo a la orilla (en forma de "T") con difusores horizontales.

Alternativa 3: Descarga en profundidad a través de un tramo difusor perpendicular a la orilla con difusores horizontales. Adicionalmente se ha evaluado la opción de disponer los difusores orientados 45° grados sobre la horizontal.

De las posibles alternativas a evaluar, se han descartado aquellas configuraciones con difusores orientados verticalmente, es decir, orientados hacia la superficie, por no estar recomendadas para aguas poco profundas. En este caso concreto, el medio receptor objeto del presente estudio podría presentar de manera excepcional acusadas bajadas de nivel, que, unido a un incremento considerable del caudal de vertido en la situación preoperacional,

hacen que esta configuración no se considere adecuada, al poderse producir afección sobre la superficie del agua.

Como criterio principal para la evaluación de la mejor alternativa de descarga, se considerará el cumplimiento de las normas de calidad en el medio receptor (concretamente en la finalización del campo cercano). Además, se tendrá en cuenta la mejor dilución y la solución constructiva más simple. Para ello, se analizará la dilución en el medio de las sustancias características del vertido de MLF para las que se establecen Normas de Calidad Ambiental, según el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, *por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental*.

La propuesta de valores límite realizada por MLF para el vertido objeto de estudio, incluye los siguientes parámetros: pH, sólidos en suspensión, DQO, nitratos, hierro, aluminio, manganeso, cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, cobre, selenio, zinc, fluoruros, boro y sulfitos.

De los parámetros anteriores, el citado Real Decreto 817/2015, establece Normas de Calidad Ambiental (en adelante NCA) para una serie de metales, considerados como sustancias prioritarias o preferentes. Las sustancias características del vertido para las que existe NCA (para el caso de las denominadas "*otras aguas superficiales*"), se detallan en la Tabla siguiente, en la que además se especifica el valor límite diario propuesto y los niveles característicos en el medio receptor para cada contaminante.

TABLA 6.2
NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA METALES LIMITADOS EN EL VERTIDO
PROYECTADO DE MLF

| Parámetro | Unidades | Límite diario vertido solicitado (fase preoperacional) | Límite diario vertido solicitado (fase operacional) | Niveles en el medio receptor ⁽⁴⁾ | Normas de Calidad Ambiental (R.D. 817/2015) (µg/l) | | |
|--------------------------------|----------|--|---|---|--|---|-------------------------------------|
| | | | | | Sustancias prioritarias | | Sustancias preferentes |
| | | | | | NCA-MA ⁽¹⁾ Otras aguas superficiales | NCA-CMA ⁽²⁾ Otras aguas superficiales | NCA-MA Otras aguas superficiales |
| Cadmio disuelto ⁽³⁾ | µg/L | 8 | 10 | 0,012 | 0,2 | 1,5 (Clase 5) ⁽³⁾ | - |
| Plomo disuelto | µg/L | 15 | 15 | 0,18 | 1,3 | 14 | - |
| Mercurio disuelto | µg/L | 0,5 | 0,5 | 0,0075 | | 0,07 | - |
| Níquel disuelto | µg/L | 100 | 100 | 3,5 | 8,6 | 34 | |
| Arsénico disuelto | µg/L | 50 | 50 | 1,75 | - | - | 25 |
| Cobre disuelto | µg/L | 100 | 100 | 2,5 | - | - | 25 |
| Selenio disuelto | µg/L | 10 | 10 | 0,8 | | | 10 |
| Zinc disuelto | µg/L | 500 | 500 | 4,5 | | | 60 |

⁽¹⁾ NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA). Salvo que se especifique otra cosa, se aplica a la concentración total de todos los isómeros.

⁽²⁾ NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

⁽³⁾ Por lo que respecta al cadmio y sus compuestos, los valores de las NCA varían en función de la dureza del agua con arreglo a las cinco categorías (clase 1: < 40 mg CaCO₃/l, clase 2: de 40 a <50 mg CaCO₃/l, clase 3: de 50 a < 100 mg CaCO₃/l, clase 4: de 100 a < 200 mg CaCO₃/l y clase 5: > o igual a 200 mg CaCO₃/l).

⁽⁴⁾ La caracterización del medio receptor empleada corresponde a los niveles de concentración registrados en las campañas de muestreo llevadas a cabo por MLF.

Como se puede observar en la Tabla anterior, los NCA fijados para los metales limitados en el vertido de MLF, se presentan como Media Anual (NCA-MA) y/o como Concentración Máxima Admisible (NCA-CMA). Para el presente estudio, los resultados de la modelización se compararán con ambos parámetros, para asegurar su cumplimiento.

Cabe señalar que, para el caso del cadmio, el valor de NCA-CMA correspondiente al medio receptor objeto de estudio es el correspondiente a la Clase 5, ya que el estuario del Guadalquivir en las inmediaciones de vertido presenta una dureza superior a 200 mg CaCO₃/l, según las medidas de iones de calcio y magnesio realizadas en el entorno del vertido de MLF. La dureza del agua se puede definir como la concentración total de iones calcio y magnesio, por ser los cationes más habituales en el agua y los de mayor importancia (con mucha diferencia respecto al resto de cationes presentes). Sin embargo, la dureza se suele indicar

como masa de carbonato cálcico en mg/l (como si todo el calcio y magnesio estuvieran como carbonato cálcico), por lo que, a partir de los pesos moleculares del magnesio, el calcio y el carbonato cálcico, la dureza se puede determinar mediante la siguiente formula:

$$\text{Dureza (mg CaCO}_3\text{/l)} = 2,5 [\text{Ca}^{2+}] + 4,16 [\text{Mg}^{2+}]$$

En base a lo anterior, según las medidas de magnesio y calcio realizadas por MLF en el entorno del punto propuesto para el vertido, se calculan los siguientes valores de dureza:

TABLA 6.3
DUREZA DEL AGUA EN EL ESTUARIO A PARTIR DE LAS MEDIDAS DE MAGNESIO Y CALCIO

| Fecha de muestreo | Concentración de iones Mg (mg/l) | Concentración de iones Ca (mg/l) | Dureza (mg CaCO ₃) |
|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 28/06 | 26 | 83 | 316 |
| 17/07 | 27 | 85 | 325 |
| 01/08 | 25 | 77 | 297 |
| 13/08 | 30 | 81 | 327 |
| 30/08 | 30 | 89 | 347 |
| 13/09 | 33 | 100 | 387 |
| 2/10 | 36 | 111 | 427 |
| 14/10 | 35 | 111 | 423 |
| 31/10 | 34 | 112 | 421 |
| 14/11 | 34 | 134 | 476 |
| 29/11 | 28 | 142 | 471 |
| 16/12 | 22 | 105 | 354 |
| 31/12 | 23 | 212 | 626 |
| 15/01 | 31 | 379 | 1076 |
| 03/02 | 30 | 129 | 447 |
| 14/02 | 37 | 147 | 521 |

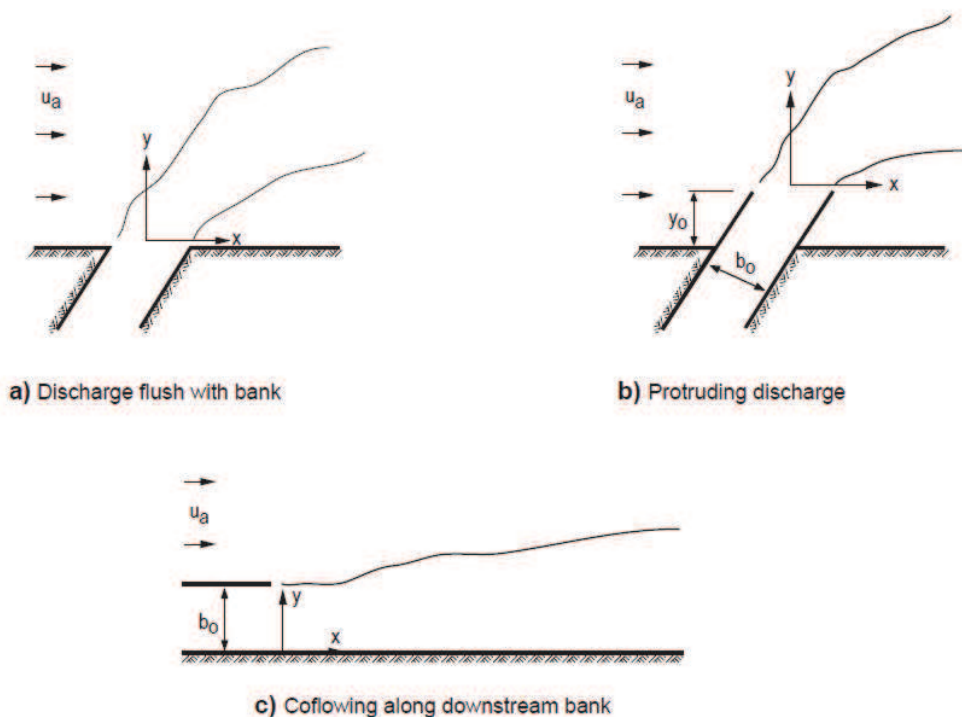
Como se puede observar, todos los valores de dureza calculados se encuentran por encima de 200 mg CaCO₃/l.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente capítulo se basa en el estudio de las 4 alternativas de vertido anteriormente indicadas, la exposición de las conclusiones obtenidas, así como la evaluación de la alternativa elegida, desde el punto de vista ambiental, tanto en la fase operacional como en la fase preoperacional del Proyecto. Adicionalmente, se evalúa la viabilidad ambiental de esta alternativa en un escenario futuro, en el que el medio receptor se haya visto afectado por el cambio climático.

6.2 ALTERNATIVA 0. VERTIDO EN SUPERFICIE

Los vertidos en superficie consisten en descargas flotantes que se adentran en la masa de agua receptora de forma perpendicular, mediante un canal o tubería. Estos vertidos en superficie pueden producirse a través de tres tipos de estructuras de descarga: a ras de la orilla (a), sobresaliente de la margen del río (b) o a favor de la corriente a lo largo del banco del río (en adelante “co-flowing”) (c), tal y como se muestra en la Figura siguiente.

FIGURA 6.1
ESTRUCTURA DE DESCARGA DE UN VERTIDO EN SUPERFICIE



Fuente: Manual User CORMIX

El medio receptor propuesto para el vertido de MLF, al tratarse de un estuario presenta importantes variaciones de nivel en función de los regímenes mareales, con carreras de marea de hasta 2,7 metros. Esta particularidad, hace especialmente complejo el mantener la disposición en superficie del vertido durante un ciclo mareal completo.

Adicionalmente a lo anterior, esta alternativa de vertido supondría una alteración de la superficie del agua, provocando un impacto visual sobre el entorno mayor que un vertido en profundidad.

A pesar de lo anterior, se ha comprobado además que este tipo de descarga da lugar a diluciones del vertido peores que el resto de Alternativas. Para ello, se ha llevado a cabo una modelización hidrodinámica con objeto de comparar los resultados del vertido en superficie frente a un vertido sumergido para un solo contaminante (concretamente el zinc por

ser uno de los contaminantes limitados en el vertido con menor margen en el cumplimiento del NCA), para un escenario de pleamar de las diferentes estructuras posibles (Figura 6.1), obteniéndose las siguientes conclusiones:

- El vertido en “co-flowing” es el que peor dilución presenta frente al vertido a ras de la orilla o a través de una conducción que se adentre en el río, concretamente, en este caso se alcanzan diluciones 5 veces menor con un vertido en “co-flowing” que para el resto de configuraciones en superficie.
- Un vertido en superficie a ras de la orilla, así como la descarga en superficie mediante tubería que se adentre en el río a diferentes longitudes³ obtiene resultados similares en cuanto a diluciones (con zonas de mezcla más amplias para los casos de tuberías que se adentran en el río).
- Las diluciones obtenidas para los vertidos en superficie son mucho menores que para los vertidos en profundidad analizados en el resto de alternativas (del orden de 3 veces menor frente a una sola boca de descarga sumergida en profundidad para el presente estudio).

Teniendo en cuenta el desarrollo anterior, **se puede concluir que la opción del vertido en superficie no es la configuración más idónea desde el punto de vista ambiental, en base a lo siguiente:**

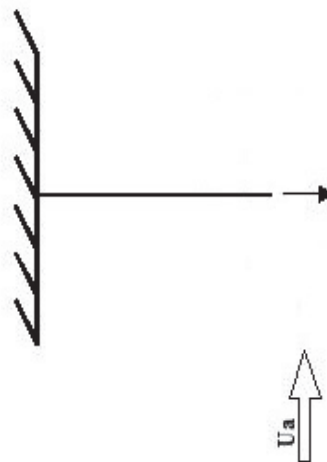
- **Presenta una peor dilución que un vertido en profundidad (del orden de 3 veces menos)**
- **Tiene limitaciones en cuanto a dilución del vertido por los cambios de nivel del estuario propiciados por la influencia mareal**
- **La afección al entorno por el impacto paisajístico asociado es elevada**

³ Se han evaluado conducciones de longitudes de 8 y 16 metros, de cara a considerar la descarga sobre el talud natural del río y una vez pasado éste.

6.3 ALTERNATIVA 1. VERTIDO EN PROFUNDIDAD CON UNA SOLA BOCA DE DESCARGA

Con esta alternativa el vertido se realizaría mediante una conducción totalmente sumergida abierta en su punto final, tal y como se muestra en la Figura a continuación.

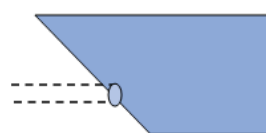
FIGURA 6.2
CONDUCCIÓN CON UNA SOLA BOCA DE DESCARGA



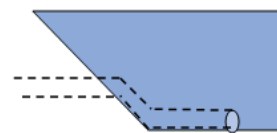
En función de la longitud de la conducción, se podría realizar el vertido sobre el talud natural del río o bien una vez pasado el límite del talud, tal y como se esquematiza en la Figura siguiente.

FIGURA 6.3
VERTIDO EN PROFUNDIDAD MEDIANTE UNA SOLA BOCA DE DESCARGA

(Vista de la sección transversal de la margen derecha del estuario respecto a un observador de cara a la desembocadura)



Descarga sobre el talud



Descarga fuera del talud

De las dos opciones anteriores, se han obtenido mejores resultados de dilución para la descarga una vez pasado el talud que para una descarga que se produjera sobre el mismo, principalmente por que la descarga se realiza a mayor profundidad y a una distancia mayor de la orilla. No obstante, se ha analizado el efecto de que la conducción de descarga se adentre más o menos en el estuario, obteniéndose que una vez pasado el talud natural, la longitud de la conducción no afecta a la dilución. Por ello, se puede concluir que, **en el caso de una sola**

boca de descarga, la mejor opción es aquella que permite un vertido sumergido en la caja del río, una vez pasado el talud, para cualquier longitud de la conducción, a un metro del fondo.

En base a lo anterior, se proseguirá con el análisis de esta alternativa a partir de una configuración consistente en una sola boca de descarga a 1 metro del fondo, situada fuera del límite del talud. Para esta alternativa se ha considerado un diámetro de 0,34 metros, para una velocidad de salida del vertido en el entorno de 1,5 m/s.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la modelización de los distintos parámetros limitados en el vertido para los que se fijan NCA para la presente alternativa, para los 8 casos considerados en función de las variables del medio receptor. Concretamente se muestra para cada parámetro y cada caso modelizado, la distancia a la que finaliza el campo cercano, el tipo de flujo al que se asocia el comportamiento del vertido (que se describen a continuación), el incremento de concentración en el medio debido a la contribución del vertido a la finalización de la zona de mezcla, así como la concentración final esperable en dicho punto, donde se considerará el cumplimiento de las NCA.

Cabe incidir en que, el campo cercano se define como la primera región de la zona del medio receptor en la que la dilución y trayectoria del vertido está determinada por las propias condiciones del vertido y por la geometría y diseño del dispositivo de descarga. Tras el campo cercano, en el campo lejano la dilución del vertido está asociada fundamentalmente a las características del medio receptor, volviéndose las características de la descarga menos importantes. La dilución inicial en el campo cercano es mucho mayor que en el campo lejano, de ahí que para definir la **zona de mezcla** se tome como referencia la finalización del **campo cercano** en cada uno de los escenarios modelizados, de manera que deberán cumplirse los objetivos medioambientales a la finalización del mismo, de acuerdo a lo establecido en la legislación de aplicación⁴.

En vista de lo anterior, se tomará como límite de zona de mezcla del vertido, la finalización del campo cercano más amplia de todos los casos modelizados. A este respecto, de todos los casos modelizados, el campo cercano más amplio ha resultado para una distancia de 187 metros (caso H), por lo que se tomará como distancia de referencia para la finalización de la zona de mezcla 200 metros del punto de vertido. En este punto, en cualquiera de los escenarios definidos, el vertido habrá alcanzado el final de la zona de mezcla, donde se determinará el cumplimiento de las Normas de Calidad Ambiental.

Como se ha indicado anteriormente, los NCA fijados para los metales limitados en el vertido de MLF, se presentan como Media Anual (NCA-MA) y/o como Concentración Máxima Admisible (NCA-CMA). Para el presente estudio, los resultados de la modelización se compararán con ambos parámetros, para asegurar su cumplimiento.

⁴ Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

A efectos de comparar en los mismos términos los resultados obtenidos en la modelización con la normativa vigente aplicable, se hace necesario determinar la contribución de vertido en términos anuales para aquellos parámetros para los que se establece NCA-MA (concretamente para el cadmio, plomo, níquel, arsénico, cobre, selenio y zinc como metales disueltos). Así, partiendo de los resultados obtenidos en la modelización, se estima que el valor medio anual del incremento de concentración de cada parámetro puede asimilarse al promedio de los valores obtenidos en los escenarios de invierno y verano, para todas las condiciones mareales.

Por otro lado, para aquellos contaminantes en los que se establezca NCA-CMA (concentración máxima admisible), se comparará el incremento máximo de concentración con el valor de referencia (sumado al nivel actual del medio receptor), desde una posición garantista.

TABLA 6.4
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS
ALTERNATIVA 1. CADMIO

| Caso | Caracterización del vertido | | | Caracterización medio receptor | | | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------|---|--|
| | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m ³ /s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de Flujo ¹ | Concentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Concentración promedio a 200 m del punto de vertido (µg/l) |
| 1A | Única boca de descarga | 0,34 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 24,56 | 0,179 | H4-90A3 | 0,191 | 0,103 |
| 1B | | | | Pleamar | 0,15 | 27,77 | 0,105 | H2 | 0,117 | |
| 1C | | | | Vaciante | 0,60 | 88,6 | 0,038 | H2 | 0,050 | |
| 1D | | | | Llenante | 0,80 | 104,39 | 0,035 | H2 | 0,047 | |
| 1E | | | | Bajamar | 0,10 | 40,68 | 0,133 | H4-90A3 | 0,145 | |
| 1F | | | | Pleamar | 0,15 | 46,94 | 0,084 | H2 | 0,096 | |
| 1G | | | | Vaciante | 0,60 | 163,28 | 0,060 | H2 | 0,072 | |
| 1H | | | | Llenante | 0,80 | 187,13 | 0,091 | H2 | 0,103 | |
| NCA-CMA para el Cadmio. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | 1,5 µg/l (Clase 5) | |
| NCA-MA para el Cadmio. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l) | | | | | | | | | 0,2 µg/l | |

TABLA 6.5
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS
ALTERNATIVA 1. MERCURIO

| Caso | Caracterización del vertido | | | Caracterización medio receptor | | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------|---|
| | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m ³ /s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de Flujo ¹ | Concentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) |
| 1A | Única boca de descarga | 0,34 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 24,56 | 0,009 | 0,009 | 0,009 |
| 1B | | | | Pleamar | 0,15 | 27,77 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| 1C | | | | Vaciante | 0,60 | 88,6 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 1D | | | | Llenante | 0,80 | 104,39 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 1E | | | | Bajamar | 0,10 | 40,68 | 0,007 | 0,007 | 0,007 |
| 1F | | | | Pleamar | 0,15 | 46,94 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| 1G | | | | Vaciante | 0,60 | 163,28 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| 1H | | | | Llenante | 0,80 | 187,13 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| NCA-CMA para el Mercurio. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | 0,07 µg/l |

TABLA 6.6
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS
ALTERNATIVA 1. PLOMO

| Caso | Caracterización del vertido | | | Caracterización medio receptor | | | | | | Concentración promedio a 200 m del punto de vertido (µg/l) |
|---|-----------------------------|-------------------|---------------|--------------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------|---|--|
| | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m³/s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de Flujo ¹ | Concentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | |
| 1A | Única boca de descarga | 0,34 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 24,56 | 0,27 | H4-90A3 | 0,45 | 0,31 |
| 1B | | | | Pleamar | 0,15 | 27,77 | 0,16 | H2 | 0,34 | |
| 1C | | | | Vaciante | 0,60 | 88,6 | 0,06 | H2 | 0,24 | |
| 1D | | | | Llenante | 0,80 | 104,39 | 0,05 | H2 | 0,23 | |
| 1E | | | | Bajamar | 0,10 | 40,68 | 0,20 | H4-90A3 | 0,38 | |
| 1F | | | | Pleamar | 0,15 | 46,94 | 0,13 | H2 | 0,31 | |
| 1G | | | | Vaciante | 0,60 | 163,28 | 0,09 | H2 | 0,27 | |
| 1H | | | | Llenante | 0,80 | 187,13 | 0,13 | H2 | 0,31 | |
| NCA-CMA para el Plomo. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | 14 µg/l | |
| NCA-MA para el Plomo. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | | 1,3 µg/l |

TABLA 6.7
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS
ALTERNATIVA 1. NIQUEL

| Caso | Caracterización del vertido | | | Caracterización medio receptor | | | | | | Concentración promedio a 200 m del punto de vertido (µg/l) |
|--|-----------------------------|-------------------|---------------|--------------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------|---|--|
| | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m³/s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de Flujo ¹ | Concentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | |
| 1A | Única boca de descarga | 0,34 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 24,56 | 1,7 | H4-90A3 | 5,2 | 4,37 |
| 1B | | | | Pleamar | 0,15 | 27,77 | 1,0 | H2 | 4,5 | |
| 1C | | | | Vaciante | 0,60 | 88,6 | 0,4 | H2 | 3,9 | |
| 1D | | | | Llenante | 0,80 | 104,39 | 0,3 | H2 | 3,8 | |
| 1E | | | | Bajamar | 0,10 | 40,68 | 1,3 | H4-90A3 | 4,8 | |
| 1F | | | | Pleamar | 0,15 | 46,94 | 0,8 | H2 | 4,3 | |
| 1G | | | | Vaciante | 0,60 | 163,28 | 0,6 | H2 | 4,1 | |
| 1H | | | | Llenante | 0,80 | 187,13 | 0,9 | H2 | 4,4 | |
| NCA-CMA para el Níquel. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | 34 µg/l | |
| NCA-MA para el Níquel. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | | 8,6 µg/l |

TABLA 6.8
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS
ALTERNATIVA 1. ARSÉNICO

| Caso | Caracterización del vertido | | | Caracterización medio receptor | | | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------|---|--|
| | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m ³ /s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de Flujo ¹ | Concentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Concentración promedio a 200 m del punto de vertido (µg/l) |
| 1A | Única boca de descarga | 0,34 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 24,56 | 0,87 | H4-90A3 | 2,62 | 2,19 |
| 1B | | | | Pleamar | 0,15 | 27,77 | 0,51 | H2 | 2,26 | |
| 1C | | | | Vaciante | 0,60 | 88,6 | 0,18 | H2 | 1,93 | |
| 1D | | | | Llenante | 0,80 | 104,39 | 0,17 | H2 | 1,92 | |
| 1E | | | | Bajamar | 0,10 | 40,68 | 0,64 | H4-90A3 | 2,39 | |
| 1F | | | | Pleamar | 0,15 | 46,94 | 0,41 | H2 | 2,16 | |
| 1G | | | | Vaciante | 0,60 | 163,28 | 0,29 | H2 | 2,04 | |
| 1H | | | | Llenante | 0,80 | 187,13 | 0,44 | H2 | 2,19 | |
| NCA-MA para el Arsénico. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | | 25 µg/l |

TABLA 6.9
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS
ALTERNATIVA 1. COBRE

| Caso | Caracterización del vertido | | | Caracterización medio receptor | | | | | | |
|--|-----------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------|---|--|
| | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m ³ /s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de Flujo ¹ | Concentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Concentración promedio a 200 m del punto de vertido (µg/l) |
| 1A | Única boca de descarga | 0,34 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 24,56 | 1,74 | H4-90A3 | 4,74 | 3,88 |
| 1B | | | | Pleamar | 0,15 | 27,77 | 1,02 | H2 | 4,02 | |
| 1C | | | | Vaciante | 0,60 | 88,6 | 0,37 | H2 | 3,37 | |
| 1D | | | | Llenante | 0,80 | 104,39 | 0,34 | H2 | 3,34 | |
| 1E | | | | Bajamar | 0,10 | 40,68 | 1,30 | H4-90A3 | 4,30 | |
| 1F | | | | Pleamar | 0,15 | 46,94 | 0,82 | H2 | 3,82 | |
| 1G | | | | Vaciante | 0,60 | 163,28 | 0,58 | H2 | 3,58 | |
| 1H | | | | Llenante | 0,80 | 187,13 | 0,88 | H2 | 3,88 | |
| NCA-MA para el Cobre. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | | 25 µg/l |

TABLA 6.10
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS
ALTERNATIVA 1. SELENIO

| Caso | Caracterización del vertido | | | Caracterización medio receptor | | | | | | |
|--|-----------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------|---|--|
| | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m ³ /s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de Flujo ¹ | Concentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Concentración promedio a 200 m del punto de vertido (µg/l) |
| 1A | Única boca de descarga | 0,34 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 24,56 | 0,17 | H4-90A3 | 0,97 | 0,88 |
| 1B | | | | Pleamar | 0,15 | 27,77 | 0,10 | H2 | 0,90 | |
| 1C | | | | Vaciante | 0,60 | 88,6 | 0,03 | H2 | 0,83 | |
| 1D | | | | Llenante | 0,80 | 104,39 | 0,03 | H2 | 0,83 | |
| 1E | | | | Bajamar | 0,10 | 40,68 | 0,12 | H4-90A3 | 0,92 | |
| 1F | | | | Pleamar | 0,15 | 46,94 | 0,08 | H2 | 0,88 | |
| 1G | | | | Vaciante | 0,60 | 163,28 | 0,05 | H2 | 0,85 | |
| 1H | | | | Llenante | 0,80 | 187,13 | 0,08 | H2 | 0,88 | |
| NCA-MA para el Selenio. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | | 10 µg/l |

TABLA 6.11
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS
ALTERNATIVA 1. ZINC

| Caso | Caracterización del vertido | | | Caracterización medio receptor | | | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------|---|--|
| | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m ³ /s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de Flujo ¹ | Concentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Concentración promedio a 200 m del punto de vertido (µg/l) |
| 1A | Única boca de descarga | 0,34 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 24,56 | 8,9 | H4-90A3 | 13,4 | 9,0 |
| 1B | | | | Pleamar | 0,15 | 27,77 | 5,2 | H2 | 9,7 | |
| 1C | | | | Vaciante | 0,60 | 88,6 | 1,9 | H2 | 6,4 | |
| 1D | | | | Llenante | 0,80 | 104,39 | 1,7 | H2 | 6,2 | |
| 1E | | | | Bajamar | 0,10 | 40,68 | 6,6 | H4-90A3 | 11,1 | |
| 1F | | | | Pleamar | 0,15 | 46,94 | 4,2 | H2 | 8,7 | |
| 1G | | | | Vaciante | 0,60 | 163,28 | 3,0 | H2 | 7,5 | |
| 1H | | | | Llenante | 0,80 | 187,13 | 4,5 | H2 | 9,0 | |
| NCA-MA para el Zinc. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | | 60 µg/l |

De los resultados anteriores se concluye que la configuración de descarga mediante una sola boca profundamente sumergida, que constituye la Alternativa 1, permite que el vertido alcance una dilución suficiente para el cumplimiento de las NCA en la zona afectada.

Asimismo, se puede observar como de todos los casos evaluados, **la situación de bajamar en invierno** es la que **presenta valores más bajos de dilución** para todos los parámetros.

Finalmente, **en vista del cumplimiento de los NCA** de los parámetros del vertido analizados **mediante la Alternativa 1, y la simplicidad constructiva** de la misma, que facilitará el mantenimiento de la estructura y los costes asociados, se concluye que **esta Alternativa es apta desde un punto de vista técnico y medioambiental, para la situación analizada para el vertido durante la Fase de operación.**

Los tipos de flujos que han resultado de la modelización de los diferentes casos han sido los siguientes: H4-90A3 y H2 los cuales se describen a continuación, según los regímenes que los componen.

H4-90A3

En el campo cercano:

1. El flujo se encuentra pegado al fondo. El chorro lineal o flujo “pared” se encuentra inicialmente dominado por el momento del efluente y débilmente desviado por la corriente del medio.
2. Debido a la flotabilidad positiva, la pluma se desprende del fondo y empieza a subir hacia la superficie.
3. La pluma se desvía fuertemente por la corriente, mientras sube lentamente hacia la superficie.
4. La pluma se acerca a la capa límite (agua superficial o pycnoclina). En una corta distancia, la distribución de la concentración se vuelve relativamente uniforme a lo largo y ancho de la pluma.

En el campo lejano:

5. La pluma se expande lateralmente a lo largo de la capa límite (superficie o pycnoclina) mientras está siendo transportada por la corriente del medio. El espesor de la pluma puede decrecer durante esta fase. El mezclado es relativamente pequeño. La pluma puede interactuar con el banco más próximo.

6. Después de cierta distancia, la turbulencia de fondo se convierte en el mecanismo de mezcla predominante. La pluma va creciendo en profundidad y anchura y puede interactuar con el fondo y/o el banco del río.

H2

En el campo cercano:

1. El flujo se encuentra dominado inicialmente por el momento del efluente y es débilmente desviado por la corriente.
2. El chorro se vuelve fuertemente desviado por la corriente ambiente y sube lentamente.
3. El chorro se acerca a la capa límite (superficie del agua o pycnoclina). En una distancia pequeña la distribución de la concentración se vuelve relativamente uniforme a lo largo y ancho de la pluma.

En el campo lejano:

4. La pluma se expande lateralmente a lo largo de la capa límite (superficie o pycnoclina) mientras es transportada por la corriente del medio. El espesor de la pluma puede decrecer durante esta fase. La velocidad de mezclado es relativamente pequeña. La pluma puede interactuar con el banco del río más próximo.
5. Después de cierta distancia, la turbulencia de fondo se convierte en el mecanismo de mezcla predominante. La pluma va creciendo en profundidad y anchura y puede interactuar con el fondo y/o banco del río.

En los dos tipos de tipos de flujos que han resultado, la pluma del vertido sube hasta la superficie del agua, como consecuencia de la menor densidad. Por este motivo, el vertido en su salida por la boca de descarga (sumergida cercana al fondo) se encontrará con un medio receptor no afectado por la pluma, renovado por la influencia mareal y/o fluvial.

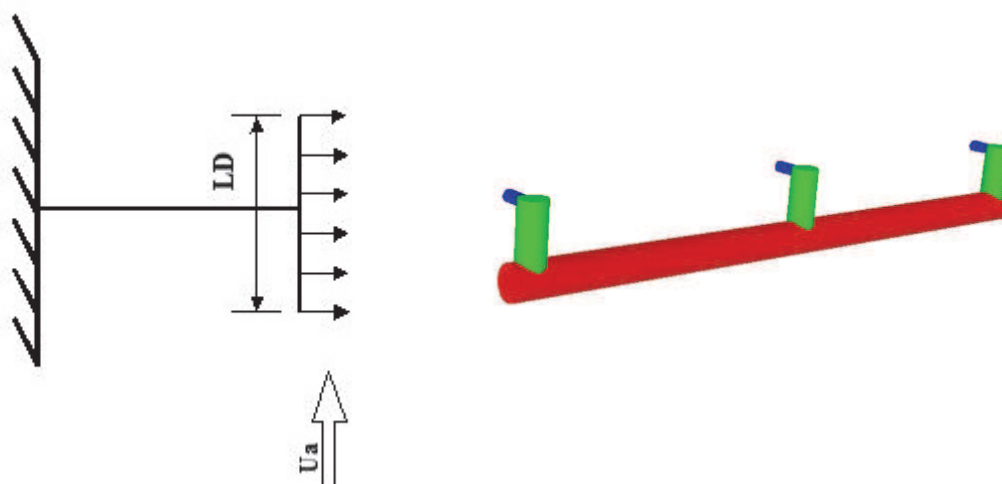
El resto de alternativas evaluadas consisten en disponer un tramo difusor provisto de difusores según diferentes configuraciones. A continuación, se evalúan las distintas alternativas en función de la dilución de la concentración de cadmio en el medio receptor del vertido. Este parámetro se ha elegido como base de cálculo para el estudio por ser el que presenta menor margen de cumplimiento respecto a su NCA-MA establecida. Cabe incidir en que, la evaluación de la concentración de cadmio en el medio debido al vertido respecto a su valor NCA-MA, se hace desde una postura muy conservadora, considerando que el vertido en una situación puntual vertiendo a la máxima concentración autorizada (valor límite) debe cumplir con la concentración media anual permitida en el medio receptor.

6.4 ALTERNATIVA 2. DESCARGA EN PROFUNDIDAD MEDIANTE TRAMO DIFUSOR PARALELO A LA ORILLA CON DIFUSORES HORIZONTALES.

Esta alternativa consiste en colocar a continuación de la boca de descarga sumergida un tramo de difusores, dispuesto perpendicular a la conducción (en forma de "T") y, por ende, paralela a la orilla, de forma que la corriente del medio receptor, que es reversible, siempre será paralela al tramo de difusores.

Se analizan dos opciones para esta alternativa, que consisten en colocar en dicho tramo 3 ó 5 difusores, pero siempre horizontales, con un diámetro tal que la velocidad de descarga esté en el entorno de 2 m/s.

FIGURA 6.4
CONDUCCIÓN CON TRAMO DE DIFUSORES PARALELO A LA ORILLA Y DIFUSORES HORIZONTALES



En la Tabla siguiente se muestra un resumen de las características de los difusores para diferentes configuraciones de vertido.

TABLA 6.12
DIMENSIONES DE LAS BOCAS DE DESCARGA DE LOS DIFUSORES Y VELOCIDADES DE SALIDA DEL EFLUENTE

| Nº difusores | Diámetro difusor (m) | Velocidad descarga de la conducción (m/s) |
|--------------|----------------------|---|
| 3 | 0,171 | 2,00 |
| 4 | 0,148 | 2,00 |
| 5 | 0,132 | 2,01 |
| 6 | 0,121 | 2,00 |

De la alternativa anterior (Alternativa 1), de una sola boca de descarga, se extrae que se consigue una mejor dilución del vertido si la descarga se produce a partir del límite del talud del río, por lo que la distancia del tramo difusor a la margen del río será de al menos 14 metros⁵.

En este caso, las variables principales que se pueden considerar que condicionarán la dilución serán el número de difusores y la longitud del tramo difusor. A este respecto, se ha evaluado la dilución del cadmio para un tramo difusor de 10 metros de longitud con tres difusores equidistante, seguidamente, manteniendo la longitud del tramo se ha incrementado a 5 el número de difusores y finalmente se ha aumentado la distancia entre los difusores, hasta alcanzar un tramo de difusores de 20 metros de longitud.

En la Tabla a continuación se muestran los resultados de concentración de todos los casos para el campo cercano determinado. Para esta alternativa, el campo cercano más amplio resulta para los casos de pleamar (40 metros para un difusor de 10 metros y 45 metros para el difusor de 20 metros). En base a estas distancias, se definiría la zona de mezcla a considerar para todos los casos, no obstante, en todos los casos **se supera con creces la NCA-MA para el cadmio, por lo que esta alternativa de descarga queda descartada desde el primer momento frente a la Alternativa 1, no siendo necesario proseguir con su análisis**

⁵ Considerando la longitud mínima de la conducción para pasar el límite del talud (en función de la inclinación del talud) a la que se le suma una longitud de la conducción en la caja del río tomada de 2 m, como margen de seguridad.

TABLA 6.13
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS PARA LA
ALTERNATIVA 2
PARÁMETRO EVALUADO: CADMIO

| Caso | Caracterización del vertido | | | | Caracterización medio receptor | | | | | |
|--|------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|---|--|---------------|
| | Longitud tramo difusores (m) | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m ³ /s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | Δ Concentración al finalizar la zona de mezcla ⁽¹⁾ (µg/l) | Concentración al finalizar la zona de mezcla ⁽¹⁾ (µg/l) | Tipo de Flujo |
| 2A | 10 | 3 difusores | 0,171 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 26,7 | 0,77 | 0,78 | MU4 |
| 2B | | | | | Pleamar | 0,15 | 40,0 | 0,67 | 0,68 | MU4 |
| 2C | | | | | Vacante | 0,60 | 33,0 | 0,79 | 0,80 | MU4 |
| 2D | | | | | Llenante | 0,80 | 33,0 | 0,79 | 0,80 | MU4 |
| 2E | | | | | Bajamar | 0,10 | 26,7 | 0,77 | 0,78 | MU4 |
| 2F | | | | | Pleamar | 0,15 | 40,0 | 0,67 | 0,68 | MU4 |
| 2G | | | | | Vacante | 0,60 | 33,0 | 0,79 | 0,80 | MU4 |
| 2H | | | | | Llenante | 0,80 | 33,0 | 0,79 | 0,80 | MU4 |
| 2'A | 10 | 5 difusores | 0,132 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 26,7 | 0,76 | 0,77 | MU4 |
| 2'B | | | | | Pleamar | 0,15 | 40,0 | 0,66 | 0,68 | MU4 |
| 2'C | | | | | Vacante | 0,60 | 33,0 | 0,79 | 0,80 | MU4 |
| 2'D | | | | | Llenante | 0,80 | 33,0 | 0,79 | 0,80 | MU4 |
| 2'E | | | | | Bajamar | 0,10 | 26,7 | 0,76 | 0,77 | MU4 |
| 2'F | | | | | Pleamar | 0,15 | 40,0 | 0,66 | 0,68 | MU4 |
| 2'G | | | | | Vacante | 0,60 | 33,0 | 0,79 | 0,80 | MU4 |
| 2'H | | | | | Llenante | 0,80 | 33,0 | 0,79 | 0,80 | MU4 |
| 2''A | 20 | 5 difusores | 0,132 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 31,7 | 0,64 | 0,65 | MU4 |
| 2''B | | | | | Pleamar | 0,15 | 45,0 | 0,53 | 0,55 | MU4 |
| 2''C | | | | | Vacante | 0,60 | 38,0 | 0,62 | 0,63 | MU4 |
| 2''D | | | | | Llenante | 0,80 | 38,0 | 0,62 | 0,63 | MU4 |
| 2''E | | | | | Bajamar | 0,10 | 31,7 | 0,64 | 0,65 | MU4 |
| 2''F | | | | | Pleamar | 0,15 | 38,0 | 0,62 | 0,63 | MU4 |
| 2''G | | | | | Vacante | 0,60 | 38,0 | 0,62 | 0,63 | MU4 |
| 2''H | | | | | Llenante | 0,80 | 38,0 | 0,62 | 0,63 | MU4 |
| NCA-MA para el Cadmio, Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l) | | | | | | | | 0,2 | | |

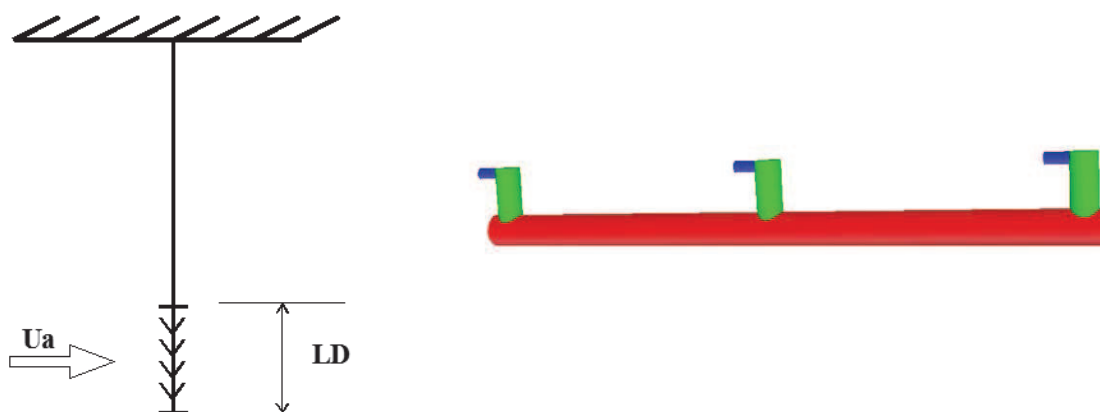
⁽¹⁾ La zona de mezcla se determinaría en función del campo cercano de mayor amplitud.

Por otro lado, los resultados presentados en la Tabla demuestran que, en este caso, **el hecho de aumentar el número de difusores en un tramo de igual longitud no produce una mejora apreciable en la dilución, sin embargo, sí se mejora la dilución al aumentar la longitud del tramo difusor.**

6.5 ALTERNATIVA 3. DESCARGA EN PROFUNDIDAD MEDIANTE TRAMO DIFUSOR PERPENDICULAR A LA ORILLA CON DIFUSORES HORIZONTALES.

La configuración anterior presentada en la Alternativa 2 no ha obtenido mejores resultados de dilución frente a la Alternativa 1, por lo tanto, a continuación, se evalúa la instalación del tramo de difusores longitudinal a la conducción y por tanto perpendicular a la orilla (en lugar de en forma de "T" como se analizó anteriormente), con difusores horizontales a lo largo del tramo difusor apuntando hacia la orilla contraria del río.

FIGURA 6.5
CONDUCCIÓN CON TRAMO DE DIFUSORES LONGITUDINAL
A LA CONDUCCIÓN DE VERTIDO Y DIFUSORES HORIZONTALES



Al igual que para la Alternativa 2 anterior, se modelizará esta configuración para distintos números de difusores y diferentes longitudes del tramo difusor para el cadmio, contaminante característico del vertido cuya concentración calculada en el límite de mezcla para las Alternativas anteriores es la que más se acerca al valor NCA.

Los resultados de las modelizaciones para esta Alternativa, demuestran una **significativa mejora de la dilución del vertido** para un tramo difusor perpendicular a la orilla y por ende a la dirección de la corriente, frente a la disposición del tramo difusor paralelo a la orilla. De igual forma, se observa que **el número de difusores** (3 o 5 difusores) **no afecta significativamente a la dilución**, mientras que a **mayor longitud del tramo difusor sí se obtienen mejoras en la dilución** del contaminante. En este sentido, el tramo de 10 metros presenta valores de concentración del orden de dos veces mayores respecto a las concentraciones obtenidas en el tramo de 20 metros para las mismas distancias de campo cercano, por lo que se descarta el tramo de 10 metros frente al de 20 metros.

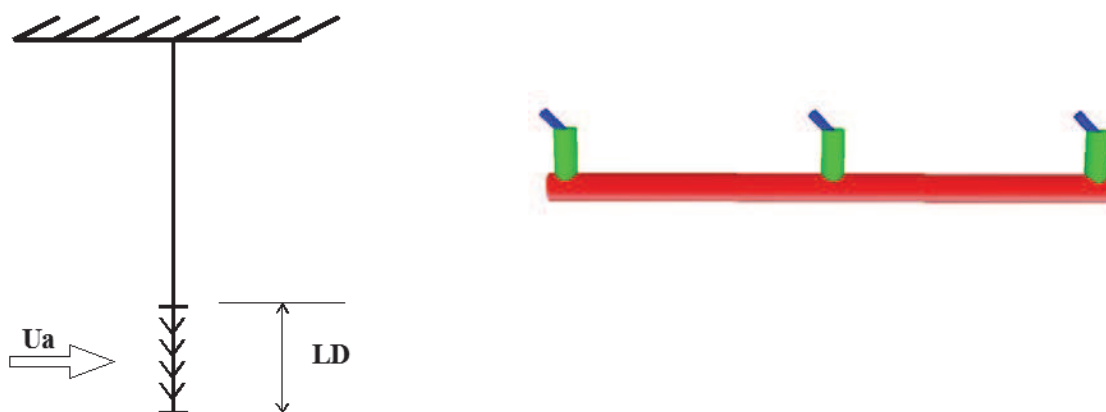
A este respecto, para el tramo de 20 metros, en todos los casos, la concentración del medio a la finalización del campo cercano se encuentra por debajo de la NCA, por lo tanto, en una zona de mezcla definida a partir del campo cercano más amplio de los 8 casos analizados, la concentración en el medio seguiría cumpliendo con la NCA, ya que la concentración disminuye conforme aumenta la distancia al punto de vertido.

TABLA 6.14
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS PARA LA
ALTERNATIVA 3
PARÁMETRO EVALUADO: CADMIO

| Caso | Caracterización del vertido | | | | Caracterización medio receptor | | | | | |
|--|------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|---|--|---------------|
| | Longitud tramo difusores (m) | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m ³ /s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | ΔConcentración al finalizar el campo cercano (µg/l) | Concentración al finalizar el campo cercano (µg/l) | Tipo de Flujo |
| 3A | 10 | 3 difusores | 0,171 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 21,74 | 0,28 | 0,29 | MU6 |
| 3B | | | | | Pleamar | 0,15 | 35,01 | 0,13 | 0,14 | MU6 |
| 3C | | | | | Vaciante | 0,60 | 28 | 0,04 | 0,05 | MU6 |
| 3D | | | | | Llenante | 0,80 | 28 | 0,03 | 0,04 | MU6 |
| 3E | | | | | Bajamar | 0,10 | 21,74 | 0,28 | 0,29 | MU6 |
| 3F | | | | | Pleamar | 0,15 | 35,01 | 0,13 | 0,14 | MU6 |
| 3G | | | | | Vaciante | 0,60 | 28 | 0,04 | 0,05 | MU6 |
| 3H | | | | | Llenante | 0,80 | 28 | 0,03 | 0,04 | MU6 |
| 3'A | 10 | 5 difusores | 0,132 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 21,74 | 0,28 | 0,29 | MU6 |
| 3'B | | | | | Pleamar | 0,15 | 35,01 | 0,13 | 0,14 | MU6 |
| 3'C | | | | | Vaciante | 0,60 | 28 | 0,04 | 0,05 | MU6 |
| 3'D | | | | | Llenante | 0,80 | 28 | 0,03 | 0,04 | MU6 |
| 3'E | | | | | Bajamar | 0,10 | 21,74 | 0,28 | 0,29 | MU6 |
| 3'F | | | | | Pleamar | 0,15 | 35,01 | 0,13 | 0,14 | MU6 |
| 3'G | | | | | Vaciante | 0,60 | 28 | 0,04 | 0,05 | MU6 |
| 3'H | | | | | Llenante | 0,80 | 28 | 0,03 | 0,04 | MU6 |
| 3''A | 20 | 5 difusores | 0,132 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 21,74 | 0,15 | 0,16 | MU6 |
| 3''B | | | | | Pleamar | 0,15 | 35,01 | 0,06 | 0,08 | MU6 |
| 3''C | | | | | Vaciante | 0,60 | 28 | 0,02 | 0,03 | MU6 |
| 3''D | | | | | Llenante | 0,80 | 28 | 0,02 | 0,03 | MU6 |
| 3''E | | | | | Bajamar | 0,10 | 21,74 | 0,15 | 0,16 | MU6 |
| 3''F | | | | | Pleamar | 0,15 | 35,01 | 0,06 | 0,08 | MU6 |
| 3''G | | | | | Vaciante | 0,60 | 28 | 0,02 | 0,03 | MU6 |
| 3''H | | | | | Llenante | 0,80 | 28 | 0,02 | 0,03 | MU6 |
| 3'''A | 20 | 3 difusores | 0,171 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 21,74 | 0,15 | 0,16 | MU6 |
| 3'''B | | | | | Pleamar | 0,15 | 35,01 | 0,06 | 0,08 | MU6 |
| 3'''C | | | | | Vaciante | 0,60 | 28 | 0,02 | 0,03 | MU6 |
| 3'''D | | | | | Llenante | 0,80 | 28 | 0,02 | 0,03 | MU6 |
| 3'''E | | | | | Bajamar | 0,10 | 21,74 | 0,15 | 0,16 | MU6 |
| 3'''F | | | | | Pleamar | 0,15 | 35,01 | 0,06 | 0,08 | MU6 |
| 3'''G | | | | | Vaciante | 0,60 | 28 | 0,02 | 0,03 | MU6 |
| 3'''H | | | | | Llenante | 0,80 | 28 | 0,02 | 0,03 | MU6 |
| NCA-MA para el Cadmio, Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l) | | | | | | | | | 0,2 | |

Partiendo de lo anterior, se ha evaluado el efecto de la orientación de los difusores respecto a la normal del tramo difusor. Como se ha indicado anteriormente, se han descartado aquellas configuraciones con difusores verticales, es decir, orientados hacia la superficie, por tratarse de una opción no recomendada para aguas poco profundas, debido a la potencial afección física del chorro sobre la superficie del agua. Por lo tanto, se ha modelado la presente Alternativa 3 sustituyendo los **difusores horizontales por difusores orientados 45°** sobre la horizontal, tal y como se muestra en la Figura siguiente.

FIGURA 6.6
CONDUCCIÓN CON TRAMO DE DIFUSORES LONGITUDINAL
A LA CONDUCCIÓN DE VERTIDO Y DIFUSORES A 45° SOBRE LA HORIZONTAL



Los resultados obtenidos para esta configuración con difusores orientados 45° sobre la horizontal no difieren de aquellos obtenidos para difusores horizontales. Por lo tanto, **por simplicidad constructiva se antepone la opción de difusores horizontales frente a difusores orientados 45°.**

6.6 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Del estudio de alternativas anterior realizado, se extraen las siguientes conclusiones:

- **Alternativa 0 (vertido en superficie): se descarta** debido a la peor dilución frente al resto de alternativas, a lo cual se unen la complejidad del sistema de descarga para mantener el vertido en superficie durante todo el ciclo mareal (carrera de marea de hasta 2,7 metros), unido a un fuerte impacto visual por alteración de la superficie.
- **Alternativa 1 (vertido en profundidad mediante una sola boca de descarga):** la dilución alcanzada permite el cumplimiento de los NCA a la finalización de la zona de mezcla para los contaminantes analizados, por lo que esta Alternativa se considera como **apta** desde el punto de vista medioambiental.

- **Alternativa 2** (vertido en profundidad mediante tramo difusor paralelo a la orilla con difusores horizontales): la dilución alcanzada en el límite de la zona de mezcla no permite el cumplimiento del NCA-MA para el contaminante con márgenes de cumplimiento más restrictivo, por lo que esta alternativa **queda descartada**.
- **Alternativa 3** (vertido en profundidad mediante tramo difusor perpendicular a la orilla con difusores horizontales): la dilución alcanzada por la configuración de un tramo de difusores de 20 metros permite el cumplimiento del NCA en el medio receptor para el contaminante que cuenta con márgenes de cumplimiento más restrictivo. Por lo tanto, **esta alternativa se considera como apta**.

En vista de lo anterior, si bien las Alternativas 1 y 3 se consideran como aptas, se concluye que **la mejor Alternativa para la descarga del vertido propuesto de MLF, desde el punto de vista de la dilución y afección al medio es la Alternativa 1** (una sola boca de descarga sumergida), dado que la Alternativa 1 presenta menores problemas operativos y de mantenimiento.

Una vez evaluadas las distintas alternativas planteadas, se debe comprobar que la configuración elegida en base a los mejores resultados en la fase de operacional de la mina, permite el cumplimiento de las NCA también durante la fase preoperacional, en la que el caudal de vertido aumenta.

Adicionalmente, se incluye en el presente estudio la afección del vertido al medio teniendo en cuenta el efecto del cambio climático sobre las características del medio receptor en un horizonte temporal de 20 años (hasta el año 2040). Para ello, se analizará como el cambio del estuario debido al cambio climático afectará a la dilución obtenida mediante la configuración elegida.

En base a lo anterior, se analiza a continuación la viabilidad de la Alternativa 1 para un escenario preoperacional con mayores caudales de vertido, así como en un escenario futuro, considerando los efectos del cambio climático sobre el medio.

6.7 EVALUACIÓN DE LA FASE PREOPERACIONAL PARA LA ALTERNATIVA 1

Durante la fase preoperacional, el vertido procedente de MLF será continuo con un caudal máximo de 1.600 m³/h. En este contexto, se comprueba a continuación que la configuración elegida para la situación habitual de operación de la mina, permite el cumplimiento de las NCA durante la fase preoperacional, tomando como referencia la concentración de cadmio, parámetro característico del vertido, cuya concentración una vez vertido, se acerca más al valor de la concentración máxima en el medio tomada como referencia (NCA-MA).

Teniendo en cuenta la naturaleza de las aguas de vertido en la fase preoperacional (achique de la corta), las concentraciones de contaminantes se prevén ligeramente menores, por lo que el valor límite del cadmio durante esta fase se reduce a 8 µg/l.

Para esta situación preoperacional, los resultados obtenidos para la Alternativa 1 (una sola boca de descarga) se exponen en la Tabla a continuación.

Cabe señalar que, para el escenario operacional en base al cual se ha realizado el análisis de alternativas, el campo cercano más amplio resultante fue de 187 metros, definiéndose una zona de mezcla de 200 metros desde el punto de vertido. En este contexto, en el escenario preoperacional, como se puede observar en la Tabla siguiente, el campo cercano más amplio se sitúa en 205 metros (caso h), por lo que, en aras de mantener un punto de control común en las fases preoperacional y operacional del Proyecto, se establece la zona de mezcla para el escenario preoperacional también a 200 metros del punto de vertido, desde una postura garantista. Si a 200 metros del punto de vertido se cumple con la NCA, a 205,91 se seguirá cumpliendo, ya que la dilución será mayor.

TABLA 6.15
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS PARA LA
ALTERNATIVA 1 EN LA SITUACIÓN PREOPERACIONAL
PARÁMETRO EVALUADO: CADMIO

| Caso | Caracterización del vertido | | | Caracterización medio receptor | | | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------|---|--|
| | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m ³ /s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de Flujo ¹ | Concentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Concentración promedio a 200 m del punto de vertido (µg/l) |
| 1A | Única boca de descarga | 0,34 | 0,44 | Bajamar | 0,10 | 33,59 | 0,210 | H5-90 | 0,222 | 0,121 |
| 1B | | | | Pleamar | 0,15 | 63,4 | 0,087 | H4-90A3 | 0,099 | |
| 1C | | | | Vaciante | 0,60 | 83,58 | 0,061 | H2 | 0,073 | |
| 1D | | | | Llenante | 0,80 | 118,00 | 0,052 | H2 | 0,064 | |
| 1E | | | | Bajamar | 0,10 | 33,59 | 0,212 | H5-90 | 0,224 | |
| 1F | | | | Pleamar | 0,15 | 59,62 | 0,093 | H5-90 | 0,105 | |
| 1G | | | | Vaciante | 0,60 | 140,11 | 0,058 | H2 | 0,070 | |
| 1H | | | | Llenante | 0,80 | 205,91 | 0,101 | H2 | 0,113 | |
| NCA-CMA para el Cadmio. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | 1,5 µg/l (Clase 5) | |
| NCA-MA para el Cadmio. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l) | | | | | | | | | 0,2 µg/l | |

Como se puede observar en la Tabla anterior, la concentración de cadmio calculada al finalizar la zona de mezcla se encuentra en todos los casos por debajo de la concentración máxima admisible (NCA-CMA), mientras que la concentración promedio de todos los casos (inverno y verano) es menor a la concentración media anual establecida como NCA (NCA-MA), por lo que se puede concluir que la **Alternativa 1 es apta para la dilución del vertido durante la Fase preoperacional.**

Cabe señalar que, de los tipos de flujos obtenidos para la situación preoperacional de mayor caudal, se repiten los tipos de flujo H2 y H4-90A3, resultados en el escenario operacional analizado. Asimismo, aparece un nuevo tipo de flujo, el H5-90, el cual se describe a continuación.

H5-90

En el campo cercano:

- 1.-El flujo se encuentra dominado por el momento del efluente. El chorro se pega al fondo y es débilmente arrastrado por la corriente del medio.
- 2.-Después de cierta distancia, el chorro del fondo es fuertemente desviado y arrastrado por la corriente del medio.
- 3.-El chorro se extiende verticalmente por toda la capa. A partir de este punto el flujo se encuentra mezclado verticalmente, pero puede volver a estratificarse más adelante.
- 4.-El momento inducido por la descarga sigue dominando el flujo. Sin embargo, el arrastre lateral y la difusión provocan una expansión de la pluma y un mezclado adicional. Inicialmente la pluma fluye de forma cruzada a la corriente del medio, pero es desviada progresivamente en la dirección de este. Al principio, la pluma se encuentra mezclada verticalmente por toda la capa, pero a cierta distancia puede ocurrir una re-estratificación, dependiendo de la fuerza y la dirección de la flotabilidad de la pluma.

En el campo lejano: (al igual que el flujo H4-90A3)

- 5.-La pluma se expande lateralmente a lo largo de la capa límite (superficie o pycnoclina) mientras está siendo transportada por la corriente del medio. El espesor de la pluma puede decrecer durante esta fase. El mezclado es relativamente pequeño. La pluma puede interactuar con el banco más próximo.
- 6.- Después de cierta distancia, la turbulencia de fondo se convierte en el mecanismo de mezcla predominante. La pluma va creciendo en profundidad y anchura y puede interactuar con el fondo y/o el banco del río.

Al igual que en los dos tipos de flujos anteriores, la pluma del vertido sube hasta la superficie del agua, como consecuencia de la menor densidad. Por este motivo, el vertido en su salida por la boca de descarga (sumergida cercana al fondo) se encontrará con un medio receptor no afectado por la pluma, renovado por la influencia mareal y/o fluvial.

6.8 EVALUACIÓN DE ESCENARIO FUTURO CONSIDERANDO EL CAMBIO CLIMÁTICO

Sobre la base de la configuración seleccionada, se desarrolla en el presente apartado un escenario futuro considerando los cambios que el medio receptor pudiera experimentar como consecuencia del cambio climático.

Las variaciones esperadas en el medio receptor del vertido se han analizado en referencia a las zonas afectadas por el Proyecto de puesta en marcha de la mina y su evolución respecto al cambio climático, considerando un horizonte temporal de 20 años (año 2040).

Los factores del medio receptor que pueden verse modificados por el cambio climático y que pueden afectar al comportamiento del vertido en el medio son los siguientes: variaciones en el caudal del estuario, variaciones en el nivel del mar (y por tanto en el estuario), incremento de la temperatura del agua e incremento de la temperatura ambiente.

La variación de caudal en el estuario podría verse afectada por cambios en los regímenes pluviométricos de la zona, no obstante, debido a la fuerte influencia mareal en el estuario, la variación de caudal asociada al cambio climático se puede considerar como no significativa.

Asimismo, en cuanto al aumento del nivel del mar en la desembocadura, se estima de forma conservadora un valor de incremento del nivel en el estuario de 6 mm/año, que supondría un aumento total de nivel de 0,126 metros en el año 2040, lo cual se considera asimismo como poco significativo. Por lo tanto, esta variable se prevé no afectará a las condiciones de dilución del medio en este escenario futuro.

Respecto al incremento de la temperatura del agua esperado, se empleará para el escenario futuro un incremento de 0,18 °C por década, correspondiente a la tasa media de cambio para aguas litorales durante los pasados 30 años. De este modo, para el año 2040 se prevé un incremento de la temperatura del agua de 0,36°C. Un aumento de temperatura del agua del estuario modificaría la densidad del agua y por tanto la dilución del vertido, no obstante, para el presente caso, un incremento de 0,36°C no tendría un efecto apreciable sobre la densidad. Tal y como se detalla en la Tabla 6.1, una diferencia de 7°C en el medio receptor, da lugar a una variación de densidad de 997,9 kg/m³ a 999,5 kg/m³, por lo que el efecto de esta variable se ha considerado como despreciable para la evaluación del presente escenario futuro, debido a la escasa entidad del cambio estimado.

En vista de lo anterior, **únicamente se tendrá en cuenta para evaluar el efecto del cambio climático, el incremento de la temperatura ambiente**, que puede contribuir a un aumento de la temperatura del vertido a su descarga, y por tanto a la densidad del fluido objeto de estudio. La menor densidad del vertido respecto al medio, afecta al empuje ascendente que dirige la pluma hacia la superficie.

Para ello, se han tenido en cuenta la evolución de los valores de temperatura máxima según el Visor de Escenarios de Cambio Climático, el cual se nutre de proyecciones de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y de la iniciativa internacional Euro-CORDEX. Se toman para este estudio los valores medios de los resultados obtenidos a partir de los diferentes modelos empleados en el cálculo de las proyecciones, concluyéndose la posibilidad de que se produzca un incremento de temperatura para el año 2040 respecto a la situación actual en la provincia de Sevilla de 1,21°C en invierno y de 2,35 °C en verano.

Una vez caracterizado el medio receptor en un escenario futuro (año 2040) en función de las consecuencias del cambio climático, se va a modelar la configuración elegida según el estudio de alternativas realizado para la situación operacional habitual. Concretamente, se evaluará la incidencia de la modificación del medio receptor sobre la Alternativa 1 (una sola boca de descarga), para el parámetro concentración de cadmio (contaminante característico del vertido cuya concentración esperada en el límite del campo cercano se acerca más a las NCA impuestas en el medio receptor), en el límite de zona de mezcla definida anteriormente (200 metros del punto de vertido).

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla siguiente.

TABLA 6.16
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS PARA LA
ALTERNATIVA 1 EN LA SITUACIÓN FUTURA CONSIDERANDO EL CAMBIO CLIMÁTICO.
PARAMETRO EVALUADO: CADMIO

| Caso | Caracterización del vertido | | | Caracterización medio receptor | | | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|--|----------------------------|---|--|
| | Configuración descarga | Diámetro boca (m) | Caudal (m ³ /s) | Marea | Velocidad de corriente (m/s) | Distancia de fin del campo cercano (m) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de Flujo ¹ | Concentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | Concentración promedio a 200 m del punto de vertido (µg/l) |
| 1A | Única boca de descarga | 0,34 | 0,138 | Bajamar | 0,10 | 23,05 | 0,185 | H4-90A3 | 0,197 | 0,099 |
| 1B | | | | Pleamar | 0,15 | 26,29 | 0,108 | H2 | 0,120 | |
| 1C | | | | Vaciante | 0,60 | 83,76 | 0,037 | H2 | 0,049 | |
| 1D | | | | Llenante | 0,80 | 99,52 | 0,033 | H2 | 0,045 | |
| 1E | | | | Bajamar | 0,10 | 29,46 | 0,156 | H4-90A3 | 0,168 | |
| 1F | | | | Pleamar | 0,15 | 33,54 | 0,096 | H2 | 0,108 | |
| 1G | | | | Vaciante | 0,60 | 111,45 | 0,040 | H2 | 0,052 | |
| 1H | | | | Llenante | 0,80 | 130,53 | 0,041 | H2 | 0,053 | |
| NCA-CMA para el Cadmio. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l): | | | | | | | | | 1,5 µg/l (Clase 5) | |
| NCA-MA para el Cadmio. Otras aguas superficiales según R.D. 817/2015 (µg/l) | | | | | | | | | 0,2 µg/l | |

Como se puede observar, la Alternativa 1 permite el cumplimiento del NCA del medio para el parámetro concentración de cadmio en un escenario futuro en el que el medio se hubiera visto modificado por efecto del cambio climático, por lo tanto, se puede concluir que **la Alternativa 1 es apta para un escenario futuro en el que el medio receptor se haya visto modificado como consecuencia del cambio climático.**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de la situación preoperacional y el escenario considerando el cambio climático, se opta como sistema de vertido para MLF, la Alternativa 1 porque consigue el cumplimiento de las NCA establecidas para los contaminantes limitados en el vertido y presenta ventajas técnicas, constructivas, operacionales y de mantenimiento.

7. MODELIZACIÓN DEL VERTIDO DEL PROYECTO MLF AL DPMT

En este Capítulo se procede a modelizar el vertido que el Proyecto MLF efectuará al DPMT, mediante el modelo hidrodinámico CORMIX. Para ello, se considerará la alternativa de la configuración de vertido seleccionada en el Estudio de Alternativas realizado en el Capítulo anterior.

A continuación, se presenta el estudio hidrodinámico del vertido propuesto implementando la configuración de vertido correspondiente a la Alternativa 1, consistente en una sola boca de descarga profundamente sumergida orientada perpendicularmente a la dirección de corriente.

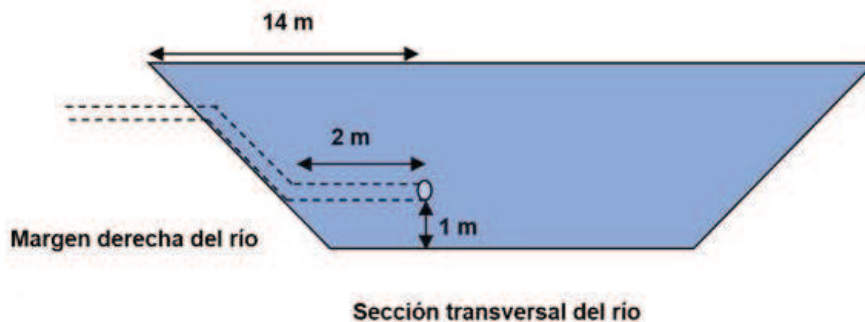
Para ello, en primer lugar, se muestran los escenarios a considerar en la modelización, especificando los parámetros que los caracterizan. Seguidamente se presentan tabulados los resultados obtenidos de la modelización del vertido. Finalmente se comparan dichos resultados con la normativa aplicable, descrita en el Capítulo 2 del presente Informe.

7.1 ESCENARIOS CONSIDERADOS PARA LA MODELIZACIÓN DEL VERTIDO

La casuística analizada para evaluar la dilución del vertido del Proyecto de MLF al río Guadalquivir, mediante la aplicación del modelo hidrodinámico CORMIX, está fundamentada en los siguientes factores:

- Características de la conducción seleccionada en el estudio de alternativas:
 - * Conducción profundamente sumergida con una sola boca de descarga.
 - * Una sola boca de descarga situada a 14 metros de la margen derecha del río (para un observador de cara hacia la desembocadura), con una longitud de 2 metros una vez pasado el límite del talud natural del río, a 1 metro del fondo.
 - * Configuración de descarga: una sola boca de descarga de diámetro 0,34 m, instalada perpendicular a la orilla, y por ende a la dirección de la corriente.

FIGURA 7.1
CROQUIS DE LA CONFIGURACIÓN DE LA DESCARGA SELECCIONADA



- Los parámetros para los que se propone valor límite en el vertido, caracterizados en el Capítulo 3 de este informe.
- Las características propias del medio receptor, descritas detalladamente en el Capítulo 4.

Así, para la definición de los escenarios a modelizar con CORMIX, y considerando la caracterización realizada del medio receptor del vertido efectuada en los capítulos previos, se ha optado por llevar a cabo el estudio de dilución en dos periodos temporales diferenciados: invierno (octubre-marzo) y verano (abril-septiembre), los mismos que ya fueron empleados para el estudio de alternativas de la conducción del vertido.

Por otra parte, dentro del análisis del medio receptor se han identificado las siguientes situaciones:

- a) Situaciones mareales: Bajamar, Pleamar, Llenante y Vaciante.

Para cada una de las anteriores situaciones mareales se ha considerado que el vertido en el medio receptor ha alcanzado un régimen permanente. La validez de dicha hipótesis se basa, en el caso que nos ocupa, en la consideración de que el actual nivel de fondo del medio receptor (caracterizado mediante las medidas y analíticas realizadas en aguas arriba del mismo) ya incorpora un nivel residual de cada uno de los parámetros que serán vertidos por el Proyecto de MLF. Ello permite asimilar los efectos que la recirculación mareal puede originar al retornar a la zona de vertido concentraciones residuales originadas en el medio receptor por el vertido de MLF en situaciones mareales anteriores, y hasta que el flujo neto fluvial del río las desplaza aguas abajo.

- b) Velocidades de corriente: Características de cada una de las situaciones mareales anteriores.
- c) Temperatura del agua: Representativas de una situación media en el período invernal y en el período estival.

Debido a la baja profundidad del medio receptor en la zona en la que se realiza el vertido y a los datos y estudios disponibles del medio receptor (en los que se destaca la ausencia de variaciones verticales significativas y la consideración de mezcla perfecta en gran parte del río y del Estuario), se ha supuesto que no existen variaciones verticales de temperatura en el medio receptor.

- d) Velocidades de viento: Característica de la situación media anual.
- e) Salinidad: Representativa de los períodos de invierno y verano considerados, dada la ausencia de variaciones significativas entre cada una de las situaciones mareales analizadas.

Se ha considerado la hipótesis de uniformidad en la columna de agua, sin la formación de picnoclinas en el medio receptor como consecuencia de un salto de densidades (salinidad), en base a los datos presentados en el Capítulo 4 del presente informe (ver Figura 4.9 y Tabla 4.4).

- f) Altura de la lámina de agua (marea): La altura de la lámina de agua en el área del punto de vertido, dependiente del estado de la marea en cada instante, se ha modelizado considerando una carrera marea media en el entorno de los 2,7 m (basándose en los análisis y en los datos presentados en el Capítulo 4), máxima para el estado de pleamar o marea llena, mínima para la bajamar o marea baja, e intermedia para los estados de marea llenante y vaciante.

Los valores característicos de cada uno de estos parámetros se han seleccionado en base a la información presentada en el apartado 4.1 (“Características del estuario del Guadalquivir en el entorno del punto de vertido propuesto”).

El análisis de la dispersión hidrodinámica se ha realizado basándose en las situaciones mareales anteriormente descritas, así como en la consideración del máximo caudal de vertido y del incremento de concentración de contaminantes máximos (valores límites que se pretenden autorizar para el Proyecto MLF), lo que implica una situación conservadora en el análisis de cada uno de los diferentes casos.

Por otra parte, en cuanto a la caracterización del vertido de la instalación, se contempla el caudal máximo equivalente en operación de 500 m³/h. Si bien en esta fase, el vertido se podrá realizar a partir de un sistema de regulación por lotes con un caudal máximo de 1.600 m³/h, el cual se corresponde a su vez, con el caudal máximo previsto en la situación preoperacional, quedando ambas fases analizadas. La caracterización del vertido variará

ligeramente en la fase preoperacional respecto a la fase operacional, en la que se prevén menores concentraciones de contaminantes, debido a la naturaleza de las aguas contenidas en la Corta que constituirán el vertido.

En las Tabla 7.1 se presentan los diferentes casos que se han estudiado para evaluar la dilución de los parámetros limitados en el vertido.

TABLA 7.1
CASOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO DE DILUCIÓN DEL VERTIDO DE MLF A DPMT

| Escenario | | Caracterización del vertido | | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|-----------|----------|-----------------------------|--------|-------------------------------|------------------------------------|--|----------------------------|-------------|-------------------------------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | | Densidad (kg/m ³) | Marea | Velocidad corriente ⁽¹⁾ (m/s) | Velocidad del viento (m/s) | T agua (°C) | Densidad (kg/m ³) |
| | | Oper. | Preop. | | | | | | |
| A | Invierno | 0,138 0,44 | 0,44 | 997,8 | Bajamar | 0,10 | 2,03 | 16,8 | 999,5 |
| B | | | | | Pleamar | 0,15 | | | |
| C | | | | | Vaciante | 0,60 | | | |
| D | | | | | Llenante | 0,80 | | | |
| E | Verano | 0,138 0,44 | 0,44 | 997,3 | Bajamar | 0,10 | 2,03 | 23,2 | 997,9 |
| F | | | | | Pleamar | 0,15 | | | |
| G | | | | | Vaciante | 0,60 | | | |
| H | | | | | Llenante | 0,80 | | | |

⁽¹⁾ La velocidad de corriente no se modifica apreciablemente en función de los cambios climáticos estacionales, tal y como se expone en el apartado de caracterización del medio receptor del que forma parte el presente documento, incluido como Capítulo 4.

Adicionalmente a los distintos escenarios considerados según las situaciones mareales y periodos estacionales del medio receptor, se analizará un escenario futuro en el que cauce receptor se haya visto afectado por el **cambio climático**.

Tal y como se ha expuesto anteriormente, en el Estudio de Alternativas incluido en el Capítulo 6 anterior, se han analizado las variaciones esperadas en el medio receptor del vertido derivadas de los efectos del cambio climático considerando un horizonte temporal de 20 años (hasta 2040).

Los factores del medio receptor que pueden verse modificados por el cambio climático y que pueden afectar al comportamiento del vertido en el medio son los siguientes: variaciones en el caudal del estuario, variaciones en el nivel del mar (y por tanto en el estuario), incremento de la temperatura del agua e incremento de la temperatura ambiente. Del análisis de estos factores en la situación futura se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La variación de caudal en el estuario podría verse afectada por cambios en los regímenes pluviométricos de la zona, no obstante, debido a la fuerte influencia mareal en el estuario, la variación de caudal asociada al cambio climático se puede considerar como no significativa.

- El aumento del nivel del mar en la desembocadura, se estima de forma conservadora un valor de incremento del nivel en el estuario de 6 mm/año, que supondría un aumento total de nivel de 0,126 metros en el año 2040, lo cual se considera asimismo como poco significativo. Por lo tanto, esta variable se prevé no afectará a las condiciones de dilución del medio en este escenario futuro.
- La tasa media de cambio de temperatura del agua para aguas litorales se sitúa en 0,18°C por década, durante los pasados 30 años. De este modo, para el año 2.040 se prevé un incremento de la temperatura del agua de 0,36°C, el cual no tendría un efecto apreciable sobre la densidad.
- El incremento de la temperatura ambiente, que puede contribuir a un aumento de la temperatura del vertido a su descarga, y por tanto a la densidad del fluido objeto de estudio. Se toman para este estudio un incremento de temperatura para el año 2040 respecto a la situación actual en la provincia de Sevilla de 1,21°C en invierno y de 2,35 °C en verano.

En la Tabla 7.2 se presentan los diferentes casos que se han estudiado para evaluar la dilución de los parámetros limitados en el vertido en la situación futura en la que el vertido se encuentre afectado por el cambio climático.

TABLA 7.2
CASOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO DE DILUCIÓN DEL VERTIDO DE MLF A DPMT
SITUACIÓN FUTURA AFECTADA POR EL CAMBIO CLIMÁTICO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|-----------|----------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--|----------------------------|-------------|-------------------------------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | Densidad (kg/m ³) | Marea | Velocidad corriente ⁽¹⁾ (m/s) | Velocidad del viento (m/s) | T agua (°C) | Densidad (kg/m ³) |
| A | Invierno | 0,138 0,44 | 997,6 | Bajamar | 0,10 | 2,03 | 16,8 | 999,5 |
| B | | | | Pleamar | 0,15 | | | |
| C | | | | Vaciante | 0,60 | | | |
| D | | | | Llenante | 0,80 | | | |
| E | Verano | | 996,7 | Bajamar | 0,10 | | 23,2 | 997,9 |
| F | | | | Pleamar | 0,15 | | | |
| G | | | | Vaciante | 0,60 | | | |
| H | | | | Llenante | 0,80 | | | |

⁽¹⁾ La velocidad de corriente no se modifica apreciablemente en función de los cambios climáticos estacionales, tal y como se expone en el apartado de caracterización del medio receptor del que forma parte el presente documento, incluido como Capítulo 6.

En cuanto a los valores de referencia de calidad del agua a emplear para analizar la incidencia del vertido sobre el medio, serán aquellos establecidos en el Real Decreto 817/2015 como Normas de Calidad Ambiental (NCA), tal y como se describe en el apartado 2.2 del presente documento. El citado Real Decreto establece NCA para los siguientes metales característicos del vertido: cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, cobre, selenio y zinc.

A este respecto, para el resto de parámetros a analizar se emplearán como referencia los objetivos de calidad de la parcialmente derogada Orden de 14 de febrero de 1997, *por la que se clasifican las aguas litorales andaluzas y se establecen los objetivos de calidad de las aguas afectadas directamente por los vertidos*. Esta Orden fue derogada por el Decreto 109/2015, a excepción de los objetivos de calidad establecidos en su Anexo 2, que seguirán siendo de aplicación hasta que no se aprueben los distintos documentos normativos que establezcan valores de cambio de estado, para los indicadores físico-químicos de las masas de agua costera y de transición y se deroguen expresamente en ellos. Se aplicarán los objetivos de calidad de la citada Orden a los parámetros pH, sólidos en suspensión, cromo y fluoruros.

Para aquellos parámetros para los que exista NCA o valor objetivo de calidad según la Orden de 14 de febrero de 1997, se evaluará la incidencia de los mismos al medio respecto a su valor actual en el medio, no afectado por el vertido.

Los valores normativos de referencia, en base a los cuales se analizará la afección del vertido al medio a partir de los resultados obtenidos en la modelización hidrodinámica se muestran en la Tabla a continuación. Asimismo, se incluyen las concentraciones de vertido de los diferentes parámetros empleadas en la modelización, correspondientes a los límites diarios propuestos por MLF para cada uno de ellos.

TABLA 7.3
PARÁMETROS A MODELIZAR EN EL ESTUDIO DE DILUCIÓN DEL VERTIDO DE MLF Y
NIVELES DE REFERENCIA EN EL MEDIO RECEPTOR

| Parámetro | Unidades | Límite diario vertido propuesto (fase preoperacional) | Límite diario vertido propuesto (fase operacional) | Niveles en el medio receptor ⁽³⁾ | Normas de Calidad Ambiental (R.D. 817/2015) (mg/l) | | | Objetivos de calidad Orden de 14 de febrero de 1997 ⁽¹⁾ (mg/l) |
|-------------------------|----------------------|---|--|---|--|-----------------------------------|----------------------------------|---|
| | | | | | Sustancias prioritarias | | Sustancias preferentes | |
| | | | | | NCA-MA Otras aguas superficiales | NCA-CMA Otras aguas superficiales | NCA-MA Otras aguas superficiales | |
| pH ⁽²⁾ | Ud. pH | 5,5-9,5 | 5,5-9,5 | 7,7 | - | - | - | 6-9 |
| TSS ⁽²⁾ | mg/L | 35 | 35 | 358 | - | - | - | Δ 20% |
| DQO | mg/L O ₂ | 100 | 100 | 15,3 | - | - | - | - |
| Nitratos | mg/L NO ₃ | 50 | 50 | 17,6 | - | - | - | - |
| Hierro ⁽²⁾ | mg/L | 0,5 | 0,5 | 1,5 | - | - | - | - |
| Aluminio ⁽²⁾ | mg/L | 0,5 | 0,5 | 0,87 | - | - | - | - |
| Manganeso | mg/L | 0,5 | 0,5 | 0,2 | - | - | - | - |
| Cadmio disuelto | mg/L | 0,008 | 0,01 | 0,000012 | 0,0002 | 0,0015 (Clase 5) | - | - |
| Plomo disuelto | mg/L | 0,015 | 0,015 | 0,00018 | 0,0013 | 0,014 | - | - |
| Mercurio disuelto | mg/L | 0,0005 | 0,0005 | 0,0000075 | - | 0,00007 | - | - |
| Níquel disuelto | mg/L | 0,1 | 0,1 | 0,0035 | 0,0086 | 0,034 | - | - |
| Arsénico disuelto | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,00175 | - | - | 0,025 | - |
| Cobre disuelto | mg/L | 0,1 | 0,1 | 0,003 | - | - | 0,025 | - |
| Cromo disuelto | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,0025 | - | - | - | 0,02 |
| Selenio disuelto | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,0008 | - | - | 0,01 | - |
| Zinc disuelto | mg/L | 0,5 | 0,5 | 0,0045 | - | - | 0,06 | - |
| Fluoruros | mg/L | 3,5 | 3,5 | 0,246 | - | - | - | 1,7 |
| Boro | mg/L | 0,5 | 0,5 | 0,102 | - | - | - | - |
| Sulfitos | mg/L | 3 | 3 | No hay datos | - | - | - | - |

⁽¹⁾ El río Guadalquivir desde Sanlúcar de Barrameda hasta la Presa de Alcalá se clasifica como agua limitada en la Orden.

⁽²⁾ Parámetros excluidos de la modelización por no contribuir a un incremento de los niveles de fondo del medio, tal y como se justifica a continuación.

⁽³⁾ La caracterización del medio receptor determinada a partir de las medidas realizada por MLF en las sucesivas campañas de muestreos realizadas de junio de 2019 a febrero de 2020.

Como se puede observar en la Tabla anterior, los límites de concentración en el vertido para sólidos en suspensión, hierro y aluminio se encuentran en ambos casos por debajo de la concentración de estos parámetros en el medio receptor, por lo que en ningún caso la contribución del vertido de MLF podría suponer un incremento de los niveles de fondo

del río para estos contaminantes. En base a ello, **se eliminan los sólidos en suspensión, el hierro y el aluminio de la batería de parámetros a modelizar.**

Igualmente, el rango de pH limitado en el vertido se sitúa muy próximo a los objetivos de calidad del medio, así como al nivel medido en el río, por lo que se puede considerar que el vertido de MLF no va a provocar una variación significativa de los niveles de pH del río, **excluyéndose el parámetro pH de aquellos a modelizar.**

7.2 RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN DEL VERTIDO

En el presente apartado se va a llevar a cabo la presentación de los resultados de la modelización de vertido, así como el análisis de los mismos, para los escenarios de operación, preoperacional y de situación futura afectada por el cambio climático.

7.2.1 Presentación de resultados

Las variables empleadas para la presentación de los resultados serán el incremento de concentración en el medio debido al vertido al finalizar la zona de mezcla, la distancia a la que el campo cercano finaliza (a partir de la cual se define la zona de mezcla), así como los incrementos de concentración a diferentes distancias al punto de vertido.

A partir del incremento de concentración al finalizar la zona de mezcla, sumado a los niveles de fondo medidos, se determina la concentración final esperable en este punto, la cual se comparará con las Normas de Calidad Ambiental (NCA), objetivos de calidad o niveles de fondo del río en cada caso, tanto para el caudal de 500 m³/h como para los 1.600 m³/h.

En este punto, cabe incidir en que el campo cercano se define como la zona del medio receptor en la que la dilución y trayectoria del vertido está determinada por las propias condiciones del vertido y por la geometría y diseño del dispositivo de descarga. Tras el campo cercano, en el campo lejano la dilución del vertido está asociada fundamentalmente a las características del medio receptor, volviéndose las características de la descarga menos importantes. La dilución inicial en el campo cercano es mucho mayor que en el campo lejano, de ahí que para definir la **zona de mezcla** se tome como referencia la finalización del **campo cercano**, de manera que deberán cumplirse los objetivos medioambientales a la finalización del mismo, de acuerdo a lo establecido en la legislación de aplicación⁶.

En vista de lo anterior, al igual que se procedió para el Estudio de Alternativas, se tomará como límite de zona de mezcla del vertido, la finalización del campo cercano más amplia de todos los casos modelizados. En la situación operacional, para un caudal máximo equivalente de 500 m³/h, el campo cercano más amplio ha resultado para una distancia de 187 metros, mientras que para el caudal máximo de 1.600 m³/h, la mayor distancia a la que finaliza el campo cercano se sitúa en 205,91 (caso H, estando el resto de casos por debajo de

⁶ Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

200 m), por lo que se tomará, al igual que para el Estudio de Alternativas, como distancia de referencia para la finalización de la zona de mezcla 200 metros del punto de vertido. Asimismo, para el escenario preoperacional, el campo cercano más amplio se sitúa en 205,91 metros, definiéndose la zona de mezcla a 200 metros del punto de vertido, en aras de mantener un punto de control común en las fases preoperacional y operacional del Proyecto y desde una postura conservadora. Si a 200 metros del punto de vertido se cumple con la NCA, a 205,91 se seguirá cumpliendo, ya que la dilución será mayor.

Por su parte, en los escenarios de cambio climático, la distancia de finalización de campo cercano disminuye hasta los 140 metros, a los que se establecerá la nueva zona de mezcla.

Las distancias a la que finaliza el campo cercano para cada uno de los casos y escenarios modelizados se muestran en la Tabla a continuación, siendo éstas idénticas para todos los parámetros analizados.

TABLA 7.4
DISTANCIAS A LAS QUE FINALIZA EL CAMPO CERCANO PARA LOS ESCENARIOS
MODELIZADOS Y ZONA DE MEZCLA DEFINIDA

| Escenario | | Casos | Distancia a la finaliza el campo cercano | Zona de mezcla definida (m) |
|------------------|-----------------------------------|-------|--|-----------------------------|
| Operacional | Caudal de 500 m ³ /h | 1 | 24,56 | 200 |
| | | 2 | 27,77 | |
| | | 3 | 88,6 | |
| | | 4 | 104,39 | |
| | | 5 | 40,68 | |
| | | 6 | 46,94 | |
| | | 7 | 163,28 | |
| | | 8 | 187,13 | |
| | Caudal de 1.600 m ³ /h | 1 | 33,59 | |
| | | 2 | 63,4 | |
| | | 3 | 83,58 | |
| | | 4 | 118,00 | |
| | | 5 | 33,59 | |
| | | 6 | 59,62 | |
| | | 7 | 140,11 | |
| | | 8 | 205,91 | |
| Preoperacional | Caudal de 1.600 m ³ /h | 1 | 33,59 | |
| | | 2 | 63,4 | |
| | | 3 | 83,58 | |
| | | 4 | 118,00 | |
| | | 5 | 33,59 | |
| | | 6 | 59,62 | |
| | | 7 | 140,11 | |
| | | 8 | 205,91 | |
| Cambio climático | Caudal de 500 m ³ /h | 1 | 23,05 | 140 |
| | | 2 | 26,29 | |
| | | 3 | 83,76 | |
| | | 4 | 99,52 | |
| | | 5 | 29,46 | |
| | | 6 | 33,54 | |
| | | 7 | 111,45 | |
| | | 8 | 130,53 | |
| | Caudal de 1.600 m ³ /h | 1 | 35,14 | |
| | | 2 | 62,83 | |
| | | 3 | 78,53 | |
| | | 4 | 110,66 | |
| | | 5 | 35,14 | |
| | | 6 | 78,11 | |
| | | 7 | 100,16 | |
| | | 8 | 143,84 | |

Cabe recordar que, las NCA establecidas en el Real Decreto 817/2015, en el caso de los contaminantes considerados en el presente estudio, vienen expresadas bien como Concentración Máxima Admisible (NCA-CMA) o como valor medio anual (NCA-MA), por lo

que según el tipo de escenario que se esté evaluando se tomará como referencia la CMA o la MA.

A continuación, se resumen los escenarios que se modelizan, con las particularidades propias principales de cada uno de ellos, así como los valores normativos sobre los que se analizará la afección al medio (NCA-CMA o NCA-MA) en aquellos parámetros para los que exista valor asociado.

**TABLA 7.5
RESUMEN DE ESCENARIOS DE VERTIDO MODELIZADOS**

| Escenario | Descripción | | NCA de referencia |
|------------------------------|---------------------|--|-------------------|
| Preoperacional | Vertido continuo | Caudal máximo de 1.600 m ³ /h | NCA-CMA NCA-MA |
| Operacional | Vertido discontinuo | Caudal máximo equivalente de 500 m ³ /h | NCA-MA |
| | | Caudal máximo por lotes de 1.600 m ³ /h | NCA-CMA |
| Operacional Cambio climático | Vertido discontinuo | Caudal máximo equivalente de 500 m ³ /h | NCA-MA |
| | | Caudal máximo por lotes de 1.600 m ³ /h | NCA-CMA |

En base a lo anterior, en todos los escenarios, las variables empleadas para la presentación de los resultados, son:

- **ΔConcentración al finalizar la zona de mezcla:** Incremento de concentración máximo en la columna de agua, ocasionado por el vertido en el sentido de la corriente, a la finalización de la zona de mezcla definida en función del campo cercano más amplio de los casos considerados.
- **ΔConcentración a mayor distancia del punto de vertido:** Incremento de concentración máximo en la columna de agua, ocasionado por el vertido a la distancia de 400 m medidos desde el punto de vertido en el sentido de la corriente para los escenarios preoperacional y operacional y a 200 metros y 400 metros en el escenario futuro para el cambio climático.

Los resultados obtenidos con el modelo CORMIX para cada uno de los parámetros del vertido analizados y para los tres escenarios modelizados (preoperacional, operacional y cambio climático) se presentan en los anexos III, IV y V respectivamente. En cada Anexo, mediante tablas, se detallan los resultados del modelo, así como la comparativa de los mismos con las Normas de Calidad Ambiental (NCA), objetivos de calidad o niveles de fondo del río en cada caso, para los distintos caudales asociados a cada escenario (500 ó 1.600 m³/h).

A efectos de comparar en los mismos términos los resultados obtenidos en la modelización con la normativa vigente aplicable, se hace necesario determinar la contribución de vertido en términos anuales para aquellos parámetros para los que se establece NCA-MA (concretamente para el cadmio, plomo, níquel, arsénico, cobre, selenio y zinc como metales disueltos). Así, partiendo de los resultados obtenidos en la modelización, se estima que el

valor medio anual del incremento de concentración de cada parámetro puede asimilarse al promedio de los valores obtenidos en los escenarios de invierno y verano, para todas las condiciones mareales.

Por otro lado, para aquellos contaminantes en los que se establezca NCA-CMA (concentración máxima admisible) o valor objetivo de calidad según la Orden de 14 de febrero de 1997, se comparará el incremento máximo de concentración con el valor de referencia (sumado al nivel actual del medio receptor), desde una posición garantista.

Adicionalmente, para aquellos contaminantes para los que se no se dispone de valores de referencia legales en relación a la calidad del agua, se analizará la afección del vertido mediante la contribución máxima del mismo a los niveles del actuales de concentración de contaminantes en el río.

7.2.2 Análisis de resultados de la modelización del vertido en la situación operacional

Durante la **Fase operacional**, el caudal máximo equivalente previsto será de **500 m³/h**, si bien se podrán alcanzar caudales máximos **por lotes de hasta 1.600 m³/h**, en función de la operativa del sistema de vertido.

Cabe incidir en que en el Anexo IV se incluyen los resultados obtenidos en la modelización del vertido proyectado por MLF para este escenario, exponiéndose en el presente apartado el resumen y análisis de los mismos.

En esta fase, para el caudal máximo de vertido discontinuo de 1.600 m³/h, se han comparado los resultados de dilución obtenidos con los valores NCA-CMA para las sustancias cadmio, plomo, mercurio y níquel en sus formas disueltas. Para ello, se ha calculado la concentración máxima de estos parámetros en el límite de la zona de mezcla (200 metros del punto de vertido) a partir de la máxima contribución del vertido de MLF resultante de los 8 casos modelados, adicionando el nivel de fondo medido.

En la Tabla a continuación, se resumen los valores de concentración final calculadas a 200 metros del punto de vertido para los parámetros para los existe NCA-CMA.

TABLA 7.6
TABLA RESUMEN COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NCA-CMA
SITUACION OPERACIONAL CAUDAL DE 1.600 m³/h

| Escenario | Parámetro | ΔConcentración máxima a 200 metros del punto de vertido ⁽¹⁾ (µg/l) | Nivel de fondo actual (µg/l) | Concentración final (µg/l) | NCA-CMA (µg/l) |
|---|-----------|---|------------------------------|----------------------------|----------------|
| Situación operativa Caudal discontinuo máximo de 1.600 m ³ /h | Cadmio | 0,26 | 0,012 | 0,28 | 1,5 |
| | Plomo | 0,39 | 0,18 | 0,57 | 14 |
| | Mercurio | 0,013 | 0,0075 | 0,021 | 0,07 |
| | Níquel | 2,56 | 3,5 | 6,06 | 34 |

⁽¹⁾ Incremento de concentración máximo a 200 m del punto de vertido de los 8 casos modelizados.

Por otro lado, para un caudal máximo equivalente de 500 m³/h, se comparan los resultados de la modelización con la NCA-MA para los siguientes parámetros: cadmio, plomo, níquel, arsénico, cobre, selenio y zinc en sus formas disueltas. Para ello, se ha calculado la concentración final en el límite de la zona de mezcla, a partir de la contribución promedio de todos los casos modelizados para estos parámetros en el límite de la zona de mezcla (200 metros del punto de vertido) resultante de la modelización, adicionando el nivel de fondo medido.

En la Tabla a continuación, se resumen los valores de concentración final calculadas a 200 metros del punto de vertido para los parámetros para los existe NCA-MA.

TABLA 7.7
TABLA RESUMEN COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NCA-MA
SITUACION OPERACIONAL CAUDAL DE 500 m³/h

| Escenario | Parámetro | ΔConcentración promedio a 200 metros del punto de vertido (µg/l) | Nivel de fondo actual (µg/l) | Concentración final (µg/l) | NCA-MA (µg/l) |
|--|-----------|--|------------------------------|----------------------------|---------------|
| Situación operativa Caudal continuo máximo de 500 m ³ /h | Cadmio | 0,09 | 0,012 | 0,1 | 0,2 |
| | Plomo | 0,13 | 0,18 | 0,31 | 1,3 |
| | Níquel | 0,87 | 3,5 | 4,37 | 8,6 |
| | Arsénico | 0,44 | 1,75 | 2,19 | 25 |
| | Cobre | 0,88 | 3 | 3,88 | 25 |
| | Selenio | 0,083 | 0,8 | 0,883 | 10 |
| | Zinc | 4,5 | 4,5 | 9 | 60 |

Como se puede observar en las Tablas anteriores, las concentraciones calculadas para todos los contaminantes en el límite de mezcla, se encuentran por debajo de las NCA-CMA y NCA-MA establecidas por la normativa, por lo que se puede concluir que **la contribución del vertido de MLF a las concentraciones de cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, selenio, cobre y zinc en el río Guadalquivir, es compatible en el escenario operativo.**

Para aquellas sustancias para las que no se establecen NCA, pero se establecieron objetivos de calidad en la Orden de 14 de febrero de 1997, concretamente cromo y fluoruros, se muestra a continuación la concentración final calculada, a partir del incremento de concentración máximo debido al vertido (para el caudal de 1.600 m³/h) y del nivel de fondo, respecto a los objetivos de calidad fijados en dicha Orden.

TABLA 7.8
TABLA RESUMEN COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON OBJETIVOS DE CALIDAD
SITUACION OPERACIONAL CAUDAL DE 1.600 m³/h

| Escenario | Parámetro | Unidades | ΔConcentración máximo a 200 metros del punto de vertido ⁽¹⁾ | Nivel de fondo actual | Concentración final | Objetivo de calidad |
|--|-----------|----------|--|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Situación operacional Caudal discontinuo máximo de 1.600 m ³ /h | Cromo | µg/l | 0,199 | 2,5 | 2,699 | 20 |
| | Fluoruros | mg/l | 0,086 | 0,246 | 0,332 | 1,7 |

⁽¹⁾ Incremento de concentración máximo a 200 m del punto de vertido de los 8 casos modelizados.

Como se puede observar, en la situación más conservadora, la contribución del vertido de MLF a las concentraciones actuales de cromo y fluoruros en el medio, se encuentra por debajo de los objetivos de calidad fijados. Por lo tanto, se puede concluir que **la contribución del vertido de MLF a las concentraciones de cromo y fluoruros al río Guadalquivir es compatible en el escenario operacional**

En el caso del resto de parámetros para los que se no se dispone de normas de calidad ambiental u objetivos de calidad (nitratos, DQO, manganeso y boro), la concentración final calculada a partir de la contribución máxima del vertido a la finalización del campo cercano, se compara con el nivel de cada parámetro en el medio receptor, tal y como se detalla en la Tabla a continuación.

TABLA 7.9
TABLA RESUMEN COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON LOS NIVELES DEL MEDIO
SITUACION OPERACIONAL CAUDAL DE 1.600 m³/h

| Escenario | Parámetro | Unidades | ΔConcentración máximo a 200 metros del punto de vertido ⁽²⁾ | Nivel de fondo actual | Concentración final |
|--|-------------------------|----------|--|-----------------------|---------------------|
| Situación operacional Caudal discontinuo máximo de 1.600 m ³ /h | DQO | mg/l | 2,25 | 15,3 | 17,55 |
| | Nitratos | mg/l | 0,86 | 17,6 | 18,46 |
| | Manganeso | mg/l | 7,9 | 204 | 211,9 |
| | Boro | mg/l | 0,0106 | 0,102 | 0,1126 |
| | Sulfitos ⁽¹⁾ | mg/l | 0,0796 | (¹) | (¹) |

⁽¹⁾ Para el parámetro sulfitos no se dispone de datos medidos en el medio receptor.

⁽²⁾ Incremento de concentración máximo a 200 m del punto de vertido de los 8 casos modelizados.

En base a lo anterior, en la situación más desfavorable desde el punto de vista de la afección del vertido al medio (caudal máximo), se puede concluir que **la contribución máxima del vertido de MLF a las concentraciones de nitratos, DQO, manganeso, boro y sulfitos del medio se pueden considerar como no relevante⁷ en el escenario operacional**. Además, para el caso la DQO, se parte de una situación conservadora, ya que la reducción de concentración debido a la dilución, se verá incrementada por la degradación natural que sufrirá la materia orgánica a la vez que se diluye.

Para el caso de los nitratos, según los informes de Seguimiento del Plan Hidrológico del Guadalquivir para los años hidrológicos 2018-2019, 2017-2018 y 2016-2017, se determina el estado ecológico de la masa de agua receptora del vertido como “Moderado”, la concentración de nitratos (indicador físico-químico que se relaciona con el estado de eutrofia) se sitúa en torno a una concentración promedio de 17,6 mg/l en las medidas tomadas para la caracterización del medio por MLF, ligeramente por encima de los 11 mg NO₃/l límite de cambio de clase de estado las aguas receptoras del vertido, clasificada como “AT-T12 Estuario atlántico mesomareal. La contribución promedio de nitratos del vertido calculada al finalizar el campo cercano (para el caudal máximo de 1.600 m³/h) es de 0,44 mg/l, lo cual supone un aporte despreciable al contenido de nitratos del medio, dado que no es un parámetro característico de la actividad minera, estando asociado fundamentalmente a actividades agrícolas y de depuración de agua. En este sentido, cabe destacar el fuerte carácter agrícola de la zona de cuenca del río Guadalquivir, que sitúa los usos agrícolas del suelo como uno de los principales aportes de nitratos a las aguas.

Como se puede observar en el Anexo IV, los tipos de flujos resultantes en este escenario para los diferentes casos, han sido los siguientes: H2, H4-90A3 y H5-90, los cuales ya han sido descritos en el Estudio de Alternativas.

7.2.3 Análisis de resultados de la modelización del vertido en la situación preoperacional

Como se ha indicado anteriormente, durante la fase preoperacional el caudal de vertido objeto del presente estudio, se corresponderá con el desagüe y achique de la Corta de los Frailes, en la que se prevé se generará un **caudal continuo del orden de 1.600 m³/h** (considerándose 1.600 m³/h como el caudal máximo de vertido a evacuar), con una duración estimada de dos años. En esta fase son esperables concentraciones ligeramente menores de contaminantes durante que durante la fase preoperacional, debido a la naturaleza de las aguas contenidas en la Corta.

Cabe incidir en que en el Anexo III se incluyen los resultados obtenidos en la modelización del vertido proyectado por MLF para este escenario, exponiéndose en el presente apartado el resumen y análisis de los mismos.

⁷ El análisis del parámetro sulfitos se ha realizado desde una posición muy conservadora, ya que, al no disponerse de medidas de este parámetro en el medio, no ha podido determinarse el incremento de concentración asociado al vertido por lo que se ha evaluado directamente el VLE

Al igual que para la situación operacional, en este escenario, los resultados de dilución obtenidos de la modelización se compararán con los valores NCA (tanto NCA-CMA, como NCA-MA), con los objetivos de calidad de la Orden de 14 de febrero de 1997, o en ausencia de objetivos de calidad, se evaluará la incidencia de los mismos respecto a su valor actual en el medio.

En la Tabla a continuación, se resumen los valores de concentración final calculadas a 200 metros del punto de vertido, así como la comparativa de los mismos con los niveles de referencia empleados. Como se puede observar, para comparar con la NCA-MA se calcula la concentración final a partir del promedio de las concentraciones resultantes en este punto para los 8 casos modelizados, mientras que para el resto de niveles de referencia se emplea el incremento de concentración máximo de los 8 casos modelizados.

TABLA 7.10
TABLA RESUMEN COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NIVELES DE REFERENCIA
ESCENARIO PREOPERACIONAL

| Escenario | Parámetro | Unid. | Δ Concentración máximo a 200 metros del punto de vertido ⁽¹⁾ | Δ Concentración promedio a 200 metros del punto de vertido ⁽²⁾ | Nivel de fondo actual | Concentración final | Nivel referencia | Fuente nivel de referencia |
|---|-------------------|--------|--|--|-----------------------|---------------------|------------------|----------------------------|
| Situación preoperacional Caudal continuo máximo de 1.600 m ³ /h | Arsénico disuelto | mg/l | | 0,00066 | 0,00175 | 0,00241 | 0,025 | NCA-MA |
| | Cadmio disuelto | mg/l | 0,00021 | - | 0,000012 | 0,00022 | 0,0015 | NCA-CMA |
| | | | - | 0,00011 | | 0,00012 | 0,0002 | NCA-MA |
| | Cobre disuelto | mg/l | - | 0,00133 | 0,003 | 0,00433 | 0,025 | NCA-MA |
| | Mercurio disuelto | mg/l | 0,000013 | - | 0,0000075 | 0,000021 | 0,00007 | NCA-CMA |
| | Níquel disuelto | mg/l | 0,00256 | - | 0,0035 | 0,00606 | 0,034 | NCA-CMA |
| | | | | 0,00132 | | 0,00482 | 0,0086 | NCA-MA |
| | Plomo disuelto | mg/l | 0,00039 | - | 0,00018 | 0,00057 | 0,014 | NCA-CMA |
| | | | - | 0,00020 | | 0,00038 | 0,0013 | NCA-MA |
| | Zinc disuelto | mg/l | - | 0,0068 | 0,0045 | 0,0113 | 0,060 | NCA-MA |
| | Manganeso | mg/l | 0,0078 | - | 0,204 | 0,2119 | N.D. | N.D. |
| | Nitratos | mg/l | 0,86 | - | 17,6 | 18,46 | 11 | RD 817/2015 |
| | DQO | mg/l | 2,25 | - | 15,3 | 17,55 | N.D. | N.D. |
| | Cromo disuelto | mg/l | 0,000199 | - | 0,0025 | 0,002699 | 0,020 | Orden 97 |
| | Selenio disuelto | mg/l | - | 0,000126 | 0,0008 | 0,000926 | 0,010 | NCA-MA |
| Fluoruros | mg/l | 0,086 | - | 0,246 | 0,332 | 1,7 | Orden 97 | |
| Boro | mg/l | 0,0106 | - | 0,102 | 0,1126 | - | - | |
| Sulfitos | mg/l | - | 0,041 | N.D. | - | - | - | |

(1) Incremento de concentración máximo a 200 m del punto de vertido de los 8 casos modelizados.

(2) Promedio de los incrementos de concentración a 200 m del punto de vertido para los 8 casos modelizados.

Como se puede observar, para todos los parámetros evaluados, en la situación preoperacional, la concentración calculada al final de la zona de mezcla se encuentra por debajo de los distintos niveles de referencia aplicables, por lo que se puede concluir que **la contribución del vertido de MLF a las concentraciones de arsénico, cadmio, cobre, mercurio, níquel, plomo, zinc, cromo, selenio y fluoruros al río Guadalquivir es compatible en el escenario preoperacional.**

En cuanto al resto de parámetros se puede concluir que **la contribución máxima del vertido de MLF a las concentraciones de nitratos, DQO, manganeso, boro y sulfitos del medio se pueden considerar como no relevantes⁸ en el escenario preoperacional.** Además, en este caso igualmente para la DQO, se parte de una situación conservadora, ya que la reducción de concentración debido a la dilución, se verá incrementada por la degradación natural que sufrirá la materia orgánica a la vez que se diluye.

Como se puede observar en el Anexo III, los tipos de flujos resultantes en este escenario para los diferentes casos, han sido los siguientes: H2, H4-90A3 y H5-90, los cuales ya han sido descritos en el Estudio de Alternativas.

7.2.4 Análisis de resultados de la modelización del vertido en la situación futura considerando el efecto del cambio climático sobre el medio

En este escenario los resultados de la modelización son similares a los obtenidos para el escenario operacional y preoperacional. **En todos los casos y para todos los parámetros los niveles de concentración calculados en el medio receptor del vertido se encuentran por debajo de las normas de calidad ambiental u objetivos de calidad considerados.**

Incidir en que en el Anexo V se incluyen los resultados obtenidos en la modelización del vertido proyectado por MLF para este escenario, exponiéndose en el presente apartado el resumen y análisis de los mismos.

Del análisis realizado se extrae que, para las condiciones del medio receptor asociadas a este escenario, **se reduce la distancia del campo cercano más amplia respecto a las situaciones operacional y preoperacional modelizadas.** El campo cercano más amplio se sitúa en 130 metros para el caudal máximo equivalente de 500 m³/h y 143 metros para los 1.600 m³/h. En base a ello, se define una zona de mezcla de 140 metros para el escenario futuro afectado por el cambio climático.

Dado el acortamiento del campo cercano, las concentraciones finales obtenidas en el límite de mezcla son ligeramente mayores en este escenario frente a los de la situación preoperacional y operacional para todos los parámetros, si bien, este incremento es

⁸ El análisis del parámetro sulfitos se ha realizado desde una posición muy conservadora, ya que, al no disponerse de medidas de este parámetro en el medio, no ha podido determinarse el incremento de concentración asociado al vertido por lo que se ha evaluado directamente el VLE

insignificante, manifestándose como un aumento de concentración en la centésima respecto a los valores obtenidos en la situación actual.

En la Tabla a continuación, se resumen los valores de concentración final calculadas a 140 metros del punto de vertido para los parámetros para los existe NCA-CMA.

TABLA 7.11
TABLA RESUMEN COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NCA-CMA
SITUACION FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO CAUDAL DE 1.600 m³/h

| Escenario | Parámetro | Δ Concentración máxima a 140 metros del punto de vertido ($\mu\text{g/l}$) | Nivel de fondo actual ($\mu\text{g/l}$) | Concentración final ($\mu\text{g/l}$) | NCA-CMA ($\mu\text{g/l}$) |
|--|-----------|---|---|---|-----------------------------|
| Cambio climático Caudal discontinuo máximo de 1.600 m ³ /h | Cadmio | 0,29 | 0,012 | 0,30 | 1,5 |
| | Plomo | 0,43 | 0,18 | 0,61 | 14 |
| | Mercurio | 0,014 | 0,0075 | 0,022 | 0,07 |
| | Níquel | 2,78 | 3,5 | 6,28 | 34 |

En la Tabla a continuación, se resumen los valores de concentración final calculadas a 140 metros del punto de vertido para los parámetros para los existe NCA-MA.

TABLA 7.12
TABLA RESUMEN COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NCA-MA
SITUACION FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO CAUDAL DE 500 m³/h

| Escenario | Parámetro | Δ Concentración promedio a 140 metros del punto de vertido ($\mu\text{g/l}$) | Nivel de fondo actual ($\mu\text{g/l}$) | Concentración final ($\mu\text{g/l}$) | NCA-MA ($\mu\text{g/l}$) |
|---|-----------|---|---|---|----------------------------|
| Cambio climático Caudal continuo máximo de 500 m ³ /h | Cadmio | 0,12 | 0,012 | 0,13 | 0,2 |
| | Plomo | 0,17 | 0,18 | 0,35 | 1,3 |
| | Níquel | 1,12 | 3,5 | 4,62 | 8,6 |
| | Arsénico | 0,56 | 1,75 | 2,31 | 25 |
| | Cobre | 1,12 | 3 | 4,12 | 25 |
| | Selenio | 0,106 | 0,8 | 0,906 | 10 |
| | Zinc | 5,7 | 4,5 | 10,2 | 60 |

Como se puede observar en las Tablas anteriores, **las concentraciones calculadas de cadmio, plomo, níquel, arsénico, cobre, selenio y zinc en el límite de mezcla, se encuentran por debajo de las NCA-CMA y NCA-MA establecidas por la normativa, para la situación futura afectada por el cambio climático.**

Para aquellas sustancias para las que no se establecen NCA, pero se establecieron objetivos de calidad en la Orden de 14 de febrero de 1997, concretamente cromo y fluoruros, se muestra a continuación la concentración final calculada, respecto a los objetivos de calidad fijados en dicha Orden.

TABLA 7.13
TABLA RESUMEN COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON OBJETIVOS DE CALIDAD
SITUACION FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO CAUDAL DE 1.600 m³/h

| Escenario | Parámetro | Unidades | Δ Concentración máximo a 140 metros del punto de vertido | Nivel de fondo actual | Concentración final | Objetivo de calidad |
|---|-----------|----------|---|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Cambio climático Caudal discontinuo máximo de 1.600 m ³ /h | Cromo | µg/l | 0,216 | 2,5 | 2,716 | 20 |
| | Fluoruros | mg/l | 0,094 | 0,246 | 0,34 | 1,7 |

Como se puede observar, en la situación más conservadora la adición de la contribución del vertido de MLF a **las concentraciones de cromo y fluoruros en el medio se encuentra por debajo de los objetivos de calidad fijados para la situación futura afectada por el cambio climático.**

En el caso del resto de parámetros para los que se no se dispone de normas de calidad ambiental u objetivos de calidad (nitratos, DQO, manganeso y boro), la concentración final se compara con el nivel de cada parámetro en el medio receptor, tal y como se detalla en la Tabla a continuación.

TABLA 7.14
TABLA RESUMEN COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON LOS NIVELES DEL MEDIO
SITUACION FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO CAUDAL DE 1.600 m³/h

| Escenario | Parámetro | Unidades | Δ Concentración máximo a 140 metros del punto de vertido | Nivel de fondo actual | Concentración final |
|---|-------------------------|----------|---|-----------------------|---------------------|
| Cambio climático Caudal discontinuo máximo de 1.600 m ³ /h | DQO | mg/l | 2,44 | 15,3 | 17,74 |
| | Nitratos | mg/l | 0,93 | 17,6 | 18,56 |
| | Manganeso | mg/l | 8,5 | 204 | 212,5 |
| | Boro | mg/l | 0,0115 | 0,102 | 0,1135 |
| | Sulfitos ⁽¹⁾ | mg/l | 0,0864 | (1) | (1) |

⁽¹⁾ Para el parámetro sulfitos no se dispone de datos medidos en el medio receptor.

En base a lo anterior, en la situación más desfavorable desde el punto de vista de la afección del vertido al medio (caudal máximo), se puede concluir que **la contribución máxima del vertido de MLF a las concentraciones de nitratos, DQO, manganeso, boro y sulfitos del medio se pueden considerar como no relevante⁹.** Además, para el caso la DQO, se parte de una situación conservadora, ya que la reducción de concentración debido a

⁹ El análisis del parámetro sulfitos se ha realizado desde una posición muy conservadora, ya que, al no disponerse de medidas de este parámetro en el medio, no ha podido determinarse el incremento de concentración asociado al vertido por lo que se ha evaluado directamente el VLE

la dilución, se verá incrementada por la degradación natural que sufrirá la materia orgánica a la vez que se diluye.

Teniendo en cuenta la ausencia de variaciones significativas del comportamiento del vertido en el escenario futuro afectado por el cambio climático respecto a la situación operacional, y por tanto de la afección al medio, se concluye que **la contribución del vertido de MLF a las concentraciones de todos los contaminantes analizados al río Guadalquivir es compatible en un escenario futuro afectado por el cambio climático.**

Como se puede observar en el Anexo V, los tipos de flujos resultantes en este escenario para los diferentes casos, han sido los siguientes: H2, H4-90A3 y H5-90, los cuales ya han sido descritos en el Estudio de Alternativas.

8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El Proyecto de MLF se centra en una operación basada en la explotación subterránea del yacimiento polimetálico de Los Frailes, con reservas de cinc, cobre, plomo y plata, durante al menos los próximos 20 años. El complejo minero de Aznalcóllar tiene una superficie de casi 950 hectáreas, y se ubica en el propio municipio de Aznalcóllar (Sevilla) a 36 kilómetros de la ciudad de Sevilla.

El Proyecto de MLF se levanta sobre un área con pasivos ambientales derivados de la antigua actividad minera, bajo este contexto MLF desarrolló un proyecto integrado, en el que la restauración de los pasivos se ejecuta a la par de la operación minera.

MLF aprovechará, para su operación, el agua procedente de los pasivos, en un circuito de recirculación de agua de proceso, sin embargo, el sistema al ser excedentario en agua tratará los efluentes y acondicionará antes de su vertido al medio receptor.

El nuevo Proyecto de Minera Los Frailes se centra en desarrollar la extracción del mineral de manera subterránea, a diferencia de la explotación a cielo abierto existente en el pasado. Actualmente ingresan al complejo minero unos 2,8 hm³/año de aguas de contacto, que han de ser gestionadas, procedente de los antiguos pasivos mineros. Ya en operación, este volumen seguirá constituyendo aproximadamente el 90% del volumen de agua a gestionar.

El objeto del presente estudio es realizar un análisis de alternativas para la configuración de la conducción de vertido, que garantice el cumplimiento de las normas de calidad ambiental que la normativa establece. Posteriormente, una vez obtenida la configuración más adecuada desde el punto de vista ambiental y operativo, se desarrolla un estudio detallado de la dispersión del vertido en el medio y su influencia sobre los niveles de calidad actuales en el mismo.

El medio receptor del vertido objeto de estudio es el Río Guadalquivir y, más concretamente, el tramo del río situado a su paso por la ciudad de Sevilla, a la altura de la Isla de la Cartuja. Dada la influencia mareal en este tramo, las aguas pertenecen al estuario del Guadalquivir y por tanto es Dominio Público Marítimo-Terrestre.

En el Capítulo 2, se ha analizado la normativa aplicable sobre vertidos líquidos a Dominio Público Marítimo-Terrestre, y posteriormente en el Capítulo 3 se han definido las características del vertido del Proyecto de MLF al DPMT.

El caudal de vertido asociado al Proyecto de MLF objeto del presente estudio, variará en función de dos fases diferenciadas. Una primera fase (**Fase preoperacional**) se corresponderá con el desagüe y achique de la Corta de los Frailes, que se llevará a cabo por razones de seguridad para ejecutar los trabajos de la mina interior, en la que se prevé se generará un caudal continuo máximo del orden de **1.600 m³/h** (considerándose 1.600 m³/h como el caudal máximo de vertido a evacuar), con una duración estimada de 1,5 años. Una vez finalizadas las operaciones de vaciado de la Corta, durante la **Fase operacional**, el

caudal máximo equivalente previsto sería de **500 m³/h**, si bien se podrán alcanzar caudales máximos discontinuos de **hasta 1.600 m³/h**, en función de la operativa del sistema de vertido, al producirse este por lotes desde un sistema de regulación. Las diferencias de caudales entre ambas fases, da lugar a la necesidad de disponer de una balsa de cabecera al comienzo de la conducción para la regulación del caudal de salida. Destacar que, en ambas fases, la caracterización del efluente de vertido será prácticamente la misma, si bien, son esperables concentraciones ligeramente menores de contaminantes durante la fase preoperacional, debido a la naturaleza de las aguas contenidas en la Corta.

En la Tabla 3.2 se ha presentado una propuesta de límites considerándose para ello la normativa de aplicación, a través del Reglamento de Vertidos desarrollado por el Decreto 109/2015, de 17 de marzo, *por el que se aprueba el Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía*.

La caracterización del medio receptor del vertido (el estuario del Guadalquivir) realizada en el Capítulo 4 del documento ha permitido no sólo identificar las principales características del estuario en su conjunto (información adjunta en el Anexo I), sino particularizar las mismas para el tramo del río Guadalquivir en donde se ubica el punto de vertido propuesto, apoyándose para ello tanto en estudio realizados en la zona, como en equipos y campañas de medida en el medio receptor. Ello ha permitido identificar unas aguas con una influencia mareal acusada.

En este mismo Capítulo 4, se caracteriza la calidad de las aguas receptoras del vertido, en base a las campañas de medidas realizadas por MLF en el entorno del punto de vertido, situándose las concentraciones medidas por debajo de las NCA establecidas en el Real Decreto 817/2015.

A continuación, y tras describir en el Capítulo 5 del documento las bases del modelo hidrodinámico de cálculo (CORMIX) y procedimiento de cálculo empleado (información adjunta en el Anexo II), se ha realizado un estudio de alternativas, con objeto determinar, desde el punto de vista ambiental, las características básicas del sistema de vertido que permitan evacuar el efluente asociado al Proyecto de MLF al estuario del Guadalquivir con la menor afección al medio receptor.

Para el análisis de alternativas se ha empleado el caudal máximo equivalente que se producirá durante la fase de operación de la mina, de 500 m³/h. Una vez seleccionada la mejor alternativa para este escenario, se ha tenido en cuenta la viabilidad de la misma desde el punto de vista ambiental, para la fase preoperacional del Proyecto, en la que el caudal máximo de vertido se eleva a 1.600 m³/h. Esta evaluación se ha realizado para el parámetro cuya concentración en el vertido se acerca más a la NCA establecida, en este caso, el cadmio. Igualmente, se ha evaluado para este parámetro, la viabilidad ambiental de la alternativa de descarga seleccionada en un escenario en el que el medio receptor se encuentre afectado por el cambio climático, considerando un horizonte temporal de 20 años.

Dado que, en función de la tipología de la conducción de vertido, la condición mareal más desfavorable puede no ser la misma, se han tenido en cuenta cuatro escenarios

mareales en los que la corriente del medio es reversible pero siempre paralela a la orilla (bajamar, pleamar, vaciante y llenante), así como dos periodos temporales invierno (enero-marzo y septiembre-diciembre) y verano (abril-agosto).

Las diferentes alternativas estudiadas han sido:

Alternativa 0: Descarga en superficie a través de una tubería.

Alternativa 1: Descarga en profundidad a través de una sola boca de descarga.

Alternativa 2: Descarga en profundidad a través de un tramo difusor paralelo a la orilla (en forma de "T") con difusores horizontales.

Alternativa 3: Descarga en profundidad a través de un tramo difusor perpendicular a la orilla con difusores horizontales. Adicionalmente se ha evaluado la opción de disponer los difusores orientados 45° grados sobre la horizontal.

Del estudio de alternativas se extrae que, si bien las Alternativas 1 y 3 se consideran como aptas, se concluye que **la mejor Alternativa para la descarga del vertido propuesto de MLF, desde el punto de vista de la dilución y afección al medio es la Alternativa 1** (una sola boca de descarga sumergida), dado que la Alternativa 1 presenta menores problemas operativos y de mantenimiento. Las características principales de la conducción de vertidos son las siguientes:

- Conducción profundamente sumergida con una sola boca de descarga.
- Una sola boca de descarga situada a 14 metros de la margen derecha del río (para un observador de cara hacia la desembocadura), con una longitud de 2 metros una vez pasado el límite del talud natural del río, a un metro del fondo.
- Una sola boca de descarga de instalada perpendicular a la orilla, y por ende a la dirección de la corriente, de diámetro 0,34 metros.

En base a lo anterior, en el Capítulo 7 se ha realizado un estudio de dilución del vertido del Proyecto de MLF al estuario del Guadalquivir (DPMT) en base a la alternativa elegida, manteniéndose los tres escenarios de operación analizados en el análisis de alternativas: situación preoperacional, operacional y de cambio climático, así como los ocho casos para cada escenario, asociados a las condiciones mareales (bajamar, pleamar, vaciante y llenante) y a los dos periodos temporales de invierno y verano.

Se han contemplado en dicho estudio de dilución aquellos contaminantes incluidos en la propuesta de límites de vertido de MLF, según los valores límites propuestos (concentración máxima de cada contaminante). Los parámetros analizados han sido DQO, nitratos, manganeso, cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, cobre, cromo, selenio, zinc, fluoruros, boro y sulfitos. Se han descartado de la modelización hidrodinámica aquellos

contaminantes incluidos en la propuesta de valores límite de vertido, cuya concentración máxima en el vertido es menor a la concentración existente en el medio (total de sólidos en suspensión, aluminio, hierro y pH), ya que la contribución del vertido al medio no puede incrementar las concentraciones de fondo independientemente de la dilución de la descarga.

Los resultados obtenidos de la modelización (los cuales se incluyen como anexo al presente documento), se han analizado en función de las Normas de Calidad Ambiental (NCA) que establece el Real Decreto 817/2015. Para aquellos que no existe NCA, se han tomado como referencia los objetivos de calidad establecidos en la Orden de 14 de febrero de 1997, mientras que para el resto de parámetros para los que no se dispone de valor de referencia se han comparado los resultados con los niveles actuales en el medio. De este modo se compara la contribución del vertido de MLF a los niveles de fondo del río a la finalización del campo cercano (zona de mezcla), con los objetivos de referencia considerados.

El campo cercano se define como la zona del medio receptor en la que la dilución y trayectoria del vertido está determinada por las propias condiciones del vertido y por la geometría y diseño del dispositivo de descarga. Tras el campo cercano, en el campo lejano la dilución del vertido está asociada fundamentalmente a las características del medio receptor, volviéndose las características de la descarga menos importantes. La dilución inicial en el campo cercano es mucho mayor que en el campo lejano, de ahí que para definir la zona de mezcla se tome como referencia la finalización del campo cercano en cada uno de los escenarios modelizados, de manera que deberán cumplirse los objetivos medioambientales a la finalización del mismo, de acuerdo a lo establecido en la legislación de aplicación¹⁰.

De los parámetros limitados en el vertido para los que se establece NCA, se ha comprobado que todas las concentraciones resultantes de la modelización a la finalización de la zona de mezcla, se encuentran actualmente por debajo del NCA-CMA para el mercurio, cadmio, níquel y plomo, así como por debajo del NCA-MA para el arsénico, cobre, selenio, zinc, cadmio, níquel y plomo, en todos los escenarios: operacional, preoperacional y futuro afectado por el cambio climático. Por lo tanto, se puede concluir que **la contribución del vertido de MLF a las concentraciones de cadmio, plomo, níquel, mercurio, arsénico, cobre, selenio y zinc en el río Guadalquivir, es compatible.**

Aquellas sustancias modelizadas para las que no existe NCA, pero sí se establecen objetivos de calidad vigente en la Orden de 14 de febrero de 1997, son cromo y fluoruros. La adición de la contribución del vertido de MLF a las concentraciones de cromo y fluoruros en el medio a la finalización del campo cercano, se encuentra por debajo de los objetivos de calidad fijados en todos los escenarios. Por lo tanto, se puede concluir que **la contribución del vertido de MLF a las concentraciones de cromo y fluoruros al río Guadalquivir es compatible.**

¹⁰ Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

En el caso del resto de parámetros para los que se no se dispone de normas de calidad ambiental u objetivos de calidad, tales como DQO, aluminio, nitratos, manganeso, boro y sulfitos la contribución del vertido a la finalización del campo cercano se puede considerar como no significativa¹¹ frente a los niveles del medio, en todos los escenarios analizados. Además, para el caso la DQO, se parte de una situación conservadora, ya que la reducción de concentración debido a la dilución, se verá incrementada por la degradación natural que sufrirá la materia orgánica a la vez que se diluye.

Finalmente, destacar como las conclusiones que se derivan de los resultados obtenidos para cada contaminante en las modelizaciones y de su comparación con los niveles de calidad aplicables, permiten **establecer que la potencial afección del efluente del Proyecto de MLF sobre la calidad del Río Guadalquivir (DPMT), en todos los escenarios y situaciones (preoperacional, operacional o futura afectada por el cambio climático) estudiadas, no es significativa y compatible.**

Sevilla, a 23 de octubre de 2020



Fdo.: Sonia Aragón Durán
Ingeniero Químico
División de Medio Ambiente

INERCO 

INERCO Ingeniería, Tecnología y Consultoría, S.A.
Parque Científico Tecnológico de la Cartuja
C/ Tomás Alba Edison, 7 Edificio INERCO
41092 Sevilla (España)
Tfno.: +34 954 468 100 Fax: +34 954 461 329
C.I.F.: A41212572

Fdo.: F. Javier Hidalgo Galdón
Jefe del Departamento de Medio
Ambiente.
División de Medio Ambiente
Nº Colegiado: 2.765

¹¹ El análisis del parámetro sulfitos se ha realizado desde una posición muy conservadora, ya que, al no disponerse de medidas de este parámetro en el medio, no ha podido determinarse el incremento de concentración asociado al vertido por lo que se ha evaluado directamente el VLE

ANEXOS

ANEXO I.

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTUARIO
DEL GUADALQUIVIR**

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR

I.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES Y SITUACIÓN

El estuario del Guadalquivir se extiende desde la presa de Alcalá del Río hasta la desembocadura del Río Guadalquivir en Sanlúcar de Barrameda, en aguas del Océano Atlántico, lo que supone una longitud aproximada de 110 km. Está formado por un canal principal y varios secundarios, destacándose el caño de La Torre y el caño del Este.

Los estuarios son zonas de transición entre el medio fluvial y el marino, y se caracterizan por ser terrenos llanos inundables con suelos de fango y arena, prácticamente impermeables, drenados por diversos cauces y una tupida red de caños en los que se producen, a diferentes escalas, gradientes espacio-temporales de mezcla de agua dulce y salada. Se considera que el límite aguas arriba del estuario es el punto hasta donde alcanza la influencia de la marea. Un estuario se diferencia de un río por los intercambios de agua, sedimentos, nutrientes y energía con la atmosfera y el océano, que determinan la dinámica y los procesos del estuario y, en consecuencia, posibilitan el desarrollo de una compleja y rica diversidad biológica.

El estuario del Guadalquivir es un estuario atlántico mesomareal, de relleno inverso y de morfología convergente, al que los procesos morfo-hidrodinámicos naturales y las actuaciones humanas han dejado reducido a un cauce principal con numerosas cortas y algunos caños mareales, que permiten que sea navegable hasta Sevilla, mediante la realización de dragados periódicos.

El cauce principal tiene una profundidad media de 7 m y anchos de entre 200 y 800 m aproximadamente. Está poco estratificado, bien mezclado y varía de hiposíncrono en el tramo bajo (la fricción excede los efectos de la convergencia) a hipersíncrono, estuario arriba (en esta zona la convergencia excede la fricción).

Denominaremos *estuario interno* el tramo del estuario con agua de mezcla influenciado por las dinámicas fluvial y mareal, en contraposición al *estuario externo o desembocadura y Broa*, donde el agua, principalmente marina, es gobernada por las dinámicas fluvial (pluma de salida), mareal y marina (oleaje).

Por el estuario del Guadalquivir circulan la marea astronómica (dos veces al día) y las descargas fluviales (moduladas por la ocurrencia de avenidas y los desembalses para el regadío) reguladas por el sistema de presas en la cuenca del río Guadalquivir, donde la presa de Alcalá del Río dispone del último punto de control del caudal del río.

Los agentes de los que depende fundamentalmente la elevación y la circulación de las masas de agua, en cualquier punto del estuario, son los siguientes:

- el caudal del río
- la onda de marea

- la batimetría y la sección del cauce
- las condiciones atmosféricas en el exterior del estuario
- la velocidad y dirección del viento

Estos agentes se suceden con varias escalas temporales que interactúan entre sí. La más relevante es la escala semidiurna, con un periodo de poco menos de doce horas y media, tras los que se suceden los ciclos de mareas vivas y mareas muertas, de aproximadamente dos semanas y un mes. A una escala menor, del orden de pocos días, pueden suceder los forzamientos atmosféricos y oceanográficos, asociados al paso de borrascas. La circulación global atmosférica y oceánica contribuye a modular este tránsito y se estructura en ciclos estacionales, anuales y plurianuales.

Por otra parte, los regímenes fluviales resultan de la interacción de los agentes climáticos, la regulación ejercida en la cuenca aguas arriba de la presa de Alcalá del Río y la demanda de esta agua para riego.

El clima que afecta a la zona del estuario donde se prevé efectuar el vertido de MLF presenta las condiciones típicas del clima mediterráneo semiárido, de estepa calurosa tipo BSh, limítrofe con BSk (Clasificación Climática de Köppen), caracterizándose por presentar una temperatura media anual elevada (18-19 °C), llegando a ser extraordinariamente seco y tórrido, con veranos prolongados que duran desde mayo hasta octubre.

La principal condición climática es el prolongado déficit hídrico estival, rasgo estructural del ciclo hidrológico en las regiones mediterráneas, que periódicamente conlleva largos periodos de sequía y condiciona el desarrollo vegetal. Además, con frecuencia, las lluvias presentan carácter torrencial, rasgo típico de la región, que causan inundaciones frecuentes y erosión de los suelos.

La precipitación media anual alcanza los 539 mm, con una gran irregularidad interanual, alternando años muy secos (menos de 450 mm) con años húmedos (superior a los 800 mm).

I.2 CAUDAL

Los agentes naturales, la regulación de la cuenca mediante la presa y la demanda de agua para riego dan lugar a que se produzcan diferentes regímenes hídricos en el estuario.

En un extremo se encuentran los regímenes en situación de escasez del recurso de agua dulce, mientras que en el otro, se encuentran aquellos provocados por avenidas del río y la ocurrencia de temporales (oleaje y viento) en la desembocadura.

En ausencia de avenidas de agua del río, el caudal de agua dulce es inferior a 100 m³/s, estando el estuario dominado por la acción mareal, lo cual se denomina (régimen de aguas bajas). Cuando el caudal de descarga de la presa supera los 1.000 m³/s, se establece el régimen fluvial, en el que la dinámica fluvial controla la circulación del agua y las sustancias

en el estuario. Entre estos dos regímenes extremos, se da el régimen mixto fluvio-mareal en el que la dinámica del estuario transita sin discontinuidad entre ambos regímenes.

Durante la mayor parte del año (más del 80%) el estuario se encuentra bajo el dominio de la dinámica mareal, con un caudal de agua dulce menor a 100 m³/s. (Ver gráficas 4.1 y 4.2). Al aumentar las descargas fluviales se limita el predominio de la dinámica mareal hasta tal punto que, pasa a ser dominante la dinámica fluvial. Cuando se produce esta alteración del régimen habitual del estuario, el tiempo de recuperación depende, fundamentalmente y además del resto de forzamientos externos (condiciones meteorológicas y oceanográficas tanto en la desembocadura como en la plataforma continental interior), de la propia descarga fluvial y del viento.

Con objeto de compatibilizar el suministro de agua a los usuarios con la preservación del medio ambiente, la legislación española establece la necesidad de determinar los caudales ecológicos en los diferentes planes de cuenca, entendiéndose los mismos como una restricción a los sistemas de explotación.

Según el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, *por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica*, el caudal ecológico es aquel *que contribuye a alcanzar el buen estado o buen potencial ecológico en los ríos o en las aguas de transición y mantiene, como mínimo, la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera*. Este Real Decreto establece el régimen de caudales ecológicos que asegura los caudales mínimos diarios en las masas de agua situadas aguas abajo de las principales infraestructuras de regulación (embalses), por periodos temporales. Los puntos de control de estos caudales deben estar situados aguas abajo de la presa a no más de 5 km. Asimismo, asegura el caudal mínimo diario en una serie de puntos de control, entre los que se encuentra aquel asociado a la Presa de Alcalá del Río.

Adicionalmente, el régimen de caudal ecológico limita el caudal máximo aguas abajo de una serie de embalses de regulación, los cuales no se encuentran en la zona de afección del vertido propuesto de MLF.

Asimismo, el citado Real Decreto 907/2007, establece que las administraciones hidráulicas realizarán el seguimiento específico del grado de cumplimiento de los regímenes de caudales ecológicos. De este modo, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir lleva a cabo el seguimiento de los caudales ecológicos, publicando los Informes de Seguimiento de Caudales Ecológicos de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir para los años hidrológicos 2017-2018 y 2016-2017.

Para el cumplimiento del régimen de caudales ecológicos, se entiende que se cumple con la normativa cuando los caudales mínimos se superen en un 90% de los días de cada año. No serán exigibles caudales ecológicos mínimo superiores al régimen natural existente en cada momento (régimen hidrológico que tendría lugar en un tramo de río sin intervención humana significativa en su cuenca vertiente).

A continuación, se muestra en forma de Tabla los caudales ecológicos fijados para el punto de control asociado a la Presa de Alcalá del Río, así como el grado del cumplimiento del mismo durante los años hidrológicos 2017-2018 y 2016-2017. Asimismo, se incluyen las gráficas del estudio de los caudales medios en el río Guadalquivir, tomados en el punto de control de la Presa de Alcalá del río, incluidos en ambos informes de seguimiento.

TABLA I.1
CAUDALES ECOLÓGICOS Y GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS MISMOS EN EL AÑO
HIDROLOGICO 2017-2018. RIO GUADALQUIVIR

| Parámetros | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep |
|---|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Caudal ecológico R.D.907/2007 (m ³ /s) | 7,2 | 7,2 | 7,84 | 7,84 | 7,84 | 7,84 | 7,84 | 7,84 | 6,81 | 6,81 | 6,81 | 6,811 |
| Caudal mínimo año hidrológico 2017/2018 | 3,87 | 3,87 | 4,41 | 4,41 | 4,41 | 7,84 | 7,84 | 7,84 | 6,81 | 6,81 | 6,81 | 6,81 |
| Caudal medio (m ³ /s) | 9,60 | 11,36 | 21,43 | 26,71 | 10,65 | 420,97 | 88,44 | 28,39 | 27,99 | 26,97 | 27,35 | 23,73 |
| Nº días con fallo | 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Fuente: Anejo 1. Informe de Seguimiento de Caudales Ecológico. Ciclo de Planificación: 2015-2021. Año hidrológico 2017-2018. Mayo 2019.

<https://www.chguadalquivir.es/documents/10182/1730353/Anejo+1.+Seguimiento+caudales+2017-2018.pdf/edef2437-7b99-bf75-7270-a70202235a3d>.

TABLA I.2
CAUDALES ECOLÓGICOS Y GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS MISMOS EN EL AÑO
HIDROLOGICO 2016-2017.

| Parámetros | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sept |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Caudal ecológico R.D.907/2007 (m ³ /s) | 7,2 | 7,2 | 7,84 | 7,84 | 7,84 | 7,84 | 7,84 | 7,84 | 6,81 | 6,81 | 6,81 | 6,811 |
| Caudal mínimo año hidrológico 2016/2017 | 3,87 | 3,87 | 4,41 | 4,41 | 4,41 | 7,84 | 7,84 | 7,84 | 6,81 | 6,81 | 3,56 | 3,56 |
| Caudal medio (m ³ /s) | 20,10 | 46,45 | 43,49 | 14,89 | 28,22 | 43,06 | 21,55 | 25,07 | 24,29 | 28,44 | 26,56 | 14,20 |
| Nº días con fallo | 3 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

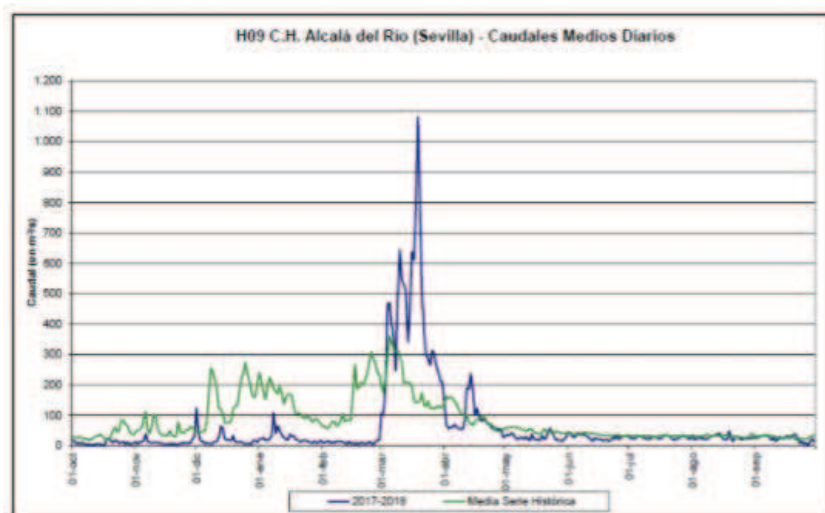
Fuente: Anejo 1. Informe de Seguimiento de Caudales Ecológico. Ciclo de Planificación: 2015-2021. Año hidrológico 2016-2017. Mayo 2019.

https://www.chguadalquivir.es/documents/10182/1232430/Anejo_1_Seguimiento_caudales_2016-2017.pdf

Ambos informes de seguimiento (años hidrológicos 2017-2018 y 2016-2017), coinciden en que los caudales medios diarios registrados han sido inferiores a los mínimos en la normativa 8 días, lo que supone un 2,19%, no habiendo incumplimiento en este punto.

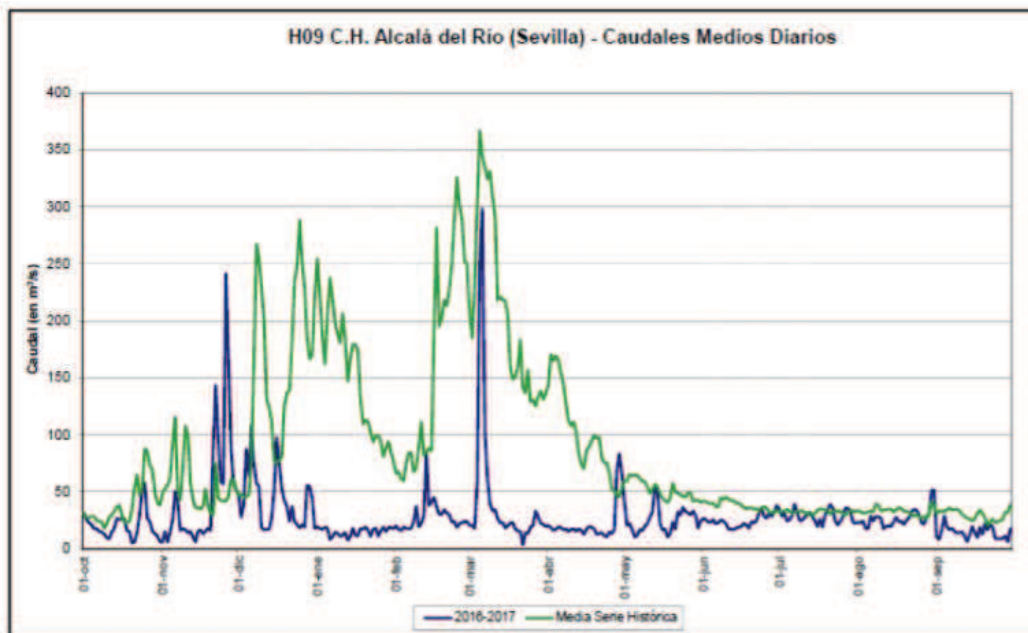
Por su parte, se muestran a continuación sobre gráfica los caudales medios diarios registrados en el punto de control de la Presa de Alcalá del Río recogidos en el Informe de Seguimiento del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir, tanto para el año 2016-2017 como para el año 2017-2018.

GRAFICA I.1
CAUDAL MEDIO DIARIO PUNTO DE CONTROL DE ALCALÁ DEL RÍO
AÑO HIDROLÓGICO 2017-2018



Fuente: https://www.chguadalquivir.es/documents/10182/1730353/Informe+Seguimiento+del+Plan+Hidrol%C3%B3gico+del+Guadalquivir_2017_2018.pdf/fafc1fc8-0404-dade-837a-25ea6a5e600c

GRAFICA I.2 CAUDAL MEDIO DIARIO PUNTO DE CONTROL DE ALCALÁ DEL RÍO AÑO HIDROLÓGICO 2017-2018



Fuente: https://www.chguadalquivir.es/documents/10182/1232430/Informe_Seguimiento_del_Plan_Hidrologico_del_Guadalquivir_2016_2017.pdf

Como se puede observar en las Gráficas anteriores, el caudal medio diario en el río Guadalquivir se sitúa en la mayoría de los casos por debajo de 100 m³/s, teniendo lugar un régimen fluvial de aguas bajas.

I.3 MAREAS

La marea astronómica se introduce en el estuario del Guadalquivir por la desembocadura y se propaga hasta la presa de Alcalá del Río, aumentando su amplitud por el efecto de la convergencia del cauce y reduciéndola por la disipación de energía debida a la fricción con el perímetro del cauce. En este asomeramiento (aumento de la amplitud), se generan nuevas componentes armónicas dando lugar, a partir de las componentes semidiurnas, a las cuartodiurnas y superiores, que se ponen de manifiesto en la asimetría de la onda de marea.

La marea del estuario es fundamentalmente semidiurna, es decir, se produce con un periodo de aproximadamente doce horas y media. La amplitud de la marea varía en ciclos de mareas vivas y muertas, de aproximadamente catorce días y medio. Por otra parte, dos veces al año, coincidiendo con los equinoccios, se producen las mayores mareas vivas y muertas.

El rango mareal medio en este sector es de 2,70 m, tratándose por tanto de una costa mesomareal, es decir, con un rango mareal medio comprendido entre 2 y 4 m.

Así, la evolución de las masas de agua del estuario, la velocidad y la profundidad en cada punto del mismo, dependen fundamentalmente del comportamiento de la onda de marea.

En base al distinto efecto de la marea en el estuario, éste se puede dividir en tres tramos, un primer tramo de bajo estuario, que abarca los primeros 15 km aproximadamente, en el que el efecto de la fricción supera al asomeramiento¹, lo cual reduce la carrera de marea respecto a la amplitud de marea en mar abierto. En el tercio medio, que abarca desde los 15 a los 45 km aproximadamente, la fricción y el asomeramiento se equilibran y la amplitud no cambia sustancialmente. Y por último, en el tercio alto (tramo en el que se prevé realizar el vertido de MLF), la onda de marea alcanza con suficiente energía la presa de Alcalá del Río donde se refleja incrementando su amplitud hasta en un 60% de la amplitud de marea en la desembocadura del río para situaciones de mareas vivas.

Las mareas vivas son aquellas en la que las amplitudes de marea tienen mayor valor, debido a la alineación de la Tierra, la Luna y el Sol. Por el contrario, cuando la Tierra, la Luna y el Sol forman un ángulo recto la fuerza de atracción disminuye y las amplitudes de marea son menores.

I.4 RÉGIMEN DE VIENTOS

Los vientos predominantes en el estuario del Guadalquivir están determinados por la entrada de vientos oceánicos, de carácter suave y componente SW, aunque en verano, debido a las altas temperaturas del interior, se producen vientos convectivos de Levante, muy secos y calientes.

¹ Asomeramiento: efecto producido en las ondas del mar al reducirse notablemente la altura del fondo marino.

ANEXO II.

FUNDAMENTOS DEL MODELO HIDRODINÁMICO

II. FUNDAMENTOS DEL MODELO HIDRODINÁMICO

Para analizar la dilución del efluente se empleará el modelo hidrodinámico CORMIX (Cornell Mixing Zone Expert System). Dicho modelo ha sido desarrollado por la Environmental Protection Agency (EPA) en colaboración con la School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University of New York.

Este modelo consta a su vez de tres subsistemas:

- CORMIX1: Aplicable a emisarios submarinos en los que el vertido se descarga a través de un solo punto, siendo válido para vertidos con flotabilidad positiva y negativa.
- CORMIX2: Aplicable a emisarios submarinos en los que el vertido se descarga a través de un tramo de tubería en el que se dispone una serie de difusores igualmente espaciados entre los que se reparte el caudal total.
- CORMIX3: Aplicable a vertidos que se descargan sobre la superficie del medio receptor.

El modelo CORMIX representa una herramienta versátil y robusta para el análisis cualitativo (modelo de flujo) y cuantitativo (trayectoria de la pluma, dilución) del proceso de mezcla que resulta de las diferentes configuraciones que puede adoptar la descarga de un vertido en cualquier tipo de ambiente acuático: ríos, lagos, estuarios, océanos.

Los resultados obtenidos en numerosas aplicaciones del modelo han demostrado que: CORMIX1 predice adecuadamente más del 95 % de los diseños de emisarios submarinos con un punto de descarga, CORMIX2 abarca más del 80 % de los diseños de emisarios con un tramo de difusores y CORMIX3 es aplicable a más del 90 % de los vertidos superficiales.

El sistema hace mayor énfasis en el estudio de las características del campo cercano, en el que la dilución es muy intensa, y predice además el comportamiento de la pluma en el campo lejano.

Datos de entrada

El estudio de la dilución del vertido requiere la entrada de tres tipos de datos:

- Datos ambientales
- Datos de la geometría del dispositivo de vertido
- Datos del efluente

a) **Datos ambientales**

Los parámetros ambientales que requiere el modelo son:

- Batimetría de la zona: hay que especificar la profundidad en el punto de vertido y en su entorno.
- Velocidad del medio receptor.
- Factor de fricción de las superficies que limitan al medio.
- Condiciones estacionarias o cíclicas del ambiente. Si se desea considerar el efecto del ciclo de mareas sobre el vertido se debe especificar el tiempo que dura dicho ciclo, la velocidad máxima que se alcanza y la velocidad y el instante del ciclo en que se desea analizar el problema.
- Perfil de densidades: en este caso se puede elegir entre perfil uniforme y medio estratificado. Si el medio está estratificado, es decir, presenta variaciones verticales de la densidad, el programa permite optar por uno de los tres perfiles que se encuentran en la Figura II.1.
- Velocidad del viento: este parámetro no afecta al proceso de mezcla en el campo cercano, pero puede ser crítico en la dilución que se alcanza en el proceso de difusión del campo lejano. Tiene una importancia especial en las descargas de vertidos de agua de refrigeración que alcanzan la superficie, ya que el coeficiente de transferencia depende de la velocidad del viento, alcanzándose altas diluciones para valores elevados de este parámetro.

Finalmente, respecto a las condiciones ambientales también hay que especificar si la zona del vertido está limitada por ambos lados, como sería el caso de un río, o si por el contrario sólo está limitada por un lado, como sería el caso de una descarga próxima a la costa en un océano.

b) **Datos de la geometría del dispositivo de vertido**

Estos datos dependerán del subsistema del programa que sea aplicable al caso que se analiza. En el caso de la conducción objeto de este Estudio el subsistema a emplear es el **CORMIX1**, ya que el vertido se realiza por una única boca de descarga. No obstante para el Estudio de alternativas realizado se han empleado todos los subsistemas.

CORMIX1

Los parámetros de la configuración del sistema de vertido que requiere el programa cuando la descarga se realiza mediante un solo punto son los que se reflejan en la Figura II.2, donde h_0 es la distancia desde el fondo al punto de vertido, θ es el ángulo vertical de descarga y σ es el ángulo que forma la dirección de la corriente con la boca de salida del efluente.

CORMIX2

En este caso los datos de entrada referidos a la configuración de los difusores son los que aparecen en la Figura II.3.

Siendo:

- $L_D \equiv$ longitud del tramo de difusores
- $\gamma \equiv$ ángulo que forma la corriente del medio con el eje del tramo de difusores
- $\beta \equiv$ ángulo que forma el eje del tramo de difusores con la boca de descarga
- $\sigma \equiv$ ángulo que forma la corriente del medio con la boca de descarga
- $\theta \equiv$ ángulo vertical de descarga
- $h_o \equiv$ distancia desde el fondo al punto de vertido

Adicionalmente hay que especificar el número de difusores y su diámetro.

CORMIX3

En la Figura II.4 se presentan los datos requeridos por el modelo para el caso de vertido superficial.

Donde:

- $\sigma \equiv$ ángulo que forma la corriente del medio con el efluente
- $b_0 \equiv$ es el ancho del canal de descarga
- $h_0 \equiv$ dimensión vertical del canal de descarga
- $\theta \equiv$ pendiente media del fondo en las proximidades del vertido
- $h_{D0} \equiv$ profundidad en el punto de vertido

FIGURA II.1
PERFILES DE DENSIDAD ADMITIDOS POR CORMIX

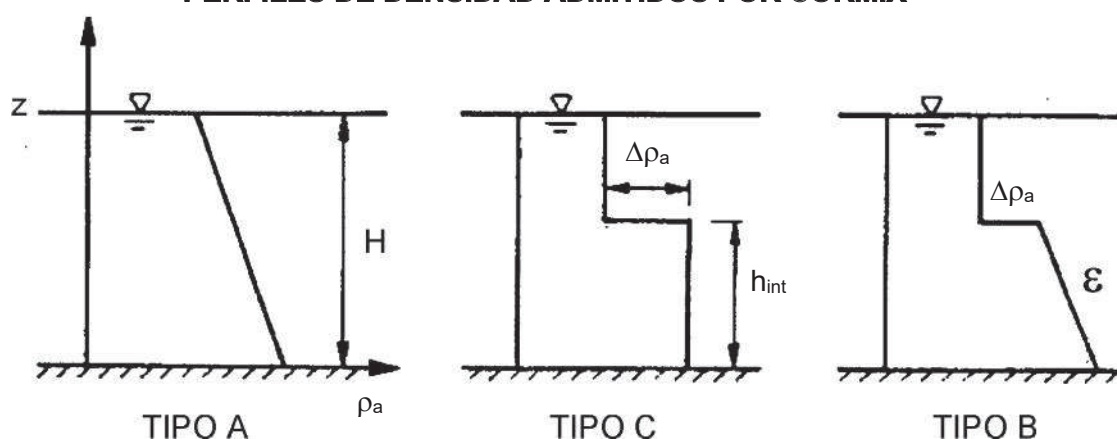


FIGURA II.2
GEOMETRÍA DE UNA DESCARGA POR UNA BOCA

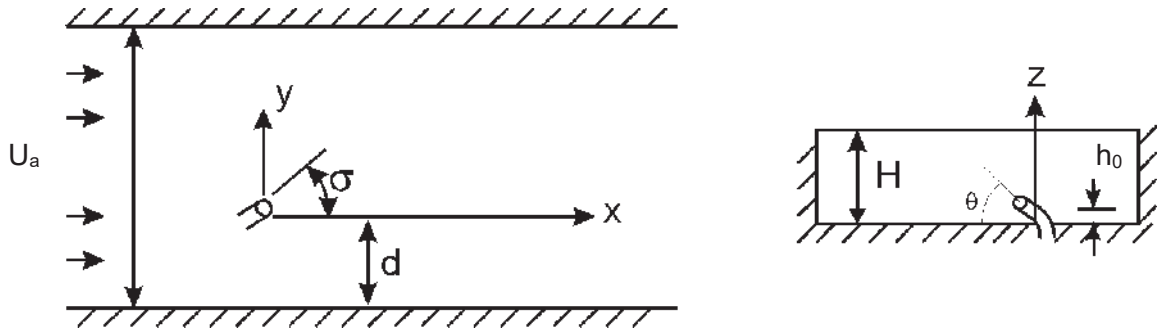


FIGURA II.3
GEOMETRÍA DE UNA DESCARGA MEDIANTE UN TRAMO DE DIFUSORES

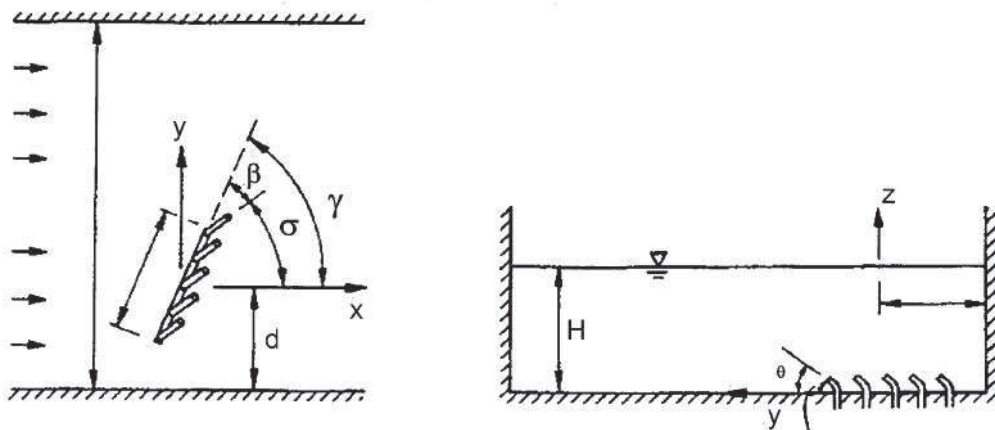
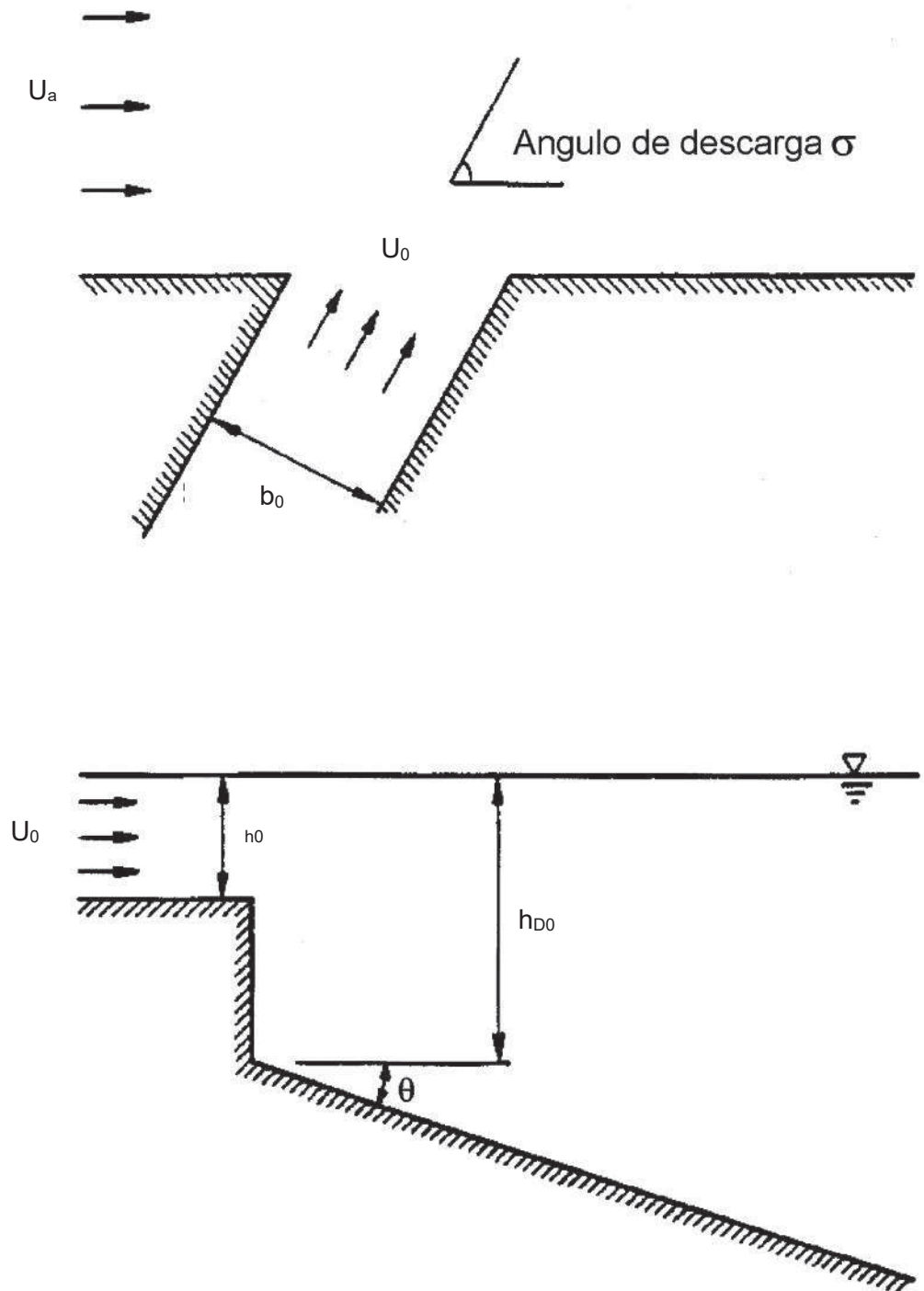


FIGURA II.4
CARACTERÍSTICAS DE UNA DESCARGA SUPERFICIAL



c) Datos del efluente

Respecto al vertido, el modelo requiere la entrada de los siguientes datos:

- Caudal total de descarga
- Densidad del vertido
- Características del contaminante

Si el contaminante es una especie química se debe especificar su concentración en el vertido. También hay que distinguir si se trata de una sustancia conservativa o por el contrario hay algún proceso de decaimiento o crecimiento de su concentración.

Cuando se analiza un vertido térmico, se considera como contaminante la temperatura y en este caso se debe introducir la diferencia de temperatura entre el medio receptor y el efluente.

Características del modelo

CORMIX divide el estudio de dilución del vertido en dos etapas:

- 1) Clasificación del flujo en base al análisis de las escalas de longitud características del problema.
- 2) Predicción del flujo mediante ecuaciones empíricas basadas en el análisis dimensional cuyas constantes han sido contrastadas con múltiples experimentos.

Etapas 1. Clasificación del flujo

En esta etapa se pretende obtener una idea cualitativa del comportamiento del vertido. Para ello se realiza un análisis en base a las escalas de longitud características del problema. La importancia relativa de unas escalas frente a otras y los valores introducidos como datos de entrada, determinarán el modelo de flujo que seguirá el efluente una vez que se introduzca en el medio receptor.

En las Tablas II.1 y II.2 se recogen las escalas empleadas en CORMIX1, CORMIX2 y CORMIX3.



TABLA II.1
ESCALAS DE LONGITUD EN CORMIX1 y CORMIX2

| Escala de longitud | | Interpretación física |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| CORMIX1 ⁽¹⁾ | CORMIX2 | |
| $L_M = M_0^{3/4} / J_0^{1/2}$ | $l_M = m_0 / j_0^{2/3}$ | Distancia a la cual el vertido pasa de comportarse como un chorro a comportarse como una pluma en un ambiente en reposo |
| $L_m = M_0^{1/2} / U_a$ | $L_m = m_0 / U_a^2$ | Distancia recorrida por un chorro en un ambiente uniforme hasta que su trayectoria se ve afectada notablemente por la corriente ambiente |
| $L_b = J_0 / U_a^3$ | $l_a = h_a / \epsilon^{1/2}$ | Distancia vertical recorrida por una pluma en un ambiente uniforme hasta que su trayectoria se ve notablemente afectada por la corriente ambiente |
| $L_m' = M_0^{1/4} / \epsilon^{1/4}$ | $l_m' = m_0^{1/3} / \epsilon^{1/3}$ | Distancia que recorre un chorro hasta que su trayectoria se ve notablemente afectada por la estratificación lineal del medio quedando el flujo estabilizado |
| $L_b' = J_0^{1/4} / \epsilon^{3/8}$ | $l_b' = j_0^{1/3} / \epsilon^{1/2}$ | Distancia vertical que recorre una pluma hasta que su trayectoria se ve afectada notablemente por la estratificación del medio quedando el flujo estabilizado |

⁽¹⁾ CORMIX2 emplea estas escalas hasta que se produce la unión de los chorros que salen de cada difusor.

Nota: $M_0 = U_0 Q_0$ $m_0 = U_0 q_0$
 $J_0 = g_0' Q_0$ $j_0 = g_0' q_0$
 $Q_0 = U_0 a_0$ $q_0 = U_0 a_0 / L_D$
 $a_0 = \text{área de la boca de descarga}$ $n = \text{número de difusores}$
 $U_a = \text{velocidad de la corriente ambiente}$ $L_D = \text{longitud del difusor}$
 $U_0 = \text{velocidad de la descarga}$
 $\epsilon = \text{pendiente del perfil de densidad}$
 $g_0' = g (\rho_a - \rho_0) / \rho_a$

**TABLA II.2
ESCALAS DE LONGITUD EN CORMIX3**

| Escalas de longitud | Interpretación física |
|-----------------------------|---|
| $L_M = M_0^{3/4}/J_0^{1/2}$ | Distancia recorrida por el chorro hasta que pierde su forma característica |
| $L_M = M_0^{1/2}/U_a$ | Distancia recorrida por un chorro hasta que su trayectoria se ve afectada notablemente por la corriente ambiente |
| $L_b = J_0/U_a^3$ | Longitud que evalúa la tendencia del efluente a disminuir por flotación el espesor de la capa de mezcla superficial |

Los criterios para determinar el modelo de flujo que se obtiene bajo las condiciones de operación que resultan de los datos de entrada del problema, se recogen en las Figuras II.5 a II.8¹. En dichas figuras también se muestra una representación esquemática de cada tipo de flujo.

Etapa 2. Predicción del flujo

La predicción del flujo se lleva a cabo empleando un conjunto de ecuaciones algebraicas específicas para cada tipo de flujo.

En función de las escalas de longitud del problema se utilizan ecuaciones diferentes (módulos) en cada zona afectada por el vertido.

En general, existen dos tipos de módulos. Módulos de flujo continuo que permiten obtener la trayectoria de pluma y la dilución en su línea media, y módulos de flujo medio que proporcionan las dimensiones de la zona afectada por el vertido y la evolución espacial de los valores medios de la dilución alcanzada en dicha zona.

En el caso de los módulos de flujo continuo se asume una distribución gaussiana de concentraciones o temperaturas cuyo máximo es 1,7 veces el valor medio para un chorro individual y, 1,3 veces el valor medio para una lámina formada por la unión de múltiples chorros.

En la Figura II.9 se encuentran los perfiles de concentraciones o temperaturas que emplea CORMIX en función de la configuración que adopta la pluma en cada región estudiada.

¹ Se muestran únicamente los diagramas de tipos de flujo de cada subsistema que incluyen los tipos de flujo que han resultado en las modelizaciones realizadas para el vertido de MLF.

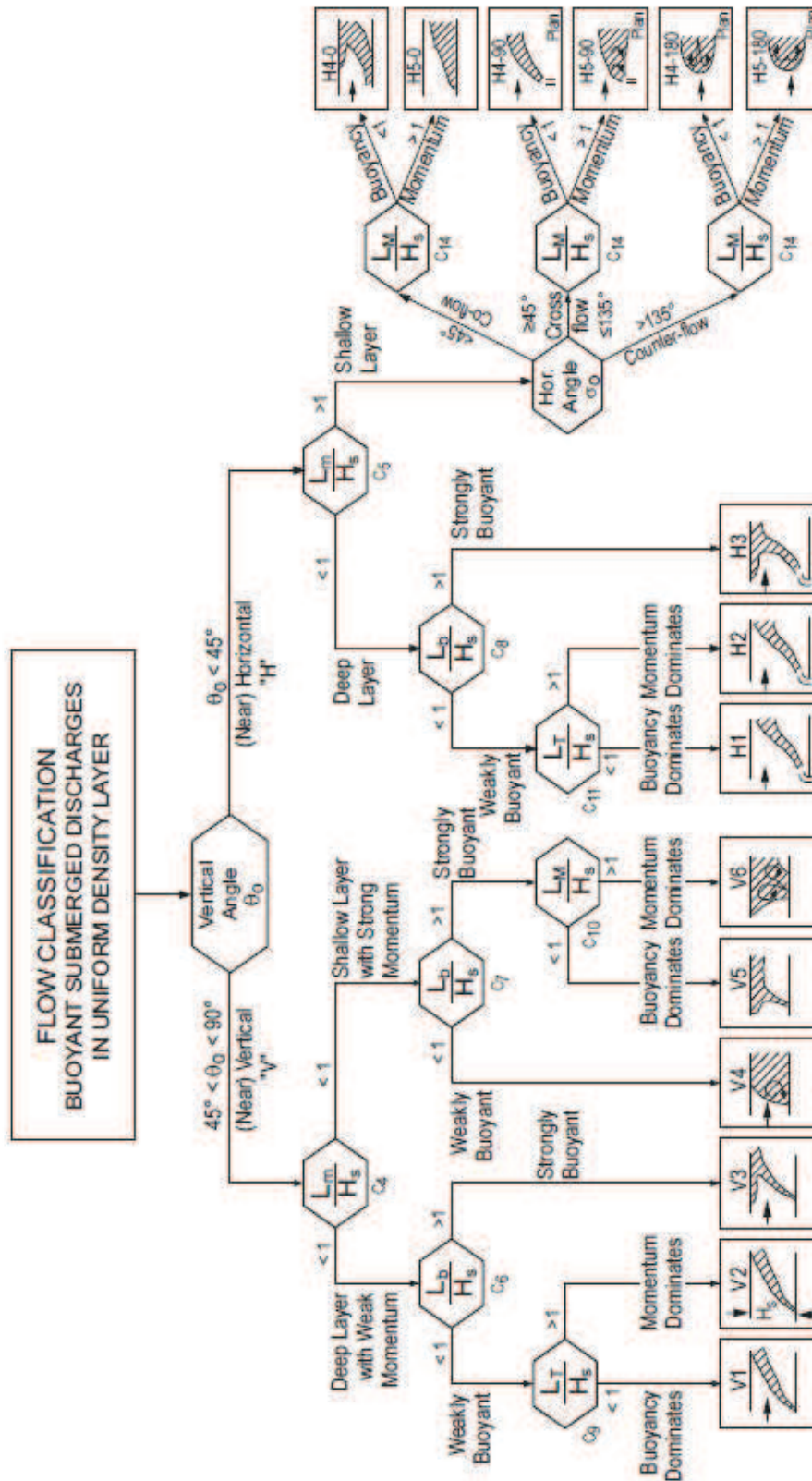


FIGURA II.5
TIPOS DE FLUJOS EN CORMIX 1 PARA VERTIDOS CON MENOR DENSIDAD QUE EL
MEDIO EN UN AMBIENTE UNIFORME

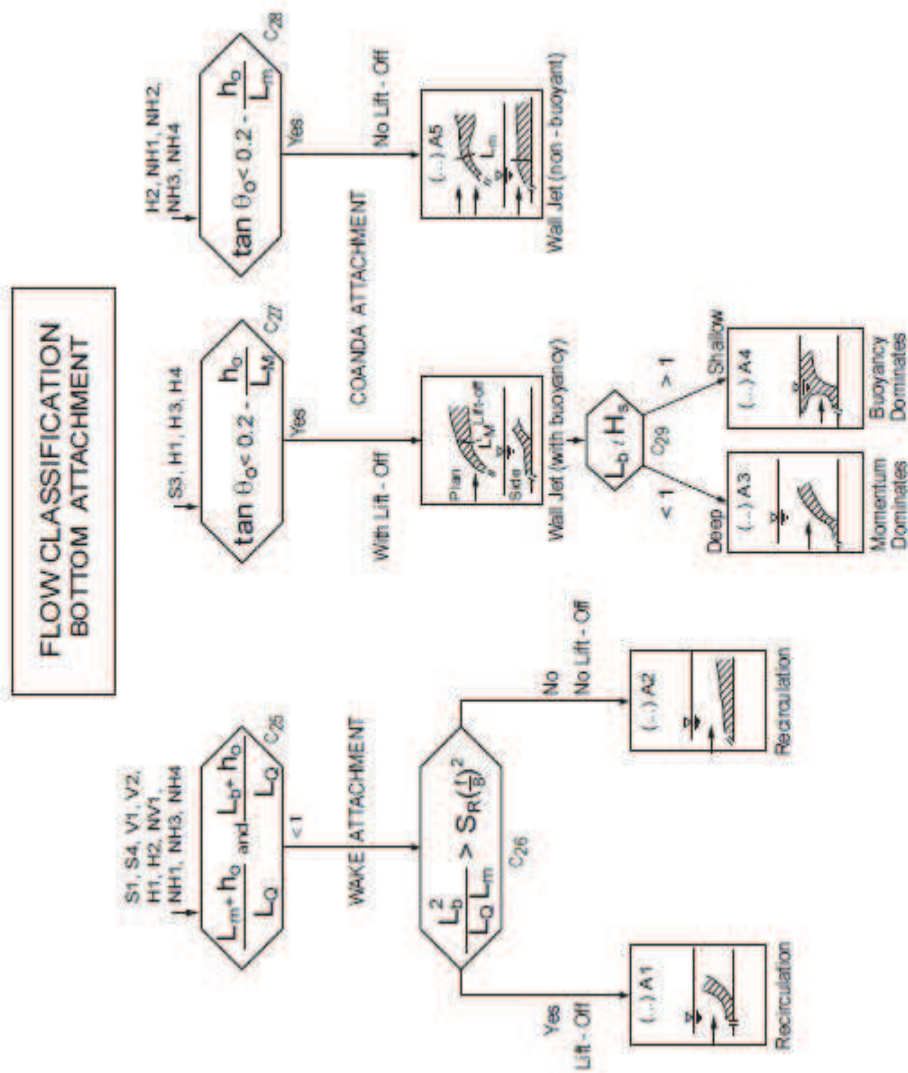


FIGURA II.6
TIPOS DE FLUJOS EN CORMIX 1 PARA VERTIDOS QUE INTERACCIONAN CON EL FONDO

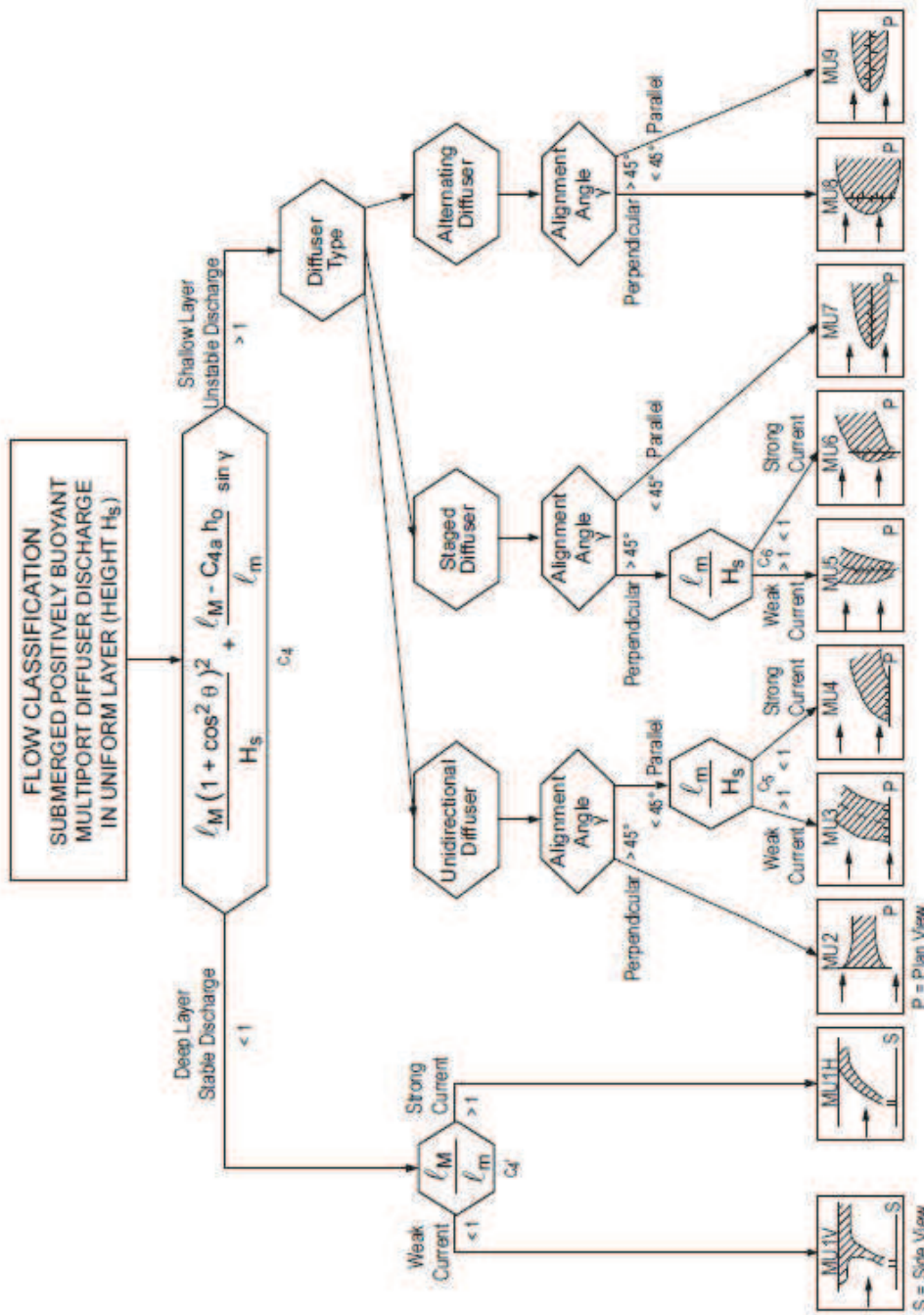


FIGURA II.7
TIPOS DE FLUJOS EN CORMIX 2 PARA VERTIDOS CON MENOR DENSIDAD QUE EL MEDIO EN UN AMBIENTE UNIFORME

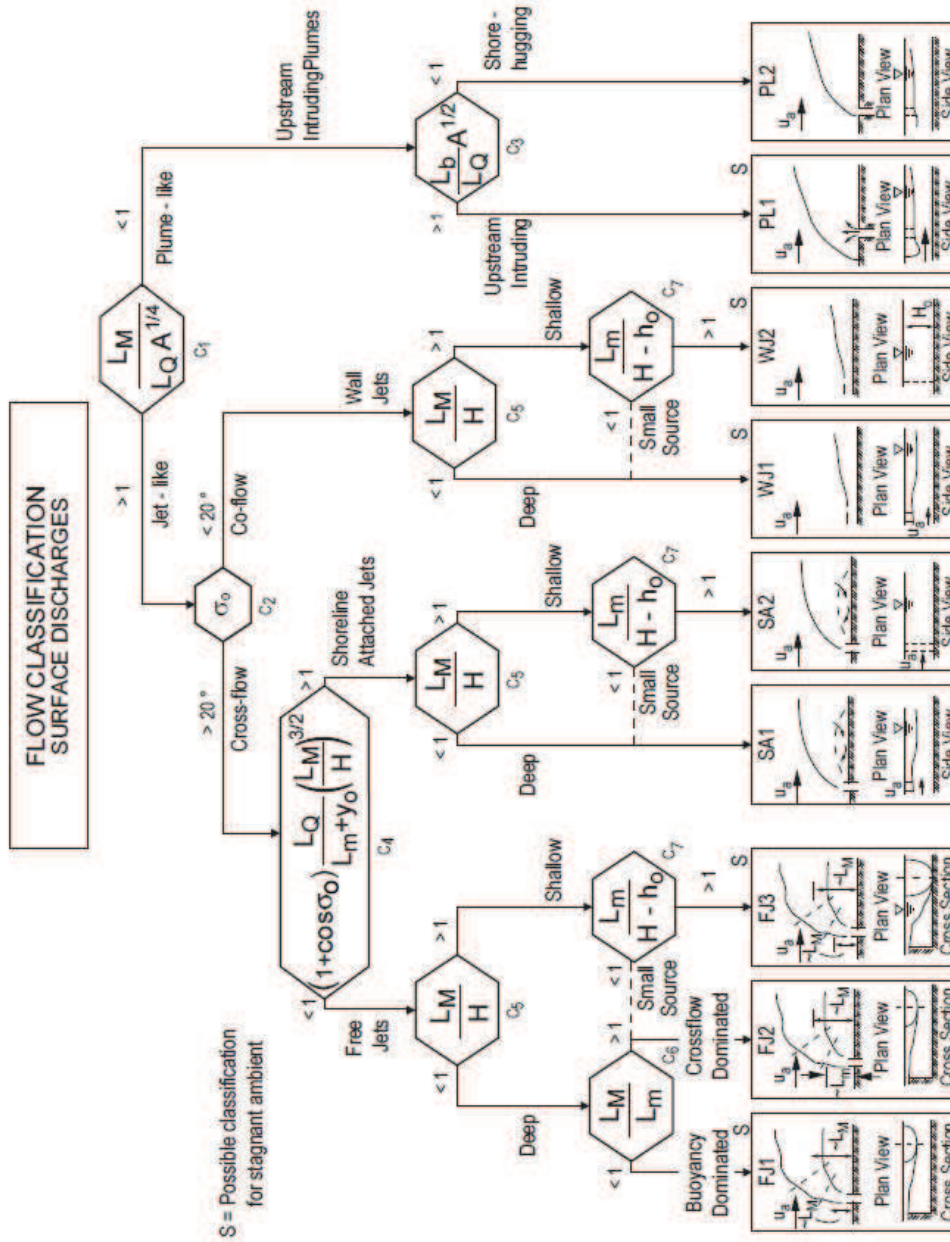
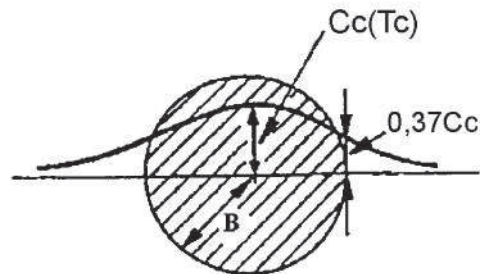


FIGURA II.8
TIPOS DE FLUJOS EN CORMIX 3 PARA VERTIDOS EN SUPERFICIE

FIGURA II.9
PERFILES DE CONCENTRACIONES Y TEMPERATURAS EMPLEADOS EN CORMIX



Chorro circular:

- Perfil gaussiano
B= radio
 $S=C_0/C_c = T_0/T_c$

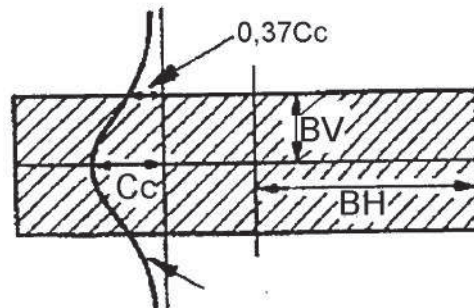
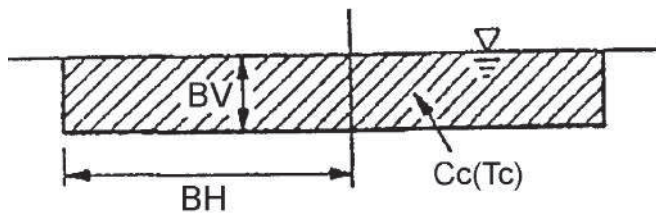


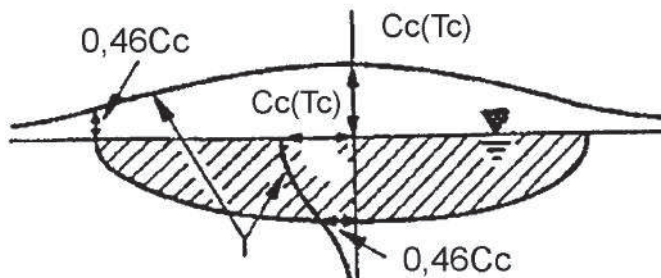
Lámina bidimensional

- Perfil gaussiano en dirección vertical.
Uniforme en horizontal
 $S=C_0/C_c = T_0/T_c$



Sección transversal de la zona inicial del campo lejano

- Perfiles uniformes
 $S=C_0/C_c = T_0/T_c$



Sección transversal de la zona de difusión del campo lejano

$$S=C_0/C_c = T_0/T_c$$

Perfiles
Gaussianos

ANEXO III.

**RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN HIDRODINÁMICA
PARA EL ESCENARIO PREOPERACIONAL**

TABLA III.1
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
ARSÉNICO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | As 50 μg/l | Bajamar | 0,10 | 1,27 | 1,03 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,53 | 0,42 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,37 | 0,27 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,32 | 0,22 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 1,28 | 0,92 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,56 | 0,40 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,35 | 0,26 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,61 | 0,23 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,66 | 0,47 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (1,75 μg/l) | | | | | | 2,41 | 2,22 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 25 μg/l | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA III.2
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
CADMIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m³/s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Cd 0,008 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,21 | 0,17 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,09 | 0,07 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,06 | 0,04 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,05 | 0,04 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,21 | 0,15 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,09 | 0,07 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,06 | 0,04 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,10 | 0,04 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,11 | 0,08 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (0,012 µg/l) | | | | | | 0,12 | 0,09 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 0,2 µg/l | | |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,012 µg/l) | | | | | | 0,22 | 0,18 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 1,5 µg/l | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

TABLA III.3
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
COBRE

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Cu 0,1 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,55 | 2,07 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,06 | 0,84 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,74 | 0,55 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,63 | 0,44 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 2,57 | 1,85 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,12 | 0,81 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,71 | 0,53 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 1,22 | 0,47 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 1,33 | 0,94 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (3 μg/l) | | | | | | 4,33 | 3,94 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 25 μg/l | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA III.4
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
MERCURIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Hg 0,0005 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,013 | 0,010 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,005 | 0,004 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,004 | 0,003 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,003 | 0,002 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,013 | 0,009 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,006 | 0,004 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,004 | 0,003 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,006 | 0,002 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,0075 μg/l) | | | | | | 0,021 | 0,018 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 0,07 μg/l | | |

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

**TABLA III.5
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
NÍQUEL**

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Ni 0,1 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,53 | 2,06 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,06 | 0,83 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,74 | 0,54 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,63 | 0,43 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 2,56 | 1,84 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,12 | 0,81 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,70 | 0,53 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 1,22 | 0,46 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 1,32 | 0,94 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (3,5 μg/l) | | | | | | 4,82 | 4,44 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 8,6 μg/l | | |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (3,5 μg/l) | | | | | | 6,06 | 5,56 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 34 | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

TABLA III.6
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
PLOMO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Pb 0,015 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,39 | 0,32 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,16 | 0,13 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,11 | 0,08 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,10 | 0,07 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,39 | 0,28 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,17 | 0,12 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,11 | 0,08 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,19 | 0,07 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,20 | 0,14 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (0,18 μg/l) | | | | | | 0,38 | 0,32 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 1,3 μg/l | | |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,18 μg/l) | | | | | | 0,57 | 0,50 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 14 | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

TABLA III.7
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
ZINC

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Zn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 13,0 | 10,6 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 5,4 | 4,3 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 3,8 | 2,8 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 3,2 | 2,2 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 13,1 | 9,5 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 5,7 | 4,1 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 3,6 | 2,7 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 6,2 | 2,4 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 6,8 | 4,8 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (4,5 μg/l) | | | | | | 11,3 | 9,3 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 60 μg/l | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA III.8
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
MANGANESO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Mn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 7,8 | 6,3 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 3,2 | 2,6 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 2,3 | 1,7 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 1,9 | 1,3 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 7,9 | 5,6 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 3,4 | 2,5 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 2,2 | 1,6 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 3,7 | 1,4 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (204 μg/l) | | | | | | 211,9 | 210,3 | - |

TABLA III.9
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
NITRATOS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|--|--|--|------|-------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,44 | NO ₃ 50 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,85 | 0,69 | H5-90 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,35 | 0,28 | H4-90A3 | | |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,25 | 0,18 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,21 | 0,15 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,44 | NO ₃ 50 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,86 | 0,62 | H5-90 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 0,37 | 0,27 | H5-90 |
| 7 | | | | | | Vaciante | 0,60 | 0,24 | 0,18 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 0,41 | 0,16 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (17,6 mg/l) | | | | | | 18,46 | 18,29 | - | | |

TABLA III.10
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
DQO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | DQO 100 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,22 | 1,80 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,93 | 0,73 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,65 | 0,48 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,55 | 0,38 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 2,25 | 1,62 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,98 | 0,71 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,62 | 0,46 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 1,07 | 0,41 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (15,3 mg/l) | | | | | | 17,55 | 17,10 | - |

TABLA III.11
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
CROMO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Cr 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,197 | 0,160 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,082 | 0,065 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,057 | 0,042 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,049 | 0,034 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,199 | 0,143 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,087 | 0,063 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,055 | 0,041 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,095 | 0,036 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (2,5 μg/l) | | | | | | 2,699 | 2,660 | - |
| Objetivo de calidad (Orden de 14 de febrero de 1997) | | | | | | 20 μg/l | | |

TABLA III.12
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
SELENIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Se 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,241 | 0,196 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,101 | 0,079 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,070 | 0,052 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,060 | 0,041 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,244 | 0,176 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,107 | 0,077 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,067 | 0,050 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,116 | 0,044 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,126 | 0,089 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (0,8 μg/l) | | | | | | 0,926 | 0,889 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 10 μg/l | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA III.13
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
FLUORUROS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | F 3,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,085 | 0,069 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,036 | 0,028 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,025 | 0,018 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,021 | 0,015 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,086 | 0,062 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,038 | 0,027 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,024 | 0,018 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,041 | 0,016 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,246 mg/l) | | | | | | 0,332 | 0,315 | - |
| Objetivo de calidad (Orden de 14 de febrero de 1997) | | | | | | 1,7 mg/l | | |

TABLA III.14
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
BORO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | B 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 10,4 | 8,5 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 4,4 | 3,4 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 3,0 | 2,2 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 2,6 | 1,8 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 10,6 | 7,6 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 4,6 | 3,3 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 2,9 | 2,2 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 5,0 | 1,9 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (102 μg/l) | | | | | | 112,6 | 110,5 | - |

TABLA III.15
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN PREOPERACIONAL)
SULFITOS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|------|-------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,44 | Sulfitos 3 mg/l | Bajamar | 0,10 | 78,7 | 63,9 | H5-90 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 32,8 | 25,9 | H4-90A3 | | |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 23,0 | 16,9 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 19,6 | 13,5 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,44 | Sulfitos 3 mg/l | Bajamar | 0,10 | 79,6 | 57,2 | H5-90 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 34,7 | 25,1 | H5-90 |
| 7 | | | | | | Vaciante | 0,60 | 21,9 | 16,4 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 37,8 | 14,4 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 41,0 | 29,2 | - | | |

*Para los sulfitos no se dispone de medidas en el medio receptor.

ANEXO IV.

**RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN HIDRODINÁMICA
PARA EL ESCENARIO OPERACIONAL**

TABLA IV.1
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
ARSÉNICO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | As 50 μg/l | Bajamar | 0,10 | 1,27 | 1,03 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,53 | 0,42 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,37 | 0,27 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,32 | 0,22 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 1,28 | 0,92 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,56 | 0,40 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,35 | 0,26 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,61 | 0,23 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (1,75 μg/l) | | | | | | 3,03 | 2,78 | - |

TABLA IV.2
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
ARSÉNICO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | As 50 μg/l | Bajamar | 0,10 | 0,87 | 0,58 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,51 | 0,33 | H2 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,18 | 0,10 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,17 | 0,08 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,64 | 0,37 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,41 | 0,22 | H2 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,29 | 0,12 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,44 | 0,09 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,44 | 0,24 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (1,75 μg/l) | | | | | | 2,19 | 1,99 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 25 μg/l | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA IV.3
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
CADMIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Cd 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,26 | 0,21 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,11 | 0,09 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,08 | 0,06 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,07 | 0,04 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,26 | 0,19 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,12 | 0,08 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,07 | 0,05 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,13 | 0,05 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,012 μg/l) | | | | | | 0,28 | 0,22 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 1,5 μg/l | | |

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

TABLA IV.4
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
CADMIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Cd 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,18 | 0,12 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,10 | 0,07 | H2 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,04 | 0,02 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,03 | 0,02 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,13 | 0,08 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,08 | 0,05 | H2 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,06 | 0,02 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,09 | 0,02 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,09 | 0,05 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (0,012 μg/l) | | | | | | 0,10 | 0,06 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 0,2 μg/l | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA IV.5
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
COBRE

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Cu 0,1 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,55 | 2,07 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,06 | 0,84 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,74 | 0,55 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,63 | 0,44 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 2,57 | 1,85 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,12 | 0,81 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,71 | 0,53 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 1,22 | 0,47 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (3 μg/l) | | | | | | 5,57 | 5,07 | - |

TABLA IV.6
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
COBRE

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Cu 0,1 mg/l | Bajamar | 0,10 | 1,74 | 1,17 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,02 | 0,66 | H2 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,37 | 0,21 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,34 | 0,16 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 1,30 | 0,75 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,82 | 0,45 | H2 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,58 | 0,23 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,88 | 0,19 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,88 | 0,48 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (3 μg/l) | | | | | | 3,88 | 3,48 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 25 μg/l | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA IV.7
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
MERCURIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Hg 0,0005 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,013 | 0,010 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,005 | 0,004 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,004 | 0,003 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,003 | 0,002 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,013 | 0,009 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,006 | 0,004 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,004 | 0,003 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,006 | 0,002 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,0075 μg/l) | | | | | | 0,021 | 0,018 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 0,07 μg/l | | |

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

TABLA IV.8
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
MERCURIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Hg 0,0005 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,009 | 0,006 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,005 | 0,003 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,002 | 0,001 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,002 | 0,001 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,007 | 0,004 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,004 | 0,002 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,003 | 0,001 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,004 | 0,001 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,0075 μg/l) | | | | | | 0,016 | 0,013 | - |

TABLA IV.9
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
NÍQUEL

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Ni 0,1 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,53 | 2,06 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,06 | 0,83 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,74 | 0,54 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,63 | 0,43 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 2,56 | 1,84 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,12 | 0,81 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,70 | 0,53 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 1,22 | 0,46 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (3,5 μg/l) | | | | | | 6,06 | 5,56 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 34 | | |

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

TABLA IV.10
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
NÍQUEL

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Ni 0,1 mg/l | Bajamar | 0,10 | 1,73 | 1,17 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,01 | 0,66 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,36 | 0,21 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,33 | 0,16 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 1,29 | 0,75 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,81 | 0,45 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,58 | 0,23 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,88 | 0,19 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,87 | 0,48 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (3,5 μg/l) | | | | | | 4,37 | 3,98 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 8,6 μg/l | | |

(**) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA IV.11
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
PLOMO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Pb 0,015 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,39 | 0,32 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,16 | 0,13 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,11 | 0,08 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,10 | 0,07 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,39 | 0,28 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,17 | 0,12 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,11 | 0,08 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,19 | 0,07 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,18 μg/l) | | | | | | 0,57 | 0,50 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 14 | | |

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

TABLA IV.12
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
PLOMO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Pb 0,015 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,27 | 0,18 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,16 | 0,10 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,06 | 0,03 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,05 | 0,03 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,20 | 0,11 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,13 | 0,07 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,09 | 0,04 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,13 | 0,03 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,13 | 0,07 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (0,18 μg/l) | | | | | | 0,31 | 0,25 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 1,3 μg/l | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA IV.13
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
ZINC

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Zn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 13,0 | 10,6 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 5,4 | 4,3 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 3,8 | 2,8 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 3,2 | 2,2 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 13,1 | 9,5 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 5,7 | 4,1 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 3,6 | 2,7 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 6,2 | 2,4 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (4,5 μg/l) | | | | | | 17,6 | 15,1 | - |

TABLA IV.14
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
ZINC

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Zn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 8,9 | 6,0 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 5,2 | 3,4 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 1,9 | 1,1 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 1,7 | 0,8 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 6,6 | 3,8 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 4,2 | 2,3 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 3,0 | 1,2 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 4,5 | 1,0 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 4,5 | 2,4 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (4,5 μg/l) | | | | | | 9,0 | 6,9 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 60 μg/l | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA IV.15
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
MANGANESO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Mn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 7,8 | 6,3 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 3,2 | 2,6 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 2,3 | 1,7 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 1,9 | 1,3 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 7,9 | 5,6 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 3,4 | 2,5 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 2,2 | 1,6 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 3,7 | 1,4 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (204 μg/l) | | | | | | 211,9 | 210,3 | - |

TABLA IV.16
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
MANGANESO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Mn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 5,3 | 3,6 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 3,1 | 2,0 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 1,1 | 0,6 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 1,0 | 0,5 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 4,0 | 2,3 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 2,5 | 1,4 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 1,8 | 0,7 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 2,7 | 0,6 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (204 μg/l) | | | | | | 209,3 | 207,6 | - |

TABLA IV.17
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
NITRATOS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | NO ₃ 50 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,85 | 0,69 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,35 | 0,28 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,25 | 0,18 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,21 | 0,15 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,86 | 0,62 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,37 | 0,27 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,24 | 0,18 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,41 | 0,16 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (17,6 mg/l) | | | | | | 18,46 | 18,29 | - |

TABLA IV.18
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
NITRATOS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | NO ₃ 50 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,58 | 0,39 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,34 | 0,22 | H2 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,12 | 0,07 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,11 | 0,06 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,43 | 0,25 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,27 | 0,15 | H2 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,19 | 0,08 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,29 | 0,06 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (17,6 mg/l) | | | | | | 18,18 | 17,99 | - |

TABLA IV.19
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
DQO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | O ₂ 100 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,22 | 1,80 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,93 | 0,73 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,65 | 0,48 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,55 | 0,38 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 2,25 | 1,62 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,98 | 0,71 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,62 | 0,46 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 1,07 | 0,41 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (15,3 mg/l) | | | | | | 17,55 | 17,10 | - |

TABLA IV.20
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
DQO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | O ₂ 100 mg/l | Bajamar | 0,10 | 1,52 | 1,02 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,89 | 0,58 | H2 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,32 | 0,18 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,29 | 0,14 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 1,13 | 0,66 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,72 | 0,39 | H2 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,51 | 0,20 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,77 | 0,17 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (15,3 mg/l) | | | | | | 16,82 | 16,32 | - |

TABLA IV.21
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
CROMO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Cr 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,197 | 0,160 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,082 | 0,065 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,057 | 0,042 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,049 | 0,034 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,199 | 0,143 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,087 | 0,063 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,055 | 0,041 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,095 | 0,036 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (2,5 μg/l) | | | | | | 2,699 | 2,660 | - |
| Objetivo de calidad (Orden de 14 de febrero de 1997) | | | | | | 20 μg/l | | |

TABLA IV.22
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
CROMO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Cr 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,135 | 0,091 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,079 | 0,051 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,028 | 0,016 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,026 | 0,013 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,100 | 0,058 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,063 | 0,035 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,045 | 0,018 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,068 | 0,015 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (2,5 μg/l) | | | | | | 2,635 | 2,591 | - |
| Objetivo de calidad (Orden de 14 de febrero de 1997) | | | | | | 20 μg/l | | |

TABLA IV.23
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
SELENIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Se 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,241 | 0,196 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,101 | 0,079 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,070 | 0,052 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,060 | 0,041 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,244 | 0,176 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,107 | 0,077 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,067 | 0,050 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,116 | 0,044 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,8 μg/l) | | | | | | 0,926 | 0,889 | - |

TABLA IV.24
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
SELENIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Se 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,165 | 0,111 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,097 | 0,063 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,035 | 0,020 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,032 | 0,016 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,123 | 0,071 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,078 | 0,043 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,055 | 0,022 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,084 | 0,018 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,083 | 0,045 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (0,8 μg/l) | | | | | | 0,883 | 0,845 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 10 μg/l | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA IV.25
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
FLUORUROS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | F 3,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,085 | 0,069 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,036 | 0,028 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,025 | 0,018 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,021 | 0,015 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,086 | 0,062 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,038 | 0,027 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,024 | 0,018 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,041 | 0,016 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,246 mg/l) | | | | | | 0,332 | 0,315 | - |
| Objetivo de calidad (Orden de 14 de febrero de 1997) | | | | | | 1,7 mg/l | | |

TABLA IV.26
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
FLUORUROS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | Δ Concentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | Δ Concentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | F 3,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,058 | 0,039 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,034 | 0,022 | H2 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,012 | 0,007 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,011 | 0,006 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,043 | 0,025 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,027 | 0,015 | H2 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,019 | 0,008 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,030 | 0,006 | H2 |
| Δ Concentración máximo + nivel en medio receptor (0,246 mg/l) | | | | | | 0,304 | 0,285 | - |
| Objetivo de calidad (Orden de 14 de febrero de 1997) | | | | | | 1,7 mg/l | | |

TABLA IV.27
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
BORO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|--|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | B 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 10,4 | 8,5 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 4,4 | 3,4 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 3,0 | 2,2 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 2,6 | 1,8 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 10,6 | 7,6 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 4,6 | 3,3 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 2,9 | 2,2 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 5,0 | 1,9 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (102 μg/l) | | | | | | 112,6 | 110,5 | - |

TABLA IV.28
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
BORO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|-----|---------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,138 | B 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 7,1 | 4,8 | H4-90A3 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 4,2 | 2,7 | H2 | | |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 1,5 | 0,9 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 1,4 | 0,7 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,138 | B 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 5,3 | 3,1 | H4-90A3 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 3,4 | 1,8 | H2 |
| 7 | | | | | | Vaciante | 0,60 | 2,4 | 1,0 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 3,6 | 0,8 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (102 μg/l) | | | | | | 109,1 | 106,8 | - | | |

TABLA IV.29
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 1600 m³/h)
SULFITOS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Sulfitos 3 mg/l | Bajamar | 0,10 | 78,7 | 63,9 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 32,8 | 25,9 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 23,0 | 16,9 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 19,6 | 13,5 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 79,6 | 57,2 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 34,7 | 25,1 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 21,9 | 16,4 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 37,8 | 14,4 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 41,0 | 29,2 | - |

*Para los sulfitos no se dispone de medidas en el medio receptor.

TABLA IV.30
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN OPERACIONAL, CAUDAL 500 m³/h)
SULFITOS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Sulfitos 3 mg/l | Bajamar | 0,10 | 53,8 | 36,2 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 31,5 | 20,6 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 11,3 | 6,5 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 10,4 | 5,1 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 40,1 | 23,3 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 25,3 | 13,9 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 17,9 | 7,2 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 27,2 | 5,9 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 27,2 | 14,8 | - |

*Para los sulfitos no se dispone de medidas en el medio receptor.

ANEXO V.

**RESULTADOS DE LA MODELIZACIÓN HIDRODINÁMICA
PARA EL ESCENARIO FUTURO TENIENDO EN CUENTA EL
EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL MEDIO RECEPTOR**

TABLA V.1
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
ARSÉNICO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|------|-------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,44 | As 50 μg/l | Bajamar | 0,10 | 1,35 | 1,27 | 1,06 | H5-90 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,59 | 0,54 | 0,44 | H4-90A3 | | |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,43 | 0,38 | 0,28 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,39 | 0,32 | 0,23 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,44 | As 50 μg/l | Bajamar | 0,10 | 1,39 | 1,27 | 1,03 | H5-90 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 0,52 | 0,48 | 0,38 | H5-90 |
| 7 | | | | | | Vaciante | 0,60 | 0,42 | 0,37 | 0,28 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 0,57 | 0,34 | 0,23 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (1,75 μg/l) | | | | | | 3,14 | 3,02 | 2,81 | - | | |

TABLA V.2
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
ARSÉNICO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | As 50 μg/l | Bajamar | 0,10 | 1,00 | 0,90 | 0,62 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,60 | 0,52 | 0,35 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,29 | 0,18 | 0,10 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,31 | 0,16 | 0,08 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,87 | 0,75 | 0,49 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,54 | 0,46 | 0,29 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,35 | 0,20 | 0,10 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,51 | 0,20 | 0,08 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,56 | 0,42 | 0,26 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (1,75 μg/l) | | | | | | 2,31 | 2,17 | 2,01 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 25 μg/l | | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA V.3
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
CADMIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Cd 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,28 | 0,26 | 0,22 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,12 | 0,11 | 0,09 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,09 | 0,08 | 0,06 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,08 | 0,07 | 0,05 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,29 | 0,26 | 0,21 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,09 | 0,08 | 0,06 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,12 | 0,07 | 0,05 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,012 μg/l) | | | | | | 0,30 | 0,28 | 0,23 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 1,5 μg/l | | | |

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

TABLA V.4
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
CADMIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (µg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (µg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (µg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Cd 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,21 | 0,19 | 0,13 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,12 | 0,11 | 0,07 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,18 | 0,16 | 0,10 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 0,06 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,07 | 0,04 | 0,02 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,11 | 0,04 | 0,02 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,12 | 0,09 | 0,05 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (0,012 µg/l) | | | | | | 0,13 | 0,10 | 0,07 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 0,2 µg/l | | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA V.5
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
COBRE

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Cu 0,1 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,72 | 2,56 | 2,12 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,19 | 1,09 | 0,88 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,87 | 0,76 | 0,57 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,79 | 0,65 | 0,46 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 2,79 | 2,56 | 2,07 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,05 | 0,97 | 0,76 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,84 | 0,74 | 0,56 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 1,15 | 0,68 | 0,47 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (3 μg/l) | | | | | | 5,79 | 5,56 | 5,12 | - |

TABLA V.6
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
COBRE

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Cu 0,1 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,01 | 1,80 | 1,24 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,20 | 1,05 | 0,70 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,58 | 0,36 | 0,20 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,62 | 0,32 | 0,16 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 1,75 | 1,52 | 0,99 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,09 | 0,93 | 0,58 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,71 | 0,39 | 0,21 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 1,03 | 0,40 | 0,17 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 1,12 | 0,85 | 0,53 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (3 μg/l) | | | | | | 4,12 | 3,85 | 3,53 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 25 μg/l | | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA V.7
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
MERCURIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Hg 0,0005 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,014 | 0,013 | 0,011 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,006 | 0,006 | 0,004 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,004 | 0,003 | 0,002 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,014 | 0,013 | 0,011 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,005 | 0,005 | 0,004 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,006 | 0,003 | 0,002 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,0075 μg/l) | | | | | | 0,022 | 0,021 | 0,018 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 0,07 μg/l | | | |

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

TABLA V.8
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
MERCURIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Hg 0,0005 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,010 | 0,009 | 0,006 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | H2 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,009 | 0,008 | 0,005 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,006 | 0,005 | 0,003 | H2 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,005 | 0,002 | 0,001 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,0075 μg/l) | | | | | | 0,013 | 0,017 | 0,014 | - |

TABLA V.9
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
NÍQUEL

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|------|-------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,44 | Ni 0,1 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,70 | 2,54 | 2,11 | H5-90 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,18 | 1,09 | 0,88 | H4-90A3 | | |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,87 | 0,76 | 0,57 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,78 | 0,65 | 0,45 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,44 | Ni 0,1 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,78 | 2,55 | 2,06 | H5-90 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 1,04 | 0,96 | 0,76 | H5-90 |
| 7 | | | | | | Vaciante | 0,60 | 0,84 | 0,74 | 0,56 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 1,14 | 0,68 | 0,47 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (3,5 μg/l) | | | | | | 6,28 | 6,05 | 5,61 | - | | |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 34 μg/l | | | | | |

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

TABLA V.10
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
NÍQUEL

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Ni 0,1 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,00 | 1,79 | 1,23 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,19 | 1,04 | 0,69 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,58 | 0,36 | 0,20 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,62 | 0,32 | 0,16 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 1,74 | 1,51 | 0,99 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,08 | 0,93 | 0,58 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,70 | 0,39 | 0,21 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 1,02 | 0,40 | 0,17 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 1,12 | 0,84 | 0,53 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (3,5 μg/l) | | | | | | 4,62 | 4,34 | 4,03 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 8,6 μg/l | | | |

(**) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA V.11
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
PLOMO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Pb 0,015 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,42 | 0,39 | 0,32 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,18 | 0,17 | 0,13 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,13 | 0,12 | 0,09 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,12 | 0,10 | 0,07 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,43 | 0,39 | 0,32 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,16 | 0,15 | 0,12 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,13 | 0,11 | 0,09 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,18 | 0,10 | 0,07 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,18 μg/l) | | | | | | 0,61 | 0,57 | 0,50 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-CMA) (**) (R.D. 817/2015) | | | | | | 14 μg/l | | | |

(**) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA).

TABLA V.12
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
PLOMO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Pb 0,015 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,31 | 0,28 | 0,19 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,18 | 0,16 | 0,11 | H2 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,09 | 0,05 | 0,03 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,27 | 0,23 | 0,15 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,17 | 0,14 | 0,09 | H2 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,11 | 0,06 | 0,03 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,16 | 0,06 | 0,03 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,17 | 0,13 | 0,08 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (0,18 μg/l) | | | | | | 0,35 | 0,31 | 0,26 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 1,3 μg/l | | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA V.13
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
ZINC

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|------|-------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,44 | Zn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 13,9 | 13,1 | 10,9 | H5-90 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 6,1 | 5,6 | 4,5 | H4-90A3 | | |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 4,4 | 3,9 | 2,9 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 4,0 | 3,3 | 2,3 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,44 | Zn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 14,3 | 13,1 | 10,6 | H5-90 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 5,4 | 4,9 | 3,9 | H5-90 |
| 7 | | | | | | Vacante | 0,60 | 4,3 | 3,8 | 2,9 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 5,9 | 3,5 | 2,4 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (4,5 μg/l) | | | | | | 18,8 | 17,6 | 15,4 | - | | |

TABLA V.14
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
ZINC

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Zn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 10,3 | 9,2 | 6,3 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 6,1 | 5,4 | 3,6 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 3,0 | 1,8 | 1,0 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 3,2 | 1,6 | 0,8 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 8,9 | 7,7 | 5,1 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 5,5 | 4,8 | 3,0 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 3,6 | 2,0 | 1,1 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 5,2 | 2,0 | 0,8 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 5,7 | 4,3 | 2,7 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (4,5 μg/l) | | | | | | 10,2 | 8,8 | 7,2 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 60 μg/l | | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA V.15
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
MANGANESO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|-----|-------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,44 | Mn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 8,3 | 7,8 | 6,5 | H5-90 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 3,6 | 3,3 | 2,7 | H4-90A3 | | |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 2,7 | 2,3 | 1,7 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 2,4 | 2,0 | 1,4 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,44 | Mn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 8,5 | 7,8 | 6,3 | H5-90 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 3,2 | 3,0 | 2,3 | H5-90 |
| 7 | | | | | | Vaciante | 0,60 | 2,6 | 2,3 | 1,7 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 3,5 | 2,1 | 1,4 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (204 μg/l) | | | | | | 212,5 | 211,8 | 210,5 | - | | |

TABLA V.16
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
MANGANESO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|-----|---------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,138 | Mn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 6,1 | 5,5 | 3,8 | H4-90A3 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 3,7 | 3,2 | 2,1 | H2 | | |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 1,8 | 1,1 | 0,6 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 1,9 | 1,0 | 0,5 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,138 | Mn 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 5,3 | 4,6 | 3,0 | H4-90A3 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 3,3 | 2,9 | 1,8 | H2 |
| 7 | | | | | | Vacante | 0,60 | 2,2 | 1,2 | 0,6 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 3,1 | 1,2 | 0,5 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (204 μg/l) | | | | | | 210,1 | 209,5 | 207,8 | - | | |

TABLA V.17
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
NITRATOS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | NO ₃ 50 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,91 | 0,85 | 0,71 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,40 | 0,36 | 0,29 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,29 | 0,25 | 0,19 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,26 | 0,22 | 0,15 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,93 | 0,85 | 0,69 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,35 | 0,32 | 0,25 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,28 | 0,25 | 0,19 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,38 | 0,23 | 0,16 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (17,6 mg/l) | | | | | | 18,53 | 18,45 | 18,31 | - |

TABLA V.18
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
NITRATOS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | NO ₃ 50 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,67 | 0,60 | 0,41 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,40 | 0,35 | 0,23 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,19 | 0,12 | 0,07 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,21 | 0,11 | 0,05 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,58 | 0,51 | 0,33 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,36 | 0,31 | 0,19 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,24 | 0,13 | 0,07 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,34 | 0,13 | 0,06 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (17,6 mg/l) | | | | | | 18,27 | 18,20 | 18,01 | - |

TABLA V.19
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
DQO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | O ₂ 100 mg/l | Bajamar | 0,10 | 2,37 | 2,23 | 1,86 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,04 | 0,95 | 0,77 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,76 | 0,66 | 0,50 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,69 | 0,57 | 0,40 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 2,44 | 2,24 | 1,81 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,92 | 0,85 | 0,67 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,74 | 0,65 | 0,49 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 1,00 | 0,60 | 0,41 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (15,3 mg/l) | | | | | | 17,74 | 17,54 | 17,16 | - |

TABLA V.20
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
DQO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | | |
|---|----------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|--|--|--|--|------|---------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,138 | O ₂ 100 mg/l | Bajamar | 0,10 | 1,75 | 1,57 | 1,08 | H4-90A3 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 1,05 | 0,92 | 0,61 | H2 | | |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,51 | 0,31 | 0,18 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,54 | 0,28 | 0,14 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,138 | O ₂ 100 mg/l | Bajamar | 0,10 | 1,52 | 1,33 | 0,87 | H4-90A3 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 0,95 | 0,82 | 0,51 | H2 |
| 7 | | | | | | Vacante | 0,60 | 0,62 | 0,34 | 0,18 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 0,90 | 0,35 | 0,14 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (15,3 mg/l) | | | | | | 17,05 | 16,87 | 16,38 | - | | |

TABLA V.21
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
CROMO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Cr 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,210 | 0,198 | 0,164 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,092 | 0,084 | 0,068 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,067 | 0,059 | 0,044 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,061 | 0,050 | 0,035 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,216 | 0,198 | 0,160 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,081 | 0,075 | 0,059 | H5-90 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,065 | 0,057 | 0,043 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,089 | 0,053 | 0,036 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (2,5 μg/l) | | | | | | 2,716 | 2,698 | 2,664 | - |
| Objetivo de calidad (Orden de 14 de febrero de 1997) | | | | | | 20 μg/l | | | |

TABLA V.22
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
CROMO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Cr 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,155 | 0,139 | 0,096 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,093 | 0,081 | 0,054 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,045 | 0,028 | 0,016 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,048 | 0,025 | 0,012 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,135 | 0,117 | 0,077 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,084 | 0,072 | 0,045 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,055 | 0,030 | 0,016 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,079 | 0,031 | 0,013 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (2,5 μg/l) | | | | | | 2,655 | 2,639 | 2,596 | - |
| Objetivo de calidad (Orden de 14 de febrero de 1997) | | | | | | 20 μg/l | | | |

TABLA V.23
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
SELENIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | Se 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,258 | 0,243 | 0,201 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,113 | 0,104 | 0,084 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,083 | 0,072 | 0,054 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,075 | 0,062 | 0,043 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,265 | 0,243 | 0,196 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,099 | 0,092 | 0,072 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,080 | 0,070 | 0,053 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,109 | 0,065 | 0,044 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,8 μg/l) | | | | | | 1,065 | 1,043 | 1,001 | - |

TABLA V.24
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
SELENIO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | Se 0,01 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,191 | 0,171 | 0,117 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,114 | 0,099 | 0,066 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,055 | 0,034 | 0,019 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,059 | 0,030 | 0,015 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,166 | 0,144 | 0,094 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,103 | 0,089 | 0,055 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,067 | 0,037 | 0,020 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,097 | 0,038 | 0,016 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 0,106 | 0,080 | 0,050 | - |
| Valor promedio anual del Proyecto + nivel en medio receptor (0,8 μg/l) | | | | | | 0,906 | 0,880 | 0,850 | - |
| Normas de Calidad Ambiental (NCA-MA) (*) (R.D. 817/2015) | | | | | | 10 μg/l | | | |

(*) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

TABLA V.25
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
FLUORUROS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,44 | F 3,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,091 | 0,086 | 0,071 | H5-90 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,040 | 0,037 | 0,030 | H4-90A3 |
| 3 | | | | Vacante | 0,60 | 0,029 | 0,025 | 0,019 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,026 | 0,022 | 0,015 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,094 | 0,086 | 0,069 | H5-90 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,035 | 0,032 | 0,026 | H5-90 |
| 7 | | | | Vacante | 0,60 | 0,028 | 0,025 | 0,019 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,039 | 0,023 | 0,016 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,246 mg/l) | | | | | | 0,340 | 0,332 | 0,317 | - |
| Objetivo de calidad (Orden de 14 de febrero de 1997) | | | | | | 1,7 mg/l | | | |

TABLA V.26
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
FLUORUROS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (mg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (mg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio |
| 1 | Invierno | 0,138 | F 3,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 0,067 | 0,060 | 0,041 | H4-90A3 |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,040 | 0,035 | 0,023 | H2 |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,019 | 0,012 | 0,007 | H2 |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 0,021 | 0,011 | 0,005 | H2 |
| 5 | Verano | | | Bajamar | 0,10 | 0,059 | 0,051 | 0,033 | H4-90A3 |
| 6 | | | | Pleamar | 0,15 | 0,036 | 0,031 | 0,019 | H2 |
| 7 | | | | Vaciante | 0,60 | 0,024 | 0,013 | 0,007 | H2 |
| 8 | | | | Llenante | 0,80 | 0,034 | 0,013 | 0,006 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (0,246 mg/l) | | | | | | 0,313 | 0,306 | 0,287 | - |
| Objetivo de calidad (Orden de 14 de febrero de 1997) | | | | | | 1,7 mg/l | | | |

TABLA V.27
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
BORO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|-----|-------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,44 | B 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 11,2 | 10,5 | 8,7 | H5-90 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 4,9 | 4,5 | 3,6 | H4-90A3 | | |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 3,6 | 3,1 | 2,3 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 3,2 | 2,7 | 1,9 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,44 | B 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 11,5 | 10,5 | 8,5 | H5-90 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 4,3 | 4,0 | 3,1 | H5-90 |
| 7 | | | | | | Vaciante | 0,60 | 3,5 | 3,0 | 2,3 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 4,7 | 2,8 | 1,9 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (102 μg/l) | | | | | | 113,5 | 112,5 | 110,7 | - | | |

TABLA V.28
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
BORO

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|-----|---------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,138 | B 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 8,2 | 7,4 | 5,1 | H4-90A3 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 4,9 | 4,3 | 2,9 | H2 | | |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 2,4 | 1,5 | 0,8 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 2,6 | 1,3 | 0,6 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,138 | B 0,5 mg/l | Bajamar | 0,10 | 7,2 | 6,2 | 4,1 | H4-90A3 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 4,5 | 3,8 | 2,4 | H2 |
| 7 | | | | | | Vaciante | 0,60 | 2,9 | 1,6 | 0,9 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 4,2 | 1,6 | 0,7 | H2 |
| ΔConcentración máximo + nivel en medio receptor (102 μg/l) | | | | | | 110,2 | 109,4 | 107,1 | - | | |

TABLA V.29
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 1600 m³/h)
SULFITOS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | | |
|-----------------------|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|------|-------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,44 | Sulfitos 3 mg/l | Bajamar | 0,10 | 84,1 | 79,1 | 65,7 | H5-90 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 36,8 | 33,8 | 27,3 | H4-90A3 | | |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 26,9 | 23,5 | 17,6 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 24,3 | 20,1 | 14,1 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,44 | Sulfitos 3 mg/l | Bajamar | 0,10 | 86,4 | 79,2 | 64,1 | H5-90 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 32,4 | 29,9 | 23,6 | H5-90 |
| 7 | | | | | | Vaciante | 0,60 | 26,1 | 23,0 | 17,3 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 35,6 | 21,1 | 14,5 | H2 |
| ΔConcentración máximo | | | | | | 86,4 | 79,2 | 65,7 | - | | |

*Para los sulfitos no se dispone de medidas en el medio receptor.

TABLA V.30
RESULTADOS OBTENIDOS PARA LOS CASOS MODELIZADOS (SITUACIÓN FUTURA CAMBIO CLIMÁTICO, CAUDAL 500 m³/h)
SULFITOS

| Escenario | | Caracterización del vertido | | Caracterización del medio receptor | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|--|--|--|--|------|---------|
| Caso | Periodo | Caudal (m ³ /s) | VLE | Marea | Velocidad corriente (m/s) | ΔConcentración a 140 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 200 m del punto de vertido (μg/l) | ΔConcentración a 400 m del punto de vertido (μg/l) | Tipo de flujo del efluente en el medio | | |
| 1 | Invierno | 0,138 | Sulfitos 3 mg/l | Bajamar | 0,10 | 62,1 | 55,7 | 38,3 | H4-90A3 | | |
| 2 | | | | Pleamar | 0,15 | 37,1 | 32,4 | 21,5 | H2 | | |
| 3 | | | | Vaciante | 0,60 | 18,0 | 11,1 | 6,2 | H2 | | |
| 4 | | | | Llenante | 0,80 | 19,2 | 9,9 | 4,9 | H2 | | |
| 5 | Verano | | | 0,138 | Sulfitos 3 mg/l | Bajamar | 0,10 | 54,0 | 46,9 | 30,8 | H4-90A3 |
| 6 | | | | | | Pleamar | 0,15 | 33,6 | 28,9 | 17,9 | H2 |
| 7 | | | | | | Vaciante | 0,60 | 21,8 | 12,2 | 6,5 | H2 |
| 8 | | | | | | Llenante | 0,80 | 31,8 | 12,4 | 5,1 | H2 |
| Valor promedio anual del Proyecto | | | | | | 34,7 | 26,2 | 16,4 | - | | |

*Para los sulfitos no se dispone de medidas en el medio receptor.

ANEVO VI.

**RESULTADOS DE LAS MEDIDAS REALIZADAS
EN EL MEDIO RECEPTOR**

TABLA VI.1
CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR EN EL ENTORNO DEL PUNTO DE VERTIDO DE MLF PROPUESTO

| Parámetro | Unidades | Muestreos realizados en el medio receptor | | | | | | | | | | | | | | | | | Concentración promedio (mg/l) |
|-------------------|----------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------------------|-------------------------------|
| | | Punto de muestreo GUQ-0 | | | | | | Punto de muestreo GUQ1 | | | | | | | | | | Punto muestreo GUQ2 | |
| | | 27-jun | 17-jul | 01-ago | 13-ago | 30-ago | 13-sep | 02-oct | 14-oct | 31-oct | 14-nov | 29-nov | 16-dic | 31-dic | 15-ene | 03-feb | 14-feb | 14-feb | |
| pH | Ud. pH | - | 7,4 | 7,5 | 7,5 | 8 | 7,8 | 7,6 | 7,8 | 7,6 | 7,5 | 7,7 | 8,1 | 7,7 | 7,7 | 7,5 | 7,6 | 7,7 | 7,669 |
| TSS | mg/L | 89 | 124 | 136 | 105 | 120 | 186 | 107 | 18 | 104 | 252 | 459 | 107 | 1152 | 2608 | 234 | 181 | 109 | 358,294 |
| DQO | mg/L O ₂ | 13 | 35 | 11 | 11 | 11 | 10 | 11 | 12 | 12 | 2,5 | 14 | 14 | 11 | 54 | 14 | 12 | 12 | 15,265 |
| Nitratos | mg/L NO ₃ | 11 | 13 | 13 | 13 | 12 | 15 | 13 | 16 | 17 | 18 | 12 | 22 | 18 | 24 | 28 | 27 | 28 | 18,842 |
| Hierro | mg/L | 0,53 | 0,726 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,58 | 1,6 | 0,5 | 1,7 | 2,2 | 0,41 | 4,5 | 6,2 | 0,9 | 1,3 | 0,8 | 1,462 |
| Aluminio | mg/L | 0,25 | 0,39 | 0,26 | 0,35 | 0,33 | 0,16 | 0,23 | 0,55 | 0,2 | 0,68 | 2 | 0,26 | 2,7 | 4,2 | 0,7 | 0,9 | 0,55 | 0,865 |
| Manganeso | mg/L | 0,15 | 0,209 | 0,13 | 0,16 | 0,13 | 0,15 | 0,068 | 0,23 | 0,072 | 0,27 | 0,23 | 0,12 | 0,32 | 0,86 | 0,17 | 0,12 | 0,071 | 0,204 |
| Fluoruros | mg/L | 0,19 | 0,21 | 0,19 | 0,2 | 0,2 | 0,27 | 0,25 | 0,24 | 0,25 | 0,24 | 0,26 | 0,31 | 0,28 | 0,27 | 0,3 | 0,26 | 0,26 | 0,246 |
| Boro | mg/L | - | - | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,08 | 0,1 | 0,07 | 0,12 | 0,11 | 0,14 | 0,13 | 0,102 |
| Sulfatos | mg/L | 146 | 159 | 153 | 180 | 150 | 189 | 229 | 201 | 244 | 267 | 197 | 169 | 169 | 183 | 199 | 248 | 235 | 195,176 |
| Cadmio disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,000012 | 0,000012 | 0,000012 |
| Plomo disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,00018 | 0,00018 | 0,00018 |
| Mercurio disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0000075 | 0,0000075 | 0,0000075 |
| Níquel disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,003 | 0,004 | 0,0035 |
| Arsénico disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0018 | 0,0017 | 0,00175 |
| Cobre disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| Cromo disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0025 | 0,0025 | 0,0025 |
| Selenio disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0008 | 0,0008 | 0,008 |
| Zinc disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0045 | 0,0045 | 0,0045 |



**ANÁLISIS AMBIENTAL Y
PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL (PVA)
VERTIDO AL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE
PROYECTO MINA LOS FRAILES
AZNALCÓLLAR (SEVILLA)**

**IN/MA-19/0729-003/04
Octubre de 2020**



ANÁLISIS AMBIENTAL Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL (PVA)

VERTIDO AL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE

PROYECTO MINA LOS FRAILES AZNALCÓLLAR (SEVILLA)

ÍNDICE

| | Página |
|--|---------------|
| 1. ANTECEDENTES Y OBJETO..... | 1 |
| 2. NORMATIVA APLICABLE SOBRE VERTIDOS LÍQUIDOS A DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE (DPMT)..... | 3 |
| 2.1 Legislación aplicable | 3 |
| 2.2 Normas de calidad ambiental del medio receptor..... | 4 |
| 2.3 Límites de vertido aplicables | 8 |
| 3. CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO DE MLF | 10 |
| 4. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR..... | 16 |
| 4.1 Características del estuario del Guadalquivir en el entorno del punto de vertido | 16 |
| 4.2 Caracterización de la calidad del estuario en el entorno del punto de vertido propuesto | 18 |
| 5. ANÁLISIS AMBIENTAL DEL VERTIDO DE MLF | 24 |
| 5.1 Análisis ambiental en la Fase de construcción | 25 |
| 5.2 Análisis ambiental en la Fase de funcionamiento..... | 27 |
| 6. MEDIDAS CORRECTORAS PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE..... | 28 |
| 6.1 Medidas correctoras durante la fase de construcción..... | 28 |
| 6.2 Medidas correctoras durante la fase de funcionamiento..... | 29 |
| 7. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL | 30 |
| 7.1 Programa de Vigilancia Ambiental durante la fase de obra | 30 |
| 7.2 Programa de Vigilancia Ambiental durante la fase de funcionamiento del vertido | 31 |
| 7.2.1 Control del vertido..... | 33 |
| 7.2.2 Control del medio receptor | 38 |
| 7.2.3 Control de la conducción..... | 42 |

ANÁLISIS AMBIENTAL Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL (PVA)

VERTIDO AL DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO TERRESTRE

PROYECTO MINA LOS FRAILES AZNALCÓLLAR (SEVILLA)

1. ANTECEDENTES Y OBJETO

El Proyecto de Mina Los Frailes, S.L. (en adelante MLF) sustenta la operación del yacimiento polimetálico de Los Frailes, con reservas de cinc, cobre, plomo y plata, durante los próximos 20 años. El complejo minero de Aznalcóllar tiene una superficie de casi 950 hectáreas, y se ubica en el propio municipio de Aznalcóllar (Sevilla) a 36 kilómetros de la ciudad de Sevilla.

El Proyecto de MLF se levanta sobre un área con pasivos ambientales derivados de la antigua actividad minera, bajo este contexto MLF desarrolló un proyecto integrado, en el que la restauración de los pasivos se ejecuta a la par de la operación minera, bajo esta premisa, MLF se centra en una operación basada en: la explotación subterránea de la masa de mineral de sulfuros complejos, la concentración del mineral por medio de una planta de tratamiento por flotación diferencial y el aprovechamiento de los residuos mineros tanto para actividades de restauración de la Corta Aznalcóllar como para la conformación de la pasta cementada y su aplicación en el relleno de cámaras de interior mina.

Para la gestión del agua, el proyecto de MLF requiere en una primera fase preoperacional, el desagüe y achique de la Corta Los Frailes, actividad fundamental para ejecutar los trabajos de preparación de la mina de interior en condiciones de seguridad. Una vez finalizadas las operaciones de vaciado, el aprovechamiento del agua en la fase operativa será a través del agua procedente de los pasivos (de escorrentía, de infiltración y de drenaje de mina) en un circuito de recirculación de agua de proceso, sin embargo, el sistema es excedentario en agua, por lo cual los efluentes serán adecuadamente tratados y acondicionados antes de su vertido al medio receptor.

En situación actual, es decir, sin operación minera, el complejo ha de gestionar aproximadamente 2,8 Hm³/año de aguas de contacto, procedentes en su mayor parte de los antiguos pasivos mineros. Posteriormente en operación, se estima que aproximadamente el 90% del agua a gestionar siga teniendo su origen en los actuales pasivos ambientales.

En este contexto, se ha llevado a cabo un análisis de alternativas para la configuración de la conducción de vertido a implantar, desde el punto de vista de la dilución y la afección al medio, basado en el cumplimiento de las normas de calidad ambiental que la normativa establece. Una vez seleccionada la configuración más adecuada, se ha desarrollado un estudio detallado de la dispersión del vertido en el medio y su influencia sobre los niveles de calidad actuales en el mismo. Para realizar tales análisis se ha empleado el

modelo hidrodinámico CORMIX (Cornell Mixing Zone Expert System). Dicho modelo ha sido desarrollado por la Environmental Protection Agency (EPA) en colaboración con la School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University of New York.

En el presente documento, de manera complementaria al estudio de dilución realizado en el que se ha evaluado efecto de la calidad del vertido sobre el medio receptor, se analizan, los **impactos ambientales ocasionados por la implantación y operación del punto de vertido previsto**. Asimismo, se incluirán aquellas **medidas correctoras** que garanticen la protección del medio y del entorno.

Adicionalmente, se desarrolla en el presente documento un **Programa de Vigilancia Ambiental** del vertido, en el cual se definirán las actuaciones que permitan realizar un seguimiento sistemático y eficaz de la afección del vertido al medio.

Teniendo en cuenta lo anterior, este documento se ha estructurado según el siguiente índice:

1. Antecedentes y objeto
2. Normativa aplicable sobre vertidos líquidos a Dominio Público Marítimo-Terrestre (DPMT)
3. Características del vertido de MLF
4. Caracterización del medio receptor
5. Análisis ambiental del impacto del punto de vertido de MLF
6. Medidas correctoras para la protección del medio ambiente
7. Programa de Vigilancia Ambiental

2. NORMATIVA APLICABLE SOBRE VERTIDOS LÍQUIDOS A DOMINIO PÚBLICO MARÍTIMO-TERRESTRE (DPMT)

2.1 LEGISLACIÓN APLICABLE

La normativa básica en materia de aguas y criterios de calidad, comprende las siguientes disposiciones principales:

- Ley 22/1988, de 28 de julio, *de Costas*, incluyendo las modificaciones posteriores a su publicación.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, *por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas*.
- Real Decreto Legislativo 4/2007, de 13 de abril, *por el que se modifica el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el RDL 1/2001, de 20 de julio*.
- Ley 2/2013, de 29 de mayo, *de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas*.
- Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, *por el que se aprueba el Reglamento General de Costas*.
- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, *por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental*.
- “Best Available Technique (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries” de acuerdo a la Directiva 2006/21/EC del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, *sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas y por la que se modifica la Directiva 2004/35/CE-Declaración del Parlamento Europeo, del Consejo y de la Comisión*.

Además, como referencia se empleará la Orden de 13 de julio de 1993, *por la que se aprueba la Instrucción para el proyecto de conducciones de vertidos desde tierra al mar*.

Asimismo, cabe destacar la legislación al respecto en la comunidad Autónoma de Andalucía, que se concreta en:

- Decreto 204/2005, de 27 de septiembre, *por el que se declaran las zonas sensibles y normales en las aguas de transición y costeras y de las cuencas hidrográficas intracomunitarias gestionadas por la Comunidad Autónoma de Andalucía*.
- Ley 9/2010, de 30 de julio, *de Aguas de Andalucía*.

- Decreto 109/2015, de 17 de marzo, *por el que se aprueba el Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía.*
- Orden de 14 de febrero de 1997, *por la que se clasifican las aguas litorales andaluzas y se establecen los objetivos de calidad de las aguas afectadas directamente por los vertidos, en desarrollo del Decreto 14/1996, de 16 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de calidad de aguas litorales.* (Esta Orden se encuentra actualmente derogada por el Decreto 109/2015, a excepción del Anexo 2, hasta que no se aprueben documentos normativos que deroguen expresamente los límites establecidos en el mismo).

2.2 NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL DEL MEDIO RECEPTOR

Respecto a la calidad del medio receptor, las Normas de Calidad Ambiental de las aguas que deberán cumplirse, en el entorno del vertido del Proyecto, son las establecidas por el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, *por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.*

Este Real Decreto 817/2015, con el objeto de la protección de las aguas, establece:

1. Los criterios básicos y homogéneos para el diseño y la implantación de los programas de seguimiento del estado de las masas de agua superficiales y para el control adicional de las zonas protegidas.
2. Las normas de calidad ambiental (NCA) para las sustancias prioritarias y para otros contaminantes con objeto de conseguir un buen estado químico de las aguas superficiales. Establecer las NCA para las sustancias preferentes y fijar el procedimiento para calcular las NCA de los contaminantes específicos con objeto de conseguir un buen estado ecológico de las aguas superficiales o un buen potencial ecológico de dichas aguas, cuando proceda.
3. Las condiciones de referencia y los límites de clases de estado de los indicadores de los elementos de calidad biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos para clasificar el estado o potencial ecológico de las masas de agua superficiales.
4. Las disposiciones mínimas para el intercambio de información sobre estado y calidad de las aguas entre la Administración General del Estado y las administraciones con competencias en materia de aguas, en aras del cumplimiento de legislación que regula los derechos de acceso a la información y de participación pública.

A continuación, en la Tabla 2.1 se presentan las NCA para las sustancias prioritarias, mientras que la Tabla 2.2 muestra las NCA para las sustancias preferentes, establecidas por el Real Decreto 817/2015⁽¹⁾ para “*Otras aguas superficiales*” que corresponden al medio receptor del vertido de MLF (DPMT)

⁽¹⁾ MA: Media anual. CMA: Concentración máxima admisible. Unidades: µg/L para las NCA-MA y NCA-CMA en aguas, y µg/kg de peso húmedo para NCA en biota.

TABLA 2.1
NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL.
SUSTANCIAS PRIORITARIAS Y OTROS CONTAMINANTES.
OTRAS AGUAS SUPERFICIALES
($\mu\text{g/l}$ para las NCA-MA y NCA-CMA en aguas, y $\mu\text{g/kg}$ de peso húmedo para NCA en biota)

| Nº | Nº CAS ⁽¹⁾ | Nombre de la sustancia ⁽²⁾ | Clase de Sustancia ⁽³⁾ | NCA-MA ⁽⁴⁾ Otras aguas superficiales | NCA-CMA ⁽⁶⁾ Otras aguas superficiales | NCA Biota |
|----------|--|---|---------------------------------------|---|--|-----------|
| (1) | 15972-60-8 | Alacloro | Prioritaria | 0,3 | 0,7 | |
| (2) (*) | 120-12-7 | Antraceno | Peligrosa prioritaria | 0,1 | 0,4 [0,1] | |
| (3) | 1912-24-9 | Atrazina | Prioritaria | 0,6 | 2,0 | |
| (4) | 71-43-2 | Benceno | Prioritaria | 8 | 50 | |
| (5) (*) | 32534-81-9 | Difeniléteres bromados ⁽⁸⁾ | Peligrosa prioritaria ⁽⁹⁾ | 0,0002 | no aplicable [0,014] | |
| (6) | 7440-43-9 | Cadmio y sus compuestos (en función de las clases de dureza del agua) ⁽¹⁰⁾ | Peligrosa prioritaria | 0,2 | $\leq 0,45$ (Clase 1) 0,45 (Clase 2) 0,6 (Clase 3) 0,9 (Clase 4) 1,5 (Clase 5) | |
| (6 bis) | 56-23-5 | Tetracloruro de carbono | Otro contaminante | 12 | No aplicable | |
| (7) | 85535-84-8 | Cloroalcanos C10-13 ⁽¹¹⁾ | Peligrosa prioritaria | 0,4 | 1,4 | |
| (8) | 470-90-6 | Clorfenvinfós | Prioritaria | 0,1 | 0,3 | |
| (9) | 2921-88-2 | Clorpirifós (Clorpirifós-etilo) | Prioritaria | 0,03 | 0,1 | |
| (9 bis) | 309-00-2 60-57-1 72-20-8 465-73-6 | Plaguicidas de tipo ciclodieno: Aldrina Dieldrina Endrina Isodrina | Otro contaminante | $\Sigma = 0,005$ | No aplicable | |
| (9 ter) | No aplicable 50-29-3 | DDT total ⁽¹²⁾ p,p'-DDT | Otro contaminante | 0,025 0,01 | No aplicable No aplicable | |
| (10) | 107-06-2 | 1, 2-Dicloroetano | Prioritaria | 10 | No aplicable | |
| (11) | 75-09-2 | Diclorometano | Prioritaria | 20 | No aplicable | |
| (12) | 117-81-7 | Ftalato de di(2-etilhexilo) (DEHP) | Peligrosa prioritaria | 1,3 | No aplicable | |
| (13) | 330-54-1 | Diurón | Prioritaria | 0,2 | 1,8 | |
| (14) | 115-29-7 | Endosulfán | Peligrosa prioritaria | 0,0005 | 0,004 | |
| (15) (*) | 206-44-0 | Fluoranteno | Prioritaria | 0,1 [0,0063] | 1 [0,12] | |
| (16) | 118-74-1 | Hexaclorobenceno | Peligrosa prioritaria | - | 0,05 | |
| (17) | 87-68-3 | Hexaclorobutadieno | Peligrosa prioritaria | - | 0,6 | |
| (18) | 608-73-1 | Hexaclorociclohexano | Peligrosa prioritaria | 0,002 | 0,02 | |
| (19) | 34123-59-6 | Isoproturón | Prioritaria | 0,3 | 1,0 | |
| (20) (*) | 7439-92-1 | Plomo y sus compuestos | Prioritaria | 7,2 [1,3] | No aplicable [14] | |
| (21) | 7439-97-6 | Mercurio y sus compuestos | Peligrosa prioritaria | | 0,07 | 20 |
| (22) (*) | 91-20-3 | Naftaleno | Prioritaria | 1,2 [2] | No aplicable [130] | |
| (23) (*) | 7440-02-0 | Níquel y sus compuestos | Prioritaria | 20 [8,6] | No aplicable [34] | |
| (24) | 84852-15-3 | Nonilfenoles (4-Nonilfenol) | Peligrosa prioritaria ⁽¹⁴⁾ | 0,3 | 2,0 | |

TABLA 2.1 (CONT.I)
NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL.
SUSTANCIAS PRIORITARIAS Y OTROS CONTAMINANTES.
OTRAS AGUAS SUPERFICIALES
($\mu\text{g/l}$ para las NCA-MA y NCA-CMA en aguas, y $\mu\text{g/kg}$ de peso húmedo para NCA en biota)

| Nº | Nº CAS ⁽¹⁾ | Nombre de la sustancia ⁽²⁾ | Clase de Sustancia ⁽³⁾ | NCA-MA ⁽⁴⁾ Otras aguas superficiales | NCA-CMA ⁽⁶⁾ Otras aguas superficiales | |
|-----------|-----------------------|---|---------------------------------------|---|--|--|
| (25) | 140-66-9 | Octilfenoles ((4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)-fenol)) | Prioritaria ⁽¹⁵⁾ | 0,01 | No aplicable | |
| (26) | 608-93-5 | Pentaclorobenceno | Peligrosa prioritaria | 0,0007 | No aplicable | |
| (27) | 87-86-5 | Pentaclorofenol | Prioritaria | 0,4 | 1 | |
| (28) (*) | No aplicable | Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) ⁽¹⁶⁾ | Peligrosa prioritaria ⁽¹⁷⁾ | No aplicable | No aplicable | |
| | 50-32-8 | Benzo(a)pireno | | 0,05 [$1,7 \times 10^{-4}$] | 0,1 [0,027] | |
| | 205-99-2 | Benzo(b) Fluoranteno | | $\Sigma = 0,03$ [Nota 16] | No aplicable [0,017] | |
| | 207-08-9 | Benzo(k) Fluoranteno | | | No aplicable [0,017] | |
| | 191-24-2 | Benzo(g,h,i)perileno | | $\Sigma = 0,002$ ⁽¹⁶⁾ | No aplicable [$8,2 \times 10^{-4}$] | |
| | 193-39-5 | Indeno(1,2,3-cd)pireno | | $\Sigma = 0,002$ ⁽¹⁶⁾ | No aplicable | |
| (29) | 122-34-9 | Simazina | Prioritaria | 1 | 4 | |
| (29 bis) | 127-18-4 | Tetracloroetileno | Otro contaminante | 10 | No aplicable | |
| (29 ter) | 79-01-6 | Tricloroetileno | Otro contaminante | 10 | No aplicable | |
| (30) | 36643-28-4 | Compuestos de tributilestaño (Cation de tributilestaño) | Peligrosa prioritaria ⁽¹⁸⁾ | 0,0002 | 0,0015 | |
| (31) | 12002-48-1 | Triclorobencenos | Prioritaria | 0,4 | No aplicable | |
| (32) | 67-66-3 | Triclorometano | Prioritaria | 2,5 | No aplicable | |
| (33) | 1582-09-8 | Trifluralina | Peligrosa prioritaria | 0,03 | No aplicable | |
| (34) (**) | 115-32-2 | Dicofol | Peligrosa prioritaria | -5 | 19 | |
| (35) (**) | 1763-23-1 | Ácido perfluoro-octanosulfónico y sus derivados (PFOS) | Peligrosa prioritaria | -4 | 7,2 | |
| (36) (**) | 124495-18-7 | Quinoxifeno | Peligrosa prioritaria | 0,015 | 0,54 | |
| (37) (**) | 20 | Dioxinas y compuestos similares | Peligrosa prioritaria | | No aplicable | |
| (38) (**) | 74070-46-5 | Aclonifeno | Prioritaria | 0,012 | 0,012 | |
| (39) (**) | 42576-02-3 | Bifenox | Prioritaria | 0,0012 | 0,004 | |
| (40) (**) | 28159-98-0 | Cibutrina | Prioritaria | 0,0025 | 0,016 | |
| (41) (**) | 52315-07-8 | Cipermetrina | Prioritaria ⁽²²⁾ | -6 | -5 | |
| (42) (**) | 62-73-7 | Diclorvós | Prioritaria | -5 | -5 | |
| (43) (**) | ⁽²³⁾ | Hexabromociclododecano (HBCDD) | Peligrosa prioritaria | 0,0008 | 0,05 | |
| (44) (**) | 76-44-8/ 1024-57-3 | Heptacloro y epóxido de heptacloro | Peligrosa prioritaria | -8 | -5 | |
| (45) (**) | 886-50-0 | Terbutrina | Prioritaria | 0,0065 | 0,034 | |

(*) Las NCA se han revisado a través de la Directiva 2013/39/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de agosto de 2013. Las NCA entre corchetes tendrán efecto a partir del 22 de diciembre de 2018, con objeto de lograr el buen estado químico de las aguas superficiales en relación con dichas sustancias a más tardar el 22 de diciembre de 2027 mediante programas de medidas incluidas en los planes hidrológicos de cuenca.

(**) Sustancias identificadas como nuevas sustancias en la Directiva 2013/39/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de agosto de 2013. Las NCA de las nuevas sustancias tendrán efecto a partir del 22 de diciembre de 2018, con objeto de lograr el buen estado químico de las aguas superficiales en relación con dichas sustancias a más tardar el 22 de diciembre de 2027 y evitar el deterioro del estado químico de las masas de agua superficial en relación con dichas sustancias.

Análisis ambiental y Programa de Vigilancia
Ambiental del vertido al DPMT

- (1) CAS: Chemical Abstracts Service
- (2) Cuando se hayan seleccionado grupos de sustancias, a menos que estén explícitamente señalados, determinados representantes típicos se definen en el contexto de la fijación de NCA.
- (3) Se distinguen tres clases de sustancias: prioritarias, peligrosas prioritaria y otros contaminantes. Las sustancias prioritarias son las que presentan un riesgo significativo para el medio acuático comunitario, o a través de él, incluidos los riesgos de esta índole para las aguas utilizadas para la captación de agua potable, y reguladas a través del artículo 16 de la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre. Entre estas sustancias se encuentran las sustancias peligrosas prioritarias (artículo 16.3 de la Directiva 2000/60/CE).
- Otros contaminantes: no son sustancias prioritarias sino contaminantes para los cuales las NCA son idénticas a las establecidas en la legislación sobre sustancias peligrosas aplicable antes de la aprobación de la Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.
- (4) Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA). Salvo que se especifique otra cosa, se aplica a la concentración total de todos los isómeros.
- (6) Este parámetro es la NCA expresada como concentración máxima admisible (NCA-CMA). Cuando en la columna NCA-CMA se indica "No aplicable", se considera que los valores NCA-MA protegen contra los picos de contaminación a corto plazo en el caso de los vertidos continuos, ya que son significativamente inferiores a los valores calculados sobre la base de la toxicidad aguda.
- (7) Salvo que se indique de otro modo, las NCA de la biota se refieren a los peces. Sustitivamente podrá hacerse el seguimiento de otro taxón de la biota u otra matriz, siempre que las NCA aplicadas ofrezcan un nivel equivalente de protección. Para las sustancias con los números 15 (fluoranteno) y 28 (HAP), la NCA de la biota se refiere a crustáceos y moluscos. A efectos de evaluar el estado químico, no resulta adecuado el seguimiento del fluoranteno y de los HAP en los peces. Para la sustancia con el número 37 (dioxinas y compuestos similares), la NCA de la biota se refiere a los peces, los crustáceos y los moluscos en consonancia con el punto 5.3 del anexo del Reglamento (UE) N° 1259/2011 de la Comisión, de 2 de diciembre de 2011, por el que se modifica el Reglamento (CE) N° 1881/2006 en lo relativo a los contenidos máximos de dioxinas, PCB similares a las dioxinas y PCB no similares a las dioxinas en los productos alimenticios (DO L 320 de 3.12.2011, p. 18).
- (8) Por lo que respecta al grupo de sustancias prioritarias incluidas en los difeniléteres bromados (n° 5), las NCA se refieren a la suma de las concentraciones de los congéneres n° 28, 47, 99, 100, 153 y 154.
- (9) Solo los compuestos tetra, penta, hexa y heptabromodifeniléter (números CAS 40088-47-9, 32534-81-9, 36483-60-0, 68928-80-3, respectivamente).
- (10) Por lo que respecta al cadmio y sus compuestos (n° 6), los valores de las NCA varían en función de la dureza del agua con arreglo a las cinco categorías (clase 1: <40 mg CaCO₃/l, clase 2: de 40 a < 50 mg CaCO₃/l, clase 3: de 50 a < 100 mg CaCO₃/l, clase 4: de 100 a < 200 mg CaCO₃/l, y clase 5: ≥ 200 mg CaCO₃/l).
- (11) No se señala para este grupo de sustancias ningún parámetro indicativo. El parámetro o parámetros indicativos deberán definirse mediante el método analítico.
- (12) El DDT total incluye la suma de los isómeros 1,1,1-tricloro-2,2-bis(p-clorofenil)-etano (n° CAS 50-29-3; n° UE 200-024-3); 1,1,1-tricloro-2-(o-clorofenil)-2-(p-clorofenil)-etano (n° CAS 789-02-6; n° UE 212-332-5); 1,1-dicloro-2,2-bis(p-clorofenil)-etileno (n° CAS 72-55-9; n° UE 200-784-6), y 1,1-dicloro-2,2-bis(p-clorofenil)-etano (n° CAS 72-54-8; n° UE 200-783-0).
- (14) Nonilfenol (CAS 25154-52-3, UE 246-672-0), con inclusión de los isómeros 4-nonilfenol (CAS 104-40-5, UE 203-199-4) y 4-nonilfenol (ramificado) (CAS 84852-15-3, UE 284-325-5).
- (15) Octilfenol (CAS 1806-26-4, UE 217-302-5), con inclusión del isómero 4-(1,1',3,3'-tetrametilbutil)fenol (CAS 140-66-9, UE 205-426-2).
- (16) Por lo que respecta al grupo de sustancias prioritarias de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (n° 28), las NCA de la biota y las correspondientes NCA-MA en el agua se refieren a la concentración de benzo(a)pireno, en cuya toxicidad se basan. El benzo(a)pireno puede considerarse como un marcador de los otros HAP, ya que solo tal sustancia debe ser objeto de seguimiento a efectos de comparación con las NCA de la biota o las correspondientes NCA-MA en el agua.
- (17) Con inclusión de benzo(a)pireno (CAS 50-32-8, UE 200-028-5), benzo(b)fluoranteno (CAS 205-99-2, UE 205-911-9), benzo(g,h,i)perileno (CAS 191-24-2, UE 205-883-8), benzo(k)fluoranteno (CAS 207-08-9, UE 205-916-6), indeno(1,2,3-cd)pireno (CAS 193-39-5, UE 205-893-2) y con exclusión del antraceno, fluoranteno y naftaleno, que figuran por separado.
- (18) Con inclusión del catión de tributilestaño (CAS 36643-28-4).
- (19) No se dispone de suficiente información para establecer una NCA-CMA para estas sustancias.
- (20) Se refiere a los siguientes compuestos: siete dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD): 2,3,7,8-T4CDD (CAS 1746-01-6), 1,2,3,7,8-P5CDD (CAS 40321-76-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDD (CAS 39227-28-6), 1,2,3,6,7,8-H6CDD (CAS 57653-85-7), 1,2,3,7,8,9-H6CDD (CAS 19408-74-3), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDD (CAS 35822-46-9), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDD (CAS 3268-87-9), diez dibenzofuranos policlorados (PCDF): 2,3,7,8-T4CDF (CAS 51207-31-9), 1,2,3,7,8-P5CDF (CAS 57117-41-6), 2,3,4,7,8-P5CDF (CAS 57117-31-4), 1,2,3,4,7,8-H6CDF (CAS 70648-26-9), 1,2,3,6,7,8-H6CDF (CAS 57117-44-9), 1,2,3,7,8,9-H6CDF (CAS 72918-21-9), 2,3,4,6,7,8-H6CDF (CAS 60851-34-5), 1,2,3,4,6,7,8-H7CDF (CAS 67562-39-4), 1,2,3,4,7,8,9-H7CDF (CAS 55673-89-7), 1,2,3,4,6,7,8,9-O8CDF (CAS 39001-02-0), doce policlorobifenilos similares a las dioxinas (PCB-DL): 3,3',4,4'-T4CB (PCB 77, CAS 32598-13-3), 3,3',4',5-T4CB (PCB 81, CAS 70362-50-4), 2,3,3',4,4'-P5CB (PCB 105, CAS 32598-14-4), 2,3,4,4',5-P5CB (PCB 114, CAS 74472-37-0), 2,3',4,4',5-P5CB (PCB 118, CAS 31508-00-6), 2,3',4,4',5'-P5CB (PCB 123, CAS 65510-44-3), 3,3',4,4',5-P5CB (PCB 126, CAS 57465-28-8), 2,3,3',4,4',5-H6CB (PCB 156, CAS 38380-08-4), 2,3,3',4,4',5'-H6CB (PCB 157, CAS 69782-90-7), 2,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 167, CAS 52663-72-6), 3,3',4,4',5,5'-H6CB (PCB 169, CAS 32774-16-6), 2,3,3',4,4',5,5'-H7CB (PCB 189, CAS 39635-31-9).
- (21) PCDD: dibenzo-p-dioxinas policloradas; PCDF: dibenzofuranos policlorados; PCB-DL: policlorobifenilos similares a las dioxinas; TEQ: equivalentes tóxicos con arreglo a los Factores de Equivalencia Tóxica de 2005 de la Organización Mundial de la Salud.
- (22) CAS 52315-07-8 se refiere a una mezcla isómera de cipermetrina, α-cipermetrina (CAS 67375-30-8), β-cipermetrina (CAS 65731-84-2), θ-cipermetrina (CAS 71697-59-1) y ζ-cipermetrina (52315-07-8).
- (23) Se refiere a las sustancias 1,3,5,7,9,11-hexabromociclododecano (CAS 25637-99-4), 1,2,5,6,9,10-hexabromociclododecano (CAS 3194-55-6), α-hexabromociclododecano (CAS 134237-50-6), β-hexabromociclododecano (CAS 134237-51-7) y γ-hexabromociclododecano (CAS 134237-52-8).

TABLA 2.2
NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL SUSTANCIAS PREFERENTES
OTRAS AGUAS SUPERFICIALES
($\mu\text{g/l}$ para las NCA-MA)

| Nº | Nº CAS ⁽¹⁾ | Nombre de la sustancia | NCA-MA ⁽²⁾ Otras aguas superficiales |
|------|-----------------------|--|--|
| (1) | 100-41-4 | Etilbenceno | 30 |
| (2) | 108-88-3 | Tolueno | 50 |
| (3) | 71-55-6 | 1, 1, 1 – Tricloroetano | 100 |
| (4) | 1330-20-7 | Xileno (Σ isómeros orto, meta y para) | 30 |
| (5) | 5915-41-3 | Terbutilazina | 1 |
| (6) | 7440-38-2 | Arsénico | 25 |
| (7) | 7440-50-8 | Cobre ⁽⁴⁾ | 25 |
| (8) | 18540-29-9 | Cromo VI | 5 |
| (9) | 7440-47-3 | Cromo | no aplicable |
| (10) | 7782-49-2 | Selenio | 10 |
| (11) | 7440-66-6 | Zinc ⁽⁴⁾ | 60 |
| (12) | 74-90-8 | Cianuros totales | no aplicable |
| (13) | 16984-48-8 | Fluoruros | no aplicable |
| (14) | 108-90-7 | Clorobenceno | no aplicable |
| (15) | 25321-22-6 | Diclorobenceno (Σ isómeros orto, meta y para) | no aplicable |
| (16) | 51218-45-2 | Metolaclo | no aplicable |

⁽¹⁾ CAS: Chemical Abstracts Service

⁽²⁾ Este parámetro es la NCA expresada como valor medio anual (NCA-MA).

⁽⁴⁾ Por lo que respecta a estas sustancias, los valores de la NCA en aguas superficiales continentales varían en función de la dureza del agua con arreglo a cuatro categorías

2.3 LÍMITES DE VERTIDO APLICABLES

Respecto a los límites de vertido al medio receptor, estos deberán de ajustarse a los establecidos por la disposición autonómica Decreto 109/2015, de 17 de marzo, *por el que se aprueba el Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía*.

Este Decreto se basa en la Ley 7/2007, de 9 de julio, de *Gestión Integrada de la Calidad Ambiental* donde se establece un marco para la protección global de las aguas continentales, litorales, costeras y de transición, siguiendo los criterios empleados en la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

El Artículo 24 del citado Decreto 109/2015 establece lo siguiente:

“Artículo 24. Límites de emisión.

1. *Los límites de emisión de vertido, así como los parámetros a limitar, se fijarán en las correspondientes autorizaciones de vertido en función de las normas de calidad ambiental y los objetivos medioambientales establecidos para la masa de agua afectada.*

Estos límites y parámetros, se fijarán además teniendo en cuenta el estado de la técnica, las características del proceso, las materias primas y especialmente, la capacidad de absorción de la carga contaminante.

2. *De forma general no podrán autorizarse vertidos cuya carga contaminante supere los límites de emisión establecidos en las tablas del Anexo IV «Valores Límites de Emisión» de este Reglamento, o en su caso, los establecidos en las conclusiones sobre las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para el sector correspondiente, que hayan sido adoptadas por Decisión de la Comisión Europea.*

3. *No obstante, como medida excepcional, se podrán fijar valores límites de emisión menos estrictos que los establecidos en las conclusiones sobre las Mejores Técnicas Disponibles, siempre que se respeten las normas de calidad y los objetivos medioambientales de la masa de agua, y siempre que se ponga de manifiesto mediante una evaluación adecuada, que la consecución de los niveles de emisión asociados con las conclusiones relativas a las Mejores Técnicas Disponibles daría lugar a unos costes desproporcionadamente más elevados en comparación con el beneficio ambiental debido a:*

a) *La ubicación geográfica o la situación del entorno local de la instalación de que se trate.*

b) *Las características técnicas de la instalación*

5. *Asimismo, podrán sobrepasarse los límites establecidos en el Anexo IV en aquellos casos especiales en los que se apliquen las mejores técnicas disponibles, y siempre que, mediante el oportuno control, pueda justificarse que la emisión de dichos vertidos no afecta al logro de los objetivos medioambientales de la masa de agua afectada.*

En vista de lo anterior, los valores límite de vertido propuestos por MLF (mostrados posteriormente en la Tabla 3.3), se encuentran por debajo de los límites establecidos en el citado Decreto 109/2015.

3. CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO DE MLF

El efluente líquido que se generará debido al funcionamiento del Proyecto MLF tendrá su origen mayoritario en la gestión de los antiguos pasivos. Cabe señalar que todos estos efluentes serán acondicionados en una planta de tratamiento antes de su vertido a DPMT.

El caudal de vertido asociado al Proyecto de MLF objeto del presente estudio, variará en función de dos fases diferenciadas. Una primera fase (**Fase preoperacional**) se corresponderá con el desagüe y achique de la Corta de los Frailes, que se llevará a cabo por razones de seguridad para ejecutar los trabajos de la mina interior, en la que se prevé se generará un caudal continuo del orden de **1.600 m³/h** (considerándose 1.600 m³/h como el caudal máximo de vertido a evacuar), con una duración estimada de 1,5 años. Una vez finalizadas las operaciones de vaciado de la Corta, durante la **Fase operacional**, el caudal máximo equivalente previsto sería de **500 m³/h**, si bien se podrán alcanzar caudales máximos discontinuos de **hasta 1.600 m³/h**, en función de la operativa del sistema de vertido, al producirse este por lotes desde un sistema de regulación. Las diferencias de caudales entre ambas fases, da lugar a la necesidad de disponer de una balsa de cabecera al comienzo de la conducción para la regulación del caudal de salida. Destacar que, en ambas fases, la caracterización del efluente de vertido será prácticamente la misma, si bien, son esperables concentraciones ligeramente menores de contaminantes durante la fase preoperacional, debido a la naturaleza de las aguas contenidas en la Corta.

El vertido se vehiculará desde las instalaciones de MLF hasta el río Guadalquivir (DPMT) mediante tubería de 30 km de longitud aproximadamente. Los diámetros nominales de la conducción serán de 630 mm en la mayor parte del trazado (aprox. 26 km) y de 500 mm para el resto (aprox. 4 km).

Ya en el río, la estructura de descarga del vertido ha sido configurada según el estudio de alternativas realizado¹, promovido por MLF, mediante modelo hidrodinámico (CORMIX), en el que se ha determinado la mejor configuración desde el punto de vista ambiental y técnico, teniendo en cuenta, además del vertido, las características del medio y el cumplimiento de las normas de calidad ambiental. Como resultado de dicho análisis, se ha proyectado una tubería con una sola boca de descarga, cuyas características se resumen en la Tabla a continuación.

¹ “Análisis de Alternativas y Modelización Hidrodinámica de Vertido al Dominio Público Marítimo Terrestre. Proyecto Minera Los Frailes. Aznalcóllar (Sevilla)” de referencia IN/MA-19/0729-002/06, finalizado en abril de 2020.

TABLA 3.1
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DE DESCARGA DEL VERTIDO PROYECTADO

| Parámetro de diseño | Valor de diseño |
|--|--|
| Nº de bocas de salida | 1 boca |
| Diámetro de la conducción | 0,34 metros |
| Profundidad de la boca de salida | A 1 metro del fondo |
| Orientación respecto a la margen del río | Perpendicular a la orilla y por ende a la velocidad de corriente |
| Distancia hasta la margen del río | Una vez pasado el límite del talud natural del río. |

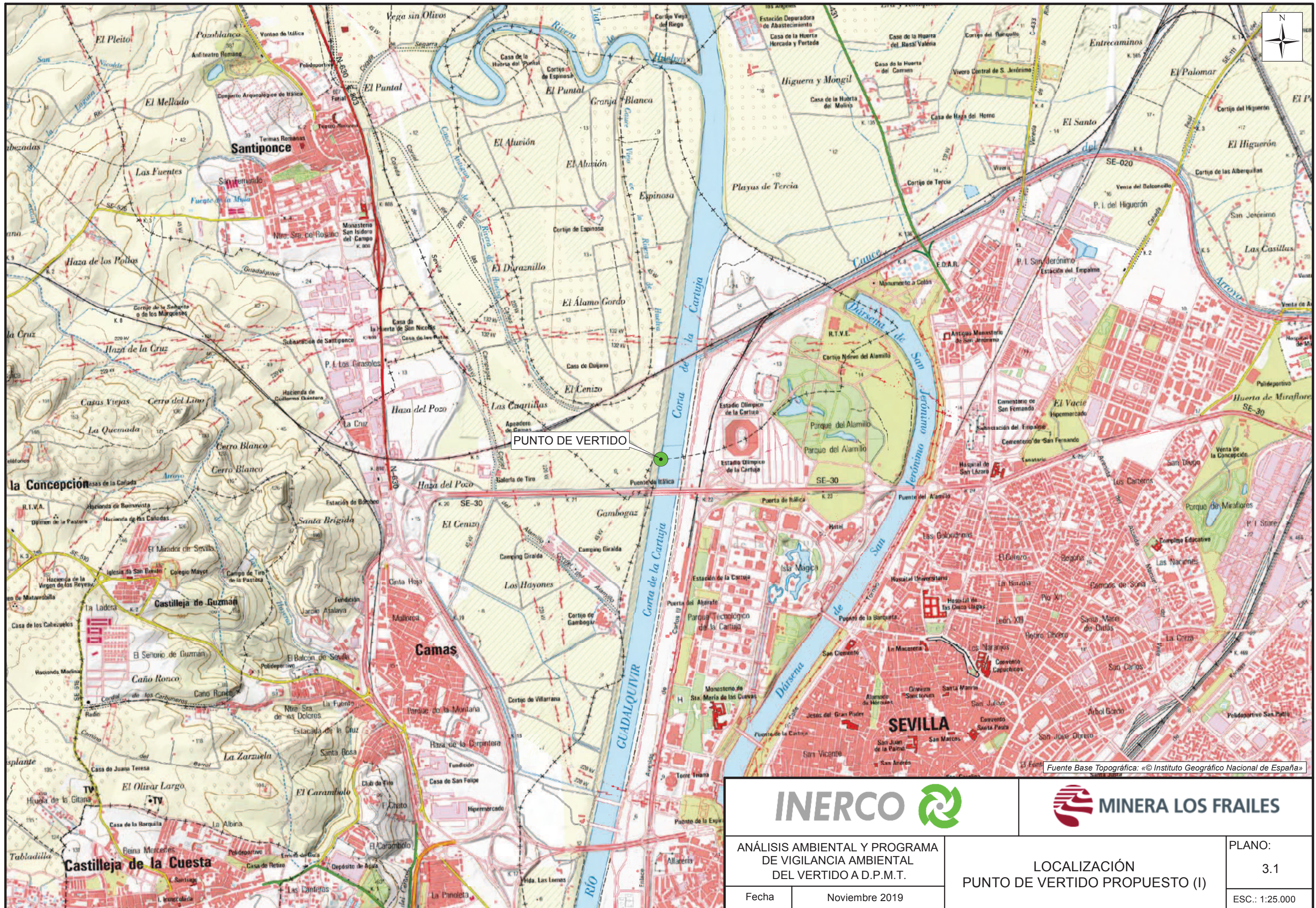
El punto de vertido propuesto por MLF se ubica en el estuario del Guadalquivir, en el término municipal de Santiponce, a la altura de la Isla de la Cartuja (en las proximidades del Estadio Olímpico), aguas abajo de la presa de Alcalá del Río, en zona de influencia mareal.

El caudal medio diario en el río Guadalquivir se sitúa en la mayoría de los casos por debajo de 100 m³/s, teniendo lugar un régimen fluvial de aguas bajas (estuario dominado por la acción mareal, en ausencia de avenidas de agua del río).

Las coordenadas del punto de vertido se muestran en la Tabla 3.1, mientras que en los Planos 3.1 y 3.2 se presenta la situación de éste a diferentes escalas. Asimismo, se adjuntan como Figuras 3.1 y 3.2, fotografías de la situación actual del emplazamiento propuesto para el vertido.

TABLA 3.2
COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DEL
PUNTO DE VERTIDO PROPUESTO AL DPMT

| Coordenadas UTM ETRS_1989_UTM_Zone_29N | |
|---|-----------|
| X | 764.471 |
| Y | 4.145.198 |



PUNTO DE VERTIDO

Fuente Base Topográfica: «© Instituto Geográfico Nacional de España»



ANÁLISIS AMBIENTAL Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DEL VERTIDO A D.P.M.T.

LOCALIZACIÓN PUNTO DE VERTIDO PROPUESTO (I)

PLANO:

3.1

Fecha

Noviembre 2019

ESC.: 1:25.000



PUNTO DE VERTIDO

Fuente: «PNOA cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España»



ANÁLISIS AMBIENTAL Y PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DEL VERTIDO A D.P.M.T.

LOCALIZACIÓN PUNTO DE VERTIDO PROPUESTO (II)

PLANO: 3.2

Fecha: Noviembre 2019

ESC.: 1:2.500

FIGURA 3.1
FOTOGRAFIA ACTUAL EMPLAZAMIENTO PREVISTO PARA EL PUNTO DE VERTIDO (I)
VISTA GENERAL



Fuente: INERCO S.A.

FIGURA 3.2
FOTOGRAFIA ACTUAL EMPLAZAMIENTO PREVISTO PARA EL PUNTO DE VERTIDO (II)
MARGEN DERECHA DEL RIO



Fuente: INERCO S.A.

A continuación, en la Tabla 3.3 se detalla la propuesta de valores límite del vertido asociado al Proyecto de MLF al estuario del río Guadalquivir, realizada en base a la legislación de aplicación. En este sentido, cabe señalar que, estos valores límite se han propuesto teniendo en cuenta el BREF (Best Available Techniques Reference Document) para la Industria Extractiva, publicado en diciembre de 2018, así como el Decreto 109/2015, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Vertidos de Andalucía, tal y como se detalla en la Tabla a continuación.

TABLA 3.3
CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE VALORES LÍMITE DE VERTIDO DE MLF
AL RIO GUADALQUIVIR (DPMT)

| Parámetro | Unidades | Límite propuesto, fase preoperacional (Media diaria) | Límite propuesto, fase operacional (Media diaria) | Valores de referencia normativa |
|-----------------------------|----------------------|--|---|---------------------------------|
| pH | Ud. pH | 5,5-9,5 | 5,5-9,5 | 5,5-9,5 ⁽¹⁾ |
| Sólidos en suspensión | mg/l | 35 | 35 | 5-35 ⁽²⁾ |
| DQO | mg/L O ₂ | 100 | 100 | 15-100 ⁽²⁾ |
| Nitratos (NO ₃) | mg/L NO ₃ | 50 | 50 | 110 ⁽¹⁾ |
| Hierro | mg/l | 0,5 | 0,5 | 3,3 ⁽¹⁾ |
| Aluminio | mg/l | 0,5 | 0,5 | 6,6 ⁽¹⁾ |
| Manganeso | mg/l | 0,5 | 0,5 | 9 ⁽¹⁾ |
| Cadmio y sus compuestos | mg/l | 0,008 | 0,01 | 0,002-0,01 ⁽²⁾ |
| Plomo y sus compuestos | mg/l | 0,015 | 0,015 | 0,01-0,05 ⁽²⁾ |
| Mercurio y sus compuestos | mg/l | 0,0005 | 0,0005 | 0,0003-0,002 ⁽²⁾ |
| Níquel y sus compuestos | mg/l | 0,1 | 0,1 | 0,01-0,1 ⁽²⁾ |
| Arsénico | mg/l | 0,05 | 0,05 | 0,01-0,05 ⁽²⁾ |
| Cobre | mg/l | 0,1 | 0,1 | 0,002-0,1 ⁽²⁾ |
| Cromo | mg/l | 0,01 | 0,01 | 0,002-0,015 ⁽²⁾ |
| Selenio | mg/l | 0,01 | 0,01 | 0,15 ⁽¹⁾ |
| Zinc | mg/l | 0,5 | 0,5 | 0,005-0,5 ⁽²⁾ |
| Fluoruros | mg/l | 3,5 | 3,5 | 17 ⁽¹⁾ |
| Boro | mg/l | 0,5 | 0,5 | 2,2 ⁽¹⁾ |
| Sulfitos | mg/l | 3 | 3 | 3 ⁽¹⁾ |

⁽¹⁾ Decreto 109/2015

⁽²⁾ BREF Industria Extractiva

Fuente: MLF

4. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR

Tal y como se ha indicado anteriormente, MLF ha llevado a cabo un estudio fluidodinámico del comportamiento del vertido propuesto en el medio receptor, mediante un modelo hidrodinámico. Dentro de este estudio, se ha caracterizado el medio receptor del vertido exhaustivamente. A continuación, se resumen las características principales del medio receptor, extraídas del documento de “*Análisis de Alternativas y Modelización Hidrodinámica de Vertido al Dominio Público Marítimo Terrestre. Proyecto Minera Los Frailes. Aznalcóllar (Sevilla)*” (ref. IN/MA-19/0729-002/06) promovido por MLF.

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR EN EL ENTORNO DEL PUNTO DE VERTIDO

El medio receptor del vertido del Proyecto de MLF al Dominio Público Marítimo Terrestre es el Río Guadalquivir y, más concretamente, el estuario de dicho cauce a su paso por la ciudad de Sevilla, concretamente frente a la Isla de la Cartuja.

La zona del estuario del Guadalquivir en la que se localizaría el vertido de MLF, se ubica en el último tramo del estuario aguas arriba, entre la Punta del Verde y la Presa de Alcalá del Río. La localización del punto de vertido propuesto se ha expuesto en los Planos 3.1 y 3.2.

El carácter del estuario viene definido por la intensidad y la duración de la descarga fluvial, el prisma de marea y el comportamiento de la marea astronómica, resultando un estuario mezclado, parcialmente estratificado o estratificado dependiendo del tramo del mismo.

Los **caudales de descarga de la presa** son menores de 100 m³/s durante la mayor parte del año, lo que implica que el estuario tenga sus aguas bien mezcladas y, ocasionalmente, en el tramo de la desembocadura, sus aguas se encuentran parcialmente estratificadas, denominándose este régimen mareal de caudales bajos.

En el estuario interno, la anchura y la sección del mismo decrecen uniformemente desde la desembocadura hasta la presa de Alcalá del Río, siendo la **profundidad media** del estuario del río Guadalquivir de unos 7 m.

En el régimen de aguas bajas (con un caudal neto de agua dulce circulante a lo largo de un ciclo completo de mareas inferior a 100 m³/s, con un valor medio aproximado de 50 m³/s), la circulación residual en el estuario del Guadalquivir está regulada por la propagación y transformación de la onda de marea. La resultante neta de esta corriente mareal se dirige, por tanto, hacia la desembocadura. Los ciclos de mareas vivas y muertas refuerzan o debilitan la corriente residual mareal y alteran, en los diferentes tramos del estuario, la resultante de esta corriente con las corrientes fluvial y la debida a los gradientes de densidad.

La corriente fluvial, dirigida siempre hacia la desembocadura, es la componente principal para poder controlar la resultante neta de las corrientes residuales en cada tramo del estuario. En condiciones de avenida (caudal neto superior a 1.000 m³/s), la descarga fluvial supera en uno o dos órdenes de magnitud a las corrientes residuales, siendo la resultante neta hacia la desembocadura, controlando en estos casos la evolución y los procesos morfodinámicos del estuario.

Por otra parte, indicar que, en los estuarios con geometría convergente, como es este caso, el flujo dominante es el de llenante sobre el de vaciante, siendo la duración de la llenante menor que la de vaciante, y la velocidad en llenante mayor que la de vaciante. La onda de marea alcanza la presa de Alcalá del Río y lo hace con energía suficiente para que se refleje en la propia presa. De esta forma, en el último tramo del estuario del Guadalquivir, entre la esclusa y la presa, el movimiento mareal es esencialmente estacionario, mientras que en el tramo exterior el movimiento oscilatorio es progresivo.

En lo tocante al **régimen mareal**, la onda de marea en la desembocadura del Guadalquivir presenta un carácter semidiurno. El rango mareal medio en este sector es de 2,70 m, tratándose por tanto de una costa mesomareal, es decir, con un rango mareal medio comprendido entre 2 y 4 m.

La **amplitud de la marea** varía en ciclos de mareas vivas y muertas, de aproximadamente catorce días y medio. Por otra parte, dos veces al año, coincidiendo con los equinoccios, se producen las mayores mareas vivas y muertas.

Indicar que, si bien el ancho de la sección de diferentes zonas del estuario puede variar dependiendo de las diferentes condiciones mareales (debido a las bajas pendientes de las márgenes del río junto a la carrera de marea en la zona, las cuales provocan la inundación parcial de las orillas), en el caso que nos ocupa este efecto es muy reducido, pudiendo considerarse un **ancho medio de la sección del río** (en el entorno del punto de vertido) constante e igual a unos 150 m.

En cuanto a la **temperatura del agua** del medio receptor, ésta varía entre los 16,8 °C en invierno como valor promedio a los 23,3 °C en verano.

Por otra parte, los **aportes salinos** al estuario llegan del océano Atlántico, donde la salinidad se encuentra en el intervalo 30-35,5 PSU, con la propagación de la onda de marea. En el estuario, las aguas salinas se mezclan con las aguas del estuario de salinidad más reducida debido a la circulación fluvial. Debido a la configuración geométrica, tanto la dinámica como el transporte de sales en el estuario es un proceso eminentemente unidimensional. No obstante, en los tramos de fuerte curvatura, o con barras longitudinales y fuerte asimetría transversal del cauce, se pueden generar zonas de casi parada o inversión y recirculaciones de la circulación mareal, fomentando la localización de puntas de salinidad y gradientes transversales de salinidad que en general son poco significativos para la dinámica del estuario. De este modo, la salinidad en el medio receptor se sitúa en un rango de 800 a 1.100 µS/cm.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL ESTUARIO EN EL ENTORNO DEL PUNTO DE VERTIDO PROPUESTO

Con objeto de conocer la calidad del agua en el entorno del punto de vertido, MLF viene realizando mediciones periódicas bimensuales en el río Guadalquivir desde junio de 2019.

Inicialmente, estas medidas fueron realizadas en las proximidades del punto de vertido propuesto, Punto de muestreo 1 (GUQ-0). Posteriormente, una vez definida la ubicación del punto de vertido, se centraron las mediciones en el Punto de muestreo nº2 (GUQ-1), situado 750 metros aguas abajo del primero.

En un inicio, los muestreos realizados incluyeron dentro de la batería de parámetros a analizar, la concentración de metales como “Metal”, que según el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, *por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental*, se define tal y como sigue: *“Metal disuelto y parte del metal en Sólidos en Suspensión que se ha disuelto tras acidificar la muestra. No es posible determinar con exactitud la parte que se disuelve de los SS”*.

En este sentido, el citado Real Decreto 817/2015, en su Anexo IV, apartado B, indica que, en el caso del cadmio, plomo, mercurio y níquel, las Normas de Calidad Ambiental (NCA) del agua se refieren a concentración disuelta, es decir, a la fase disuelta de una muestra de agua obtenida por filtración a través de membrana de 0,45 µm o cualquier otro pretratamiento equivalente, o bien, cuando se indique de modo específico, a la concentración biodisponible. Asimismo, en su Anexo V, apartado B, se indica que, para el caso del arsénico, cobre, cromo, selenio y zinc, las NCA del agua se refieren igualmente a la concentración disuelta.

En vista de lo anterior, para poder evaluar la calidad del medio receptor en base a las Normas de Calidad Ambiental (NCA) en relación a los metales, a partir de febrero de 2020, MLF empieza a incluir como parámetros a analizar en el medio receptor del vertido propuesto, la concentración de metales disueltos, además de metales totales.

Además de incorporar el análisis de concentración de metales disueltos, a partir de la segunda toma de muestra de febrero de 2020, MLF amplía el número de puntos de muestreo hasta 5 puntos adicionales al existente. Estos 6 puntos de muestreo se extienden a lo largo de diferentes masas de agua, por lo que en el presente estudio hidrodinámico, el análisis del medio receptor del vertido propuesto por MLF se realiza en función de las medidas obtenidas en los tres puntos de muestreo ubicados en la masa de agua receptora del vertido (Corta de la Cartuja), denominados como, GUQ-0, GUQ-1 y GUQ-2. No obstante, el hecho de disponer de 6 puntos de muestreo distribuidos en 14 km aguas arriba del punto de vertido y 2 km aguas abajo, pone de manifiesto la homogeneidad en la calidad del agua.

La ubicación de los puntos de muestreo que se considerarán para determinar la calidad química del medio receptor del estudio hidrodinámico de vertido, se muestra en la Figura a continuación.

FIGURA 4.1
LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO CAMPAÑAS DE MEDIDA DE MLF



En función de los datos obtenidos en los puntos de muestreo anteriores, se caracterizará el medio receptor, en base a las concentraciones promedios de las analíticas disponibles (de junio de 2019 a febrero de 2020) para todos los parámetros, a excepción de para los metales cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, cobre, cromo, selenio y zinc, para los que se considerará la concentración de metales disueltos obtenida en los últimos análisis (febrero 2020).

Con objeto de apoyar la representatividad de las medidas de metales disueltos obtenidas en la campaña de muestreo de MLF de febrero de 2020, se han extraído los valores oficiales publicados por la Junta de Andalucía de las concentraciones de metales disueltos disponibles. Concretamente, se han extraído los datos de la Red de Control de Calidad de las Aguas de las Demarcaciones Hidrológicas, la cual cuenta con dos estaciones de control en el entorno del punto de vertido propuesto (uno aguas arriba, y otro, aguas abajo). La

identificación y localización de ambos puntos de muestreo respecto al punto de vertido de MLF se detalla en la Figura a continuación.

FIGURA 4.2
LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO RED DE CONTROL DE LA DMA



Fuente: Visor REDIAM

Los datos más actuales disponibles de metales disueltos en ambas estaciones se corresponden con el año 2015, por lo que se tomarán para apoyar la representatividad de las medidas de metales disueltos realizadas por MLF, los tres últimos años de datos oficiales disponibles (2013-2015). Para esta caracterización se calcularán los valores promedios de las concentraciones de metales disueltos medidos en cada estación en el periodo 2013-2015, los cuales se muestran en la Tabla siguiente, junto con los datos de estos parámetros medidos por MLF en el medio receptor.

TABLA 4.1
CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR EN BASE A LA CONCENTRACION DE
METALES DISUELTOS MEDIDOS POR LA RED DE CONTROL DE LA DMA
PERIODO 2013-2015 Y COMPARATIVA CON MEDIDAS MLF

| Parámetro | Datos oficiales DMA | | Datos medidos MLF en febrero 2020 | |
|-------------------|---|---|--|---|
| | Rango de concentración estación 51T0040 ⁽¹⁾ (µg/L) | Rango de concentración estación 51J0050 ⁽¹⁾ (µg/L) | Concentración en GUQ-1 ⁽¹⁾ (µg/L) | Concentración GUQ-2 ⁽¹⁾ (µg/L) |
| Cadmio disuelto | <0,05 | <0,05 | <0,024 | <0,024 |
| Plomo disuelto | <1 | <1 | <0,36 | <0,36 |
| Mercurio disuelto | <0,01 | <0,01 | <0,015 | <0,015 |
| Níquel disuelto | <2-2,5 | <2-2,21 | 3 | 4 |
| Arsénico disuelto | 1,17-2,61 | 1,11-2,59 | 1,8 | 1,7 |
| Cobre disuelto | <2-4,8 | <2-4 | 3 | 3 |
| Cromo disuelto | <2 | <2 | <5 | <5 |
| Selenio disuelto | <2 | <2 | 0,8 | 0,8 |
| Zinc disuelto | <10 | <10 | <9 | <9 |

⁽¹⁾ Los datos con un signo "<" indican valores por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado.

Como se puede observar en la Tabla anterior, los resultados de la campaña de control de MFL se encuentran en consonancia con los datos oficiales medidos en el entorno.

A continuación, se caracteriza el medio receptor, en función de los datos del medio receptor resultado de las campañas de medidas realizadas por MLF.

Adicionalmente, a las campañas realizadas en el río Guadalquivir consideradas en la caracterización del medio (campañas de junio de 2019 a febrero 2020), MLF continúa realizando periódicamente medidas en el río en el entorno del punto de vertido proyectado, al objeto de verificar que la caracterización considerada sigue siendo representativa.

TABLA 4.2
CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR EN EL ENTORNO DEL PUNTO DE VERTIDO DE MLF PROPUESTO

| Parámetro | Unidades | Muestreos realizados en el medio receptor | | | | | | | | | | | | | | | | | Concentración promedio (mg/l) |
|-------------------|----------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------------------|-------------------------------|
| | | Punto de muestreo GUQ-0 | | | | | | Punto de muestreo GUQ1 | | | | | | | | | | Punto muestreo GUQ2 | |
| | | 27-jun | 17-jul | 01-ago | 13-ago | 30-ago | 13-sep | 02-oct | 14-oct | 31-oct | 14-nov | 29-nov | 16-dic | 31-dic | 15-ene | 03-feb | 14-feb | 14-feb | |
| pH | Ud. pH | - | 7,4 | 7,5 | 7,5 | 8 | 7,8 | 7,6 | 7,8 | 7,6 | 7,5 | 7,7 | 8,1 | 7,7 | 7,7 | 7,5 | 7,6 | 7,7 | 7,669 |
| TSS | mg/L | 89 | 124 | 136 | 105 | 120 | 186 | 107 | 18 | 104 | 252 | 459 | 107 | 1152 | 2608 | 234 | 181 | 109 | 358,294 |
| DQO | mg/L O ₂ | 13 | 35 | 11 | 11 | 11 | 10 | 11 | 12 | 12 | 2,5 | 14 | 14 | 11 | 54 | 14 | 12 | 12 | 15,265 |
| Nitratos | mg/L NO ₃ | 11 | 13 | 13 | 13 | 12 | 15 | 13 | 16 | 17 | 18 | 12 | 22 | 18 | 24 | 28 | 27 | 28 | 18,842 |
| Hierro | mg/L | 0,53 | 0,726 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,58 | 1,6 | 0,5 | 1,7 | 2,2 | 0,41 | 4,5 | 6,2 | 0,9 | 1,3 | 0,8 | 1,462 |
| Aluminio | mg/L | 0,25 | 0,39 | 0,26 | 0,35 | 0,33 | 0,16 | 0,23 | 0,55 | 0,2 | 0,68 | 2 | 0,26 | 2,7 | 4,2 | 0,7 | 0,9 | 0,55 | 0,865 |
| Manganeso | mg/L | 0,15 | 0,209 | 0,13 | 0,16 | 0,13 | 0,15 | 0,068 | 0,23 | 0,072 | 0,27 | 0,23 | 0,12 | 0,32 | 0,86 | 0,17 | 0,12 | 0,071 | 0,204 |
| Fluoruros | mg/L | 0,19 | 0,21 | 0,19 | 0,2 | 0,2 | 0,27 | 0,25 | 0,24 | 0,25 | 0,24 | 0,26 | 0,31 | 0,28 | 0,27 | 0,3 | 0,26 | 0,26 | 0,246 |
| Boro | mg/L | - | - | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,08 | 0,1 | 0,07 | 0,12 | 0,11 | 0,14 | 0,13 | 0,102 |
| Sulfatos | mg/L | 146 | 159 | 153 | 180 | 150 | 189 | 229 | 201 | 244 | 267 | 197 | 169 | 169 | 183 | 199 | 248 | 235 | 195,176 |
| Cadmio disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,000012 | 0,000012 | 0,000012 |
| Plomo disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,00018 | 0,00018 | 0,00018 |
| Mercurio disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0000075 | 0,0000075 | 0,0000075 |
| Níquel disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,003 | 0,004 | 0,0035 |
| Arsénico disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0018 | 0,0017 | 0,00175 |
| Cobre disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| Cromo disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0025 | 0,0025 | 0,0025 |
| Selenio disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0008 | 0,0008 | 0,008 |
| Zinc disuelto | mg/L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,0045 | 0,0045 | 0,0045 |

5. ANÁLISIS AMBIENTAL DEL VERTIDO DE MLF

El punto de vertido propuesto por MLF se localiza en el río Guadalquivir, a su paso por Sevilla (a la altura del Estadio de la Cartuja), concretamente en la margen derecha del río.

Los terrenos que atraviesa la conducción hasta llegar al punto de vertido están ocupados principalmente por zonas de cultivo (concretamente cultivos herbáceos y leñosos de secano), si bien, la mayor parte del trazado discurrirá bajo caminos y pistas existentes.

Ya en la zona de descarga del río Guadalquivir, la ribera está caracterizada por vegetación riparia, arbóreo o arbustiva, dominada por sauces, álamos blancos u olmos. El tipo de vegetación en el entorno del punto de vertido propuesto se puede observar en la fotografía a continuación.

FOTOGRAFIA 5.1 VEGETACIÓN EN EL ENTORNO DEL PUNTO DE VERTIDO PROPUESTO POR MLF EN EL RÍO GUADALQUIVIR



Fuente: Inerco S.A.

Por otro lado, el propio medio receptor del vertido se encuentra declarado como ZEC (ZEC Bajo Guadalquivir, ES6150019), abarcando este espacio protegido el tramo del río que va desde la presa de Alcalá del Río hasta la desembocadura.

El Bajo Guadalquivir fue declarado ZEC por el Decreto 113/2015, de 17 de marzo, por el que se declaran las Zonas Especiales de Conservación pertenecientes a la Cuenca Hidrográfica del Guadalete-Barbate y determinadas Zonas Especiales de Conservación pertenecientes a la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir. Ocupa una superficie aproximada de 4.772 ha pertenecientes en su mayor parte a la provincia de Sevilla. En su tramo final sirve de linde entre las provincias de Cádiz y Huelva. Se extiende a lo largo de unos 106 km, desde Alcalá del Río hasta la desembocadura, recorriendo 17 términos municipales pertenecientes a 3 provincias andaluzas distintas.

La implantación del punto de vertido propuesto puede afectar al entorno descrito, debido por un lado a las labores de obras y construcción para la instalación de la estructura de descarga, así como por la presencia del propio vertido sobre la calidad del agua.

En base a lo anterior, se analiza a continuación el impacto ambiental que el nuevo punto de vertido puede provocar sobre el entorno, diferenciando entre la fase de construcción y la fase de funcionamiento.

Cabe señalar que este análisis se centra en la fase de construcción de la conducción dentro del río, y al funcionamiento del propio punto de vertido.

Asimismo, indicar que la posible afección sobre el espacio Red Natura 2000, ZEC Bajo Guadalquivir, ES6150019, se lleva a cabo en documento independiente en el que se valora en detalle la afección derivada del proyecto MLF sobre los valores ambientales del mismo. Dicho documento se ha realizado conforme a la guía publicada por el MAPAMA *“Recomendaciones sobre la información necesaria para incluir una Evaluación adecuada de repercusiones de proyectos sobre Red Natura 2000 en los documentos de evaluación de impacto ambiental de la A.G.E.”*, actualización de las *“Directrices para la elaboración de la documentación ambiental necesaria para la evaluación de impacto ambiental de proyectos con potencial afección a la Red Natura 2000”*.

5.1 ANÁLISIS AMBIENTAL EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

El vertido se producirá mediante una conducción profundamente sumergida (cercana al fondo del río) con una sola boca de descarga. La implantación de la nueva estructura se realizará mediante hinca.

El método de hinca de tubería permite el tendido de la tubería sin la excavación de zanjas, la tubería se va hincando en el terreno a la vez que un elemento excavador abre hueco aprovechando el empuje. Teniendo en cuenta este método de trabajo, los vectores de acción principales asociados a la Fase de construcción del punto de vertido identificados son los siguientes:

- **Movimiento de tierras:** agrupa las acciones asociadas a la excavación del terreno.

- **Movimiento de maquinaria:** incluye las acciones asociadas al movimiento de maquinaria en el entorno para llevar a cabo la excavación del terreno, incluyendo el transporte de residuos y el propio transporte de la maquinaria.

Los factores ambientales susceptibles de recibir impacto por las actuaciones anteriores son la **vegetación, las características del suelo (geomorfología² y edafología³), así como la calidad de las aguas superficiales**. Se ha descartado desde un primer momento el potencial impacto de las obras sobre la calidad del aire, dado la escasa entidad de las mismas, su carácter localizado y puntual en el tiempo, así como sobre la fauna, por idénticos motivos.

El último tramo de la tubería de descarga, se instalará mediante hinca. Este método minimiza la necesidad de desbroce y el impacto sobre el suelo, al evitar la realización de zanjas, por lo que el potencial impacto del movimiento de tierras sobre la vegetación y el suelo (geomorfología y edafología), se minimizará, siendo temporal, localizado y poco significativo⁴.

Por su parte, el movimiento de la maquinaria en el entorno podría dar lugar a la compactación del terreno, afectando a por tanto al suelo y a la vegetación. En este sentido, se llevarán a cabo las medidas correctoras adecuadas para minimizar este impacto, tales como restringir el número y el radio de movimiento, para afectar a la mínima superficie posible.

Respecto a las aguas superficiales, la boca de descarga se ubicará próxima al lecho del río, por lo que se podría producir un aumento de la turbidez del agua al removerse los sedimentos, si bien, este incremento sería puntual y poco significativo como para alterar los hábitats del medio.

Asimismo, destacar que, durante la fase de obras, se tomarán las medidas correctoras oportunas para evitar la afección al río por arrastre de sólidos hasta el cauce.

Por último, indicar que MLF, antes del inicio de las obras, solicitará las correspondientes autorizaciones de ocupación y obras en el Dominio Público Marítimo-Terrestre.

² La geomorfología estudia las formas de la superficie terrestre.

³ La edafología estudia la composición y naturaleza del suelo.

⁴ El impacto de la conducción completa desde el punto de inicio hasta el cauce del río ha sido analizado en la Adenda al Estudio de Impacto Ambiental promovido por MLF, Expediente: AAU/SE/139/18

5.2 ANÁLISIS AMBIENTAL EN LA FASE DE FUNCIONAMIENTO

Durante la fase de funcionamiento del punto de vertido, los vectores de acción principales susceptibles de generar impacto son la presencia de la conducción y el propio vertido.

Para estos vectores de acción los factores ambientales que pueden verse afectados serán el suelo (geomorfología y edafología), así como la calidad de las aguas superficiales.

En este sentido, cabe señalar que una vez finalizadas las obras, la estructura de descarga quedará integrada en el suelo de la margen derecha del río, por lo que la geomorfología no se verá afectada, mientras que la edafología se restaurará naturalmente.

Por otro lado, el impacto asociado al vertido sobre la calidad de las aguas superficiales, ha sido evaluada en el documento "*Análisis de Alternativas y Modelización Hidrodinámica de Vertido al Dominio Público Marítimo Terrestre. Proyecto Minera Los Frailes. Aznalcóllar (Sevilla)*", en el que se ha llevado a cabo un estudio fluidodinámico del comportamiento del vertido propuesto, así como un estudio de alternativas para determinar la mejor configuración de descarga desde el punto de vista ambiental y técnico.

En dicho estudio y desde una postura conservadora, se ha analizado la dilución de los contaminantes característicos del vertido en el seno del río, tomando como base los valores límite propuestos (concentración máxima de cada contaminante permitida) y la caracterización del medio. Los resultados obtenidos se han evaluado en base a los valores de calidad establecidos en la legislación de aplicación.

Las conclusiones del estudio fluidodinámico han permitido establecer que la **potencial afección del efluente del Proyecto de MLF sobre la calidad del Río Guadalquivir (DPMT) no es significativa y compatible.**

Por todo lo anterior, en vista de la **ausencia de impactos significativos del vertido de MLF sobre el entorno durante la fase de construcción y funcionamiento, y dada la implantación de las medidas correctoras adecuadas, se puede concluir que el impacto del vertido de MLF sobre el entorno es compatible.**

6. MEDIDAS CORRECTORAS PARA LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

6.1 MEDIDAS CORRECTORAS DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

Las medidas correctoras durante la **fase de construcción** irán encaminadas a prevenir efectos causados por la implantación de la propia instalación, y por la presencia de maquinaria asociada a la implantación de la tubería de descarga. Las medidas a adoptar durante la fase de construcción son las siguientes:

- Antes del inicio de las obras, MLF solicitará las correspondientes autorizaciones de ocupación y obras en el Dominio Público Marítimo-Terrestre (DPMT).
- Con anterioridad a la iniciación de las obras, se procederá a señalizar y balizar toda la zona de obras, de cara a evitar la presencia de cualquier elemento fuera de dicha zona.
- Se señalizará el camino de entrada y salida de materiales, evitando la afección de otras zonas del entorno por el paso de vehículos.
- Antes del inicio de las obras se confirmará que todo el personal que va a trabajar en la misma cuenta con la formación y documentación establecida por la normativa al respecto.
- El parque de almacenamiento de maquinaria y las zonas de acopio de materiales deberán ubicarse en el interior de la zona de obras, previamente seleccionada y convenientemente señalizada, fuera de la zona del DPMT.
- La maquinaria de obras deberá estar en condiciones de reglaje y mantenimiento adecuado para evitar potenciales derrames de aceite o combustible; así como para minimizar las emisiones de los gases de escape de los motores de combustión y el ruido ocasionado por la maquinaria. En ningún caso, se llevarán a cabo actividades de mantenimiento de la maquinaria en la zona de obras.
- En caso de ser necesaria la instalación de tanques de almacenamiento temporal de combustibles para la maquinaria involucrada en la obra se localizarán en el interior de cubetos de retención, con capacidad superior a la del propio tanque y en cualquier caso cumpliendo la legislación vigente al respecto. Tales instalaciones se localizarán fuera de la zona del DPMT.
- Para evitar el arrastre de sólidos hacia el río, los acopios se llevarán a cabo en zonas sin pendiente alejadas lo suficientemente del río y se implantarán elementos específicos que actuarán como barrera.

- Se impartirá formación específica al personal de obra en relación a las repercusiones que sobre el medio ambiente pueden tener sus actividades, así como las medidas a adoptar en cada caso para evitarlos o minimizarlas.

6.2 MEDIDAS CORRECTORAS DURANTE LA FASE DE FUNCIONAMIENTO

Durante la fase de funcionamiento del vertido, la principal medida correctora en materia de vertido, consiste en el diseño adecuado del dispositivo de descarga. A este respecto MLF ha realizado un estudio de alternativas mediante modelización hidrodinámica, mediante el cual se ha optimizado la dilución del vertido, teniendo en cuenta el cumplimiento de los objetivos de calidad en el medio marcados por la legislación vigente.

Adicionalmente, MLF llevará a cabo durante toda la fase de funcionamiento, un Programa de Vigilancia Ambiental, que permitirá el control de la calidad del efluente, la calidad el medio receptor, así como la estabilidad estructural de la conducción.

El Programa de Vigilancia Ambiental en materia de vertido a implantar por MLF se detalla en el Capítulo 7 del presente documento.

En caso de que se detecten superaciones de los límites de vertido y/o una afección sobre el entorno, derivado de los controles establecidos en el Programa de Vigilancia y control, se tomarán las acciones correctoras necesarias.

7. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

En este Capítulo se desarrolla el Programa de Vigilancia Ambiental del vertido de MLF, al objeto de establecer un procedimiento general para el seguimiento y control sistemático y eficaz de los factores ambientales que pudieran verse significativamente afectados por la implantación y operación del mismo. Además, se establece un mecanismo para que se lleven a cabo nuevas medidas correctoras, si se detecta que los impactos son superiores a los previstos o tolerables, e insuficientes las medidas inicialmente adoptadas.

Así, de forma general, el Programa de Vigilancia Ambiental tiene los siguientes objetivos principales:

- Controlar la eficacia de las medidas protectoras y correctoras establecidas en el Proyecto, así como de los resultados que se obtienen de su aplicación.
- Verificar que los impactos ambientales que se producen son los realmente previstos y determinar la evolución de los mismos.

En vista de lo anterior, se presenta a continuación el Programa de Vigilancia Ambiental del nuevo punto de vertido, en el que se incluye el control de la calidad del efluente, de la estabilidad estructural de la conducción y de la calidad del medio receptor, así como la verificación de que se cumplen las medidas correctoras propuestas para la protección del medio ambiente.

7.1 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DURANTE LA FASE DE OBRA

Durante la fase de obra y construcción del dispositivo de vertido, se llevará a cabo la vigilancia del cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras a implantar para minimizar los potenciales impacto de las obras sobre el entorno. Estas actuaciones serán las siguientes:

TABLA 7.1
PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DURANTE LA FASE DE OBRA

| Actuaciones de vigilancia | Personal encargado de los trabajos | Periodicidad |
|--|---|---------------------------|
| Comprobar que toda la maquinaria y vehículos cuentan con la documentación reglamentaria | Personal cualificado de MLF | Al inicio de los trabajos |
| Comprobar que el personal implicado cuenta con la formación necesaria certificada | Personal cualificado de MLF | Al inicio de los trabajos |
| Se comprobará que la zona de obra se encuentra señalizada y balizada | Personal cualificado de MLF | Diariamente |
| Se comprobará que la entrada y salida de camiones se encuentra señalizada y que no se producen desplazamientos por vías diferentes | Personal cualificado de MLF | Diariamente |
| Se comprobará la ausencia de elementos asociados a la obra fuera de la zona de obra señalizada | Personal cualificado de MLF | Diariamente |
| En caso de disponerse de almacenamiento temporal de combustible, se vigilará que éstos se localizan dentro de cubetos de contención de capacidad adecuada. | Personal cualificado de MLF | Diariamente |

7.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DURANTE LA FASE DE FUNCIONAMIENTO DEL VERTIDO

Durante la fase de funcionamiento del vertido, se llevará a cabo la vigilancia y control de la calidad del efluente, del medio receptor, así como de la estabilidad estructural de la conducción. Las actuaciones propuestas se resumen en la Tabla a continuación, las cuales serán desarrolladas en mayor profundidad en los apartados posteriores.

TABLA 7.2
PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DURANTE LA FASE DE FUNCIONAMIENTO

| Elemento a controlar | | Punto de control | Tipo de control | Parámetros a controlar | Frecuencia de control |
|----------------------|--|--|------------------|---|---------------------------|
| Vertido | Caudal y calidad del efluente | Balsa de cabecera (PCV-1) y Arqueta al final de la conducción de vertido (PCV-2) | Interno | pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, potencial redox | Continuo |
| | | | | Caudal | Continuo |
| | | | Externo | Análisis de las sustancias preferentes y prioritarias aplicables según el RD817/2015 | Mensual |
| | | | | pH, sólidos en suspensión, DQO, nitratos, hierro, aluminio, manganeso, boro y sulfitos. | Mensual |
| | Parámetros PRTR | Anual | | | |
| Medio receptor | Aguas receptoras | Puntos de control del medio receptor PCR-1, PCR-2 y PCR-3 | Externo | pH, potencial REDOX, sólidos en suspensión, DQO, nitratos, hierro, aluminio, manganeso, boro y sulfitos. | Trimestral ⁽¹⁾ |
| | | | | Análisis de las sustancias preferentes y prioritarias según el RD817/2015 aplicables | Mensual |
| | Sedimentos | Puntos de control del medio receptor PCR-1, PCR-2 y PCR-3 | Externo | Materia orgánica, Granulometría, Potencial redox, Metales (hierro, aluminio, manganeso, cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, cobre, cromo, selenio, zinc y boro). | Anual |
| | Fitoplancton | Puntos de control del medio receptor PCR-1, PCR-2 y PCR-3 | Externo | Cálculo del Índice Integral de Fitoplancton (<i>ITWf</i>) | Semestral |
| | Macroinvertebrados bentónicos | Puntos de control del medio receptor (PCR-1, PCR-2 y PCR-3) | Externo | Cálculo del Índice Multimétrico Taxonómicamente Suficiente de invertebrados bentónicos (<i>TasBem</i>) | Anual |
| | Ictiofauna | Puntos de control del medio receptor (PCR-1, PCR-2 y PCR-3) | Externo | Metales (hierro, aluminio, manganeso, cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, cobre, cromo, selenio, zinc y boro). | Anual |
| Conducción | Tramo sumergido en el río | | Interno | Estabilidad estructural de la conducción. Ausencia de fisuras o deterioro significativo. | Anual |
| | Arqueta de salida del vertido donde se ubica el punto de control | | Interno (visual) | Buen estado estructural del equipo. Ausencia de fisuras o deterioro significativo. | Semanal |
| | Recorrido completo de la conducción | | Interno (visual) | Buen estado estructural del equipo. Ausencia de fisuras o deterioro significativo. | Semanal |
| | Recorrido completo de la conducción | | Externo | Pruebas de estanqueidad | Anual |

⁽¹⁾ La Orden de 13 de julio de 1993 por la que se aprueba la Instrucción para el proyecto de conducciones de vertido desde tierra al mar, para control de las aguas receptoras para conducciones de desagüe, establece una periodicidad semestral, proponiéndose una periodicidad trimestral de manera garantista.

7.2.1 Control del vertido

Los aspectos a controlar en cuanto al efluente de vertido consisten en llevar a cabo un análisis físico-químico de las aguas vertidas a DPMT a través de la nueva conducción, mediante la toma de muestras y análisis, comprobando que las sustancias analizadas se encuentran en concentraciones inferiores a los valores límite de vertido propuestos con anterioridad en el Capítulo 3. Para ello, a continuación, se desarrollan los siguientes aspectos:

- Localización de los puntos de control
- Parámetros sometidos a control y frecuencia de análisis
- Equipos de muestreo
- Métodos de análisis

a) Localización del punto de control

Los puntos de control para la toma de muestras del vertido se situarán al comienzo de la conducción de descarga, dentro del complejo minero, a la salida de la futura planta de tratamiento (PCV-1) y en la arqueta final de la conducción de vertido (PCV-2). Concretamente, el punto de comienzo se materializa en la balsa de cabecera cuyo objetivo es almacenar el efluente para mantener un caudal adecuado en la descarga.

En estos puntos, se dispondrá de una arqueta accesible que permita tomar muestras en condiciones de representatividad antes del vertido final. La localización elegida para las arquetas de control de efluentes se muestra en la Figura 7.1, mientras que las coordenadas propuestas se incluyen en la Tabla a continuación.

TABLA 7.3
COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL DE VERTIDO

| Coordenadas UTM ETRS_1989_UTM_Zone_29N | |
|---|--------------------------|
| Balsa de cabecera (PCV-1) | X 744.010 Y 4.155.643 |
| Arqueta final de la conducción (PCV-2) | X 764.382 Y 4.145.214 |

**FIGURA 7.1
LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL DE VERTIDO
EN EL ENTORNO DE LA EXPLOTACIÓN**



b) Parámetros sometidos a control y frecuencia de análisis

Los parámetros a controlar en el vertido son aquellos parámetros característicos para los que se establecerá valor límite en su autorización.

En este sentido, el titular de la autorización de vertido, en este caso MLF, llevará a cabo el seguimiento del control de los valores límite de emisión previstos en el vertido. Estos autocontroles o controles internos, deben cumplir con niveles de garantía adecuados, tanto en la toma de muestra como el análisis de los parámetros.

En este caso, MLF ejecutará la toma de muestras, mientras que la analítica se realizará en laboratorio externo debidamente acreditado.

La garantía de los autocontroles se supervisará mediante la realización de controles externos llevados a cabo por una entidad colaboradora de la Administración, a través de laboratorio acreditado como laboratorio de ensayo según norma UNE-EN ISO/IEC 17025 o la que en un futuro la sustituya, e incluyendo la acreditación para la toma de muestras, tal y como establece el Decreto 109/2015, de 17 de marzo, *por el que es aprueba el Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía*.

El **control interno o autocontrol** sobre el vertido, se realizará sobre una muestra compuesta de 24 horas, tomada por un dispositivo automático de toma de muestra en función del caudal (ver apartado d)). La frecuencia de muestreo de cada uno de los parámetros a controlar se especifica en la Tabla a continuación.

TABLA 7.4
PERIODICIDAD DE CONTROL DE VERTIDO
CONTROLES INTERNOS

| Puntos de control | Parámetro | Frecuencia | Tipo de muestra |
|------------------------------|--|-----------------------|---|
| PCV-1 (cabecera de la balsa) | pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, potencial redox y caudal | Continuo | - |
| PCV-2 (arqueta de salida) | pH | Continuo | - |
| | Caudal | Continuo | - |
| | Sólidos en suspensión | Diaria ⁽¹⁾ | Compuesta proporcional al caudal 24 horas |
| | DQO | Diaria ⁽¹⁾ | |

⁽¹⁾ Referencia: *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries (in accordance with Directive 2006/21/EC)*, European Commission, Tabla 4.56: *Reported monitoring parameters and frequencies of point source emissions to surface water (based on information exchanged via the questionnaires)*.

Adicionalmente a lo anterior, se llevarán a cabo en el PCV-2 **controles externos** de los parámetros: pH, potencial redox, sólidos en suspensión, DQO, nitratos, hierro, aluminio, manganeso, boro y sulfitos, y el análisis de las sustancias preferentes (cobre, arsénico, cromo, selenio, cinc, fluoruros) y prioritarias (níquel, cadmio, plomo y mercurio) según el RD817/2015 con una **periodicidad mensual**, mediante muestra compuesta de 24 horas en función del caudal. Los resultados de los análisis efectuados se remitirán a la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.

Además, atendiendo al Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, *por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas*, **anualmente se determinarán los parámetros PRTR.**

c) **Equipos de muestreo**

Como se ha indicado anteriormente, el control interno del vertido debe alcanzar niveles de garantía suficientes, para ello, se implantarán los siguientes equipos para la toma de muestras en la arqueta de salida del vertido:

- Caudalímetro
- Sonda multiparamétrica y soluciones de calibración, con posibilidad de medir múltiples parámetros simultáneamente tales como el pH, temperatura y sólidos en suspensión.
- Equipos tomamuestras automáticos realizando la captación de las muestras por medio de una bomba peristáltica.
- Equipos auxiliares: maletín, cubo graduado, cuerda, papel secante, etiquetas, cinta adhesiva, rotulador indeleble, guantes, etc.

d) **Métodos de análisis de los parámetros limitados en el efluente**

El Decreto 109/2015, de 17 de marzo, *por el que se aprueba el Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía*, establece en su Artículo 47, que los métodos analíticos de referencia para la determinación de los parámetros limitados en el vertido serán los indicados en el Anexo VI del propio Decreto.

En base a lo anterior, se especifican en la Tabla 7.5 a continuación los métodos analíticos de referencia establecidos en dicho Anexo VI para los parámetros limitados en el vertido de MLF.

TABLA 7.5
MÉTODOS ANALÍTICOS DE REFERENCIA PARA LOS PARÁMETROS LIMITADOS
EN EL VERTIDO DE MLF

| Parámetro | Unidades | Método |
|-----------------------------|----------------------|---|
| pH | Ud. pH | Electrometría |
| Sólidos en suspensión | mg/l | Filtración con filtros de fibra de vidrio y gravimetría |
| DQO | mg/l O ₂ | Espectrofotometría de absorción molecular |
| | | Volumetría |
| Nitratos (NO ₃) | mg/l NO ₃ | Espectrofotometría de absorción molecular |
| | | Cromatografía iónica |
| | | Cálculo |
| Hierro | mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| Aluminio | mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| Manganeso | mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| Cadmio y sus compuestos | mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| Plomo y sus compuestos | mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| Mercurio y sus compuestos | µg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| | | Fluorescencia atómica, previa digestión |
| Cobre | mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| Cromo | mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| Selenio | 0mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| | | Fluorescencia atómica, previa digestión |
| Zinc | mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| Fluoruros | mg/l | Espectrofotometría de absorción molecular |
| | | Electrometría |
| | | Cromatografía iónica |
| Boro | mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| Sulfitos | mg/l | Volumetría |
| Níquel y sus compuestos | mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| Arsénico | mg/l | Espectrofotometría de absorción química, previa digestión |
| | | Espectroscopia de plasma, previa digestión |
| | | Fluorescencia atómica, previa digestión |

El análisis de los anteriores parámetros se realizará de conformidad con las normas EN disponibles. Si no se dispone de normas EN, se aplicarán las normas ISO u otras normas nacionales o internacionales que garanticen la obtención de datos de calidad científica equivalente.

7.2.2 Control del medio receptor

Tal y como establece el Decreto 109/2015, en el caso de vertido al litoral⁵, como es el caso del vertido de MLF al estuario del Guadalquivir, la autorización de vertido aprobará el programa de vigilancia y control del medio receptor afectado directamente por los vertidos. A este respecto, el control abarcará el muestreo de aguas, de sedimentos y de organismos.

El objetivo del control del medio receptor radica en justificar que se mantienen los objetivos de calidad establecidos. Para ello, a continuación, se desarrollan los siguientes aspectos del control del medio receptor:

- Localización de los puntos de control
- Parámetros sometidos a control en las aguas receptoras, sedimentos y organismos
- Tipos de muestreo y frecuencia de análisis
- Métodos de análisis

a) Localización de los puntos de control

Según la normativa de aplicación, las **normas de calidad ambiental y objetivos medioambientales de la masa de agua deberán cumplirse fuera de la zona de mezcla del vertido**. Según el Real Decreto 817/2015, de una zona de mezcla se podrán superar las NCA siempre que el resto de la masa de agua superficial siga cumpliendo dichas normas, asimismo, define la zona de mezcla como *“la zona adyacente a un punto de vertido donde las concentraciones de los diferentes constituyentes del mismo pueden no corresponder al régimen de mezcla completa del efluente y del medio receptor”*.

Con objeto de determinar el comportamiento fluidodinámico del vertido proyectado y la influencia del mismo sobre los niveles de calidad del medio, MLF ha llevado a cabo un estudio mediante modelo hidrodinámico (modelo CORMIX desarrollado por la EPA). Como parte de dicho comportamiento fluidodinámico se determina la amplitud de la zona de mezcla del vertido.

En el estudio fluidodinámico realizado se ha tenido en cuenta el carácter reversible de la corriente del tramo del río Guadalquivir en el que se produce el vertido, en función de las condiciones mareales por las que se encuentra afectado el estuario. En base a los resultados obtenidos de la modelización hidrodinámica realizada, el campo cercano abarca un rango de 150-200 metros según los diferentes escenarios modelizados, encontrándose en los valores mínimos del rango en marea vaciante e incrementándose en condiciones de llenante.

El campo cercano se define como la zona del medio receptor en la que la dilución y trayectoria del vertido está determinada por las propias condiciones del vertido y por la geometría y diseño del dispositivo de descarga. Tras el campo cercano, en el campo lejano la dilución del vertido está asociada fundamentalmente a las características del medio receptor, volviéndose las características de la descarga menos importantes. La dilución inicial en el campo cercano es mucho mayor que en el campo lejano, de ahí que para **definir la zona de mezcla se tome como referencia la finalización del campo cercano** en cada uno de los escenarios modelizados, de manera que deberán cumplirse los objetivos medioambientales a la finalización del mismo, de acuerdo a lo establecido en la legislación de aplicación.

En base a lo anterior, se tomarán **tres puntos de muestreo, uno aguas arriba del punto de vertido, otro aguas abajo, situado a 200 metros del punto de vertido⁶ y finalmente otro a aproximadamente 500 metros del punto de vertido.**

Cabe señalar, que se tomarán muestras en los tres puntos en todos los controles a realizar, de manera que dependiendo de la dirección de la corriente (hacia la presa o hacia la desembocadura) un punto actuará de punto de control y el otro de “blanco” para la comparación de los niveles obtenidos para aquellos parámetros para los que no se disponga de norma de calidad ambiental u objetivo medioambiental.

A continuación, en la Tabla 7.6 se indican las coordenadas de los puntos de muestreo del medio receptor propuestos.

**TABLA 7.6
COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE CONTROL
DEL MEDIO RECEPTOR**

| Puntos de control | Coordenadas UTM 29 | | Descripción |
|-------------------|-----------------------|---------|--|
| | X | Y | |
| PCR N°1 | 764522 | 4145393 | R. Guadalquivir. 200 m aguas arriba del punto de vertido al DPMT |
| PCR N°2 | 764463 | 4144997 | R. Guadalquivir. 200 m aguas abajo del punto de vertido al DPMT |
| PCR N°3 | 764422 | 4144700 | R. Guadalquivir. 500 m aguas abajo del punto de vertido al DPMT |

En la Figura 7.2 se presenta la localización de los puntos de control del medio receptor del DPMT.

⁵ Las aguas litorales incluyen a las aguas de transición a las que pertenece el estuario objeto de estudio.

⁶ Distancia que determina el final de la zona de mezcla definida según el estudio fluidodinámico realizado

FIGURA 7.2
LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL EN EL MEDIO RECEPTOR



Cabe señalar que las muestras para el análisis de sedimentos y organismos se tomarán en el entorno de los puntos de control propuestos en función de las zonas de deposición de sedimentos existentes, así como de aquellos lugares donde pudieran existir poblaciones abundantes identificadas de organismos representativos de la zona.

b) Parámetros sometidos a control en las aguas receptoras, sedimentos y organismos

Parámetros a controlar en las aguas receptoras

Los parámetros a controlar en las aguas receptoras del vertido serán aquellos característicos del vertido para los que se establece valor límite.

Los resultados obtenidos de los muestreos se compararán con las normas de calidad ambiental establecidas en el Real Decreto 817/2015 para aquellos parámetros para los que se

establezcan dichas normas, mientras que el resto de parámetros se compararán con los resultados del “blanco”, de cara a evaluar el estado del medio receptor del vertido.

Cabe incidir en que la batería de parámetros a controlar son los siguientes: pH, sólidos en suspensión, DQO, nitratos, hierro, aluminio, manganeso, cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, cobre, cromo, selenio, zinc, fluoruros, boro y sulfitos. Además se analizará el potencial redox. Los resultados obtenidos se evaluarán respecto a la normativa de aplicación disponible, o respecto a los valores del “blanco” en caso de no disponerse de valor normativo.

Parámetros a controlar en los sedimentos

En los sedimentos se seleccionará la fracción menor a 63 μm y se analizarán los siguientes parámetros:

- Potencial redox
- Materia orgánica
- Fluoruros
- Sulfitos
- Metales: hierro, aluminio, manganeso, cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, cobre, cromo, selenio, zinc y boro.

Parámetros a controlar en los organismos

En relación a los organismos se analizará en peces la presencia de aquellos metales que pueden ser característicos del vertido, para los cuales se propone valor límite en la correspondiente autorización de vertido: hierro, aluminio, manganeso, cadmio, plomo, mercurio, níquel, arsénico, cobre, cromo, selenio, zinc y boro

Estas sustancias se determinarán sobre las dos especies de peces más abundantes.

Se comprobará que la concentración de estas sustancias en los peces no aumente de forma significativa con el tiempo.

También se determinará el cálculo del índice integral de fitoplancton (ITWf) y el cálculo del índice multimétrico taxonómicamente suficiente de invertebrados bentónicos (TasBen).

c) Tipos de muestreo y frecuencia de análisis

El control de las **aguas receptoras** del vertido se llevará a cabo con las **frecuencias siguientes**:

- **Trimestral**: pH, potencial redox, sólidos en suspensión, DQO, nitratos, hierro, aluminio, manganeso, boro y sulfitos.

- **Mensual:** cobre, arsénico, cromo, selenio, cinc, fluoruros, níquel, mercurio, plomo y cadmio.

Por su parte, el control de **fitoplancton** se hará **semestralmente**, mientras que el control de **sedimentos, peces y macroinvertebrados (TasBen)** se realizará **anualmente**⁷.

El control del medio receptor propuesto se llevará a cabo por una entidad colaboradora de la Administración, mediante laboratorio de ensayo acreditado según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025, debiendo incluir la acreditación para la toma de muestras.

d) Métodos analíticos

Según el Artículo 47 del Decreto 109/2015, los métodos analíticos de referencia para la determinación del grado de cumplimiento de las Normas de Calidad Ambiental, serán los indicados en su Anexo VI.

En base a lo anterior, el control de las aguas receptoras se llevará a cabo mediante los mismos métodos analíticos que se emplearán en el control de la calidad del vertido, los cuales se detallan en la Tabla 7.5 anterior.

7.2.3 Control de la conducción

Atendiendo a lo establecido en el Decreto 109/2015 (Artículo 43), en el caso de vertidos al litoral se incluirá en la autorización de vertido el programa de vigilancia del buen estado estructural de la conducción de vertido.

La conducción de vertido de MLF parte del complejo minero y atraviesa unos 30 km hasta la margen del río Guadalquivir. Esta tubería llega soterrada a la margen del río, introduciéndose en la lámina de agua mediante una conducción con una sola boca de descarga, que se sumerge hasta 1 metro del fondo, localizándose a la salida del talud de la margen derecha del río.

En su recorrido completo, la conducción que parte del complejo minero hasta el río Guadalquivir, se encuentra principalmente soterrada, si bien, en los pasos de cauces con existencia de estructuras de paso, la conducción se soporta sobre las mismas.

El tramo sumergido de la conducción, será analizado mediante instrumental sumergible (cámara) con periodicidad anual, en condiciones de operación de la tubería a la máxima carga hidráulica posible.

⁷ Según se establece en Orden de 13 de julio de 1993 *por la que se aprueba la Instrucción para el proyecto de conducciones de vertido desde tierra al mar*, para control de las aguas receptoras para conducciones de desagüe.

Asimismo, se inspeccionará visualmente la arqueta de salida del vertido una vez a la semana por personal cualificado de MLF, verificando el correcto funcionamiento de la misma, y reparando de forma inmediata cualquier desperfecto identificado.

Adicionalmente, todo el trazado de la conducción desde el complejo minero hasta el río Guadalquivir será revisado visualmente por personal cualificado de MLF una vez cada mes, de cara a identificar en su caso, deficiencias en el estado de las conducciones aéreas y acciones en el terreno por el discurre la tubería soterrada que pudieran afectar a la misma, derivadas de factores externos. Cualquier desperfecto será reparado inmediatamente.

Finalmente, MLF contará con el certificado anual de la prueba de estanqueidad que se realice en la conducción.

Sevilla, a 23 de octubre de 2020



Fdo.: Sonia Aragón Durán
Ingeniero Químico
División de Medio Ambiente

INERCO 

INERCO Ingeniería, Tecnología y Consultoría, S.A.
Parque Científico Tecnológico de la Cartuja
C/ Tomás Alba Edison, 7, Edificio INERCO
41092 Sevilla, España
Tfno.: +34 954 461 100 Fax: +34 954 461 329
C.I.F.: A41212572

Fdo.: F. Javier Hidalgo Galdón
Jefe del Departamento de Medio
Ambiente.
División de Medio Ambiente
Nº Colegiado: 2.765