

PROYECTO MODIFICADO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA-ALGECIRAS DE LA LÍNEA
BOBADILLA-ALGECIRAS. SUBTRAMO P.K. 3+100 A P.K. 6+800. SAN ROQUE MERCANCÍAS

DOCUMENTO SÍNTESIS DE LAS ACTUACIONES DE DRENAJE

1.- Antecedentes

El Puerto de la Bahía de Algeciras es el de mayor tráfico y crecimiento de España, y por ello pieza estratégica para el conjunto del sistema de transporte. Siendo una de las cuestiones cruciales para el Puerto la modernización de su conexión ferroviaria a partir de la línea Bobadilla-Algeciras, es prioritaria la mejora de las características de la línea, tal y como se recoge en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes del Ministerio de Fomento (PEIT, 2005-2020) y en el Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía, (PISTA 2007-2013). Por estos motivos las actuaciones de la línea se incluyen a su vez como objeto preferente por parte de la Unión Europea en su red transeuropea de transporte (Proyecto Prioritario Nº 16).

De igual modo el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda del Ministerio de Fomento (PITVI 2012-2014) incluye inversiones en ámbito ferroviario, tanto para la reposición de la red convencional entre Almoraima y Algeciras, como para el acceso de mercancías al Puerto de Algeciras (incluyéndose en la Red Transeuropea de Transporte RTE-T), como para la plataforma e instalación logística de San Roque, teniendo todas ellas como fin último el desarrollo socioeconómico de la zona, primando los factores de seguridad, al potenciar un medio de transporte público y sostenible.

Con objeto de definir las actuaciones necesarias en 1995 RENFE realiza un estudio sobre las "Necesidades de infraestructura ferroviaria para el desarrollo del tráfico intermodal en el Puerto de Algeciras".

En 1996, la Dirección General de Infraestructuras del Transporte Ferroviario redacta el "Estudio previo sobre Actuaciones Complementarias en la Línea Bobadilla-Algeciras", concretando las actuaciones para que la conexión entre el Puerto de Algeciras, La línea y la Bahía de Algeciras reuniese los niveles adecuados de calidad del Plan Director de Infraestructuras.

En el año 2002 se redactan tres Proyectos Constructivos para la Dirección General de Ferrocarriles, correspondientes a los tramos Ronda-Cortes de la Frontera, Cortes de la Frontera-San Pablo y San Pablo-Algeciras de la Línea, definiendo básicamente una renovación de vía, con doce pequeñas rectificaciones de trazado (todas ellas en el tramo San Pablo-Algeciras).

Remitida al Ministerio de Medio Ambiente la documentación ambiental en 2002, fue sometida a consultas, determinándose la necesidad de someter los proyectos a evaluación de impacto ambiental.

Por ello, en 2004 se redacta el "Estudio Informativo de la línea Bobadilla - Algeciras. Tramo Ronda- Algeciras", sometiéndose dicho Estudio y su Estudio de Impacto Ambiental a Información Pública en 2005, formulándose en 2006 Declaración de Impacto Ambiental.

En diciembre de 2006 se dicta resolución por la que se aprueba el expediente de Información Oficial y Pública y definitivamente el Estudio Informativo, indicándose que los proyectos constructivos deberán observar las prescripciones establecidas en la Declaración de Impacto Ambiental.

Atendiendo a las prescripciones establecidas en la DIA y a los criterios del ADIF como nuevo promotor, en 2007 se redactan los Proyectos Constructivos de Renovación de los tramos Ronda-Cortes y Cortes-San Pablo, así como de Instalaciones de Señalización y CTC del tramo Ronda-Gaucín, llevándose a cabo las obras entre los años 2008 y 2012.

La insuficiencia de las actuaciones recogidas en el Proyecto de renovación (2002) y Estudio Informativo (2004) en el tramo San Pablo-Algeciras, para una mejora suficiente en términos de capacidad, tiempo de recorrido, condiciones de explotación y características de la infraestructura, lleva en 2010 a la redacción de un Estudio de Alternativas de Trazado, planteando la adaptación del trayecto a velocidades superiores a las actuales (160 km/h donde las condiciones territoriales lo permitan).

Tras el Estudio, se redacta para el tramo Almoraima - Algeciras Documento Ambiental con el fin de determinar la posible adecuación de las actuaciones que se plantean a la DIA existente, como así se determina. En 2010 se redacta por parte de ADIF el Proyecto Constructivo para la renovación del tramo Almoraima-Algeciras, así como el Proyecto de Renovación de Instalaciones de seguridad y comunicaciones en el mismo tramo.

Dicho Proyecto de Renovación se dirige a la consecución de vía única apta para doble ancho, con velocidades máximas de 160 km/h, mediante ampliaciones de la plataforma existente -en zonas en que se conserva el trazado- y plataforma en variantes, con infraestructura con capacidad suficiente para soportar los futuros tráfico previstos en la línea.

Con el objeto de compatibilizar la programación del gasto asociado al referido Proyecto con las necesidades de la Línea, en especial en San Roque Mercancías, se redactan los Proyectos:

- "Renovación del Trayecto Almoraima-Algeciras. Subtramo de P.K. 3+100 a 6+800. San Roque Mercancías". Redactado en 2012, incluye actuaciones en infraestructura y vía, desarrollando sendas variantes de trazado, abarcando la segunda de estas variantes la estación de San Roque Mercancías, independizando el trazado de las vías generales de la Línea de las actuales vías generales de la Estación y complementándolas con la construcción de tres vías de expedición-recepción en paralelo a la variante generada.
- "Remodelación de las Instalaciones de Señalización y Comunicaciones de San Roque-La Línea y San Roque Mercancías de la Línea Bobadilla-Algeciras". Redactado en 2013.
- "Renovación del Trayecto Almoraima-Algeciras. Subtramos de P.K. 1+200 a 3+100 y de P.K. 6+800 a 21+600".
- "Instalaciones de Señalización y Comunicaciones con CTC del Tramo Gaucín-Algeciras"

La kilometración recogida en los títulos es la correspondiente a Proyecto, correspondiéndose los PP.KK. 1+200, 3+100, 6+800 y 21+600 con los PP.KK. actuales de la línea 156+020, 157+900, 161+600 y 176+421.

Con fecha julio de 2013 el Órgano de contratación de Adif resuelve adjudicar el contrato de ejecución de las obras del primero de los Proyectos Constructivos (renovación entre los PP.KK. 3+100 a 6+800, San Roque Mercancías) a la empresa AZVI, S.A.

Durante la ejecución de los trabajos del Proyecto Constructivo se detectaron una serie de cambios necesarios para la correcta ejecución de las obras, iniciándose trámites para la autorización de redacción de modificación, autorizándose la redacción del Proyecto Modificado con fecha 6 de abril de 2017.

2.- Objeto del documento

El presente documento tiene por objeto describir las actuaciones de drenaje transversal a acometer para la mejora de la protección frente a inundaciones de la actual terminal ferroviaria de San Roque Mercancías y su entorno, dentro del Proyecto Modificado para la "Renovación del trayecto Almoraima-Algeciras de la Línea Bobadilla-Algeciras. Subtramo P.K. 3+100 a P.K. 6+800. San Roque Mercancías", para su sometimiento a proceso de información pública, en especial respecto a lo relativo a la afección sobre el Dominio Público Hidráulico de las obras de drenaje transversal (en adelante ODT).

En concreto, en el presente documento se recogen las actuaciones a acometer, asociadas a las obras de drenaje:

- ODT P.K. 4+112. Para el paso de cauce bajo la variante ferroviaria mediante sección bicelular con marcos de dimensiones interiores 3x2 y encauzamiento de salida revestido.
- ODT P.K. 4+612. Para el paso de cauce bajo la misma variante mediante sección bicelular con marcos de dimensiones interiores 3x2, solución homogénea con el resto de cruces aguas abajo (actual traza ferroviaria, carretera).
- ODT P.K. 6+107. Para el paso del arroyo Dulce a través de la terminal de San Roque Mercancías hasta su desagüe en el Río Guadarranque, constituyendo una importante mejora ante las difíciles condiciones actuales de drenaje y defensa ante inundaciones de la terminal ferroviaria y su entorno.
- ODT P.K. 6+431. Para evacuación de las aguas procedentes del drenaje longitudinal de la plataforma ferroviaria, mediante sendos tubos de diámetro 1 m.

2.1.- Situación actual

La línea férrea Bobadilla-Algeciras discurre entre los PP.KK. 3+100 y 6+800 de norte a sur, entre la Zona de Actividades Logísticas ZAL actualmente en desarrollo por parte de la Agencia Andaluza de Puertos de Andalucía APPA (a la izquierda

de la línea) y la carretera autonómica A-405 (a su derecha), quedando la estación de San Roque Mercancías en una depresión topográfica, atravesada por diversos cauces que discurren de Este a Oeste en busca del río Guadarranque, sensiblemente paralelo a la A-406, cruzando para ello la terminal ferroviaria y posteriormente la mencionada carretera.

Dentro de los trabajos de mejora de la línea recogidos dentro del Proyecto Constructivo para la "Renovación del trayecto Almoraima-Algeciras de la Línea Bobadilla-Algeciras. Subtramo P.K. 3+100 a P.K. 6+800. San Roque Mercancías", cabe destacar:

- Un nuevo trazado ferroviario en variante, desplazándose la actual vía general en la terminal de San Roque Mercancías, con objeto de habilitar espacio para una futura zona intermodal compartida entre Adif y la Agencia Pública de Puertos de Andalucía APPA, según Convenio suscrito para la "Integración operativa del Centro Logístico de San Roque-La Línea (ADIF) con el sector 2 del Área Logística de la Bahía de Algeciras".
- La dotación a la estación de una nueva vía general y 3 nuevas vías de expedición-composición con longitudes útiles superiores a 750 m.
- La mitigación de los frecuentes problemas de drenaje e indefensión frente a inundaciones de la terminal. Para alcanzar este último objetivo se adopta para la nueva plataforma ferroviaria una rasante superior a la actual, así como un sistema de drenaje para la evacuación de las aguas a través de la terminal.

De los necesarios contactos con los diferentes organismos implicados, con motivo de la ejecución de las obras del Proyecto Constructivo, se derivaron modificaciones en el sistema de drenaje previsto, adecuándolo más si cabe a las necesidades a cubrir, incorporándose para ello al Proyecto Modificado en curso.

La problemática a solventar viene dada por la ubicación y cota de la estación de San Roque Mercancías y zonas próximas, así como por el deficiente funcionamiento hidráulico del arroyo Dulce a su paso por la misma. En este sentido, en la actualidad el arroyo atraviesa la terminal de San Roque Mercancías a través de un marco tricelular ejecutado bajo las vías por la APPA en sus obras de la ZAL (Zona de Actividades Logísticas), discurriendo posteriormente por una ODT compuesta por 2 tubos \varnothing 1,2 m, para cruzar ya fuera de las instalaciones ferroviarias la carretera autonómica A-405 mediante marco de sección 2,5x2,0 m, punto en que se introduce por el interior de una conducción \varnothing 1 m hasta su desembocadura en el Río Guadarranque, pasos todos ellos conectados por cauces naturales a cielo abierto.

La problemática de las reducciones de sección a lo largo del cauce se agrava con la ubicación de la ODT ejecutada bajo la vía y el resto del arroyo a una cota inferior a la ODT actual bajo la carretera, dando lugar con ello a una grave insuficiencia de pendiente, así como a la presencia de un punto bajo que impide el desagüe, ocasionando frecuentes inundaciones.

Los más recientes se produjeron los días 4 y 5 de diciembre de 2016 en la zona de la cabecera sur de la estación de San Roque Mercancías, donde la inundación ocasionó la interrupción del tráfico ferroviario en la vía general y la actividad en la terminal, del mismo modo que ocurrió en el año 2010. Asimismo en los últimos años se han sucedido diversos episodios de inundación, aunque sin llegar a interrumpir la circulación.

Ello reitera el carácter de interés general de las obras que nos ocupan, ya otorgado previamente por su vinculación con la Red Ferroviaria de Interés general, como queda establecido en el Artículo 7 de la Ley 38/2015 de 29 de septiembre del Sector Ferroviario I (ratificado a su vez en el Artículo 17, punto 2 del Real Decreto 2387/2004 de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario):

Las obras de construcción, reparación o conservación de líneas ferroviarias, de tramos de las mismas o de otros elementos de la infraestructura tendrán la consideración de obras de interés general.

2.2.- Justificación de la solución adoptada

Partiendo del nuevo trazado ferroviario (el más óptimo entre las distintas alternativas recogidas y evaluadas en el Estudio Informativo sometido a Declaración de Impacto Ambiental), atendiendo al cumplimiento de la normativa en vigor, así como a los condicionantes de partida (orografía, cuencas, cota de paso, etc.) se ha diseñado el sistema de drenaje adecuado para solventar los actuales problemas de drenaje de la estación y zonas próximas, consistente en:

- ODT P.K. 4+112. Sección bicelular con marcos de dimensiones interiores 3x2 y encauzamiento de salida revestido.
- ODT P.K. 4+612. Sección bicelular con marcos de dimensiones interiores 3x2.
- ODT P.K. 6+107. Paso del arroyo Dulce a través de la estación hasta el río Guadarranque, mediante las siguientes actuaciones:
 - o Elevación de cota del actual marco tritelular 3x3x2 ejecutado por la APPA, con objeto de aumentar la pendiente del cauce, insuficiente en la actualidad. Ello requerirá la elevación de las vías actuales al paso por la ODT, con objeto de adecuar su trazado en alzado a los requerimientos mínimos para tráfico ferroviario establecidos en norma.
 - o Paso del cauce bajo la variante ferroviaria mediante sección 3x3x2,5 y 30,85 m de longitud, comunicándose con la sección anterior mediante encauzamiento abierto revestido, de longitud 42,05 m y 12 m de base interior.

- o Paso bajo la carretera A-405 mediante sección 3x3x2,5 m y longitud 30,85 m, comunicándose con la sección anterior mediante encauzamiento abierto revestido, de longitud 134,04 m y 12 m de base interior. La evacuación de las aguas hasta el Río Guadarranque se contempla mediante encauzamiento abierto igualmente revestido, de longitud 168,20 m y 14 m de base interior.

El nuevo diseño aumenta las actuales secciones y consigue la pendiente necesaria para la correcta evacuación de las aguas, mediante la modificación del actual marco tritelular a una cota superior, la sustitución del actual paso bajo la carretera, y la modificación en planta del cauce (modificándose el punto de cruce bajo la A-405 y el punto de vertido en el Guadarranque).

- ODT P.K. 6+431. Sección bitubo de diámetro 1 m.

En relación a los condicionantes considerados en el diseño de cada una de las ODT cabe destacar:

- El objeto de la renovación entre los PP.KK. 3+100 a 6+800 no es construir una nueva línea sino renovar la vía actual mejorando el trazado en un ámbito ferroviario, determinado y condicionado por proyectos y obras colaterales en distinto estado de tramitación, dado todo ello lugar al establecimiento como puntos fijos de los puntos inicial y final de la actuación. Dados los condicionantes técnicos establecidos en la normativa de trazado ferroviario de aplicación (NAV-0.2.2.1) no es posible modificar el trazado vigente de forma tal que el cruce con el cauce de la ODT 4+112 sea compatible con una estructura tipo viaducto, dada la prohibición de instalar aparatos de vía a menos de 40 m de los apoyos de puentes, aparato previsto en las cercanías con objeto de dar acceso a las nuevas vías de expedición-composición de San Roque Mercancías.
- Los cauces asociados a las ODT 4+112 y 4+612 salvan aguas abajo la carretera A-405 mediante marcos pluritelulares, siendo de este modo homogénea la solución del presente diseño con la realidad existente.
- Los cauces en los que se emplazan las ODT 4+112 y 4+612 son de pequeña entidad y escaso caudal, no presentando valores ecológicos que requieran medidas especiales de protección, no siendo viables por ello actuaciones de mayor envergadura en relación con la afección al Dominio Público Hidráulico, como podría ser la ejecución en viaducto, que tendría una longitud superior a los 100 m.

La normativa técnica de aplicación y metodologías adoptadas en el dimensionamiento y cálculo han sido:

- Instrucción de carreteras. 5.2-IC. Drenaje superficial.
- Instrucciones y Recomendaciones para redacción de proyectos de plataforma (IGP-2011).
- Máximas lluvias diarias en la España peninsular. Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (1999).

- Para definir la climatología se ha partido de los registros de temperaturas y precipitaciones que ofrece la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Se ha obtenido información complementaria de las publicaciones "Datos Climáticos para Carreteras" del Ministerio de Fomento, "Caracterización Agroclimática de la Provincia de Cádiz" de la Dirección General de Producción Agraria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, del Sistema de información geográfica-ambiental de Andalucía (Sinamba) de la Consejería de Medio Ambiente de Andalucía, "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" del Ministerio de Fomento, así como del Servicio de Información de Aguas Subterráneas del IGME (Instituto Geológico y Minero de España).
- En el estudio hidrológico se han calculado los caudales de referencia a desaguar en cada obra de drenaje, según el método hidrometeorológico conocido como método racional modificado, expuesto en las "INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE PLATAFORMA IGP-2011" que consiste en una versión modificada del que viene recogido en la Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial".
- Las obras de drenaje se han diseñado de forma que tienen capacidad suficiente para evacuar la avenida de 500 años de periodo de retorno, tal y como se indicaba en el escrito del Director General de Planificación y Gestión del Dominio Público Hidráulico recibido por ADIF cuando en la fase de diseño y redacción del Proyecto Modificado se solicitó Declaración de la Autoridad responsable de la gestión del agua sobre cumplimiento del artículo 4.7 de la Directiva Marco de Aguas.

Las actuaciones gozan de Informe favorable de la Subdirección General de Inspección de Servicios y Obras del Ministerio de Fomento en cumplimiento de la Orden FOM/2564/2014, de 26 de diciembre. Asimismo la actuación, en cuanto a paso bajo la carretera A-405, dispone de Informe favorable por parte del Servicio de Carreteras de la delegación territorial de Cádiz de la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía.

El mantenimiento de la situación actual supone la indefensión ante inundaciones de la terminal de San Roque Mercancías y entorno, teniendo en cuenta que las mejoras en el drenaje se incluyen dentro de una obra que supondrá importantes beneficios asociados (reducción de tiempos de viaje, mejora de la seguridad, desarrollo de la integración operativa del Centro Logístico de San Roque-La Línea con el sector 2 del Área Logística de la Bahía de Algeciras).

Siendo la defensa frente a las reiteradas inundaciones de la línea una de las razones principales de las obras, es necesaria la ejecución de las citadas obras de drenaje dentro del Proyecto de "Renovación del trayecto Almoraima-Algeciras de la línea Bobadilla-Algeciras. Subtramo de P.K. 3+100 a P.K. 6+800. San Roque Mercancías".

Reiterar finalmente el carácter imprescindible de los trabajos de mejora del drenaje en la terminal, para mejorar sustancialmente la actual problemática en la estación y zonas próximas, todo ello de conformidad a las exigencias y recomendaciones expresadas por los entes competentes y las normas que son de aplicación.

Apéndices

Apéndice 1.- Planos de definición de las actuaciones

Apéndice 2.- Anejo Nº 6 de Climatología e hidrología del Proyecto Modificado

Apéndice 3.- Anejo Nº 9 de Drenaje del Proyecto Modificado

Octubre de 2017

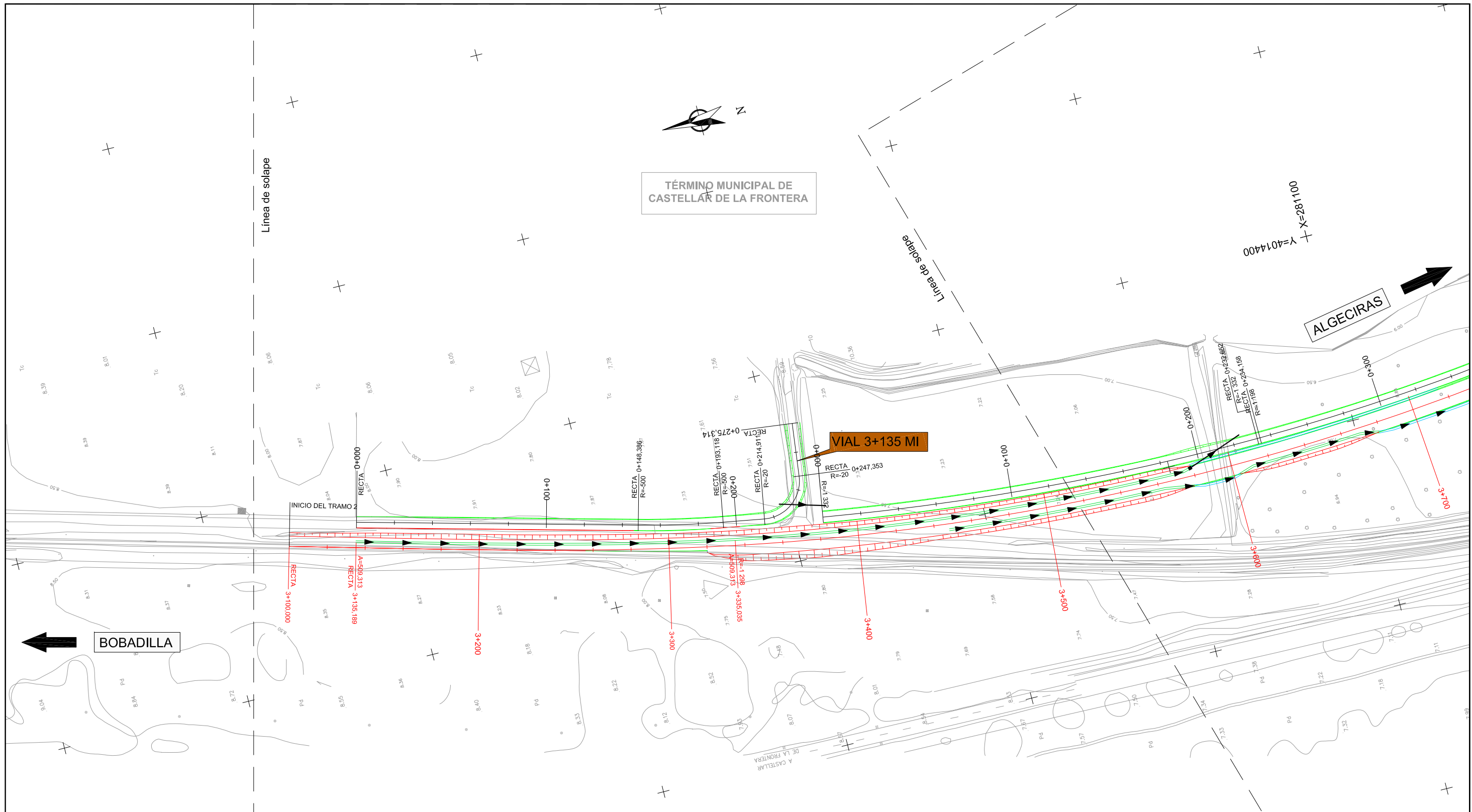
P.A.


Fdo.: María Barrau García

Directora del Proyecto

Jefatura de Coordinación de Inversiones Sur de ADIF

Apéndice 1.- Planos de definición de las actuaciones



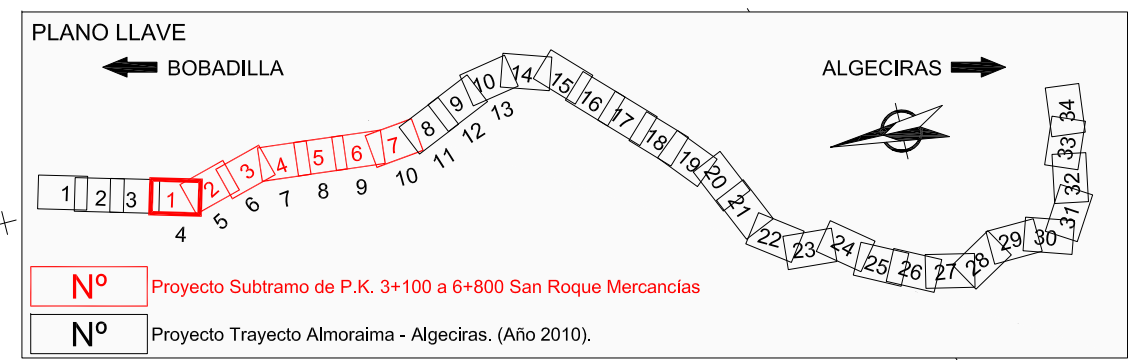
ALGECIRAS

BOBADILLA

VIAL 3+135 MI

- CUNETÓN
- CUNETA EN PLATAFORMA
- CUNETA EN CORONACIÓN DESMONTE
- CUNETA A PIE DE TERRAPLÉN
- BAJANTE ESCALONADA
- ARQUETA 0,80X0,80 BAJANTE ESCALONADA

- ZANJA DRENANTE
- COLECTOR Ø400mm
- ARQUETAS 1000x1000mm
- ARQUETAS 800x800mm



TÍTULO: PROYECTO MODIFICADO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA - ALGECIRAS DE LA LÍNEA BOBADILLA - ALGECIRAS. SUBTRAMO PK 3+100 A PK 6+800. SAN ROQUE MERCANCÍAS.

EL AUTOR DE LA MODIFICACIÓN: D. José Vicente Porras Velázquez de Castro

CONFORME EL CONTRATISTA: Azvi

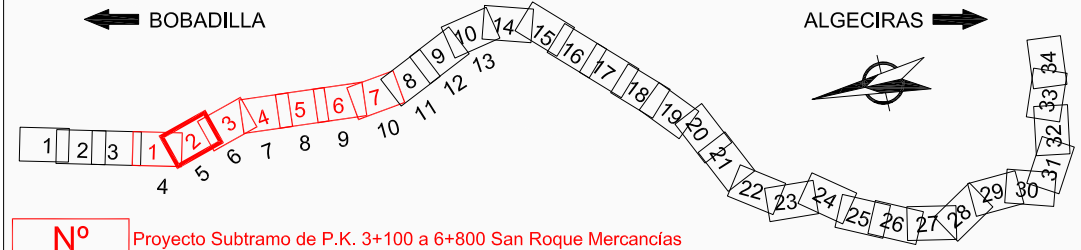
ESCALA: 1:2.000 Numérica

FECHA: JUNIO 2017

TÍTULO DEL PLANO: DRENAJE PLANTA GENERAL

Nº DE PLANO: 2.8.1
Hoja 1 de 6

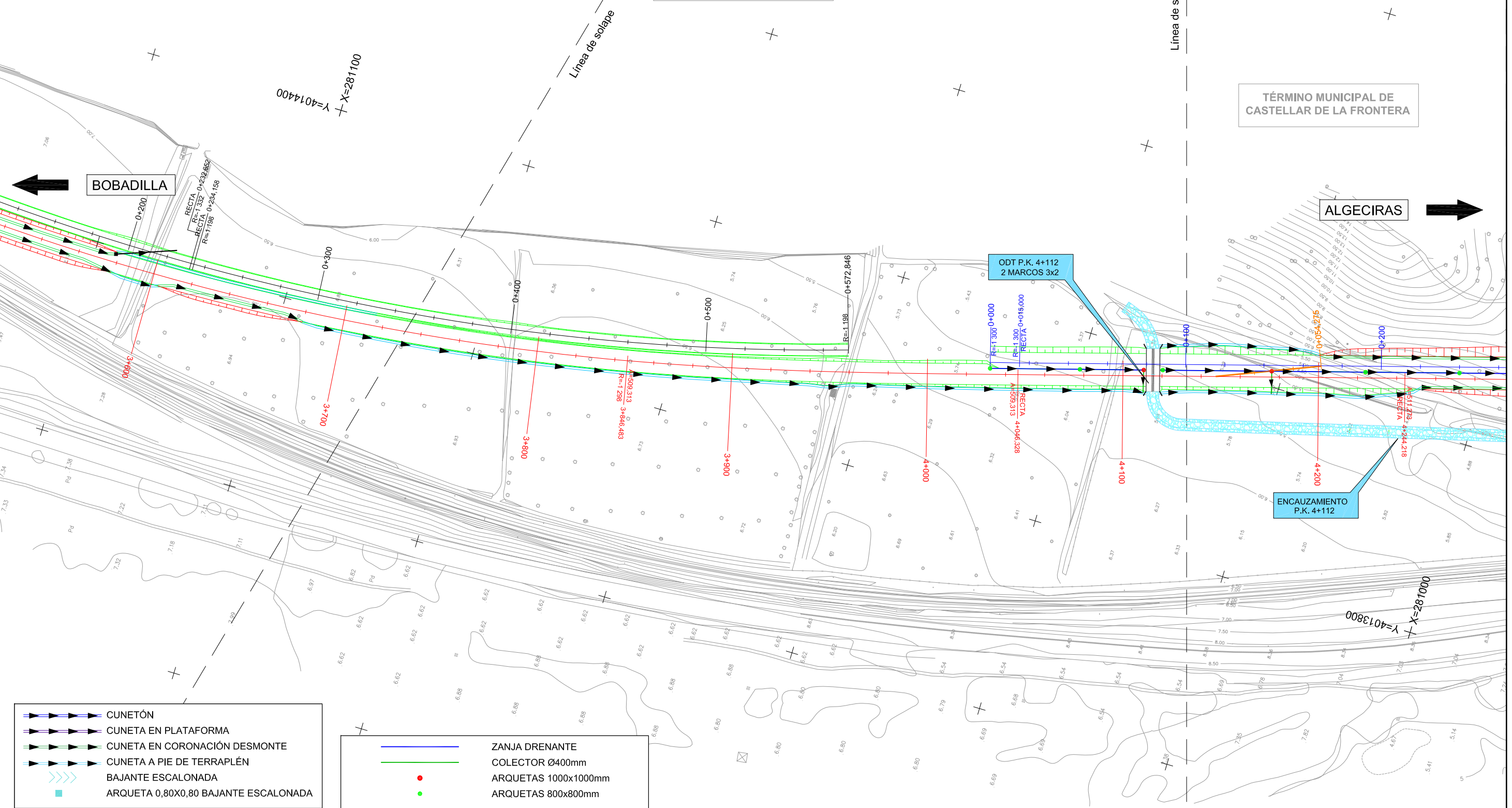
PLANO LLAVE



Nº Proyecto Subtramo de P.K. 3+100 a 6+800 San Roque Mercancías
 Nº Proyecto Trayecto Almoraima - Algeciras. (Año 2010).

TÉRMINO MUNICIPAL DE CASTELLAR DE LA FRONTERA

TÉRMINO MUNICIPAL DE CASTELLAR DE LA FRONTERA



- CUNETÓN
- CUNETA EN PLATAFORMA
- CUNETA EN CORONACIÓN DESMONTE
- CUNETA A PIE DE TERRAPLÉN
- BAJANTE ESCALONADA
- ARQUETA 0,80X0,80 BAJANTE ESCALONADA

- ZANJA DRENANTE
- COLECTOR Ø400mm
- ARQUETAS 1000x1000mm
- ARQUETAS 800x800mm



TÍTULO: PROYECTO MODIFICADO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA - ALGECIRAS DE LA LÍNEA BOBADILLA - ALGECIRAS. SUBTRAMO PK 3+100 A PK 6+800. SAN ROQUE MERCANCÍAS.

EL AUTOR DE LA MODIFICACIÓN: D. José Vicente Porras Velázquez de Castro

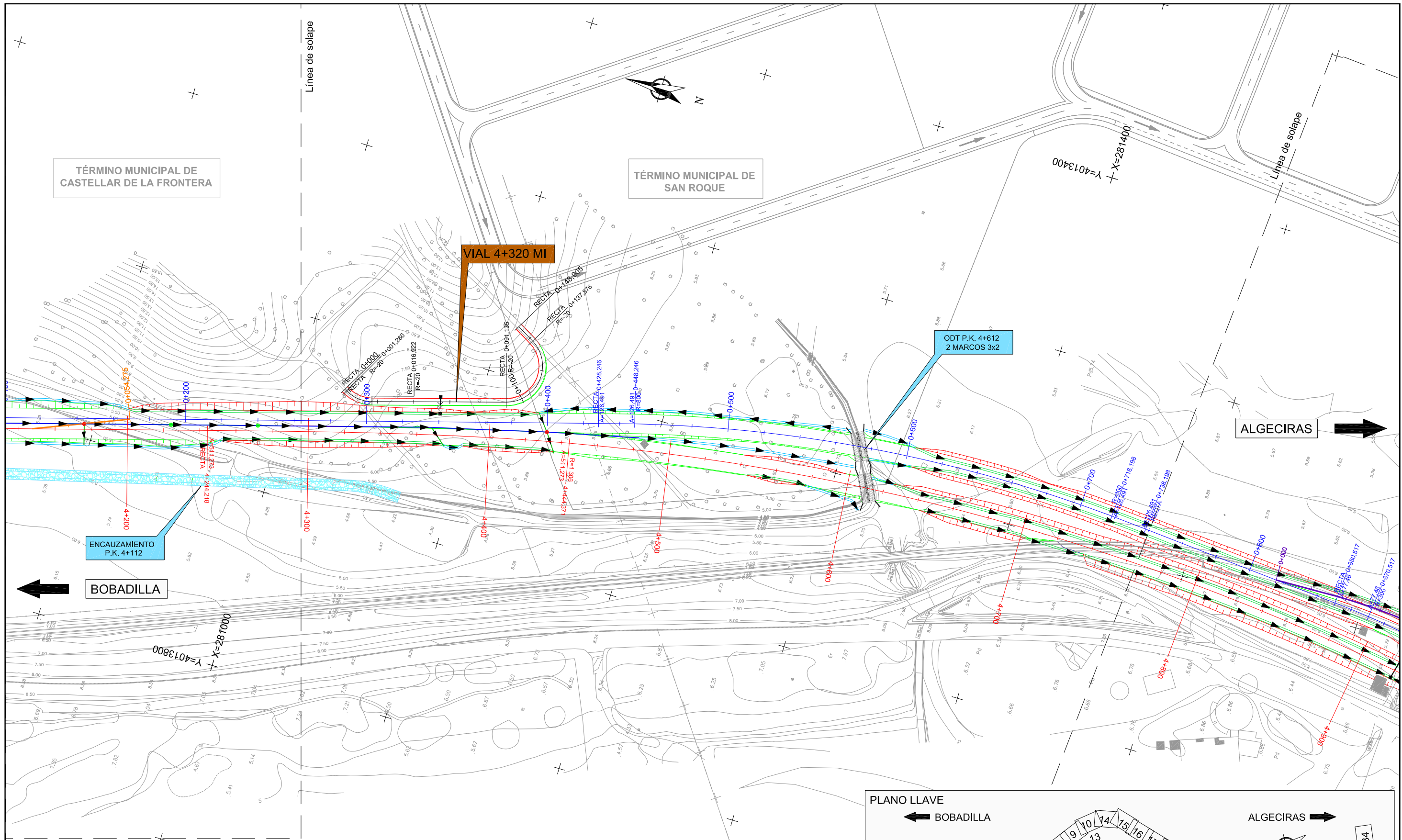
CONFORME EL CONTRATISTA: D. Tomás Jodra Sanz.

ESCALA: 1:2.000
 Numérica Gráfica

FECHA: JUNIO 2017

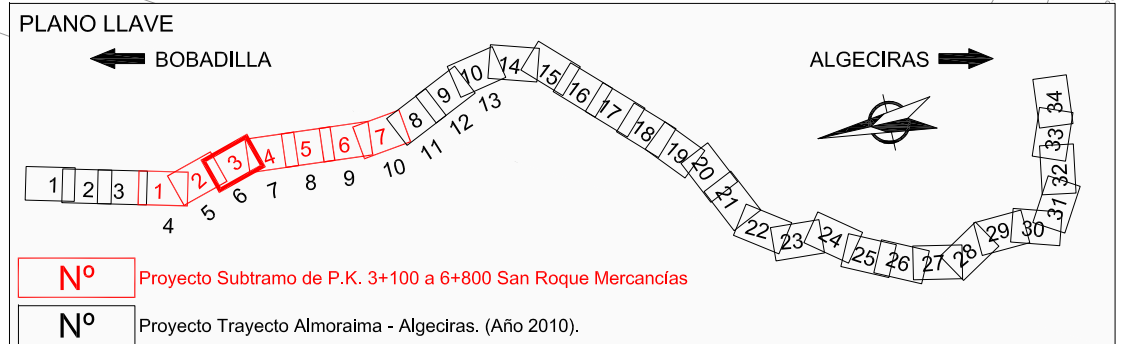
TÍTULO DEL PLANO: DRENAJE PLANTA GENERAL

Nº DE PLANO: 2.8.1
 Hoja 2 de 6



- CUNETÓN
- CUNETA EN PLATAFORMA
- CUNETA EN CORONACIÓN DESMONTE
- CUNETA A PIE DE TERRAPLÉN
- BAJANTE ESCALONADA
- ARQUETA 0,80X0,80 BAJANTE ESCALONADA

- ZANJA DRENANTE
- COLECTOR Ø400mm
- ARQUETAS 1000x1000mm
- ARQUETAS 800x800mm



TÍTULO: PROYECTO MODIFICADO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA - ALGECIRAS DE LA LÍNEA BOBADILLA - ALGECIRAS. SUBTRAMO PK 3+100 A PK 6+800. SAN ROQUE MERCANCÍAS.

EL AUTOR DE LA MODIFICACIÓN: D. José Vicente Porras Velázquez de Castro

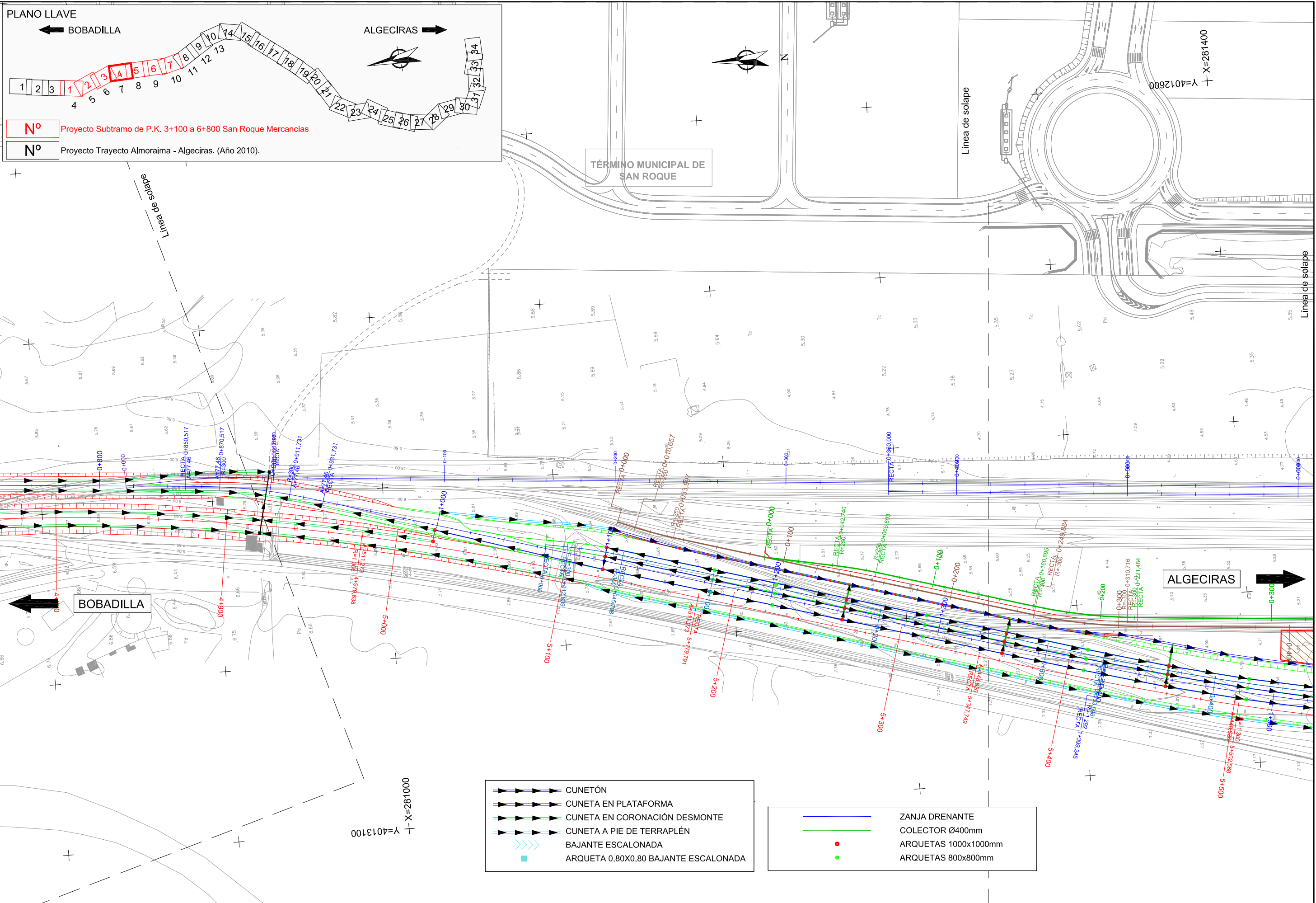
CONFORME EL CONTRATISTA: Azvi

ESCALA: 1:2.000 Numérica

FECHA: JUNIO 2017

TÍTULO DEL PLANO: DRENAJE PLANTA GENERAL

Nº DE PLANO: 2.8.1
Hoja 3 de 6



TÍTULO: **PROYECTO MODIFICADO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA - ALGECIRAS DE LA LÍNEA BOBADILLA - ALGECIRAS. SUBTRAMO PK 3+100 A PK 6+800. SAN ROQUE MERCANCÍAS.**

EL AUTOR DE LA MODIFICACIÓN: **D. José Vicente Porras Velázquez de Castro**

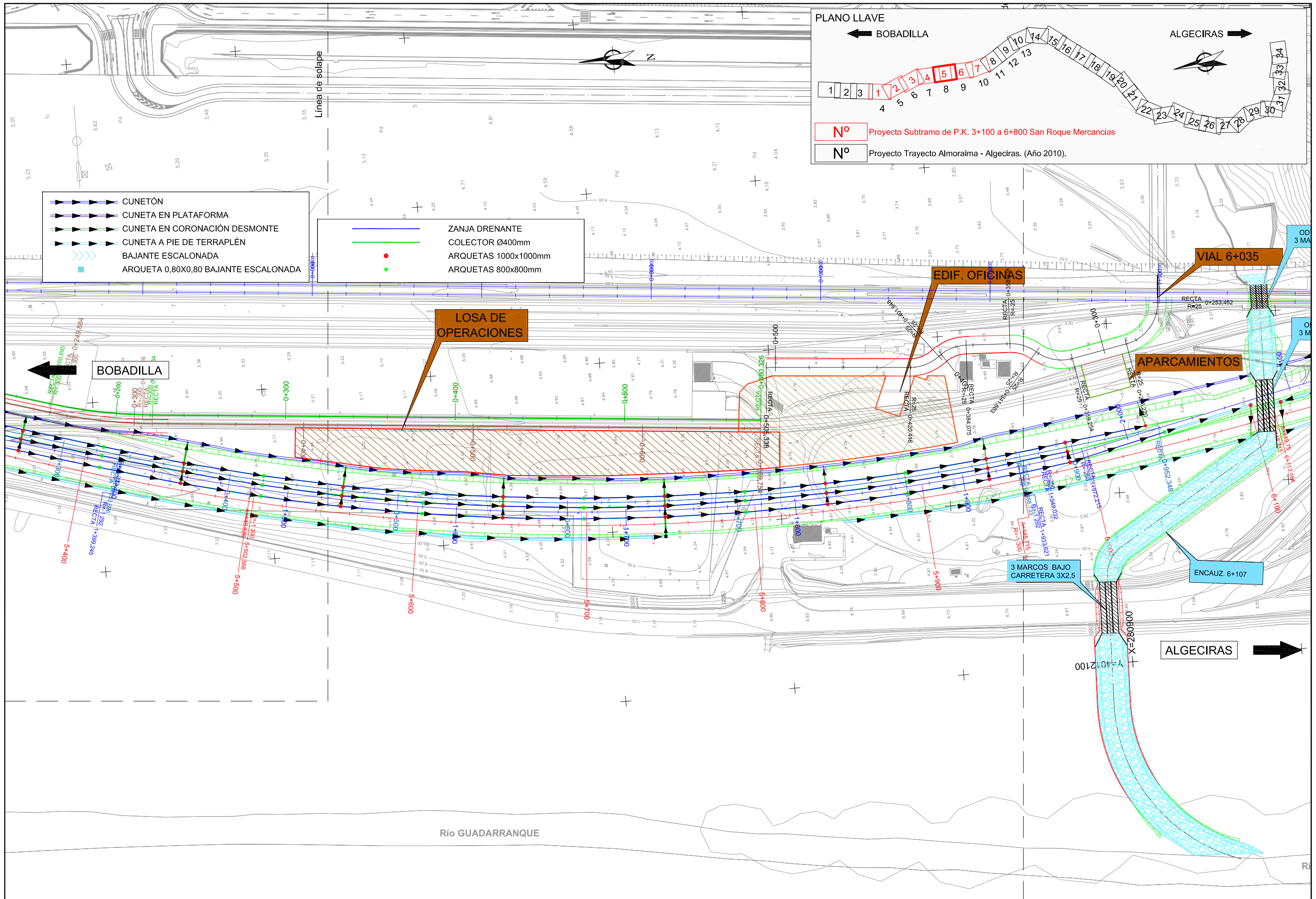
CONFORME EL CONTRATISTA: **Azvi**

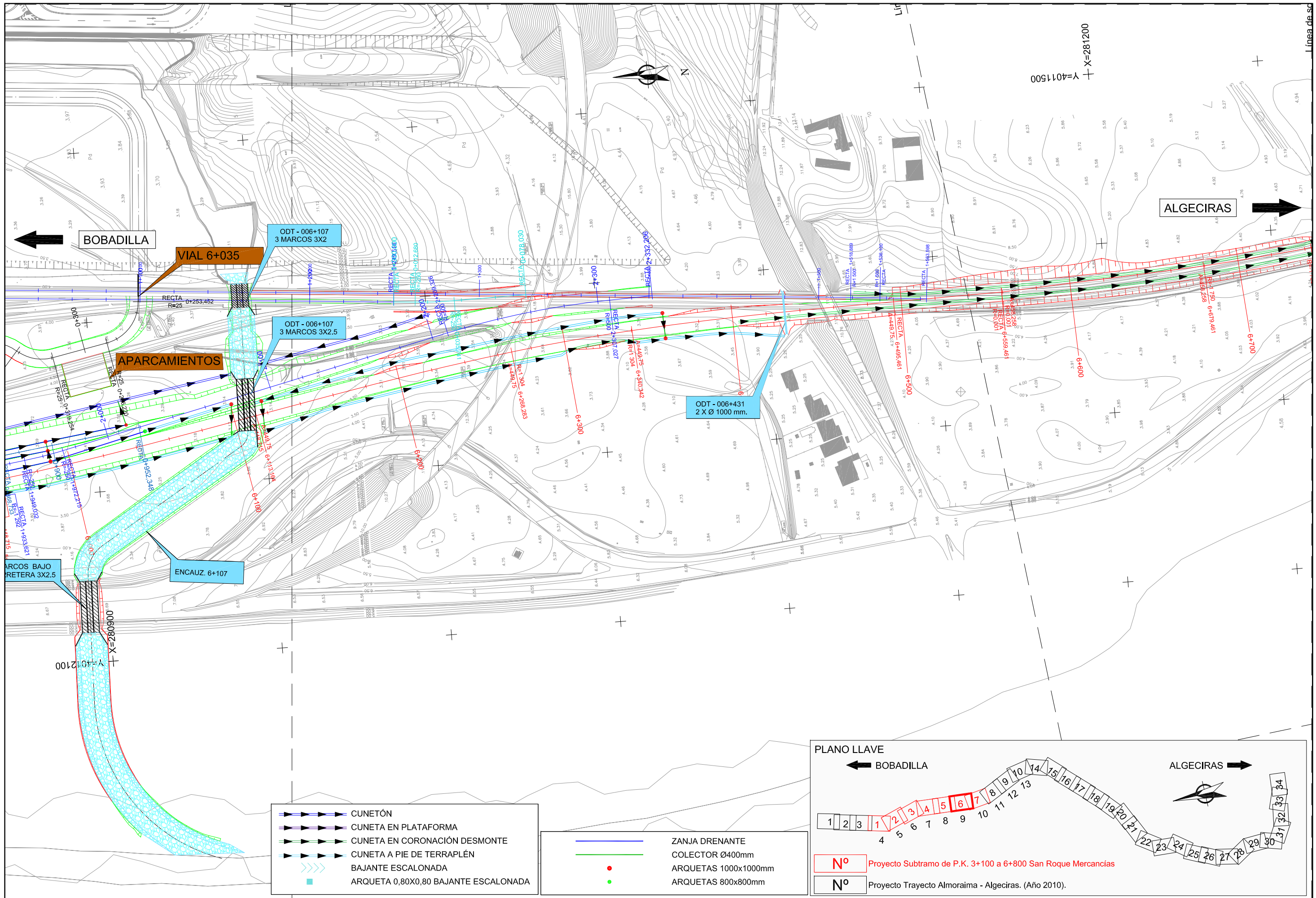
ESCALA: **1:2.000**
Numérica

FECHA: **JUNIO 2017**

TÍTULO DEL PLANO: **DRENAJE PLANTA GENERAL**

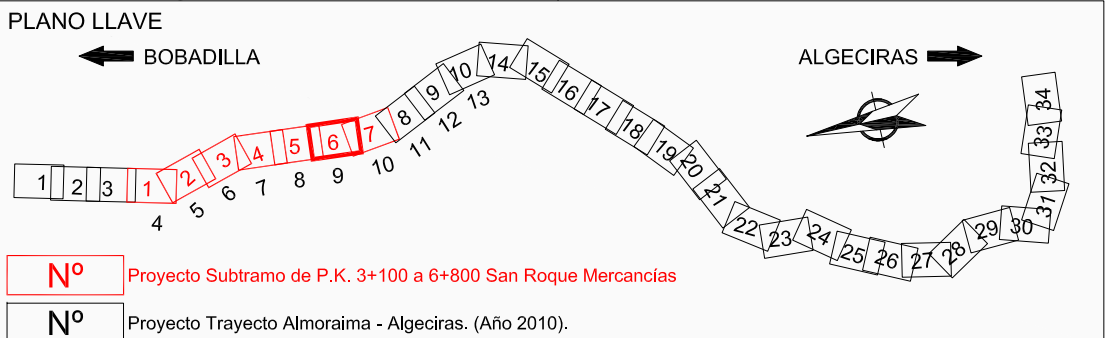
Nº DE PLANO: **2.8.1**
Hoja **4 de 6**





- CUNETÓN
- CUNETA EN PLATAFORMA
- CUNETA EN CORONACIÓN DESMONTE
- CUNETA A PIE DE TERRAPLÉN
- BAJANTE ESCALONADA
- ARQUETA 0,80X0,80 BAJANTE ESCALONADA

- ZANJA DRENANTE
- COLECTOR Ø400mm
- ARQUETAS 1000x1000mm
- ARQUETAS 800x800mm



TÍTULO: **PROYECTO MODIFICADO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA - ALGECIRAS DE LA LÍNEA BOBADILLA - ALGECIRAS. SUBTRAMO PK 3+100 A PK 6+800. SAN ROQUE MERCANCÍAS.**

EL AUTOR DE LA MODIFICACIÓN:
D. José Vicente Porras Velázquez de Castro

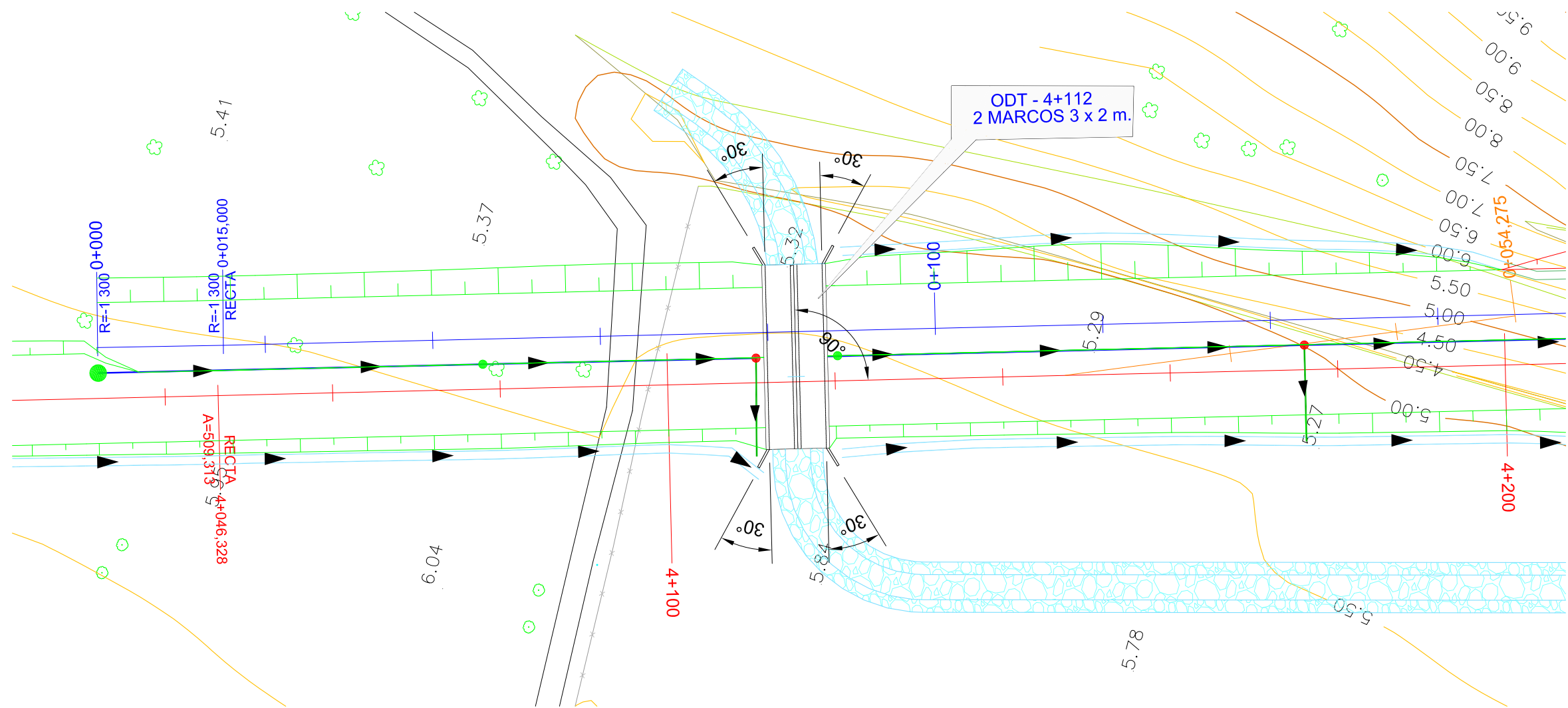
CONFORME EL CONTRATISTA:
Azvi
D. Tomás Jodra Sanz.

ESCALA: 1:2.000
Numérica

FECHA: JUNIO 2017

TÍTULO DEL PLANO: **DRENAJE PLANTA GENERAL**

Nº DE PLANO: 2.8.1
Hoja 6 de 6



PLANTA ODT P.K. 4+112
ESCALA 1:300

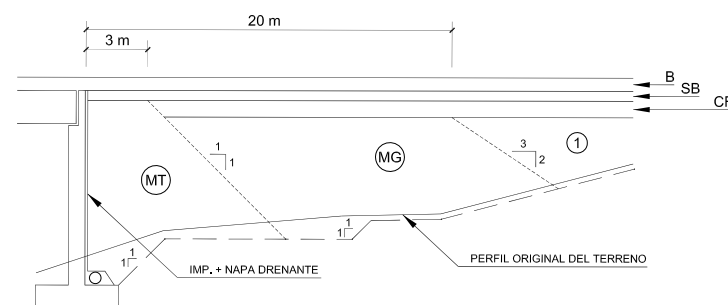
TRANSICIONES TERRAPLÉN-OBRA DE FÁBRICA

CASO I (NORMAL): EJECUCIÓN DE LA OBRA DE FÁBRICA CON ANTERIORIDAD AL TERRAPLÉN ADYACENTE.

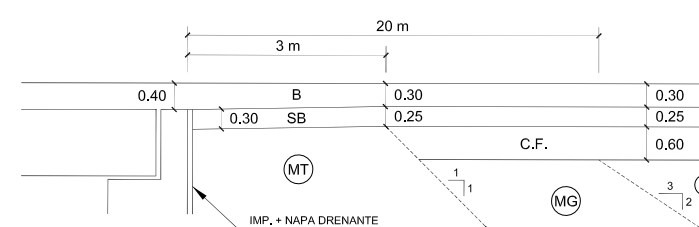
ESTRUCTURAS A RASANTE (BALASTO + VÍAS)
(VIADUCTOS, PUENTES, PASOS INFERIORES)

NOTA:
SIEMPRE QUE SE PRESENTE ESTE CASO, EL PROYECTISTA DEBERÁ PROCURAR QUE SOBRE EL TABLERO ENTRE SOLAMENTE EL BALASTO EN ESPESOR MÍNIMO DE 0.40 m. Y MÁXIMO DE 0.50 m.

ESTRIBOS



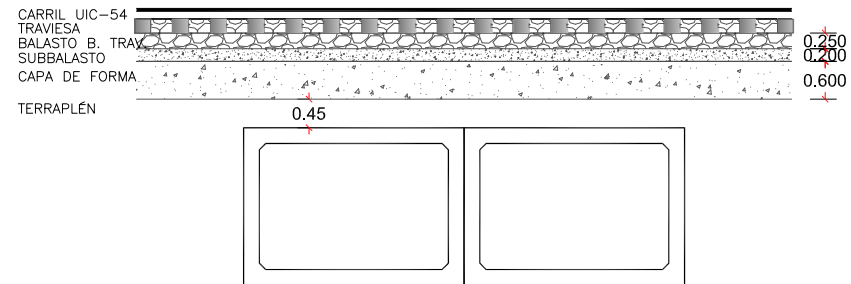
DETALLE



MATERIALES:

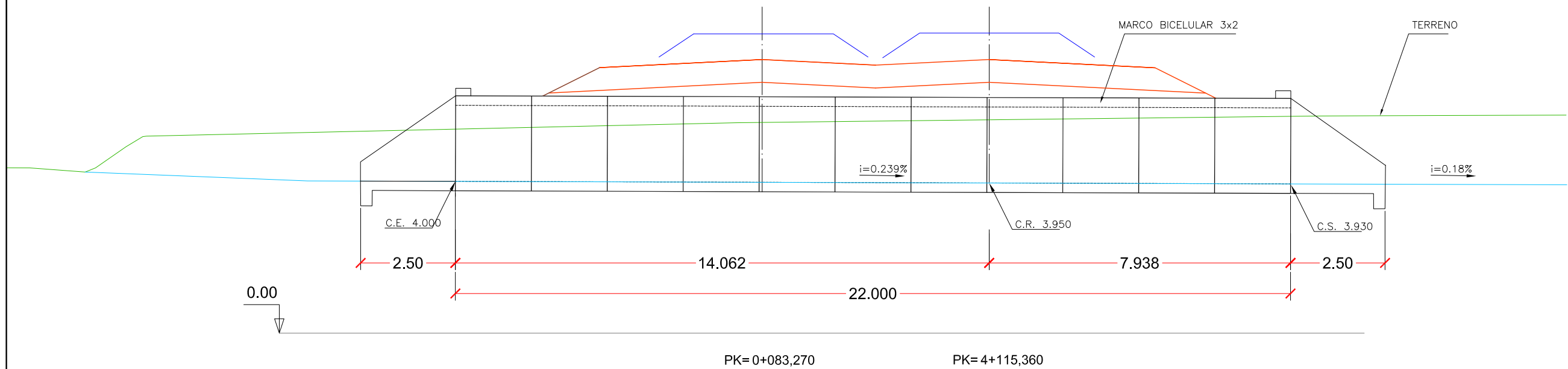
LAS LÍNEAS DE TRAZOS NO INDICAN UN TALUD REAL A EJECUTAR, SI NO QUE DEFINEN, A LA ALTURA DE CADA TONGADA DEL RELLENO GENERAL EL LÍMITE APROXIMADO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIAL: 1 (MATERIAL PARA NÚCLEO Y CORONACIÓN), MG (MATERIAL GRANULAR) Y MT (MG MEZCLADO CON CEMENTO).

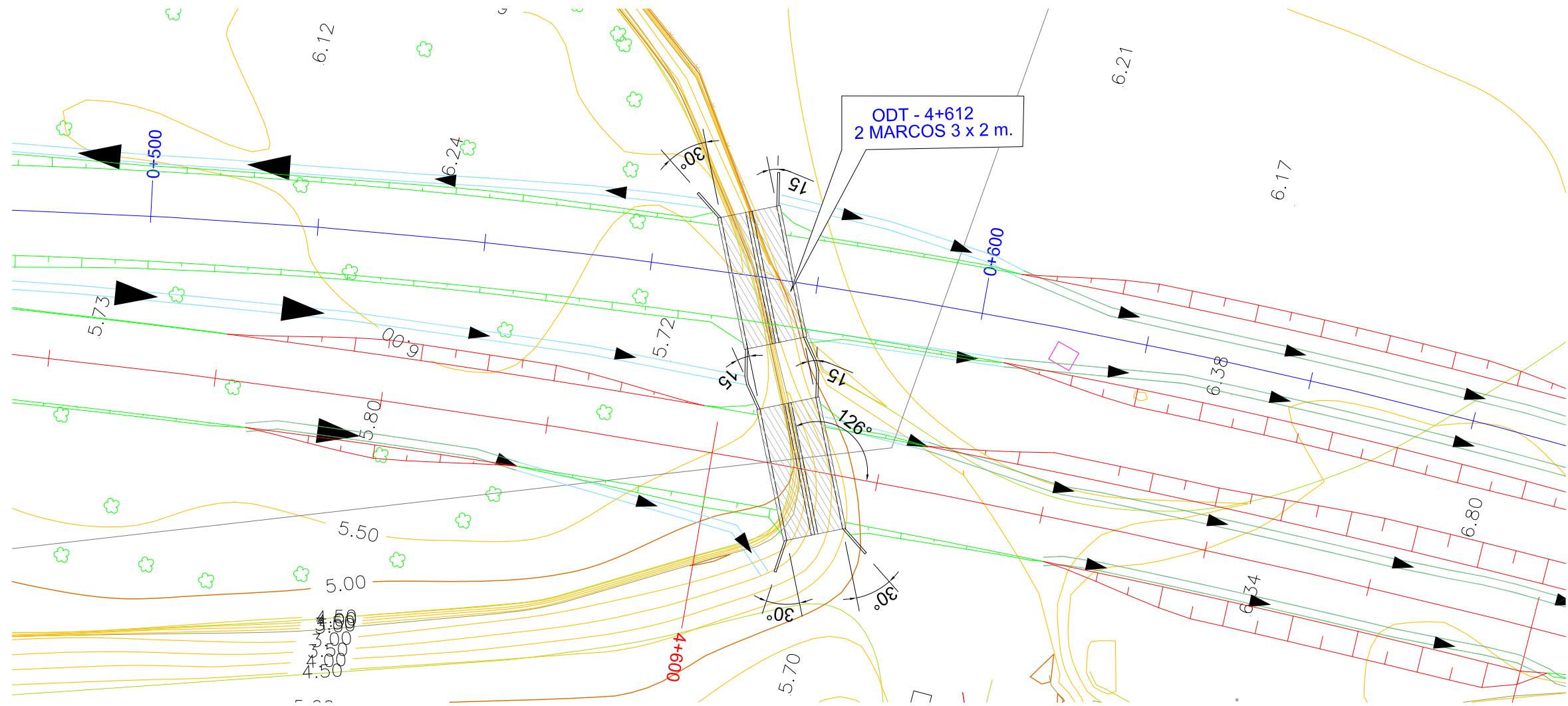
O.D.T. 4+115.36 VIA-1 / 0+083.27 VIA-3
 MARCO BICELULAR 3.00x2.00m. L=22.00 mts.



O.D.T. 4+115.36 VIA-1 / 0+083.27 VIA-3
 CAJON 3.00x2.00m. L=22.00 mts.
 ESV.= 100.00g

EJE VIA-3
 EJE VIA-1





PLANTA ODT P.K. 4+612
ESCALA 1:300

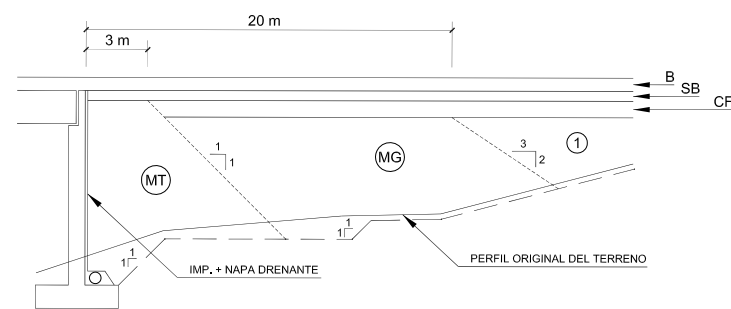
TRANSICIONES TERRAPLÉN-OBRA DE FÁBRICA

CASO I (NORMAL): EJECUCIÓN DE LA OBRA DE FÁBRICA CON ANTERIORIDAD AL TERRAPLÉN ADYACENTE.

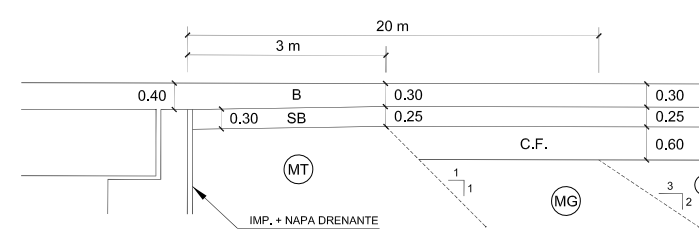
ESTRUCTURAS A RASANTE (BALASTO + VÍAS)
(VIADUCTOS, PUENTES, PASOS INFERIORES)

NOTA:
SIEMPRE QUE SE PRESENTE ESTE CASO, EL PROYECTISTA DEBERÁ PROCURAR QUE SOBRE EL TABLERO ENTRE SOLAMENTE EL BALASTO EN ESPESOR MÍNIMO DE 0.40 m. Y MÁXIMO DE 0.50 m.

ESTRIBOS



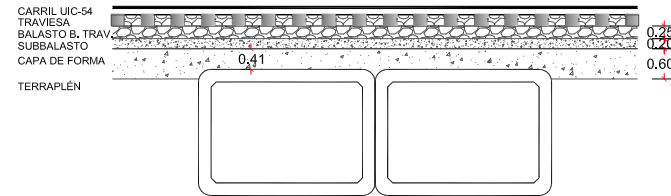
DETALLE



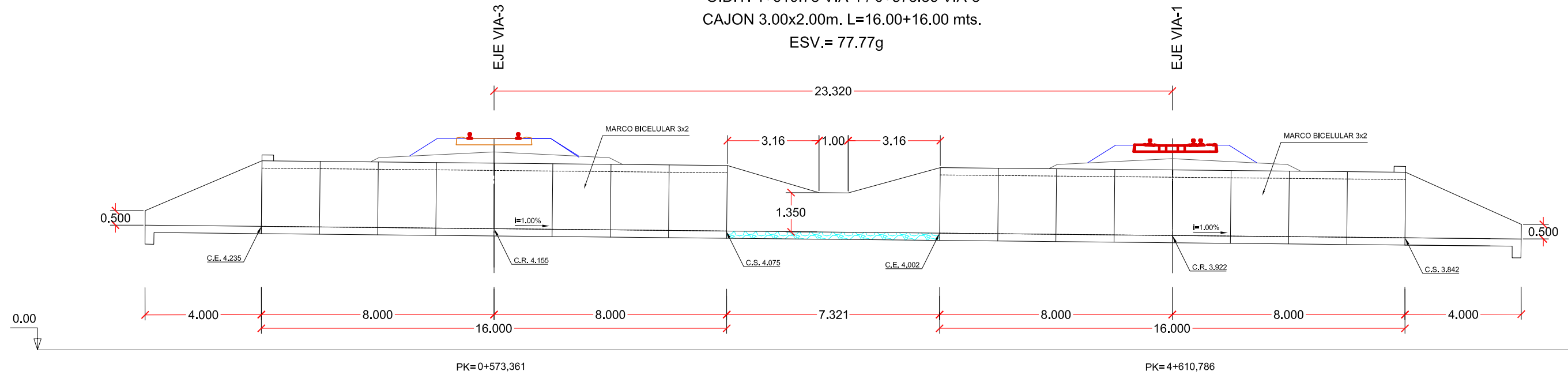
MATERIALES:

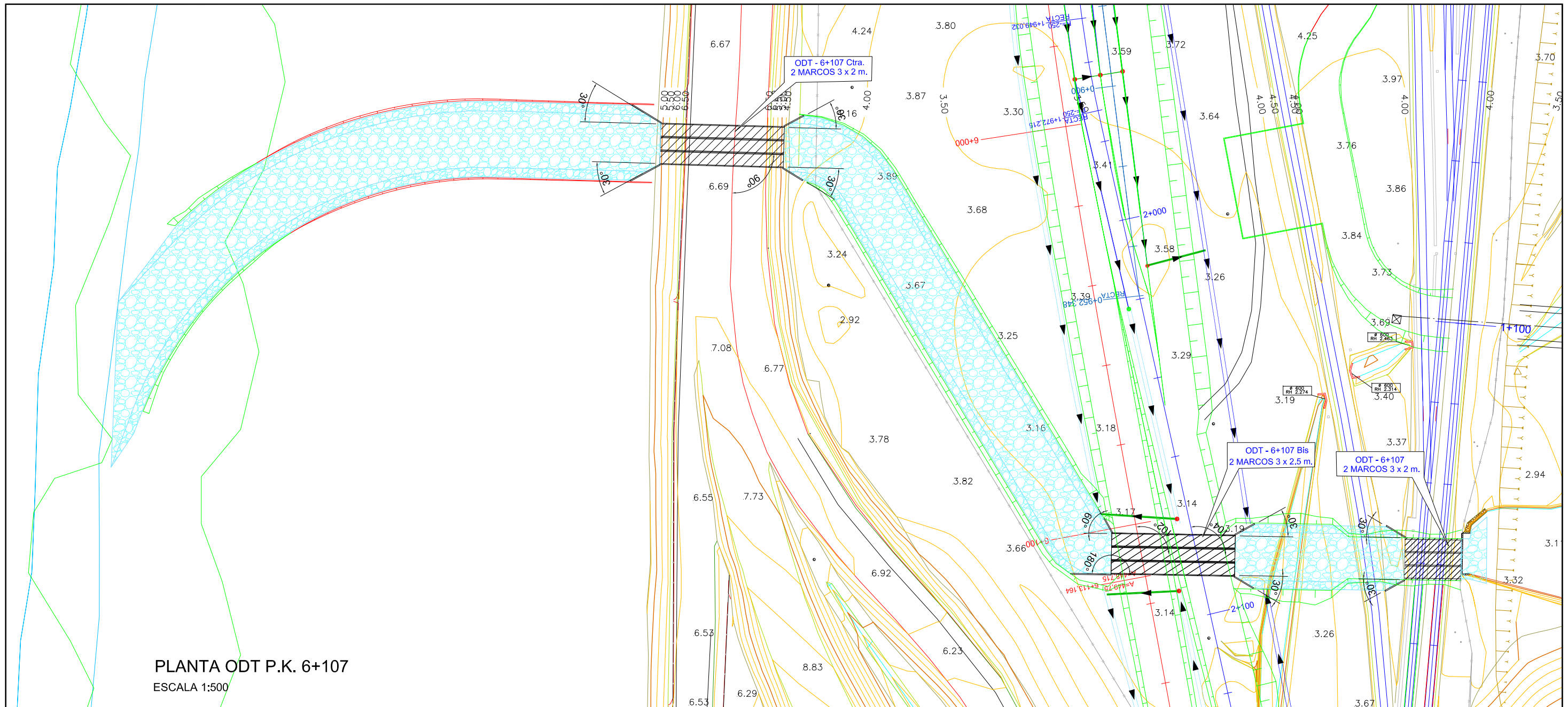
LAS LÍNEAS DE TRAZOS NO INDICAN UN TALUD REAL A EJECUTAR, SI NO QUE DEFINEN, A LA ALTURA DE CADA TONGADA DEL RELLENO GENERAL EL LÍMITE APROXIMADO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIAL: 1 (MATERIAL PARA NÚCLEO Y CORONACIÓN), MG (MATERIAL GRANULAR) Y MT (MG MEZCLADO CON CEMENTO).

O.D.T. 4+610.78 VIA-1 / 0+573.36 VIA-3
CAJON 3.00x2.00m. L=16.00+16.00 mts.



O.D.T. 4+610.78 VIA-1 / 0+573.36 VIA-3
CAJON 3.00x2.00m. L=16.00+16.00 mts.
ESV.= 77.77g





PLANTA ODT P.K. 6+107
ESCALA 1:500

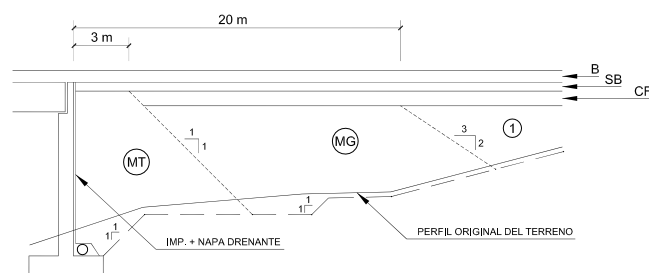
TRANSICIONES TERRAPLÉN-OBRA DE FÁBRICA

CASO I (NORMAL): EJECUCIÓN DE LA OBRA DE FÁBRICA CON ANTERIORIDAD AL TERRAPLÉN ADYACENTE.

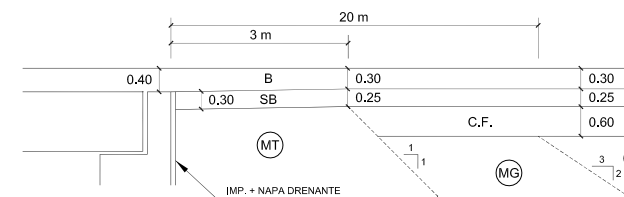
ESTRUCTURAS A RASANTE (BALASTO + VÍAS)
(VIADUCTOS, PUENTES, PASOS INFERIORES)

NOTA:
SIEMPRE QUE SE PRESENTE ESTE CASO, EL PROYECTISTA DEBERÁ PROCURAR QUE SOBRE EL TABLERO ENTRE SOLAMENTE EL BALASTO EN ESPESOR MÍNIMO DE 0.40 m. Y MÁXIMO DE 0.50 m.

ESTRIBOS



DETALLE



MATERIALES:

LAS LÍNEAS DE Trazos NO INDICAN UN TALUD REAL A EJECUTAR, SI NO QUE DEFINEN, A LA ALTURA DE CADA TONGADA DEL RELLENO GENERAL EL LIMITE APROXIMADO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIAL: 1 (MATERIAL PARA NÚCLEO Y CORONACIÓN), MG (MATERIAL GRANULAR) Y MT (MG MEZCLADO CON CEMENTO).



TÍTULO: **PROYECTO MODIFICADO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA - ALGECIRAS DE LA LÍNEA BOBADILLA - ALGECIRAS. SUBTRAMO PK 3+100 A PK 6+800. SAN ROQUE MERCANCIAS.**

EL AUTOR DE LA MODIFICACIÓN:
D. José Vicente Porras Velázquez de Castro

CONFORME EL CONTRATISTA:
D. Tomás Jodrá Sanz.

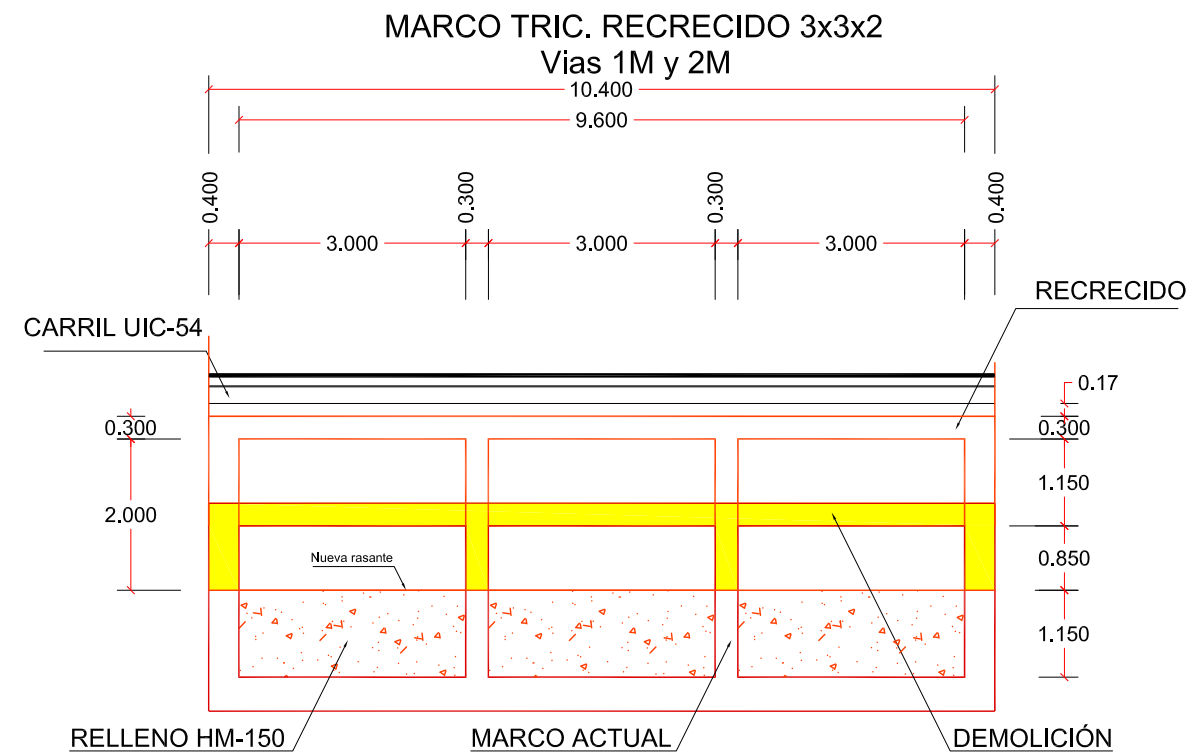


ESCALA
INDICADAS
Numérica Gráfica

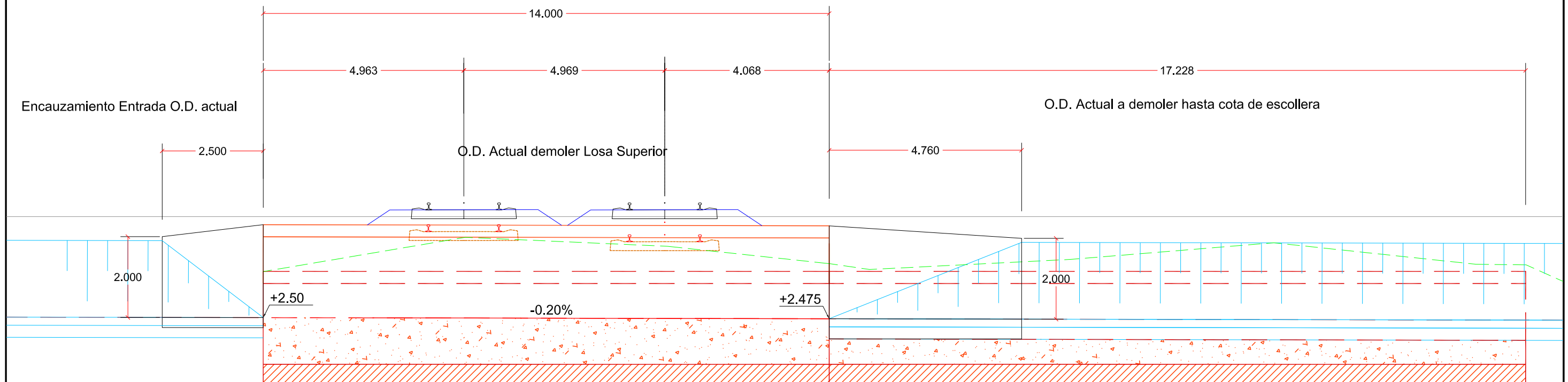
FECHA
JUNIO 2017

TÍTULO DEL PLANO
**OBRAS DE DRENAJE
OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL
PLANTA GENERAL ODT P.K. 6+107**

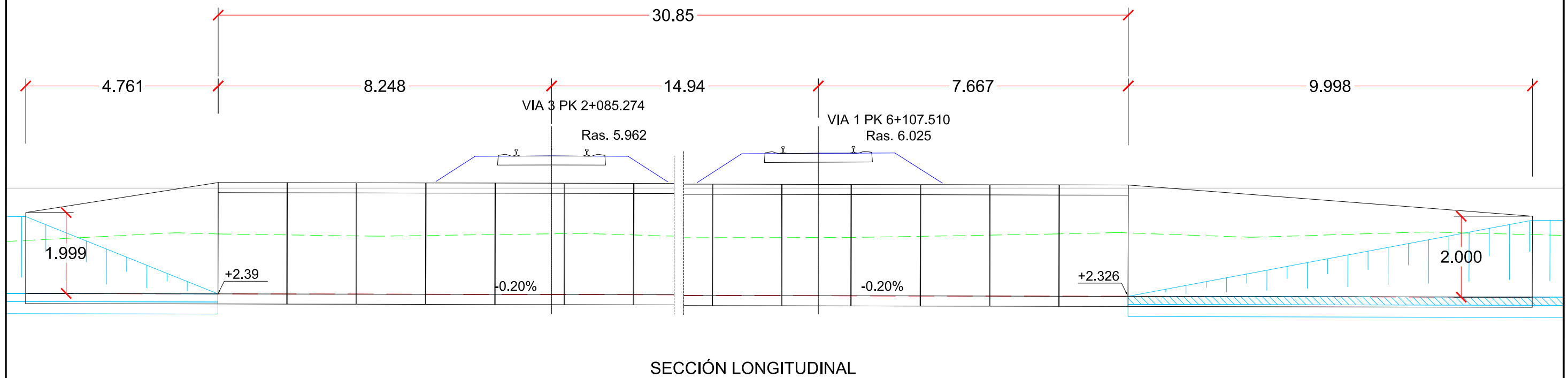
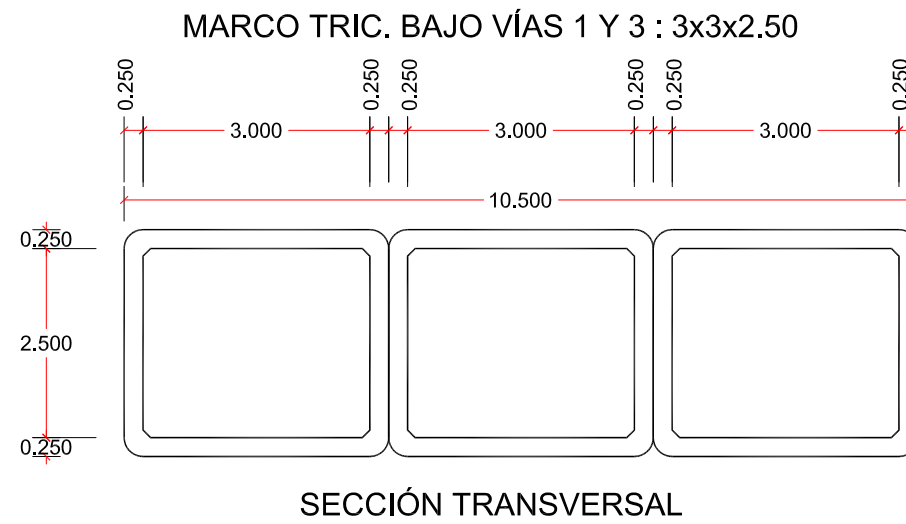
Nº DE PLANO
2.8.2.3
Hoja 1 de 5



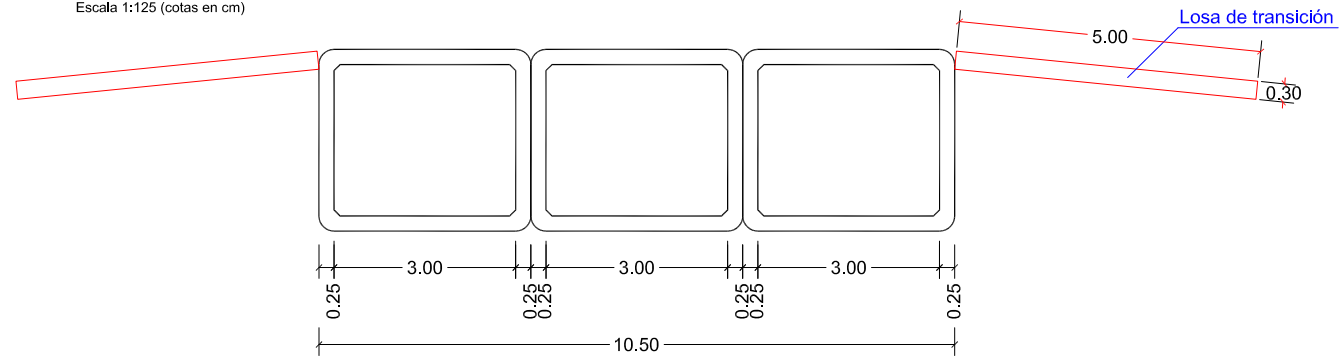
SECCIÓN TRANSVERSAL



SECCIÓN LONGITUDINAL

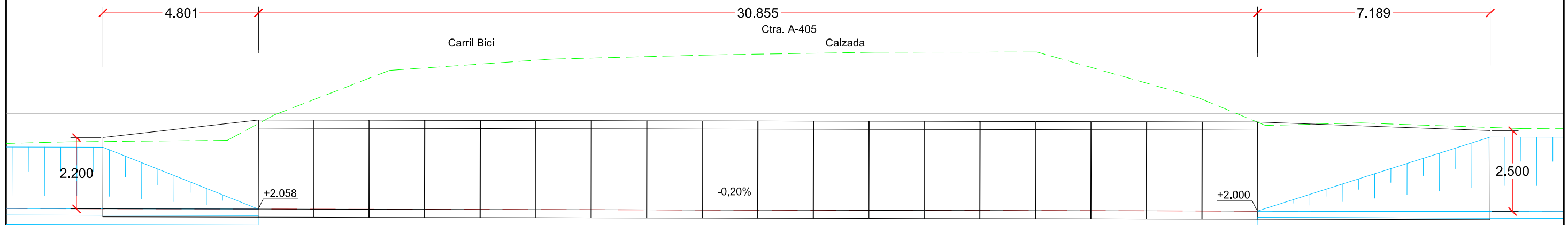
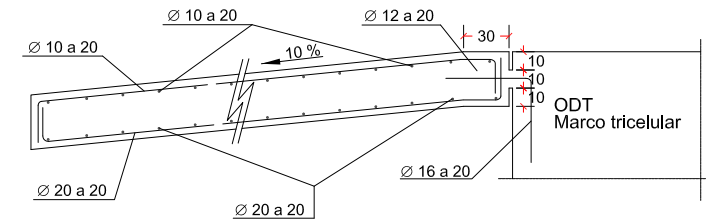


Sección AA'
Paso bajo carretera A-405
Escala 1:125 (cotas en cm)



SECCIÓN TRANSVERSAL

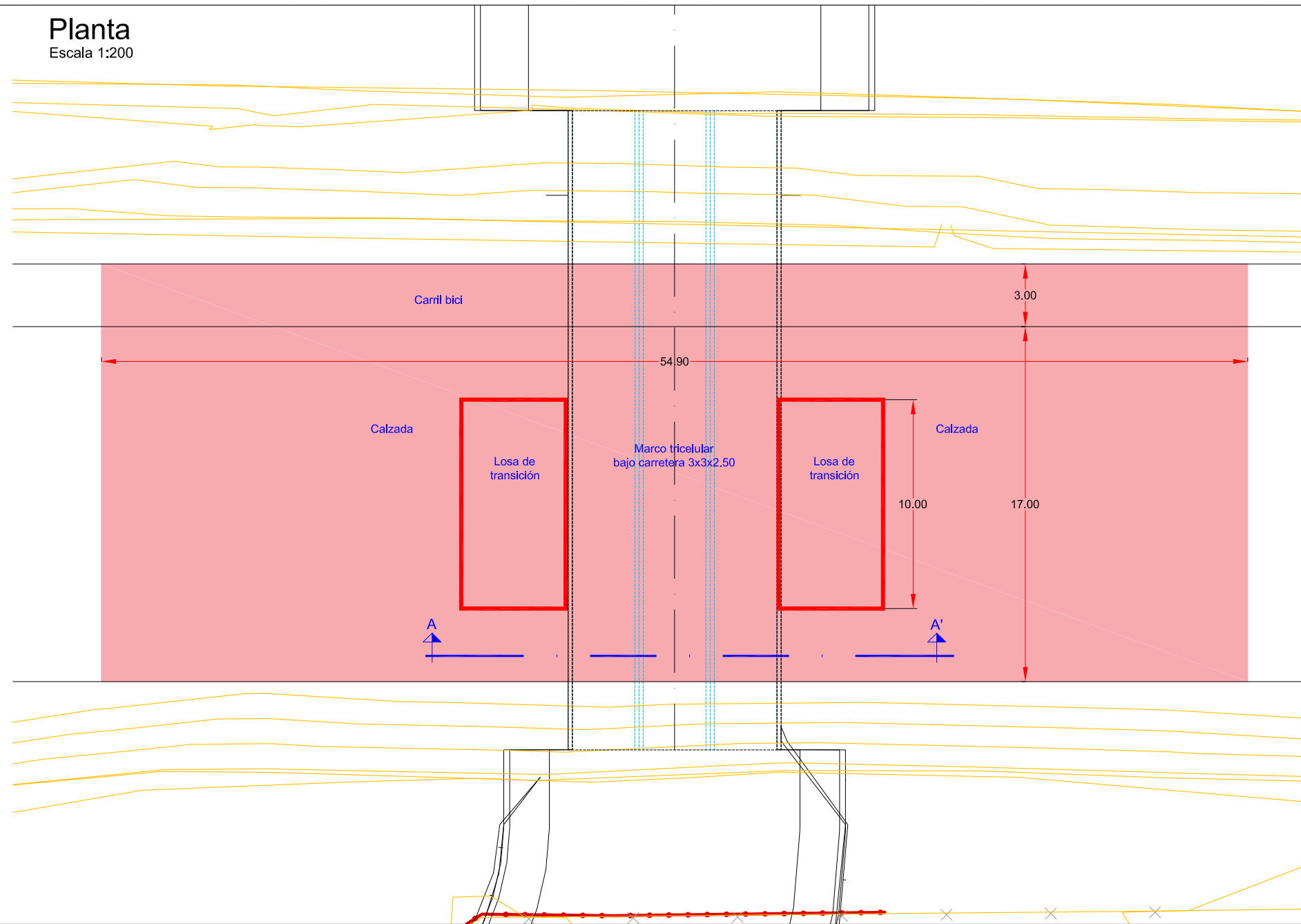
Detalle de losa de transición
Sin Escala



SECCIÓN LONGITUDINAL

Planta

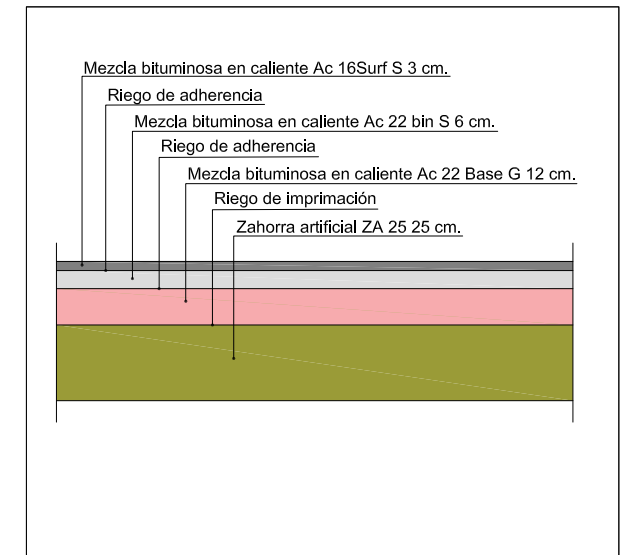
Escala 1:200

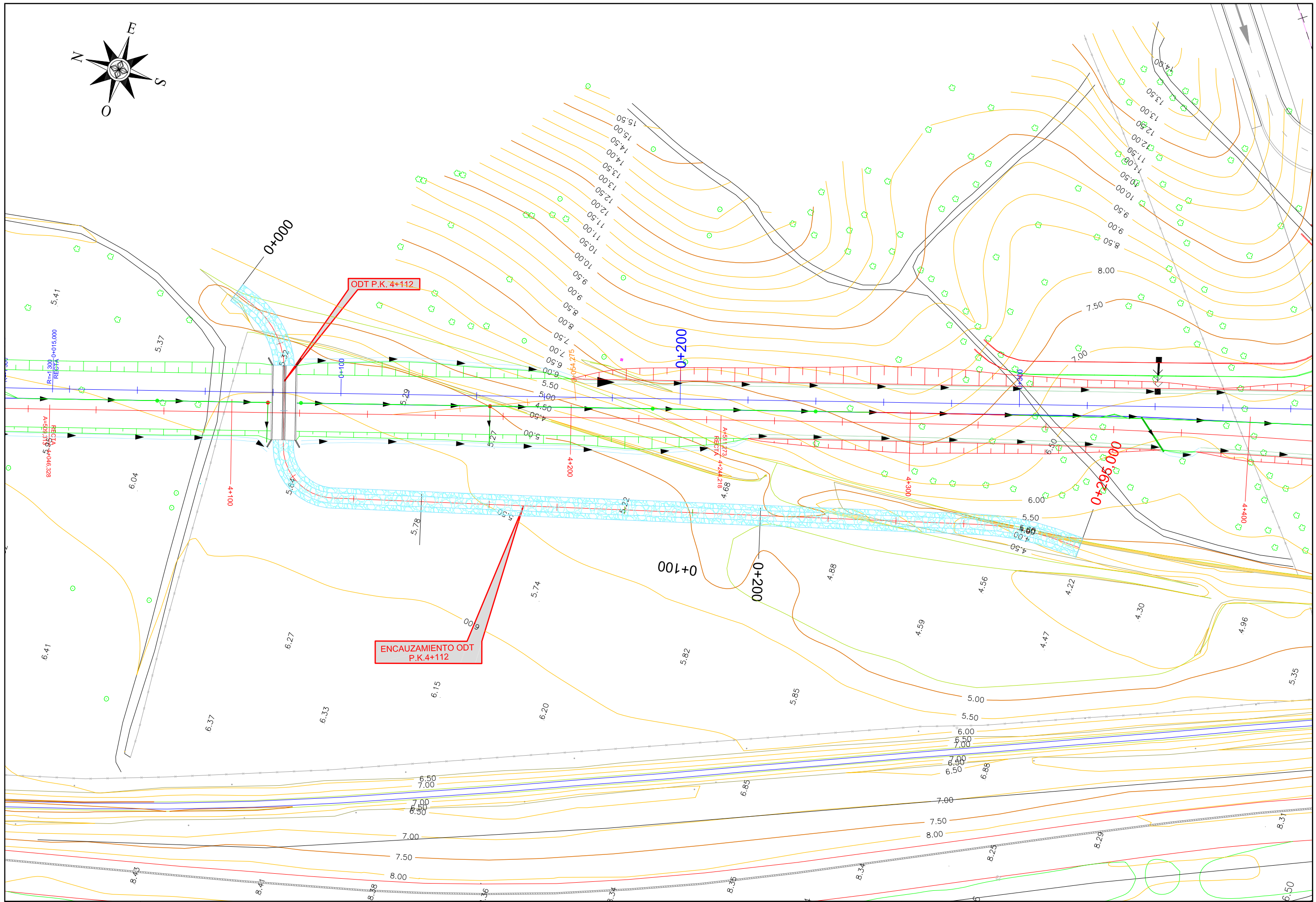
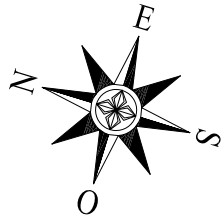


Firme de calzada y carril bici a demoler/reponer

Sección tipo reposición de firme

Escala 1:5





TÍTULO: **PROYECTO MODIFICADO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA - ALGECIRAS DE LA LÍNEA BOBADILLA - ALGECIRAS. SUBTRAMO PK 3+100 A PK 6+800, SAN ROQUE MERCANCIAS.**

EL AUTOR DE LA MODIFICACIÓN:
D. José Vicente Porras Velázquez de Castro

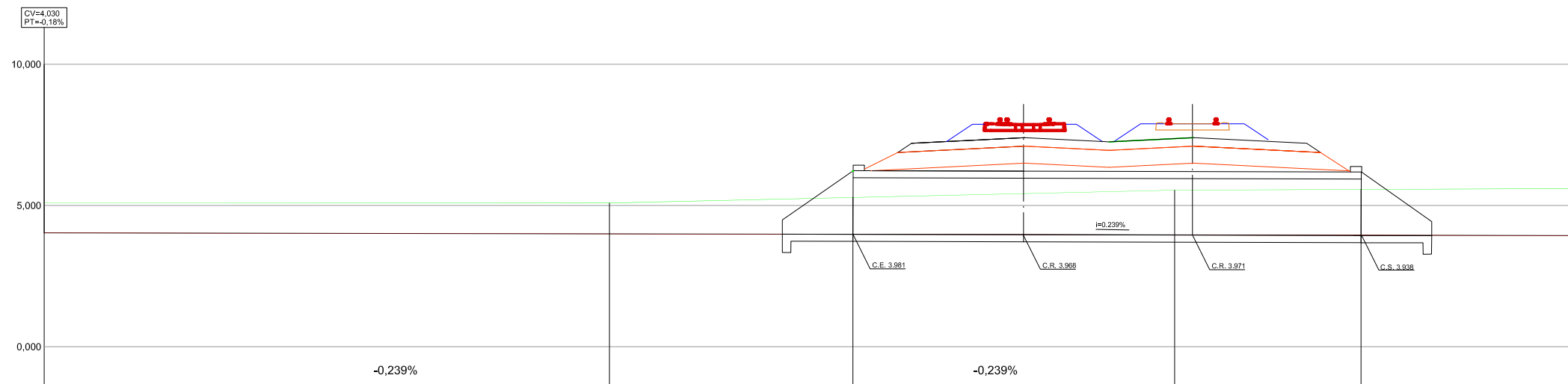
CONFORME EL CONTRATISTA:
Azvi
D. Tomás Jodrá Sanz.

ESCALA: 1:1000
Numérica Gráfica

FECHA: JUNIO 2017

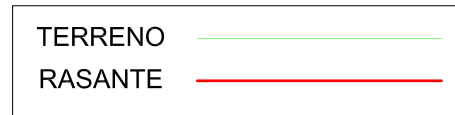
TÍTULO DEL PLANO: **DRENAJE ENCAUZAMIENTOS-ODT P.K. 4+112 PLANTA GENERAL**

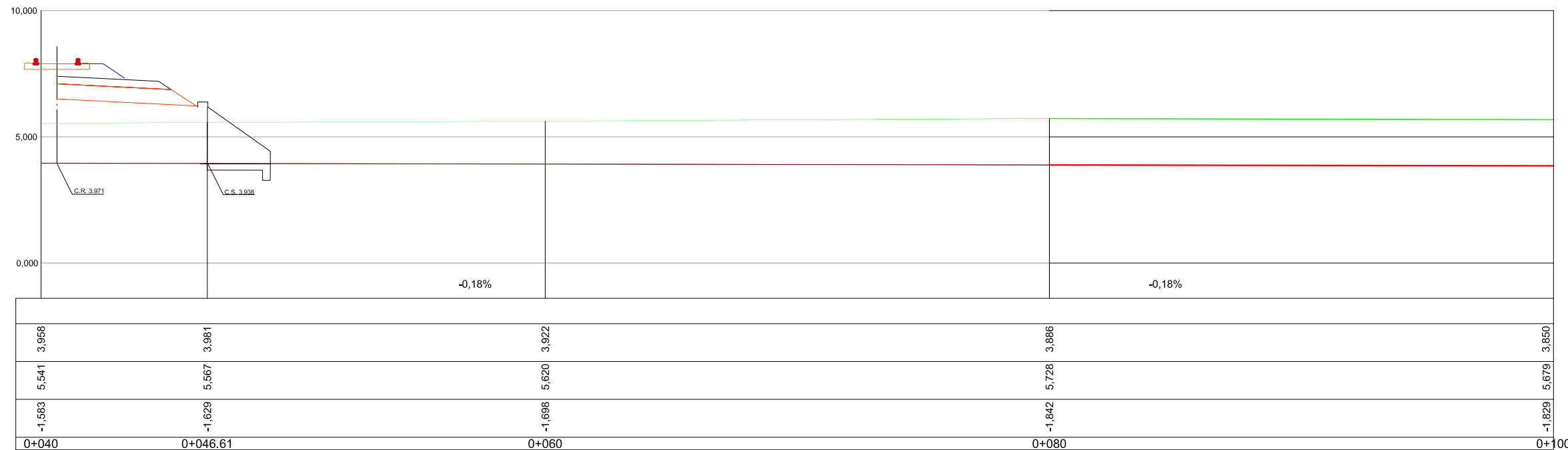
Nº DE PLANO: 2.8.3.1.1
Hoja 1 de 1



RAMPAS Y PENDIENTES		
COTAS	PROYECTADA	4,030
	ACTUAL	5,100
	DIFERENCIAS	-1,070
KILOMETRAJE	0+000	0+020
		0+028.61
		0+040
		0+046.61

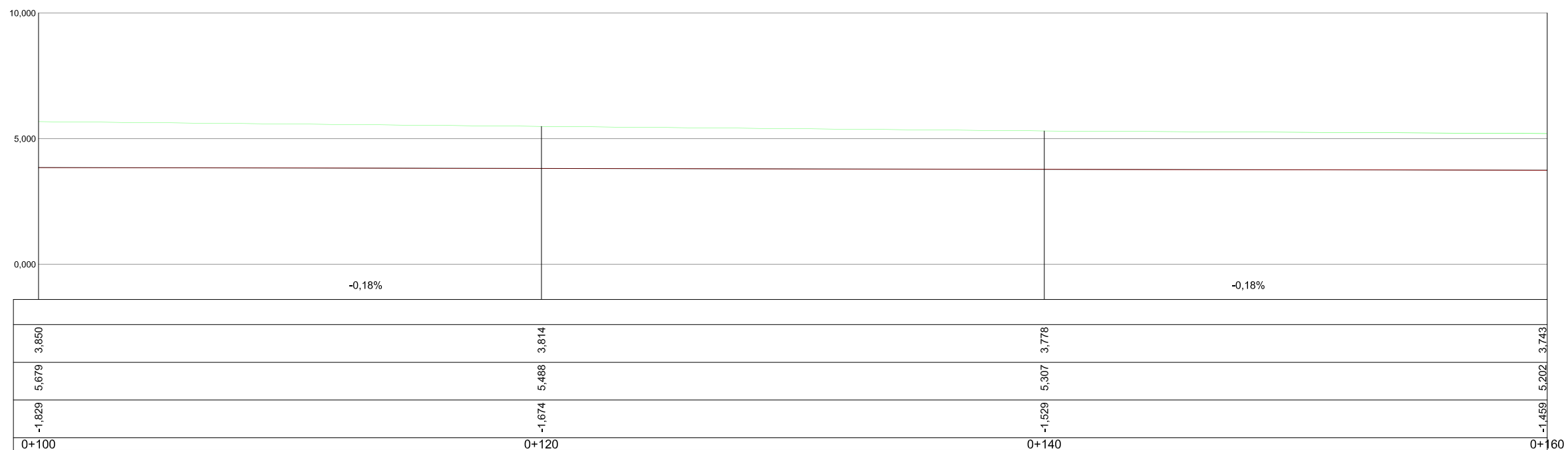
AGUAS ARRIBA



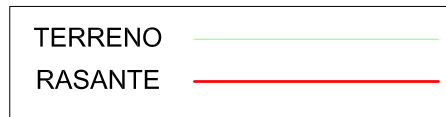


AGUAS ABAJO



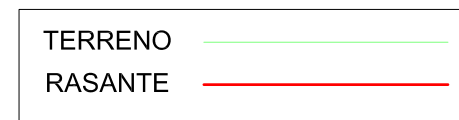


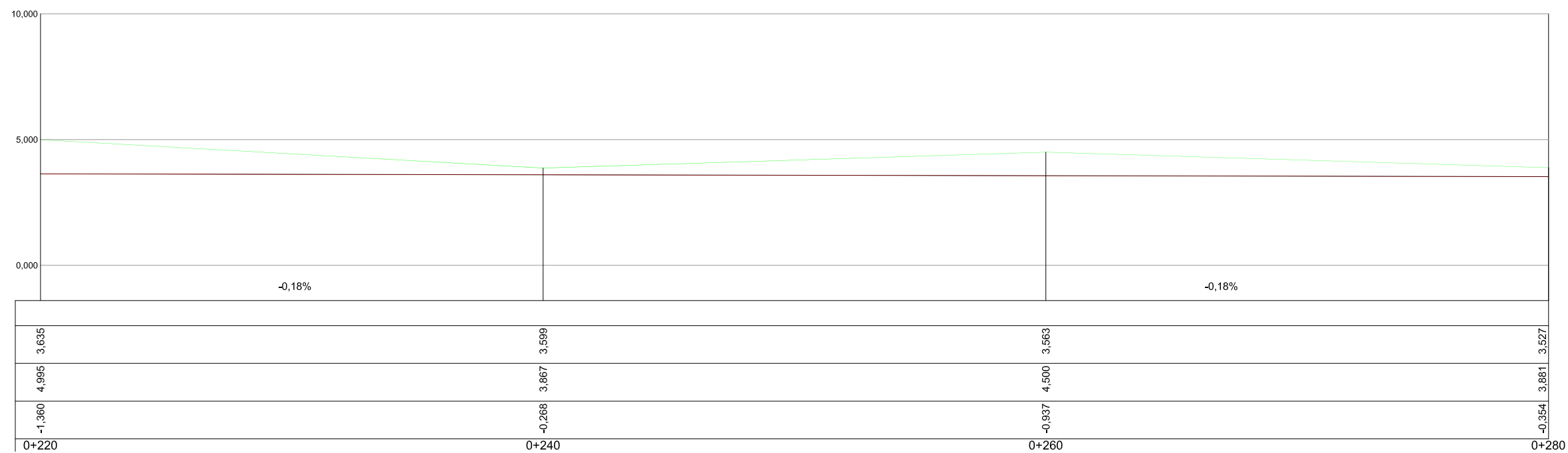
AGUAS ABAJO



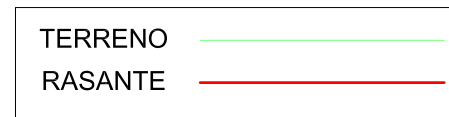


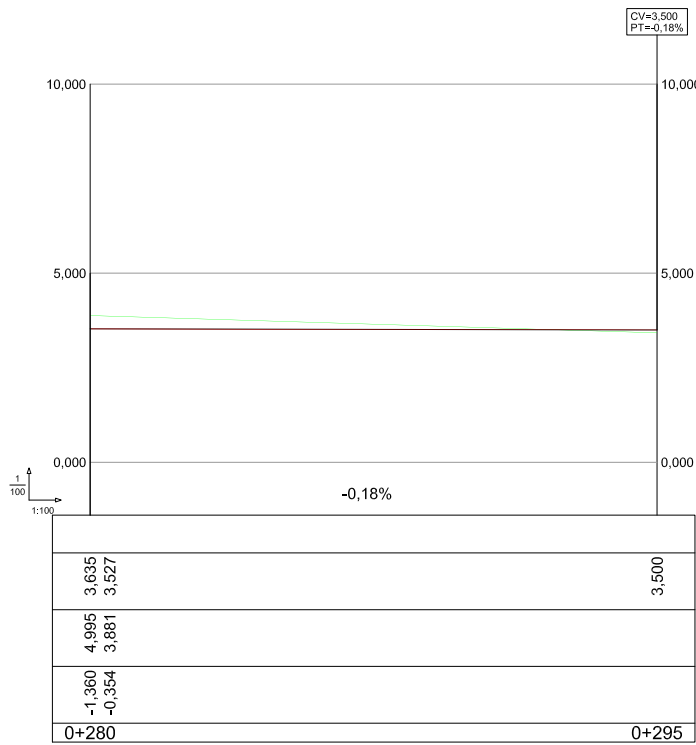
AGUAS ABAJO



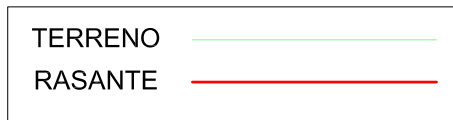


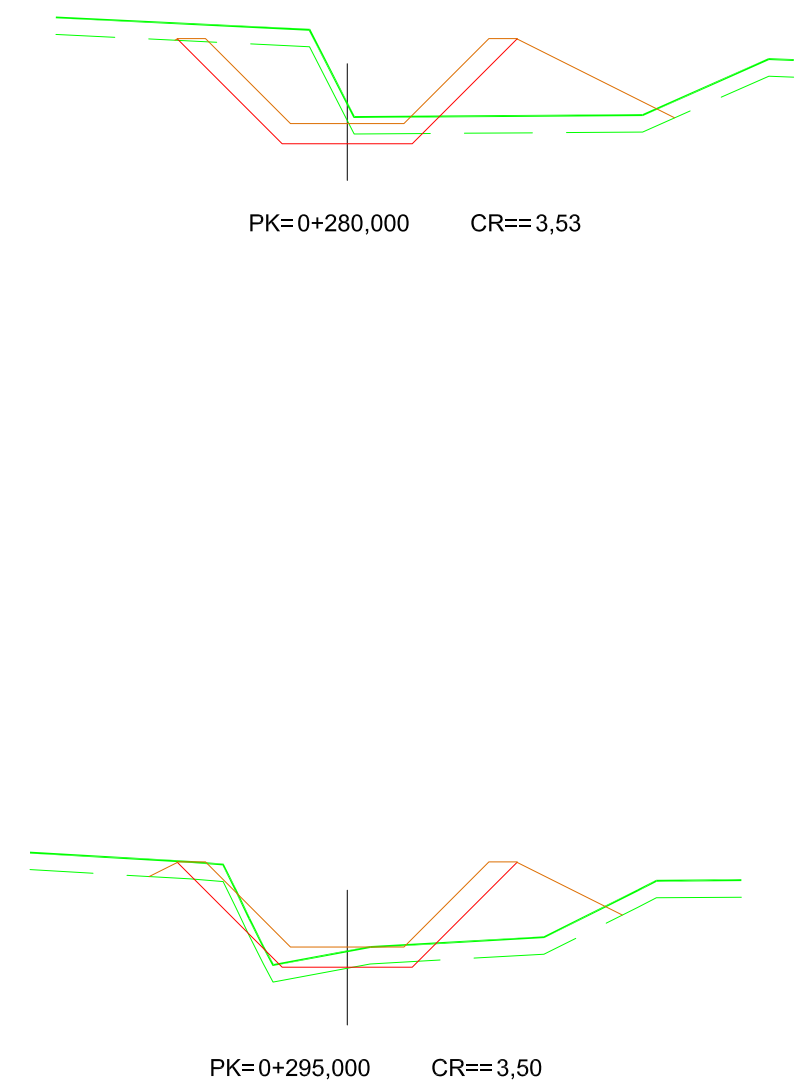
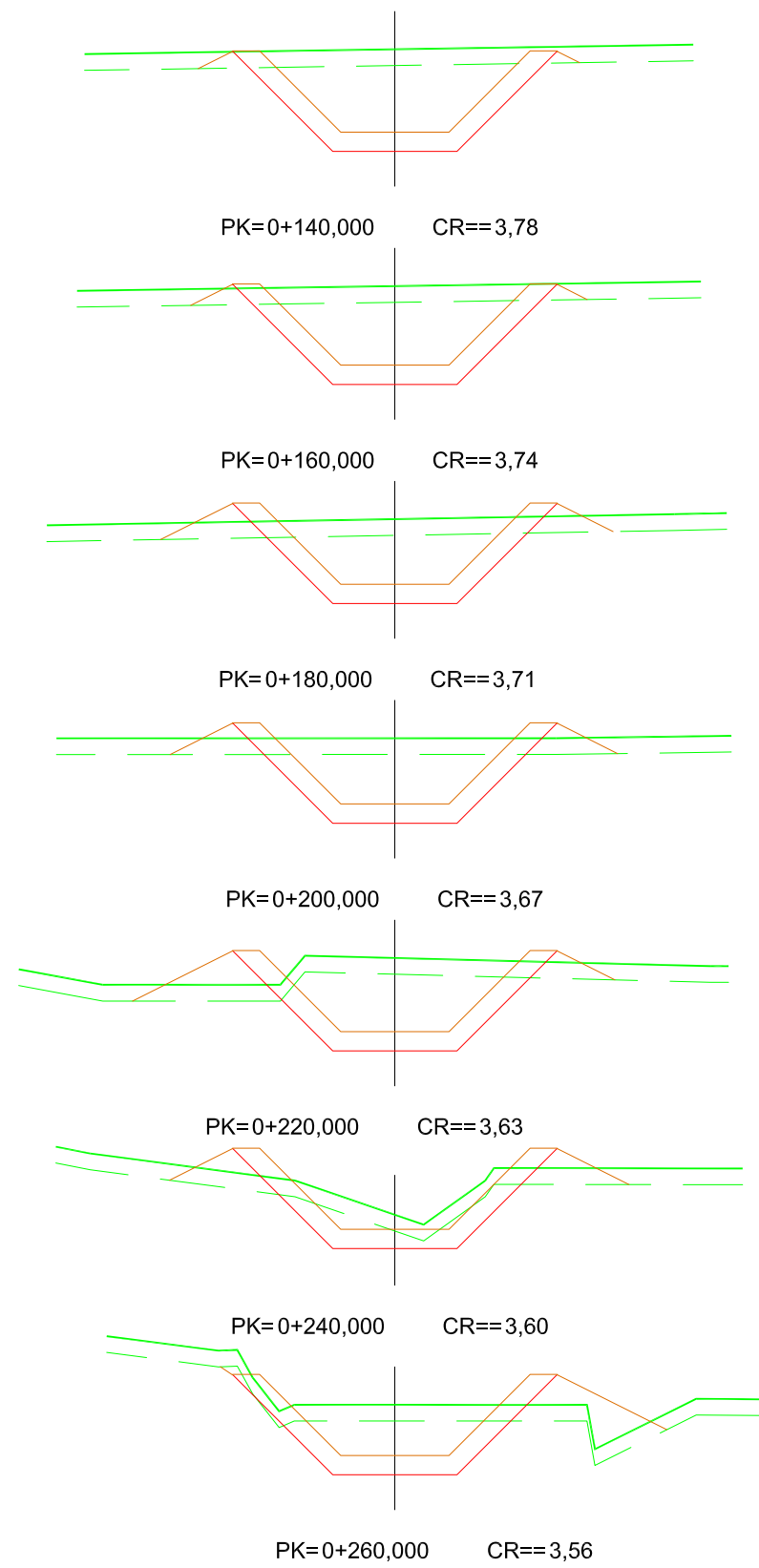
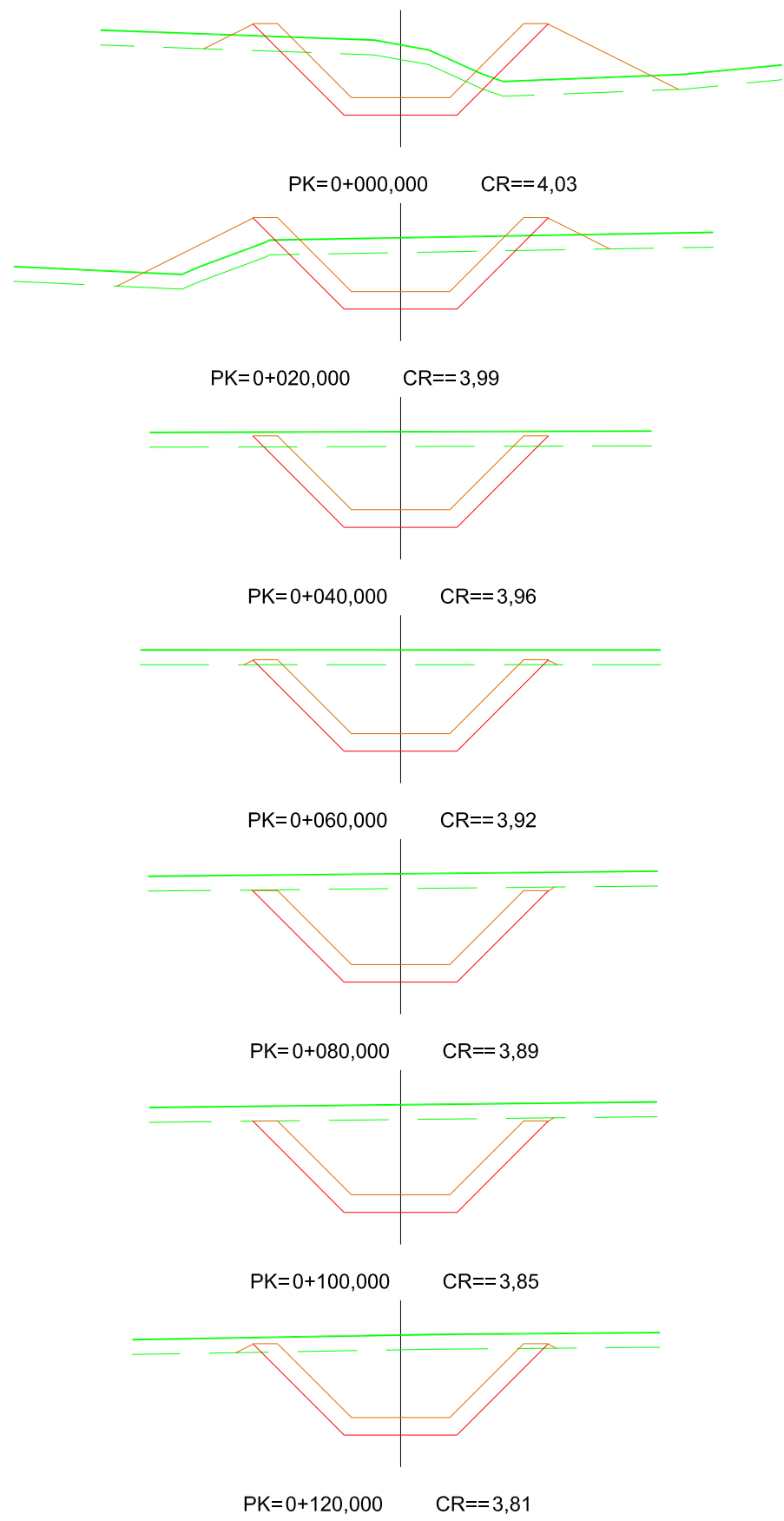
AGUAS ABAJO



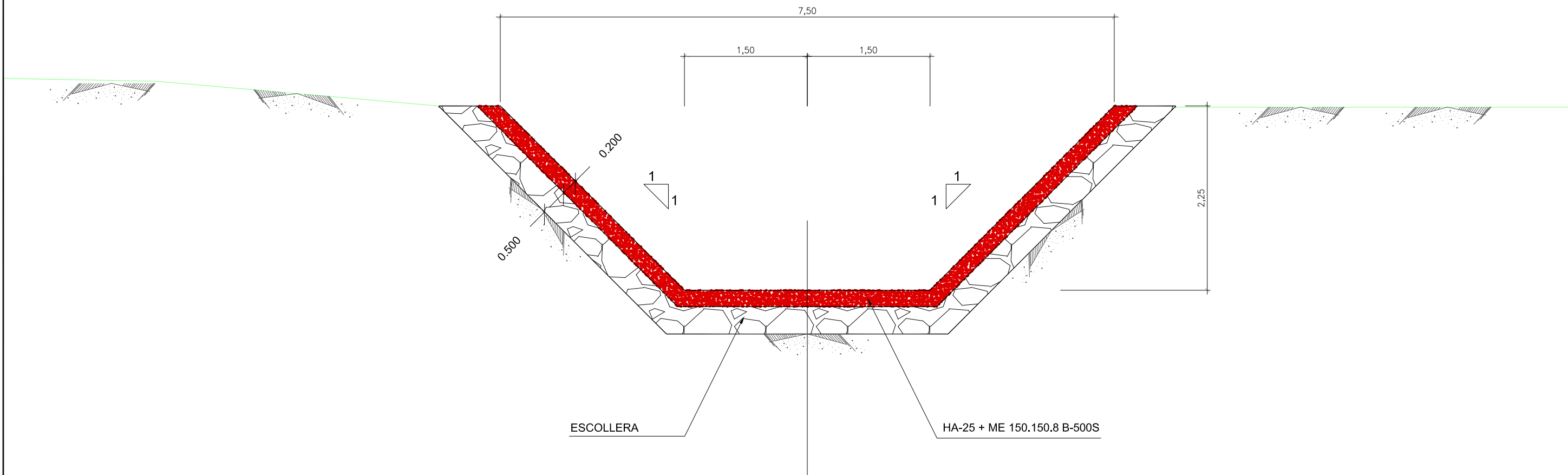


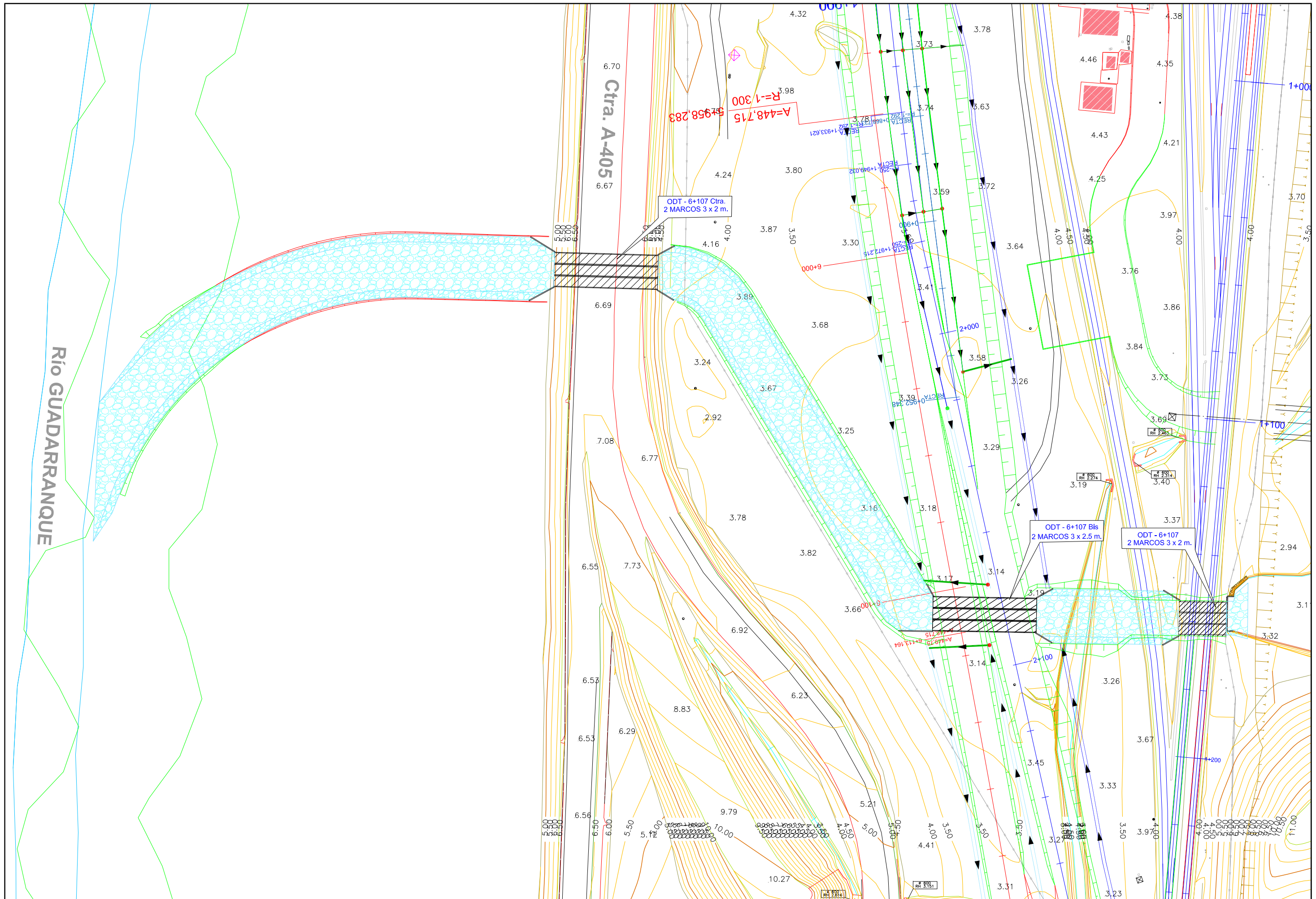
AGUAS ABAJO



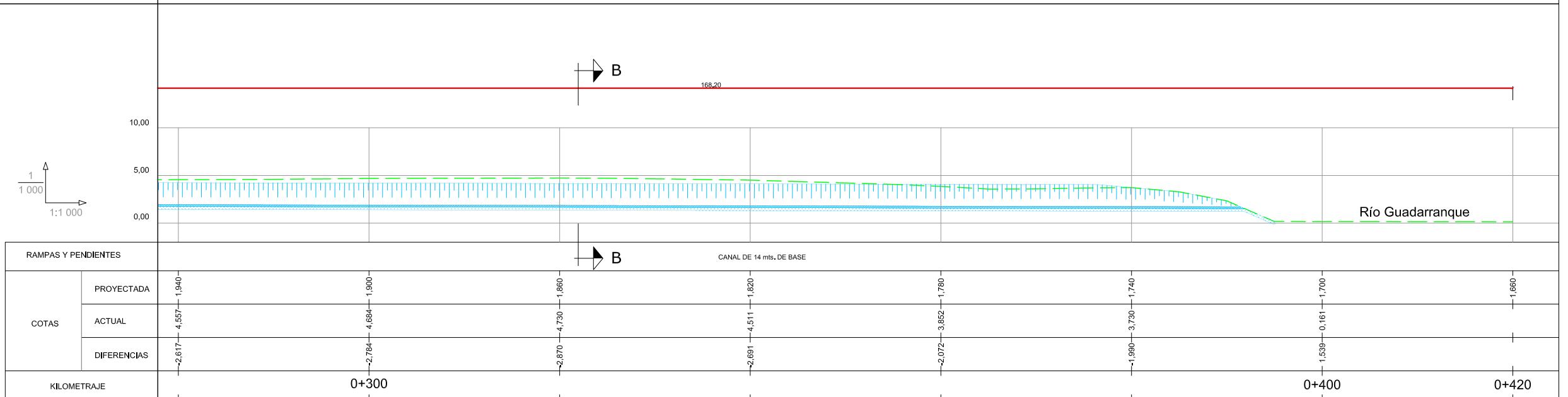
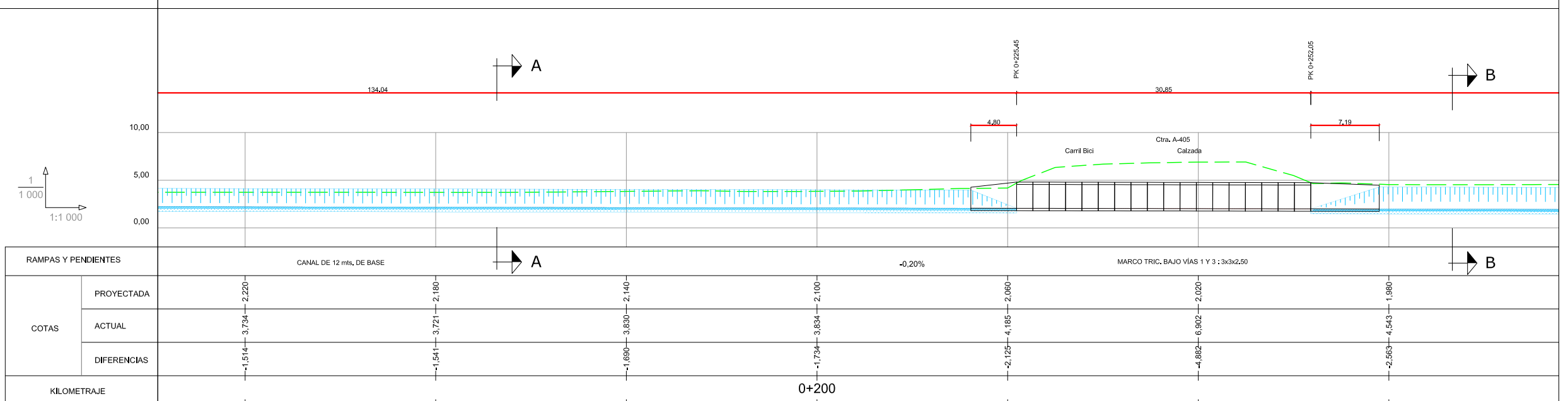
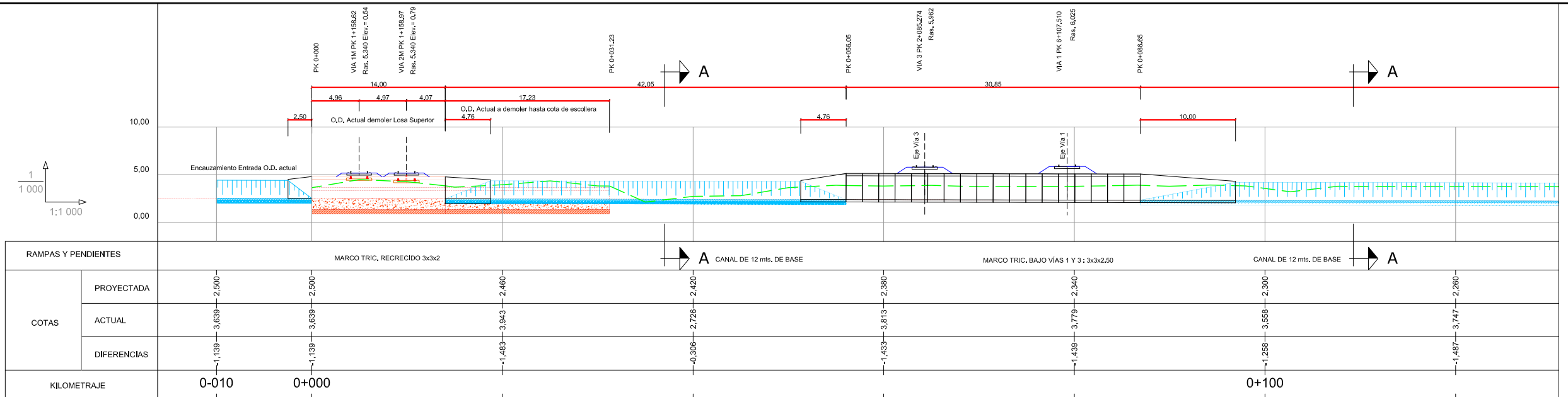


SECCIÓN TIPO ENCAUZAMIENTO 4+112





	TÍTULO: PROYECTO MODIFICADO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA - ALGECIRAS DE LA LÍNEA BOBADILLA - ALGECIRAS. SUBTRAMO PK 3+100 A PK 6+800, SAN ROQUE MERCANCÍAS.	EL AUTOR DE LA MODIFICACIÓN: D. José Vicente Porras Velázquez de Castro	CONFORME EL CONTRATISTA: 		ESCALA 1:1000 Numérica Gráfica	FECHA JUNIO 2017	TÍTULO DEL PLANO OBRAS DE DRENAJE ENCAUZAMIENTOS ODY P.K. 6+107 PLANTA GENERAL	Nº DE PLANO 2.8.3.2.1 Hoja 1 de 1
--	---	--	-------------------------------------	--	---	----------------------------	--	--



TÍTULO: **PROYECTO MODIFICADO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA - ALGECIRAS DE LA LÍNEA BOBADILLA - ALGECIRAS. SUBTRAMO PK 3+100 A PK 6+800. SAN ROQUE MERCANCIAS.**

EL AUTOR DE LA MODIFICACIÓN:
D. José Vicente Porras Velázquez de Castro

CONFORME EL CONTRATISTA:
D. Tomás Jodra Sanz.



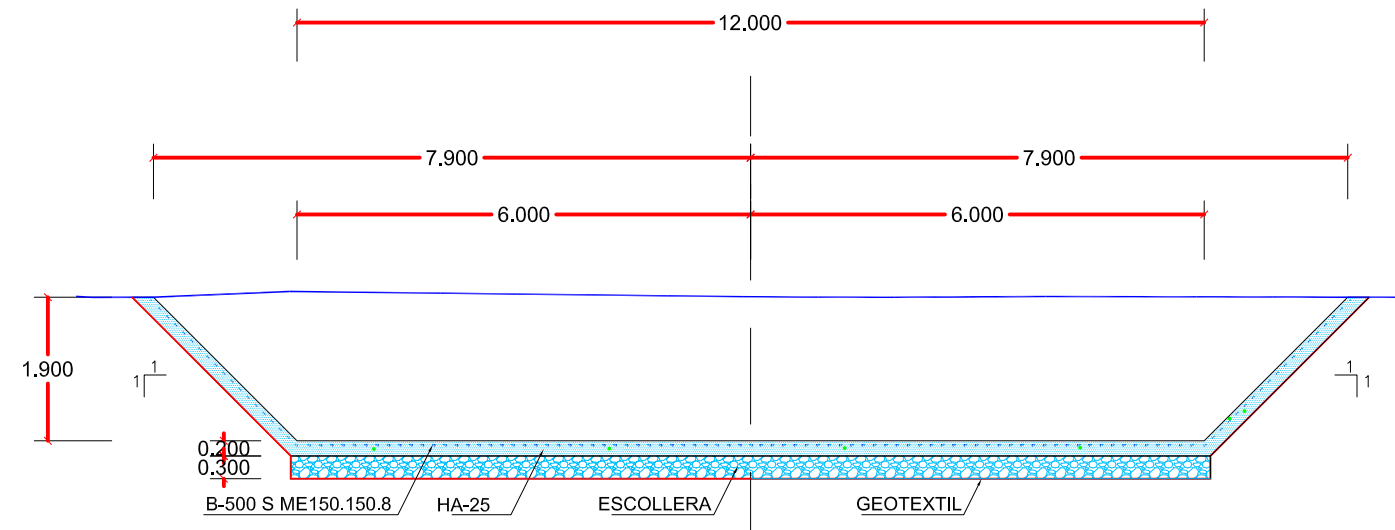
ESCALA
H=1:1000
V=1:1000
Numérica Gráfica

FECHA
JUNIO 2017

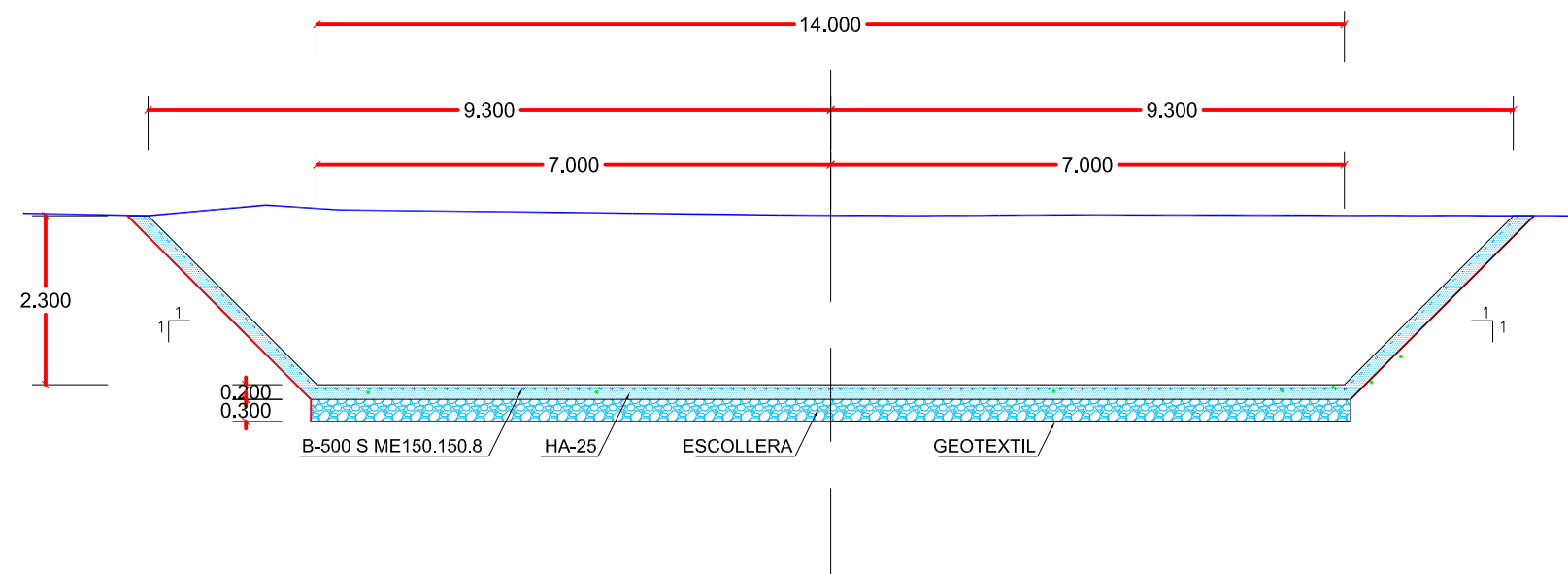
TÍTULO DEL PLANO
DRENAJE ENCAUZAMIENTOS-ODT P.K. 6+107 PERFIL LONGITUDINAL

Nº DE PLANO
2.8.3.2.2
Hoja 1 de 1

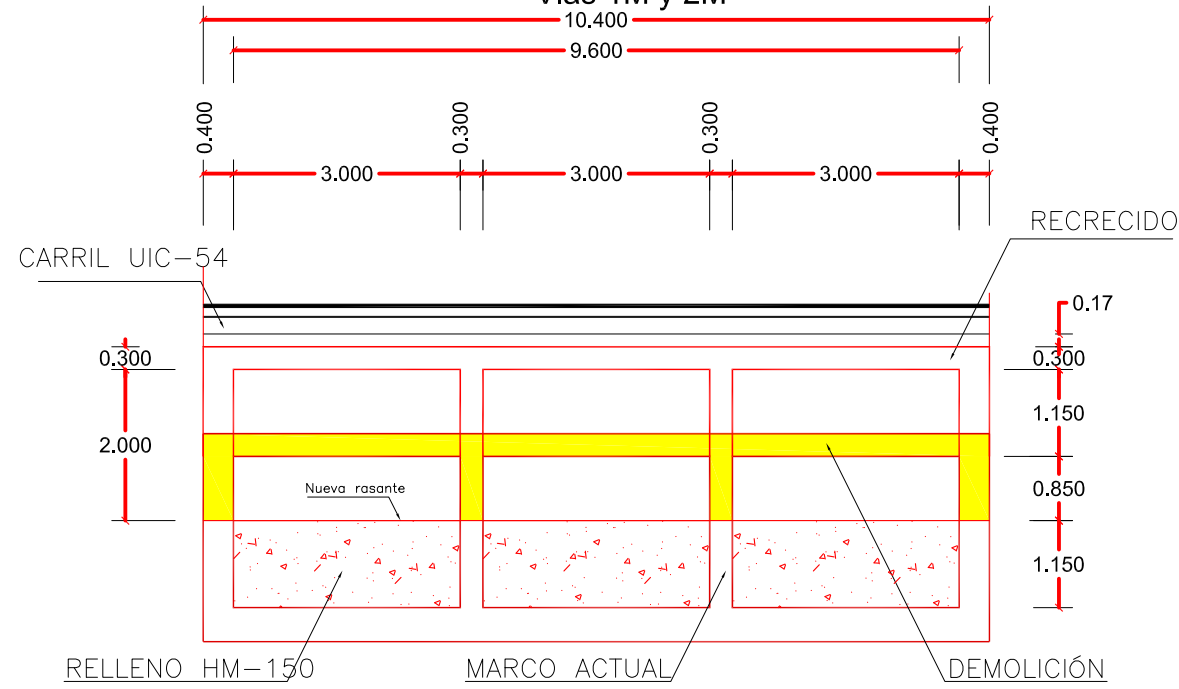
CANAL DE 12 MTS DE BASE
SECCIÓN A-A



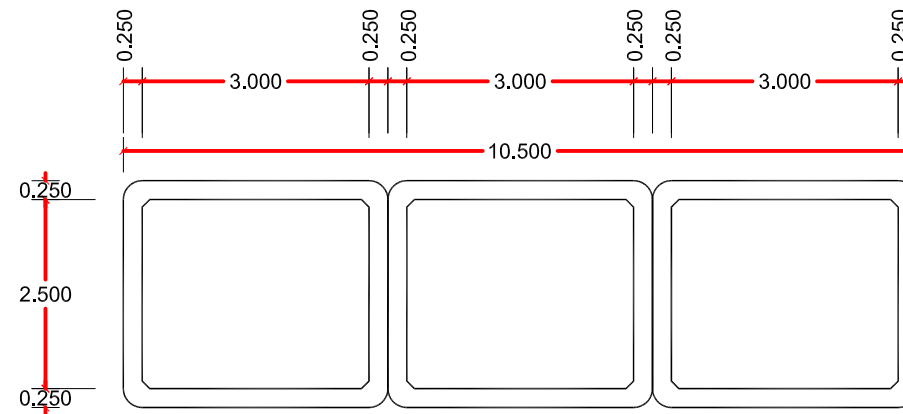
CANAL DE 14 MTS DE BASE
SECCIÓN B-B



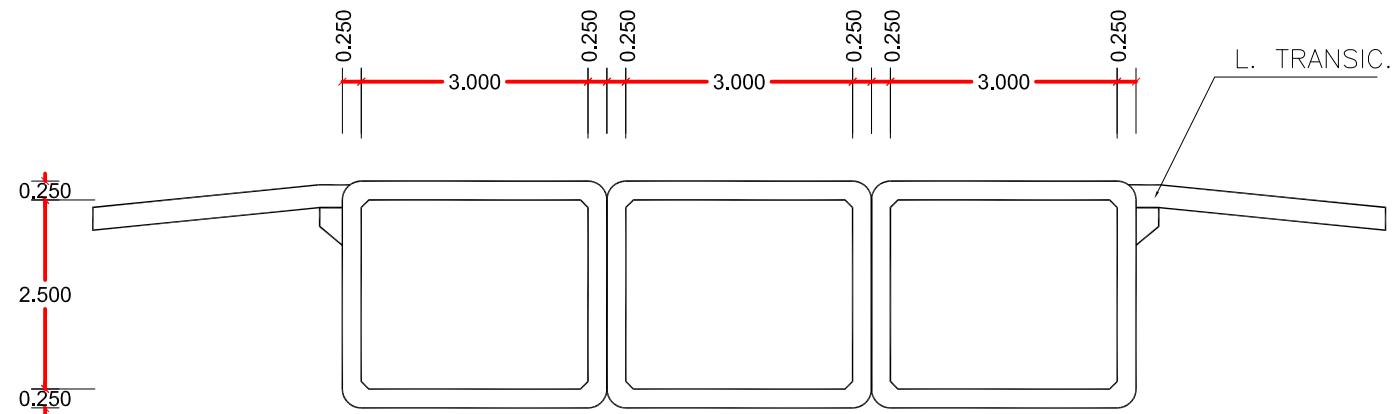
MARCO TRIC. RECRECIDO 3x3x2
Vías 1M y 2M



MARCO TRIC. BAJO VÍAS 1 Y 3 : 3x3x2.50



MARCO TRIC. BAJO CARRETERA: 3x3x2.50



Apéndice 2.- Anejo Nº 6 de Climatología e hidrología del Proyecto Modificado

Climatología e Hidrología

Anejo
6

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CLIMATOLOGÍA.....	1
2.1. PLUVIOMETRÍA	2
2.2. TEMPERATURAS	2
2.3. RÉGIMEN DE VIENTOS	3
2.4. INSOLACIÓN.....	3
2.5. HUMEDAD Y EVAPOTRANSPIRACIÓN	3
2.6. ÍNDICES, DIAGRAMAS Y CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS	3
2.6.1. Índices Climáticos	3
2.6.2. Diagramas y Clasificaciones Climáticas	7
2.7. OBTENCIÓN DEL NÚMERO DE DÍAS ÚTILES DE TRABAJO	9
2.7.1. Coeficientes Medios Anuales	9
3. HIDROLOGÍA.....	17
3.1. BASES DE CÁLCULO	17
3.2. PRECIPITACIONES DE CÁLCULO	17
3.3. CALCULO DE CAUDALES DE AVENIDA.....	18
3.3.1. Método de cálculo	18

Apéndices

APÉNDICE 1.- PLANOS

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo aborda la descripción de la climatología y el análisis de la hidrología en la zona de ubicación de las obras correspondientes al "Proyecto constructivo para la renovación del trayecto Almoraima - Algeciras de la línea Bobadilla - Algeciras. Subtramo de PK 3+100 a PK 6+800. San Roque Mercancías".

En este anejo se presentan todos los trabajos desarrollados en el Proyecto Constructivo del trayecto Almoraima - Algeciras de la línea Bobadilla - Algeciras de Noviembre de 2010, antecedente técnico en el que se basa el desarrollo del "Proyecto constructivo para la renovación del trayecto Almoraima - Algeciras de la línea Bobadilla - Algeciras. Subtramo de PK 3+100 a PK 6+800. San Roque Mercancías", sin embargo serán objeto del presente proyecto exclusivamente aquellas actuaciones comprendidas entre los PPKK 3+100 y 6+800.

Este estudio climatológico e hidrológico tiene por finalidad aportar la información necesaria para el dimensionado adecuado de las obras de drenaje. El conocimiento de la climatología permite, asimismo, estimar el número medio de días útiles en un año tipo para la ejecución de aquellas unidades de obra que están condicionadas por las variables meteorológicas.

2. CLIMATOLOGÍA

Para definir la climatología del ámbito de este Proyecto se ha partido de los registros de temperaturas y precipitaciones que ofrece la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Se ha obtenido información complementaria de las publicaciones "Datos Climáticos para Carreteras" del Ministerio de Fomento, "Caracterización Agroclimática de la Provincia de Cádiz" de la Dirección General de Producción Agraria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, del Sistema de información geográfica-ambiental de Andalucía (Sinamba) de la Consejería de Medio Ambiente de Andalucía, "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" del Ministerio de Fomento, así como del Servicio de Información de Aguas Subterráneas del IGME (Instituto Geológico y Minero de España).

Las estaciones cuyos datos han sido utilizados se listan en la siguiente tabla:

Código	Nombre	Posición				Altitud	Periodo de registro
		Longitud	Latitud	X	Y		
6005	ALGECIRAS (ALGAMASILLA)	5930'12.5"	36904'55"	274582	3996003	250	1961-1998
6006	ALGECIRAS	592636.5"	36907'30"	280097	4000303	20	1919-
6009	LOS BARRIOS (EL CASTAÑO)	5935'57.5"	36918'20"	266616	4021040	180	1965-1998
6023	CASTELLAR de la FRONTERA	5927'11.5"	36919'08"	279769	4021929	261	1946-1985
6025	ALMORAIMA	5925'26.5"	36916'49"	282285	4017764	51	1940-1995
6025E	CASTELLAR FRA. (PUEBLO NUEVO)	5925'15.5"	36917'15"	282577	4018467	45	1972-
6026	SAN ROQUE (CENTRAL ELECTRICA)	5925'51.5"	36912'57"	281482	4010630	50	1965-1998
6055	JIMENA DE LA FRONTERA	5927'11.5"	36926'2.1"	280097	4034874	82	1940-1955

Las coordenadas corresponden al elipsoide WGS84. La proyección UTM se refiere al huso 30

Los datos empleados para la termometría proceden de la estación 6006 'ALGECIRAS', que muestra el registro más largo y completo.

Para el análisis de la pluviometría se han utilizado los datos registrados en las estaciones 6006 'ALGECIRAS', 6009 'LOS BARRIOS (EL CASTAÑO)', 6023 'CASTELLAR de la FRONTERA', 6025E 'CASTELLAR FRA. (PUEBLO NUEVO)', 6026 'SAN ROQUE (CENTRAL ELECTRICA)', así como los ajustes estadísticos que proporciona el Servicio de Información de Aguas Subterráneas (SIAS) de las estaciones 6011 'MOJEA CONEJO', 6013 'LOS BARRIOS (VALDEINFIERNO)', 6025 'ALMORAIMA' y 6055 'JIMENA DE LA FRONTERA'.

Se realiza en los siguientes apartados un análisis de la climatología de la zona, tomando los datos obtenidos de las estaciones mencionadas.

2.1. PLUVIOMETRÍA

Para las estaciones 6006 'Algeciras' y 6025 'Almoraima', situadas en los extremos del trazado, la pluviometría media se distribuye en el año según la tabla siguiente:

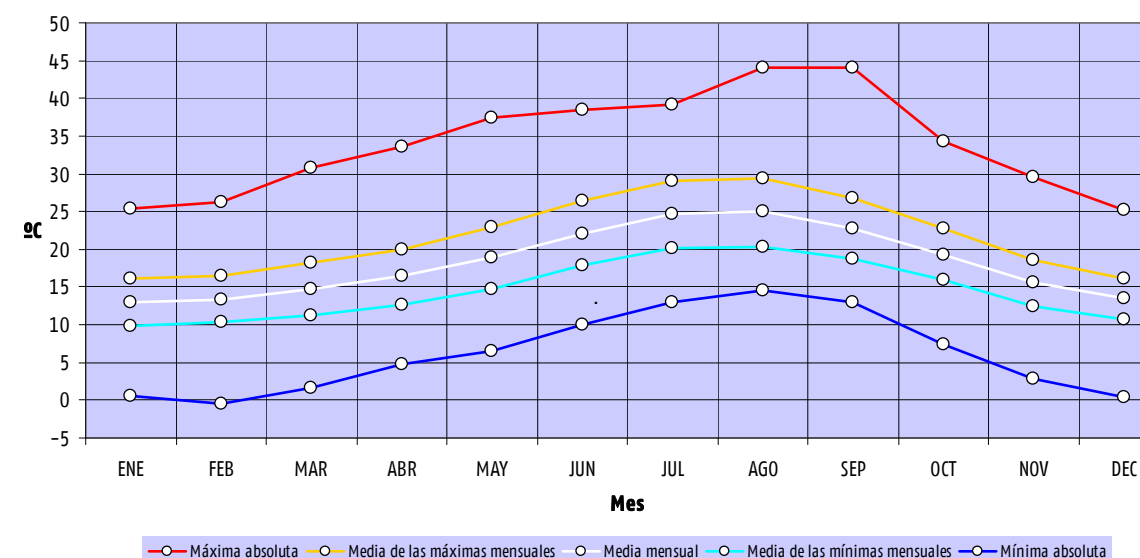
Estación	Precipitación media (mm)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6006 'ALGECIRAS'	152.1	116.4	126.5	89.1	31.7	6.3	0.1	1.7	20.4	81.4	111.3	153.2
6025 'ALMORAIMA'	141	142	83.8	80.6	38	5.1	1.5	3.9	32.9	88.4	144.9	194
Valor medio	146.6	129.2	105.2	84.9	34.9	5.7	0.8	2.8	26.7	84.9	128.1	173.6

En ambas localizaciones, la distribución de las precipitaciones es irregular. Los meses de mayor precipitación son los comprendidos entre septiembre y abril, destacando diciembre, cuando soplan vientos de poniente. En verano se dan los mínimos registros de lluvia, destacando julio y agosto con valores cercanos a 0 mm, cuando predominan los vientos de levante, de carácter seco. Por lo tanto, se da la existencia de dos estaciones, una húmeda y otra seca. El total de precipitaciones anuales medias registradas es de 890.2 mm en el extremo sur del trazado, con un promedio de 78 días de lluvia al año, y de 956.1 mm en el extremo norte, donde llueve a lo largo de 55 días por término medio.

El índice de torrencialidad de la lluvia, definido como el cociente entre la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 100 años y la precipitación total anual, se encuentra entre el 25% y el 50%.

2.2. TEMPERATURAS

El régimen térmico de la zona por donde discurre el trazado se caracteriza por su regularidad y su suavidad, gracias a la acción moderadora que ejerce el mar. La temperatura media registrada en la estación 6006 'Algeciras' es de 18.3°C. En el gráfico siguiente se muestra la evolución mensual en un año medio de diversos valores característicos de temperatura.



En la distribución anual se observa que los meses de julio y agosto son los más calurosos, con unas temperaturas medias del orden de 25 °C y numerosos días en que se superan los 30 °C mientras que enero registra las temperaturas medias más bajas, en torno a los 12°C.

La duración del período frío se establece en base al criterio de Emberger, que considera como tal el compuesto por el conjunto de meses con riesgo de heladas o meses fríos. Considerando como mes más frío aquel en que la media de las temperaturas mínimas es inferior a 7 °C, el entorno de la estación 6006 'Algeciras' se caracteriza por la ausencia de un período frío. El número medio de días sin helada es inferior a 1.

Para establecer la duración del período cálido, se han determinado los meses en los que el valor medio de la temperaturas máximas supera los 30°C. En este caso, tampoco hay un período estrictamente cálido.

La tabla siguiente muestra el número de días helada de cada mes de un año medio:

Días de helada											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

El número de días de nieve en el año medio es nulo.

Los índices climáticos que a continuación se determinan son:

- Índices Pluviométricos
- Índice de Temperatura Efectiva de Thornthwaite (IT)
- Índice de Emberger
- Índice Termopluviométrico de Dantin-Revenga.
- Clasificación de Köppen
- Índice de Aridez de Martonne.
- Factor de Pluviometría de Lang.
- Índices de Potencialidad Agrológica de Turc.

Para el cálculo de los distintos índices se ha tomado como precipitación media anual y temperatura media anual de la zona por la que transcurre la carretera la media de las proporcionadas por las estaciones seleccionadas.

Índice de concentración estacional (C.E.P.)

Calculado sobre el régimen medio, es la relación del total pluviométrico máximo o mínimo, correspondiente a tres meses consecutivos, y un tercio total de las precipitaciones de los restantes meses considerando los siguientes en cada estación:

- Invierno (diciembre, enero y febrero; 90 días)
- Primavera (marzo, abril y mayo; 92 días)
- Verano (junio, julio y agosto; 92 días)
- Otoño (septiembre, octubre y noviembre; 91 días)

Se calcula mediante la fórmula:

$$CEP = \frac{P_E}{P} \times \frac{365}{n_e}$$

donde:

P_E = Precipitación de la estación considerada (mm)

P = Precipitación total anual (mm)

n_e = número de días de la estación considerada

Estación	Precipitación (mm)	CEP
Invierno	449.35	1.97
Primavera	224.85	0.97
Verano	9.3	0.04
Otoño	239.65	1.04

• CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PLUVIAL MÁXIMA (Invierno): 1,97

• CONCENTRACIÓN ESTACIONAL PLUVIAL MÍNIMA (Verano): 0,04

Coefficiente pluviométrico relativo mensual (C.P.R.M.)

Se calcula mediante la fórmula de Anglot y se define como la relación entre las precipitaciones de cada mes y las que este recibiría teniendo en cuenta su longitud (número de días), y si el total de la precipitación anual estuviese igualmente repartida entre todos los meses del año.

$$CPRM = \frac{P_i}{P} \times \frac{365}{n_i}$$

donde:

P_i = Precipitación del mes considerado (mm)

P = Precipitación total anual (mm)

n_i = número de días del mes considerado

Para cada uno de los meses se obtienen, según la AEMET, los siguientes resultados:

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1.87	1.82	1.34	1.12	0.44	0.08	0.01	0.04	0.35	1.08	1.69	2.21

Índice de temperatura efectiva de Thornthwaite (IT)

Se trata de un índice térmico expresado con la siguiente fórmula:

$$IT = 5.4 * T$$

donde:

T= Temperatura media anual en °C

Para los distintos valores de IT, Thornthwaite califica al clima y la vegetación de la zona según:

Índice de Thornthwaite, IT	Clima	Vegetación
> 125	Macrotermal	Floresta tropical
65 – 125	Mesotermal	Floresta media
30 – 65	Microtermal	Floresta microtermal
15 – 30	Taiga (frío)	Floresta de coníferas
0 – 15	Tundra (frío)	Tundra (musgo)
0	Nieve	-

En este caso:

T media (°C)	IT	Clima	Vegetación
18.3	98.8	Mesotermal	Floresta media

Índice de Emberger

Desarrollado para caracterizar comarcas mediterráneas, cuantificando las variaciones térmicas. Su fórmula es:

$$I = 100 \left[\frac{P}{(T_{MC}^2 - t_{mf}^2)} \right]$$

donde:

P = Precipitación media anual (mm).

T_{MC} = temperatura media de las máximas del mes más cálido (°C)

T_{mf} = temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)

Dentro del clima mediterráneo general, diferencia cinco subregiones climáticas, a cada una de las cuales les asigna un tipo de vegetación según la siguiente escala:

- Clima árido..... Matorrales varios.
- Clima semiárido..... Pino carrasco.
- Clima subhúmedo o templado..... Alcornoque, olivo, lentisco.
- Clima húmedo..... Cedro, castaño, abeto.
- Clima de alta montaña..... Cedro, abeto, pino, enebro.

A su vez cada zona puede subdividirse según el tipo de invierno caracterizado por el valor de m, temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C), en:

Inviernos	Para T _{mf} (°C)	Con heladas
"Muy fríos"	< -3	Muy frecuentes e intensas
"Frío"	-3 a 0	Muy frecuentes
"Frescos"	0 a 3	Frecuentes
"Templados"	3 a 7	Débiles
"Cálidos"	> 7	No se producen

En la zona de proyecto tenemos:

P (mm)	T _{MC} (°C)	T _{mf} (°C)	I	Inviernos
923.15	29.4	9.8	83.23	Cálidos

Índice termopluiométrico de Dantin-Revenge

Realiza una clasificación en cuatro zonas en función del clima:

- I entre 0 y 2: Zona húmeda.
- I entre 2 y 3: Zona semiárida.
- I entre 3 y 6: Zona árida.
- I mayor de 6: Zona subdesértica.

El valor del índice se deduce de la ecuación I = 100 (T / P), donde:

P = Precipitación media anual, en mm

t = Temperatura media anual, en °C

En este caso:

P(mm)	T(°)	I
923.15	18.3	1.98

Según el valor anterior, la obra se encuentra en "Zona húmeda", aunque próxima a la categoría de "Zona semiárida".

Índice de aridez de Martonne

Con arreglo a este índice de aridez, Martonne clasifica la zona de este modo: sí el índice vale de 0 a 5, de desierto; de 5 a 10, de estepa desértica, con posibilidad de cultivos de regadío (semidesierto); de 10 a 20, de estepas y países secos mediterráneos (zonas de transición, con escorrentías temporales); mayor que 20, de cultivo de secano y olivares, siendo arriesgado en él el cultivo de cereales, y conveniente la cría de ganado vacuno si llega a 40; aproximadamente 60, de aguaceros tropicales y con viento monzón (exceso de escorrentía).

$$I = P / (T+10)$$

donde:

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media anual en °C.

En este caso:

P (mm)	T (°C)	I	Comentario
923.15	18.3	32.62	De cultivo de secano y olivares

Índice de aridez de Knoche (IK)

Este índice termopluviométrico introduce un nuevo parámetro que considera el número medio de días de lluvia en el año.

IK	Aridez
0-25	Extrema
25-50	Severa
50-75	Normal
75-100	Moderada
>100	Pequeña

La fórmula empleada es la siguiente:

$$Ik = \frac{n \cdot P}{100 \cdot (T + 10)}$$

donde:

n = número medio de días de lluvia en el año.

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media anual en °C.

En este caso:

P (mm)	T (°C)	n	Ik
923.15	18.3	32.62	21.9

Según este índice, la zona de la obra se clasificaría como de aridez extrema

Índice de Lang

Este índice se define como el cociente entre la lluvia anual y la temperatura media anual. De acuerdo con los valores de dicho índice, Lang distingue las siguientes zonas:

Índice de Lang	Zona
0 - 20	Desierto
20 - 40	Árida
40 - 60	Húmeda de estepas y sabanas
60 - 100	Húmeda de bosques ralos
100 - 160	Húmeda de bosques densos
> 160	Hiperhúmeda de prados y tundras

La fórmula empleada es la siguiente: $IL = P/T$

donde:

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media anual en °C.

En este caso:

P (mm)	T (°C)	IL
923.15	18.3	50.4

Según este índice la ubicación de la obra responde a una zona húmeda de estepas y sabanas.

2.6.2. DIAGRAMAS Y CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

Clasificación de Köppen

Establece tres tipos principales de climas, tipo B, tipo C y tipo D, según sea el valor de la relación entre la precipitación media y la temperatura media anual:

$$K = P \text{ (cm)} / T_m \text{ (°C)}$$

- TIPO B: Clima Seco ($k < 2$)
 - Subtipo Bw (desierto) ($k < 1$)
 - Subtipo Bs (estepa) ($1 < k < 2$)
 - Bsh: estepa calurosa ($T_m > 18^\circ \text{C}$)
 - Bsk: estepa fría ($T_m < 18^\circ \text{C}$)
- TIPO C: Clima templado cálido ($k > 2$ y T_m del mes frío $-3 < T_{mf} < 18^\circ \text{C}$).
 - Cf (clima templado húmedo). Pms mes seco $> 30 \text{ mm}$.
 - Cfa: verano caluroso. T_{mc} mes cálido $> 22^\circ \text{C}$
 - Cfb: verano cálido. T_{mc} mes cálido $< 22^\circ \text{C}$ y al menos cuatro meses con $T_m > 10^\circ \text{C}$.
 - Cs (clima templado de verano seco). Pms $< 30 \text{ mm}$.
 - Csa: verano seco y caluroso. $T_{mc} > 22^\circ \text{C}$.
 - Csb: verano seco y cálido. $T_{mc} < 22^\circ \text{C}$ y al menos cuatro meses con $T_m > 10^\circ \text{C}$
 - Cw (clima templado de invierno seco)
- TIPO D: Clima frío ($k > 2$, $T_{mf} < -3^\circ \text{C}$ y $T_{mc} > 10^\circ \text{C}$).

En el caso de esta obra, tenemos:

P (cm)	Tm (°C)	k	Tmf(°C)	Tmc(°C)	Pmes seco (cm)
92.315	18.3	5	9.8	29.4	0

Según Köppen, la zona estaría comprendida dentro del clima de tipo C, clima templado cálido ($k > 3$), más concretamente del tipo Cs ($P_{ms} < 30 \text{ mm}$); Csa: verano seco y caluroso ($T_{mc} > 22^\circ \text{C}$). Por lo tanto, el clima de la zona de estudio es templado cálido de verano seco y caluroso.

Clasificación de J. Papadakis

Por su utilidad y representatividad se ha empleado el índice de clasificación Agroclimática de J. Papadakis. Este se ha obtenido de las publicaciones "Caracterización Agroclimática de las Provincia de Cádiz", de la Dirección General de la Producción Agraria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (M.A.P.A.).

Basado en la ecología de los cultivos, permite establecer el espectro de los cultivos de un área dada y, en consecuencia, fundamentar la utilización agraria de la misma en base a parámetros meteorológicos relativamente sencillos.

Por un lado, Papadakis ordena los cultivos en función de sus requisitos térmicos de invierno y verano y su resistencia a las heladas y a la sequía, expresando tales características en forma cuantitativa.

Una vez realizada esta ordenación, el autor analiza cada lugar a través de sus condiciones térmicas, de invierno y verano, los periodos de helada y de sequía, con lo que, a partir de esta caracterización, y merced al orden inicial establecido para los cultivos, se puede elaborar el espectro cultural de un área determinada con relativa sencillez.

Papadakis considera que las características fundamentales de un clima son dos: el régimen térmico anual, como síntesis de un tipo de invierno y un tipo de verano, y el régimen de humedad.

La definición del tipo de invierno se apoya en tres parámetros meteorológicos básicos: la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío, la temperatura media de las mínimas del mes más frío, y la temperatura media de las máximas del mes más frío. A veces, esta definición se precisa utilizando un cuarto parámetro, la temperatura media de las mínimas absolutas anuales.

De esta forma, define seis tipos de invierno fundamentales, que son: Ecuatorial, Tropical, Citrus, Avena, Triticum y Primavera, ordenados en sentido de rigor invernal creciente.

El tipo de verano es función de la duración del periodo libre de heladas. A su vez, este dato se valora a través de la temperatura media de las medias de las máximas temperaturas de los meses más cálidos. Así, define ocho tipos de verano fundamentales, que son los siguientes: Algodón, Café, Arroz, Maíz, Trigo, Polar, Frígido y Andino-Alpino, ordenados en sentido de rigor estival decreciente.

La combinación del tipo de invierno y del tipo de verano en un área permitirán conocer el régimen térmico anual, así como los periodos de sequía que caracterizarán el régimen de humedad, que se define, fundamentalmente, por los periodos de sequía, su duración, intensidad y situación en el ciclo anual.

Define regímenes térmicos anuales como: Ecuatorial, Tropical, Andino, Subtropical, Marítimo, Templado, Continental, Polar, etc. Como regímenes de humedad define los seis siguientes: Húmedo, Desértico, Mediterráneo, Monzónico, Estepario e Isohigro-Semiárido.

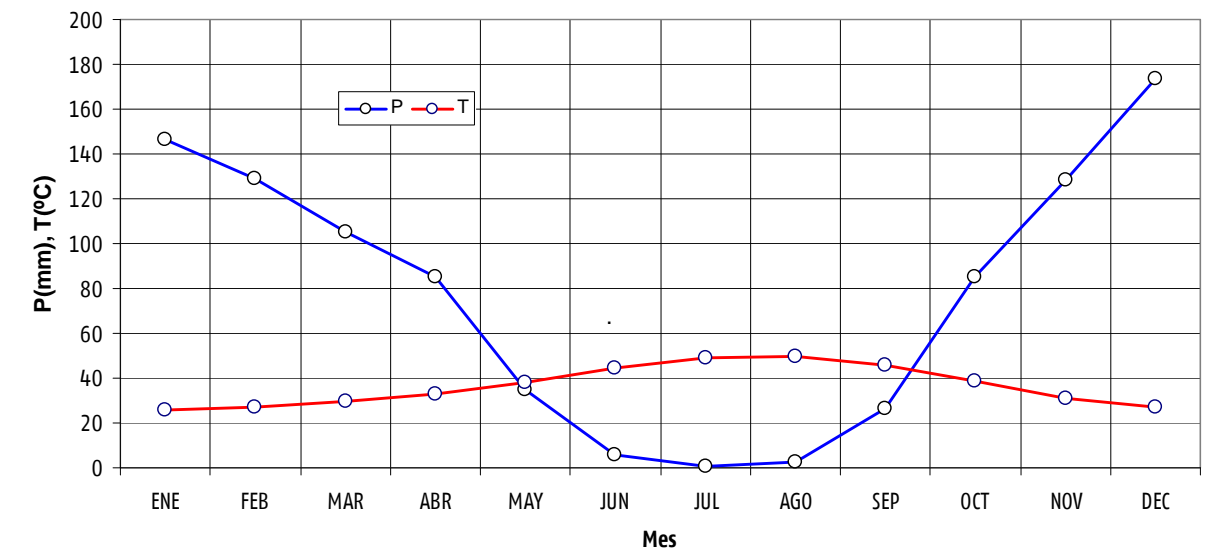
La combinación del régimen térmico y de humedad de un área permite establecer el tipo climático o ecoclima al que pertenece. Los diez fundamentales son los siguientes: Tropical, Tierra Fría, Desértico, Subtropical, Pampeano, Mediterráneo, Marítimo, Continental Húmedo, Estepa y Polar.

La clasificación agroclimática de J. Papadakis para la zona de ubicación de este proyecto es:

- Tipo de verano: 0 Arroz
- Tipo de invierno: Ci Citrus
- Régimen térmico: MA Marítimo cálido
- Régimen de humedad: ME Mediterráneo húmedo
- Índice anual de humedad: 0,93 (cociente entre la P anual y la ETP anual)
- Lluvia de lavado: 501,6 mm
- Tipo climático: Mediterráneo marítimo

Climodiagrama de Walter-Gausson o diagrama ombrotérmico

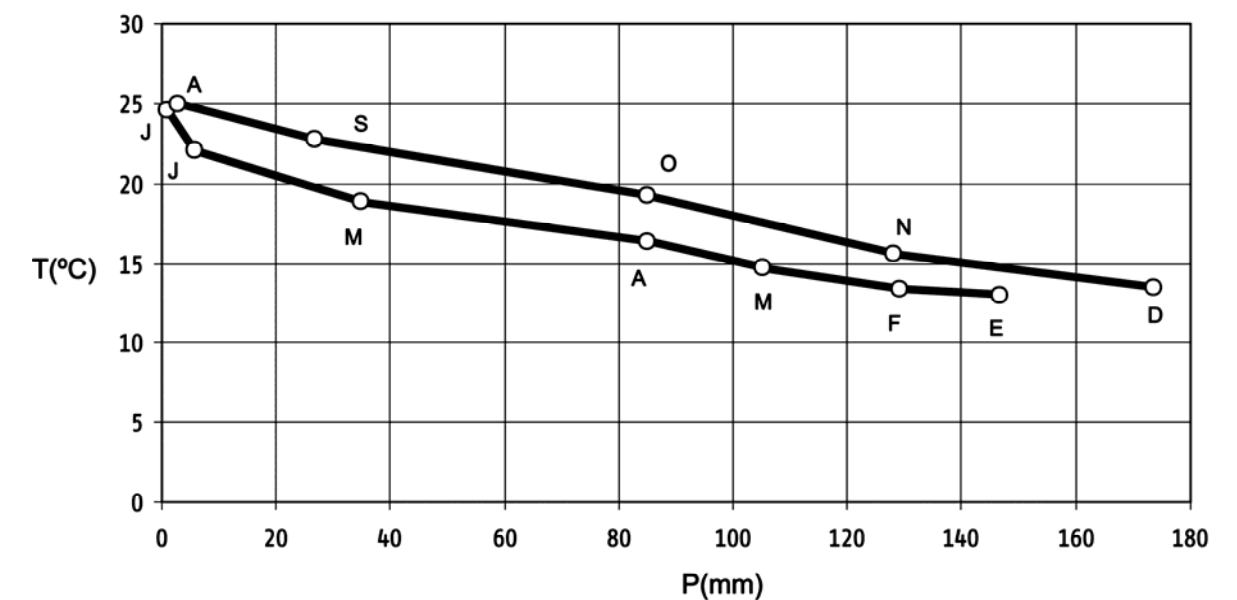
Permite visualizar el periodo seco del año según Gausson, quien establece la equivalencia de 2mm de precipitación=1°C de temperatura. EL periodo seco será aquel en el que la curva ómbrica (mm) quede bajo la curva térmica(°C), en este caso desde mediados de mayo hasta el comienzo de la última semana de septiembre.



Climodiagrama de Papadakis

Es una representación de los puntos (precipitación media, temperatura media) correspondientes a cada mes del año, unidos por líneas rectas en el orden enero a diciembre.

Se observa que las curvas de verano e invierno son paralelas y próximas, lo que indica un régimen pluviométrico sensiblemente uniforme a lo largo del año. Por otra parte, la relativa horizontalidad de dichas curvas indica una oscilación térmica reducida.



2.7. OBTENCIÓN DEL NÚMERO DE DÍAS ÚTILES DE TRABAJO

La ejecución de este tipo de infraestructuras puede verse afectada por las condiciones del clima de la zona. El coste de la obra, en consecuencia, viene afectado en gran medida por la época o estación climática en que ha de ejecutarse cada fase de la obra.

Para ello, se calculan los rendimientos en cada unidad de obra debido a la climatología, que se realiza según el método indicado en la publicación "Datos Climáticos para Carreteras", que se desarrolla a continuación.

2.7.1. COEFICIENTES MEDIOS ANUALES

Para determinar los coeficientes medios anuales con el fin de obtener el nº de días útiles de trabajo para cada unidad de obra en función de la climatología, se ha empleado la metodología propuesta por la publicación "Datos Climáticos para Carreteras", de 1964, publicada por la Dirección General de Carreteras.

Según esta metodología, para calcular el número de días trabajables útiles en las distintas unidades de obra se establecen unos coeficientes de reducción a aplicar al número de días laborables de cada mes, que se estiman a partir de toda información climatológica disponible.

Estos coeficientes son:

- Coeficiente de reducción por helada η_m . Es el cociente entre el número de días del mes en que la temperatura mínima es superior a 0 °C y el número total de días del mes.

$$\eta_m = \frac{\text{nº de días con } T > 0^\circ\text{C}}{\text{nº de días del mes}}$$

- Coeficiente de reducción por temperatura límite de riegos, tratamientos superficiales o por penetración τ_m . Es el cociente entre el número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 10 °C y el número total de días del mes.

$$\tau_m = \frac{\text{nº de días con } T > 10^\circ\text{C a las 9 h}}{\text{nº de días del mes}}$$

- Coeficiente de reducción por temperatura límite de mezclas bituminosas τ'_m . Es el cociente entre el número de días en que la temperatura a las 9 de la mañana es igual o superior a 5 °C y el número total de días del mes.

$$\tau'_m = \frac{\text{nº de días con } T > 5^\circ\text{C a las 9 h}}{\text{nº de días del mes}}$$

- Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo λ_m . Es el cociente entre el número de días del mes en que la precipitación es inferior a 10 mm y el número total de días del mes.

$$\lambda_m = \frac{\text{nº de días con } P < 10 \text{ mm}}{\text{nº de días del mes}}$$

- Coeficiente de reducción por lluvia límite de trabajo λ'_m . Es el cociente entre el número de días del mes en que la precipitación es inferior a 1 mm y el número total de días del mes.

$$\lambda'_m = \frac{\text{nº de días con } P < 1 \text{ mm}}{\text{nº de días del mes}}$$

En el siguiente cuadro se indican los factores meteorológicos que afecta a cada tipo de obra:

Unidad de obra	Factores				
	T>0°C	P<10 mm	P<1 mm	T _{9h} >10°C	T _{9h} >5°C
Hormigones hidráulicos					
Explanaciones					
Aridos					
Riegos y tratamientos superficiales o por penetración					
Mezclas bituminosas					

Para el cálculo de los coeficientes, se ha interpolado en los planos de las distintas isóneas mensuales que se obtienen de la publicación "Datos Climáticos para Carreteras" de 1.964.

El coeficiente de reducción correspondiente a cada clase de obra es el resultado de las siguientes expresiones:

- Hormigones hidráulicos: $C_m = \eta_m * \lambda_m$
- Explanaciones: $C_m = \eta_m (\lambda_m + \lambda'_m) / 2$
- Producción de áridos: $C_m = \lambda_m$
- Riegos y tratamientos: $C_m = \tau_m * \lambda'_m$
- Mezclas bituminosas: $C_m = \tau'_m * \lambda'_m$

Coefficiente	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
η_m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
τ_m	0.55	0.75	0.85	0.97	1	1	1	1	1	1	0.95	0.7
τ'_m	0.95	0.92	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9
λ_m	0.83	0.87	0.81	0.9	0.97	0.99	1	0.99	0.99	0.94	0.9	0.88
λ'_m	0.62	0.74	0.64	0.82	0.91	0.98	1	0.97	0.97	0.86	0.72	0.69

Los coeficientes de reducción resultantes para unidad de obra son los siguientes:

Unidad de obra	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hormigones	0.83	0.87	0.81	0.9	0.97	0.99	1	0.99	0.99	0.94	0.9	0.88
Explanaciones	0.725	0.805	0.725	0.86	0.94	0.985	1	0.98	0.98	0.9	0.81	0.785
Áridos	0.83	0.87	0.81	0.9	0.97	0.99	1	0.99	0.99	0.94	0.9	0.88
Riegos	0.341	55.5	0.544	0.795	0.91	0.98	1	0.97	0.97	0.86	0.684	0.483
M. bitum.	0.589	0.681	0.64	0.82	0.91	0.98	1	0.97	0.97	0.86	0.72	0.621

Para el cálculo de las horas trabajables netas de cada mes se debe considerar, además, las horas laborables disponibles según el calendario. Teniendo en cuenta el calendario laboral Convenio Colectivo de Construcción y Obras Públicas de la provincia de Cádiz (Boletín Oficial de Cádiz nº 25 de 08/02/2010).

Los coeficientes de reducción Cf por días festivos para cada mes son los siguientes:

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0.893	0.95	0.955	0.909	1	1	1	0.952	1	0.905	0.955	0.783

Aplicando la expresión $C_t = 1 - (1 - C_m) \times C_f$ para cada unidad de obra y mes de año, se obtienen los coeficientes reductores mensuales para las distintas unidades de obras susceptibles a las condiciones meteorológicas:

Mes	Horas laborables para cada día del mes																															Total de horas útiles	Coeficientes de reducción										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		Hormigones hidráulicos	Explanaciones	Aridos	Riegos y tratamientos	Mezclas bituminosas						
Enero	F	S	D	8	6	F	8	8	S	D	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	8	8	150	0.902	0.841	0.902	0.618	0.762
Febrero	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	FL	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	8	S	D								152	1	0.789	0.894	0.841	0.894	
Marzo	F	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	8	S	D	5	6	6				170	0.839	0.766	0.839	0.612	0.694		
Abril	F	F	S	D	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	8								160	0.903	0.864	0.903	0.802	0.825
Mayo	F	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8							168	0.97	0.94	0.97	0.91	0.91
Junio	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8							176	0.99	0.985	0.99	0.98	0.98
Julio	7	5	S	D	7	7	7	7	5	S	D	7	7	7	7	5	S	D	7	7	7	7	5	S	D	7	7	7	7	5	S							144	1	1	1	1	1
Agosto	D	7	7	7	7	5	S	D	7	7	7	7	5	S	D	F	7	7	7	5	S	D	7	7	7	7	5	S	D	7	7							139	0.99	0.98	0.99	0.97	0.97
Septiembre	8	8	8	S	D	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8								176	0.99	0.98	0.99	0.97	0.97
Octubre	8	S	D	8	8	8	FL	8	S	D	8	F	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D							152	0.94	0.9	0.94	0.86	0.86
Noviembre	F	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8								168	0.905	0.82	0.905	0.7	0.734
Diciembre	8	8	8	S	D	F	P	F	8	8	S	D	8	8	8	8	8	S	D	8	8	8	8	P	F	D	8	8	8	8	P							144	0.907	0.833	0.907	0.598	0.705

F: festivo FL: festivo local P: jornada no laboral S: sábado D: domingo

3. HIDROLOGÍA

El capítulo de hidrología tiene como objetivo determinar unos valores máximos de la precipitación cuya probabilidad de ser superados sea razonablemente baja durante la vida útil de la infraestructura, así como los caudales de agua de escorrentía que dichas lluvias originarán sobre el terreno y que alcanzarán la obra, con el fin de diseñar las actuaciones necesarias (obras de drenaje, protecciones, encauzamientos, etc) para que la afección de los mismos a las construcciones sea mínima.

3.1. BASES DE CÁLCULO

Para el dimensionamiento y cálculo se ha seguido la siguiente documentación:

- Instrucción de carreteras. 5.2-IC. Drenaje superficial.
- Instrucciones y Recomendaciones para redacción de proyectos de plataforma (IGP-2011)
- Máximas lluvias diarias en la España peninsular. Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (1.999).

3.2. PRECIPITACIONES DE CÁLCULO

Para la determinación de las máximas precipitaciones diarias en el lugar de implantación, se ha seguido el procedimiento operativo descrito en las Series Monográficas para la obtención de las Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular editado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Se procede de la siguiente forma:

- Localizamos en el mapa de la Figura 1. El punto geográfico deseado en coordenadas UTM: (HUS0 30)
 $X= 281818$
 $Y= 4014333$
- Estimamos mediante las isolíneas el coeficiente de variación C_v (líneas rojas con valores inferiores a la unidad) y el valor medio P de la máxima precipitación diaria anual (líneas moradas).

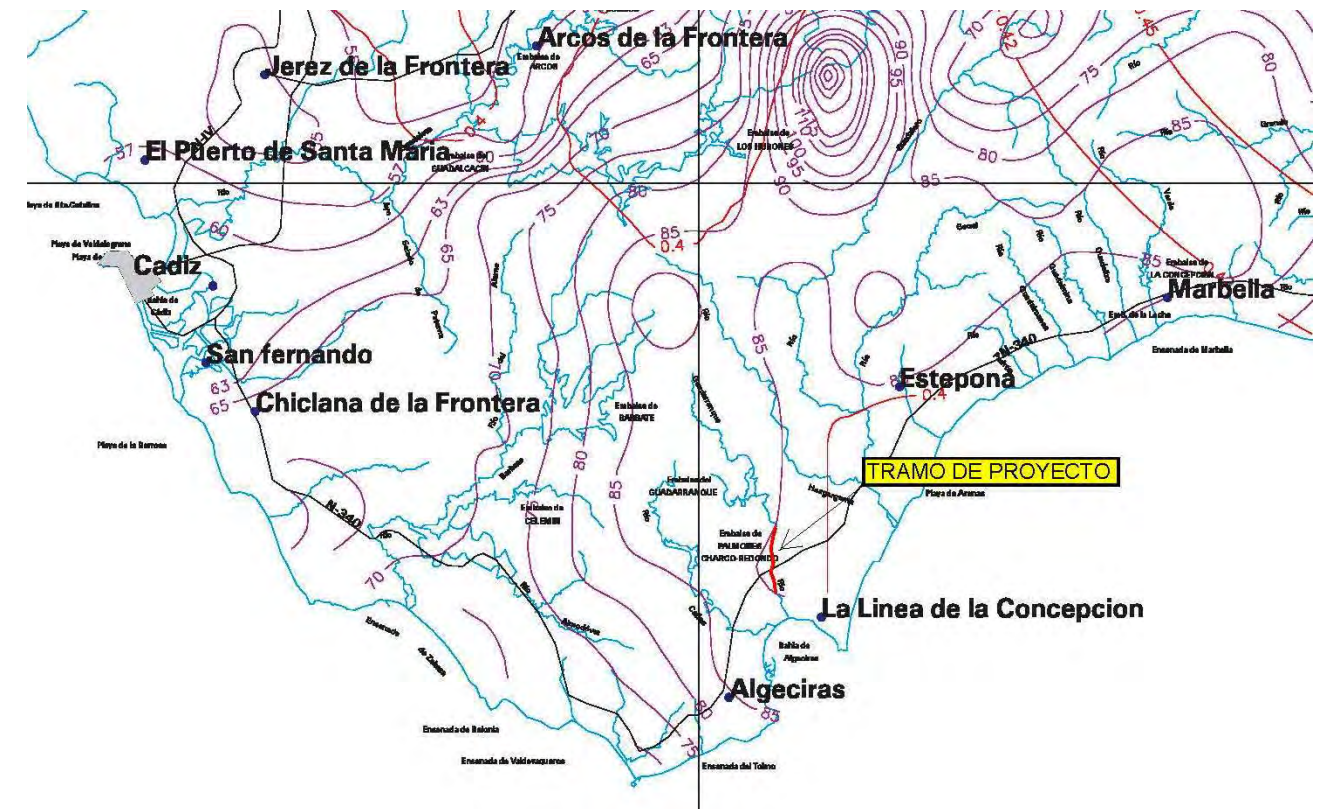


Figura 1

- De la figura anterior se deduce los valores de C_v y P para el punto de localización:

$$C_v = 0.4002$$

$$P = 85 \text{ mm/día}$$

- Para el período de retorno deseado T y el valor de C_v , obtenemos el factor de amplificación Y_T de la Tabla 1 "cuantiles de la Ley SQRT-ET máx."

C _v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 1

- Realizando el producto del factor de amplificación Y_T por el valor medio P obtenemos el cuantil de la precipitación diaria máxima para el período de retorno deseado X_T:

$$X_T = Y_T * P$$

Se adjunta a continuación el cálculo de los cuantiles para diferentes periodos de retorno:

Factor de Amplificación para diferentes periodos de retorno	Valor medio P, de la máxima precipitación diaria anual (mm/día)	Cuantil de la precipitación diaria máxima para diferentes período de retorno (mm/día)
K ₂₅ =	1.84	85
K ₅₀ =	2.11	85

Factor de Amplificación para diferentes periodos de retorno	Valor medio P, de la máxima precipitación diaria anual (mm/día)	Cuantil de la precipitación diaria máxima para diferentes período de retorno (mm/día)
K ₁₀₀ =	2.40	85
K ₂₀₀ =	2.69	85
K ₅₀₀ =	3.14	85

3.3. CALCULO DE CAUDALES DE AVENIDA

Para el cálculo de los caudales de avenida se ha seguido el método hidrometeorológico que indica las "INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE PLATAFORMA IGP-2011" que consiste en una versión modificada del que viene recogido en la Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial".

En general, el método de estimación de los caudales asociados a distintos períodos de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca aportante.

3.3.1. MÉTODO DE CÁLCULO

Evaluación del caudal punta para el desagüe transversal.

El caudal punta de avenida, Q (en m³/s), en el punto de cruce de la vaguada con el trazado, para un período de retorno dado, se obtiene mediante la expresión:

$$Q = K \frac{CIA}{3,6}$$

A = Superficie de la cuenca (en km²)

K = Coeficiente que tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal del aguacero.

La expresión utilizada para determinar el valor K es función del tiempo de concentración (T_c) de la cuenca:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

A continuación se expondrá el proceso de obtención de los valores de I y de C que definirán totalmente la fórmula anterior.

Intensidad media de precipitación

La intensidad a utilizar en la aplicación del método racional modificado, recordando la formulación anterior, es la correspondiente a un período de retorno y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

Para su cálculo se utiliza una ley intensidad duración en la forma:

$$I_t/I_d = (I_1/I_d)^{((28^{0.1} - T_c^{0.1}) / (28^{0.1} - 1))} \quad (4)$$

Donde:

I_t (mm/h) = intensidad media correspondiente al intervalo de duración t .

I_d (mm/h) = intensidad media diaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado. $I_d = P_d/24$

P_d (mm) = precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno.

I_1 (mm/h)=la intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho periodo de retorno.

t (h) = duración del intervalo al que se refiere I_t .

El valor del ratio I_1/I_d se determina a partir de la Figura 2. Dada la ubicación del proyecto, este coeficiente tiene un valor de 8.

Si se toma $t = T_c$ se obtiene la intensidad a emplear en (3).

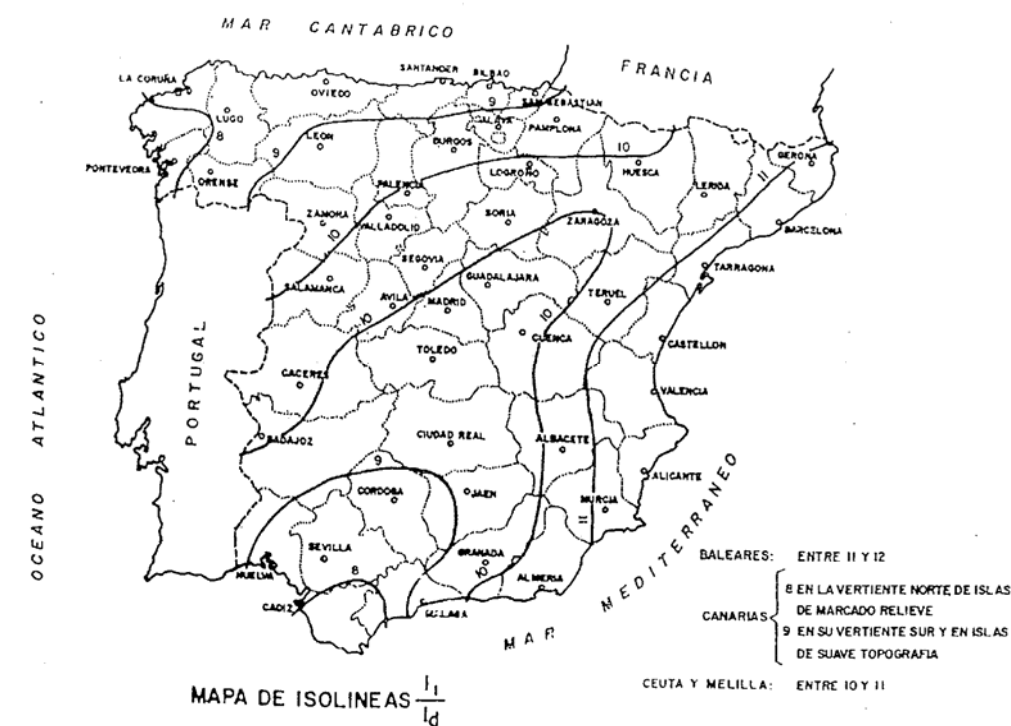


Figura 2

El procedimiento seguido para la obtención de los valores de P_d para distintos periodos de retorno en la zona de implantación ya ha sido expuesto anteriormente en el presente documento.

Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración T_c (h) relacionado con la intensidad media de la precipitación se podrá deducir de:

$$T_c = 0,3 (L/J)^{1/4} 0,76 \quad (5)$$

Siendo:

L (km) = la longitud del cauce principal.

J (m/m) = su pendiente media.

Periodo de retorno

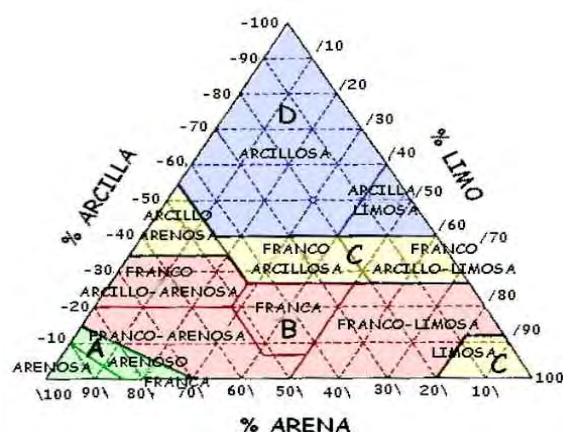
Las caudales de las cuencas aportantes se han calculado para un periodo de retorno de 500 años.

Escorrentía

Para la determinación del coeficiente de escorrentía, la instrucción de carreteras 5.2-IC dispone de una metodología basada en el conocimiento de la textura del terreno y de la pendiente. La Instrucción define un valor P_o , denominado umbral de escorrentía, que corresponde a la lluvia mínima, medida en mm, necesaria para formar escorrentía sobre un determinado terreno. Entonces, habrá escorrentía únicamente en aquellos casos en los que la precipitación supere al umbral, es decir, $P > P_o$. En tal caso, el coeficiente de escorrentía C viene dado por la expresión:

$$C = \frac{\left[\frac{P_d}{P_o} - 1 \right] \cdot \left[\frac{P_d}{P_o} + 23 \right]}{\left[\frac{P}{P_o} + 11 \right]^2}$$

La estimación del valor de P_o puede hacerse siguiendo el método del Servicio de Conservación de Suelos de EEUU. Para ello, se clasifica el suelo en alguna de las cuatro categorías A, B, C ó D en función de su textura, utilizando el triángulo de la figura siguiente:



La textura determina, entre otras propiedades, la permeabilidad del suelo. Cuanto más permeable es un suelo, mayor es el umbral de escorrentía.

Grupo	Infiltración	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa, areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa, franca, franco-arcillo-arenosa, franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcilloso, franco-arcillo-limosa, arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeña	Arcilloso	Pobre a muy pobre

Para terrenos rocosos y pavimentos, el valor de P_o viene dado por esta tabla:

Tipo	Pendiente (%)	P_o (mm)
Roca permeable	≥ 3	3
	< 3	5
Roca impermeable	≥ 3	2
	< 3	4
Firme granular no pavimentado	---	2
Adoquinado	---	1.5
Pavimentos bituminosos o de hormigón	---	1

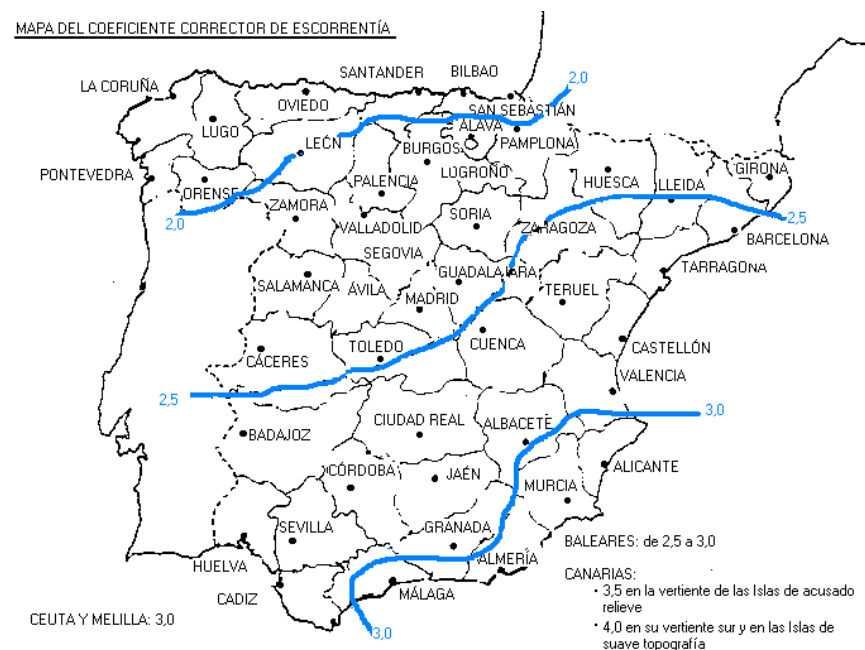
Para otros terrenos, el valor de P_o puede estimarse de la siguiente tabla:

Uso	Pendiente (%)	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Rotación de cultivos pobres	≥ 3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	< 3	R/N	30	19	13	10
Rotación de cultivos densos	≥ 3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	< 3	R/N	47	25	16	13
Praderas	≥ 3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	53	33	18	13
		Muy buena	53	41	22	15
	< 3	Pobre	58	25	12	7
		Media	58	35	17	10
		Buena	58	35	22	14
		Muy buena	58	41	22	15
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal	≥ 3	Pobre	62	26	15	0
		Media	62	34	19	14
		Buena	62	42	22	15
	< 3	Pobre	62	34	19	14
		Media	62	42	22	15
		Buena	62	50	25	16
Masas forestales	---	Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	60	34	22	16
		Espesa	60	47	31	23
		Muy espesa	60	65	43	33
Barbecho	≥ 3	R	15	8	6	4
	< 3	N	17	11	8	6
Cultivos en hilera	≥ 3	R/N	20	14	11	8
	< 3	R	23	13	8	6
Cereales de invierno	≥ 3	N	25	16	11	8
		R	28	19	14	11
	< 3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
		R/N	34	21	14	12

R: cultivos a lo largo de las curvas de nivel

N: cultivos a lo largo de la línea de máxima pendiente

El valor obtenido de estas tablas debe multiplicarse por un factor de corrección que tiene en cuenta la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos.



Para la determinación de los umbrales de escorrentía se han dividido las cuencas según el uso y características del terreno, para posteriormente calcular el coeficiente de escorrentía representativo de la cuenca. En la siguiente tabla se muestran los coeficientes obtenidos para cada una de las cuencas:

ODT	Cuenca	Superf. Total	Superf. Parcial	%	P _o	Uso	P _o '	P _{d500}	C	C'
4+112	A	6022167	155759	2.59%	35	Praderas <3%	105	267	0.21	0.01
			668539	11.10%	19	Cultivos en hilera <3%	57	267	0.41	0.05
			1086852	18.05%	24	Masas forestal, clara	72	267	0.33	0.06
			4111017	68.26%	34	Masas forestal, Espesa	102	267	0.22	0.15
										0.26
4+612	B	1424072	56620	3.98%	35	Praderas <3%	105	267	0.21	0.01
			170849	12.00%	19	Cultivos en hilera <3%	57	267	0.41	0.05
			1196603	84.03%	34	Masas forestal, Espesa	102	267	0.22	0.19
										0.25
6+092	C	2716442	230259	8.48%	35	Praderas <3%	105	267	0.21	0.02
			115237	4.24%	19	Cultivos en hilera <3%	57	267	0.41	0.02
			665034	24.48%	24	Masas forestal, clara	72	267	0.33	0.08
			836831	30.81%	34	Masas forestal, Espesa	102	267	0.22	0.07
			869081	31.99%	1	Urbanización	3	267	0.99	0.32
										0.50
6+431	D	97338	39624	40.71%	35	Praderas <3%	105	267	0.21	0.09
			45578	46.82%	34	Masas forestal, Espesa	102	267	0.22	0.10
			12136	12.47%	1	Urbanización	3	267	0.99	0.12
										0.31

Resultados

A continuación se presentan los resultados de la aplicación del método anteriormente descrito a las cuencas de estudio. El proceso de cálculo sería:

- La intensidad media correspondiente a dicho periodo de retorno se calcula según:

$$I_t = P_{d(500)} / 24 \times (I_1 / I_d)^{((28^{0.1} - T_c^{0.1}) / (28^{0.1} - 1))}$$

Con $I_1 / I_d = 10$ y siendo $P_{d(500)} / 24$ la intensidad horaria máxima I_d (mm/h).

- La obtención del caudal de máxima avenida para el periodo de retorno considerado es:

$$Q = K \times C \times I_t \times A / (3,6 \times 10^6)$$

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada una de las cuencas en las que la aplicación de este método es válida.

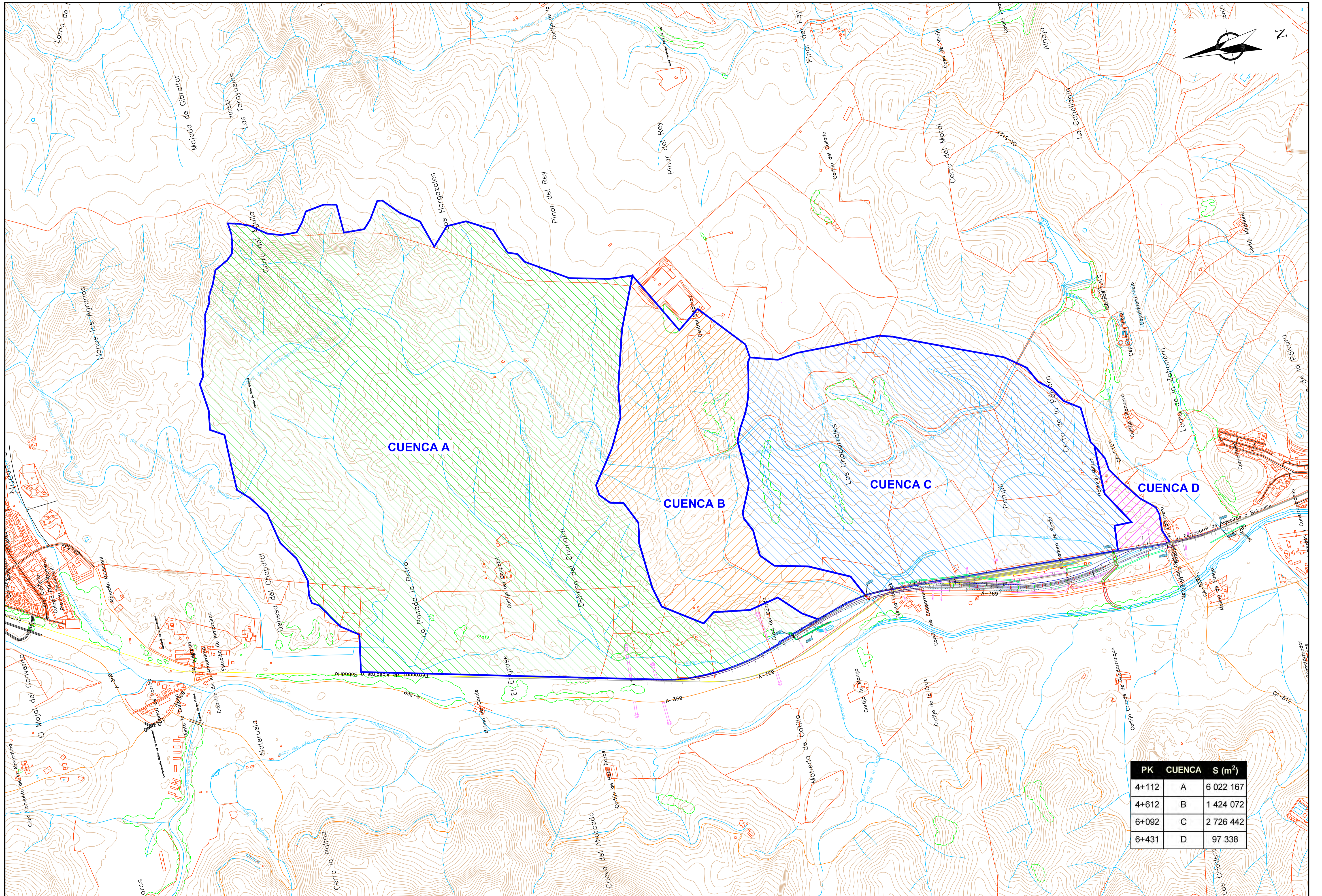
Para un periodo de retorno de 500 años se ha calculado:

- La precipitación máxima diaria P_d (t) (mm).
- La intensidad horaria máxima (I_d (t) = P_d (t) / 24) (mm/h).
- El valor de la intensidad media I_t (mm/h).
- El caudal máximo (m^3 / seg).

PK	CUENCA	S (m ²)	L (m)	Az	p (%)	Ce	Tc(h)	It/I _d	I _d (mm/h)	It(mm/h)	k	Q(m ³ /seg)
4+112	A	6,022,167	5537	155	2.8	0.26	2.17	5.23	11.13	58.22	1.158	29.33
4+612	B	1,424,072	2309	85	3.7	0.25	1.06	7.75	11.13	86.26	1.071	9.14
6+092	C	2726442	2226	93	4.2	0.5	1.01	7.97	11.13	88.65	1.067	35.83
6+431	D	97,338	755	35	4.6	0.31	0.43	12.18	11.13	135.56	1.024	1.16

Apéndice 1: Planos

El presente Apéndice incluye los planos de cuencas que entran dentro del ámbito del documento Proyecto Modificado nº1 "Proyecto Constructivo para la Renovación del Trayecto Almoraima-Algeciras de la Línea Bobadilla-Algeciras. Subtramo de PK 3+100 a PK 6+800. San Roque Mercancías"



TÍTULO: PROYECTO MODIFICADO N°1 "PROYECTO CONSTRUCTIVO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA - ALGECIRAS DE LA LÍNEA BOBADILLA - ALGECIRAS. SUBTRAMO PK 3+100 A PK 6+800. SAN ROQUE MERCANCÍAS "

AUTOR DEL PROYECTO

ESCALA Original DIN A-1
1:10.000

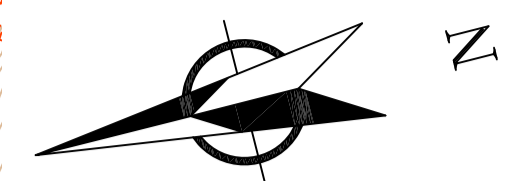
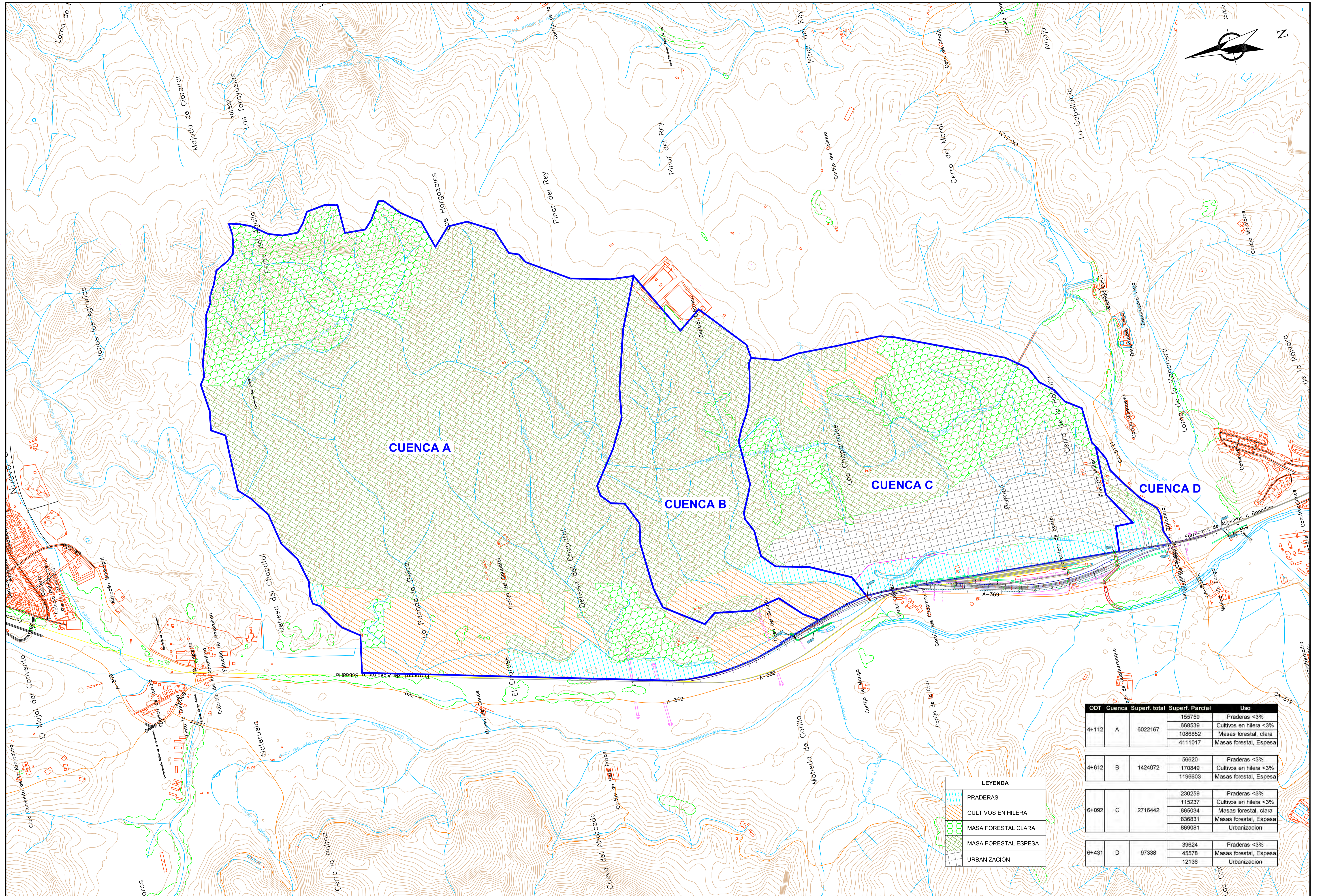
Númerica Gráfica



FECHA
MAYO 2014

TÍTULO DEL PLANO
CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA
CUENCAS VERTIENTES

N° DE PLANO
A06.1 REV.01
Hoja 1 DE 1



CUENCA A

CUENCA B

CUENCA C

CUENCA D

LEYENDA

	PRADERAS
	CULTIVOS EN HILERA
	MASA FORESTAL CLARA
	MASA FORESTAL ESPESA
	URBANIZACIÓN

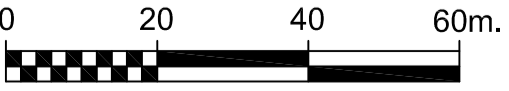
ODT	Cuenca	Superf. total	Superf. Parcial	Uso
4+112	A	6022167	155759	Praderas <3%
			668539	Cultivos en hilera <3%
			1086852	Masas forestal, clara
			4111017	Masas forestal, Espesa
4+612	B	1424072	56620	Praderas <3%
			170849	Cultivos en hilera <3%
			1196603	Masas forestal, Espesa
6+092	C	2716442	230259	Praderas <3%
			115237	Cultivos en hilera <3%
			665034	Masas forestal, clara
			836831	Masas forestal, Espesa
			869081	Urbanización
6+431	D	97338	39624	Praderas <3%
			45578	Masas forestal, Espesa
			12136	Urbanización



TÍTULO: **PROYECTO MODIFICADO N°1 "PROYECTO CONSTRUCTIVO PARA LA RENOVACIÓN DEL TRAYECTO ALMORAIMA - ALGECIRAS DE LA LÍNEA BOBADILLA - ALGECIRAS. SUBTRAMO PK 3+100 A PK 6+800. SAN ROQUE MERCANCIAS "**

AUTOR DEL PROYECTO

ESCALA Original DIN A-1
1:10.000



Númerica Gráfica

FECHA
MAYO 2014

TÍTULO DEL PLANO
CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA
SUPERFICIES USOS TERRENOS

N° DE PLANO
A06.2 REV.01
Hoja 1 DE 1

Apéndice 3.- Anejo Nº 9 de Drenaje del Proyecto Modificado

Drenaje

Anejo 9

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. DRENAJE TRANSVERSAL	1
2.1. Pequeñas obras de paso	1
2.2. Calculo hidráulico	1
2.3. Calculo de ODT proyectadas.....	2
2.4. Encauzamientos	6
3. DRENAJE LONGITUDINAL.....	6
3.1. Cunetas de borde de plataforma	6
3.2. Cunetas de pie de terraplén y coronación de desmontes	8
4. DRENAJE PROFUNDO DE LA PLAYA DE VÍAS DE LA ESTACIÓN DE SAN ROQUE MERCANCÍAS.....	8
5. RELLENO EN PUNTO BAJO.....	9

Apéndices

APÉNDICE 1.- PLANOS

1. INTRODUCCIÓN

El presente Anejo tiene por objeto el desarrollo del cálculo y dimensionado de las obras y sistemas de drenaje que será necesario disponer a lo largo del trazado objeto del presente Proyecto para garantizar la no afección a las obras de los caudales de escorrentía generados por los terrenos colindantes así como la evacuación de la escorrentía producida en la propia plataforma.

Las principales actuaciones en materia de drenaje, por su coste, corresponden al drenaje transversal.

Por último, se ha diseñado una red de drenaje longitudinal formada por cunetas de borde de plataforma, cuentas de pie de terraplén y cunetas de guarda o de coronación de desmontes.

2. DRENAJE TRANSVERSAL

2.1. PEQUEÑAS OBRAS DE PASO

Se denominará ODT -obra de drenaje transversal- a toda aquella obra que permita la continuidad de la red de drenaje natural del terreno en el sentido transversal del camino.

2.2. CALCULO HIDRÁULICO

En el estudio hidrológico (Anejo 6 del presente proyecto) se han calculado los caudales de referencia a desaguar en cada obra de drenaje, según el método hidrometeorológico conocido como método racional modificado expuesto en las *"INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES PARA REDACCIÓN DE PROYECTOS DE PLATAFORMA IGP-2011"* que consiste en una versión modificada del que viene recogido en la Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial".

La tipología de estas obras de drenaje se corresponde, en general, con las recogidas en la colección 5.2.I.C. Como materiales para el dimensionado se ha considerado el hormigón.

A continuación se enumeran los criterios de diseño que han servido de guía en el dimensionamiento.

a) Continuidad de las cuencas.

Las cuencas hidrológicas interceptadas por la traza no serán modificadas por esta. Los caudales no se desviarán de unas cuencas a otras por efecto de las obras a realizar.

b) Velocidad de la corriente.

- No debe causar daños ni por erosión ni por aterramiento. Especialmente importante es en este caso la limitación de la velocidad de la corriente aguas abajo.
- Existen velocidades máximas por debajo de las cuales se puede considerar que se producirán daños de importancia por erosión en la superficie de cauce o conducto. Si el material del elemento de drenaje es hormigón, este límite se fija entre 4,5 a 6 m³ / seg., aunque no es recomendable llegar a estos límites.
- Las ODT se van a dimensionar para que la velocidad no exceda de 4 - 5 m/s.

c) sobreelevación del nivel del agua.

Los daños que se podrían producir por la sobreelevación del nivel de la corriente debido a la presencia de la traza de la vía tienen la consideración de catastróficos, y por lo tanto no se consideran admisibles.

Cada conducto tiene una curva característica, que relaciona el caudal que desagua a través de él con la cota que alcanza la lámina de agua inmediatamente aguas arriba (normalmente medida a partir de la cota de la solera a su entrada). Si dicha cota rebasase la de la calzada o la de alguna de las divisorias con las cuencas vecinas, el caudal de referencia se repartirá entre el conducto y esas derivaciones.

Para definir esa curva característica hay que diferenciar los dos tipos de control -o secciones determinantes- que pueden producirse en el régimen hidráulico del desagüe:

- Control de entrada, si la definición puede hacerse simplemente en función de las características de la entrada del conducto. En las Figuras de la Instrucción 5-9 y 5-10 se contienen, de forma dimensional, las curvas características correspondientes a conductos circulares y rectangulares con diversos tipos de embocadura.
- Control de salida, si los niveles del agua en el cauce a la salida del conducto, o las características de éste (longitud, pendiente, rugosidad), influyen en los niveles aguas arriba, necesitándose valores superiores a los deducibles por el control de entrada.

La curva característica correspondiente al control de entrada podrá considerarse definitiva, sin necesidad de comprobarla con el control de salida, si se reunieran las condiciones siguientes, que se presentan con frecuencia en la práctica:

- 1.- El conducto es recto, y su sección y pendiente son constantes.

- 2.- La diferencia del nivel del agua en el cauce a la salida del conducto con la cota de la solera en ésta es inferior, tanto a la altura del conducto como al calado crítico en él. Para determinar este último podrá utilizarse la Figura 5-11 de la Instrucción 5.2.-I.C.
- 3.- La relación entre la longitud L y la pendiente J del conducto es inferior a la indicada en las Figuras 5-12 a 5-14. Si la pendiente fuera inferior al 0,2 por 100 se podrán realizar los cálculos con este último valor, si bien el nivel del agua obtenido a la entrada deberá incrementarse en $(0,002-J)* L$.
- 4.- El nivel del agua a la entrada del conducto, resultante de los cálculos, no rebasa el señalado en la Figura 5-15 de la Instrucción.

Si no se cumplieran todas las condiciones anteriores, será preciso calcular el valor mínimo del nivel del agua a la entrada del conducto exigido por el posible control de salida, adoptándolo como definitivo si fuera mayor que el correspondiente al control de entrada.

Por tanto utilizamos la Instrucción 5.2.I.C. para obtener todos los datos necesarios, así como la fórmula de Manning-Strickler para calcular secciones y calados en las obras proyectadas.

Entendemos que el régimen óptimo de funcionamiento es cercano al crítico y en la zona de régimen rápido, tal como impone el condicionante número 2 de la Instrucción 5.2.I.C. recomendando que la altura de agua a la salida del conducto sea inferior al calado crítico.

2.3. CALCULO DE ODT PROYECTADAS

Según la Instrucción 5.2.I.C. se realizan los cálculos necesarios para justificar la idoneidad de las ODT proyectadas. Las características particulares de cada una de ellas son:

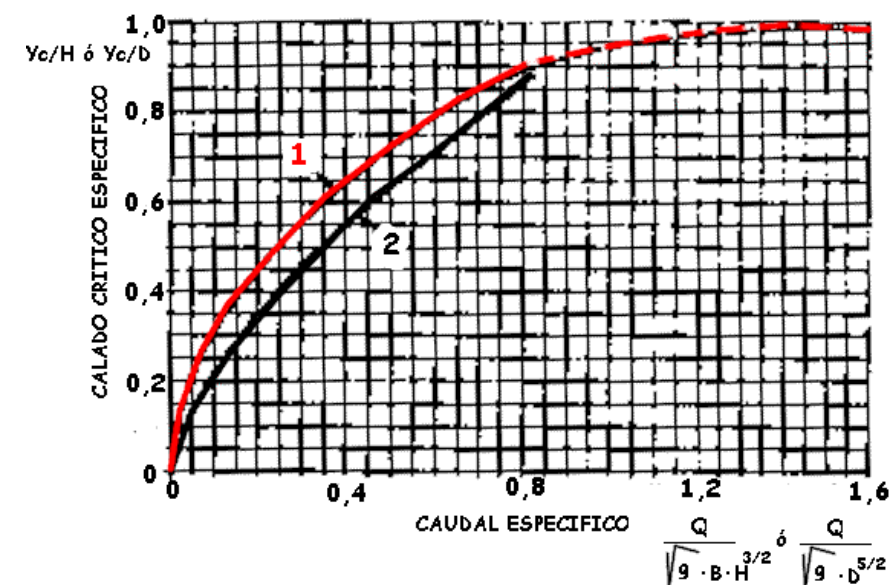
ODT	Actuación	Tipo de actuación
4+112	Obra nueva	2 marcos 3x2 m
4+612	Obra nueva	2 Marcos 3x2 m
6+092	Obra nueva	3 Marcos 3x2 m
6+431	Obra nueva	3 tubos Ø600 mm

A continuación se analizan los requisitos de la Instrucción 5.2.I.C.

La primera condición la cumplimos en todas las ODT proyectadas, es decir, todos los conductos son rectos y su sección y pendiente son uniformes.

- La diferencia del nivel del agua en el cauce a la salida del conducto con la cota de la solera en ésta es inferior, tanto a la altura del conducto como al calado crítico en él. Para determinar este último se ha utilizado la Figura 5-11 de la Instrucción.

RÉGIMEN CRÍTICO



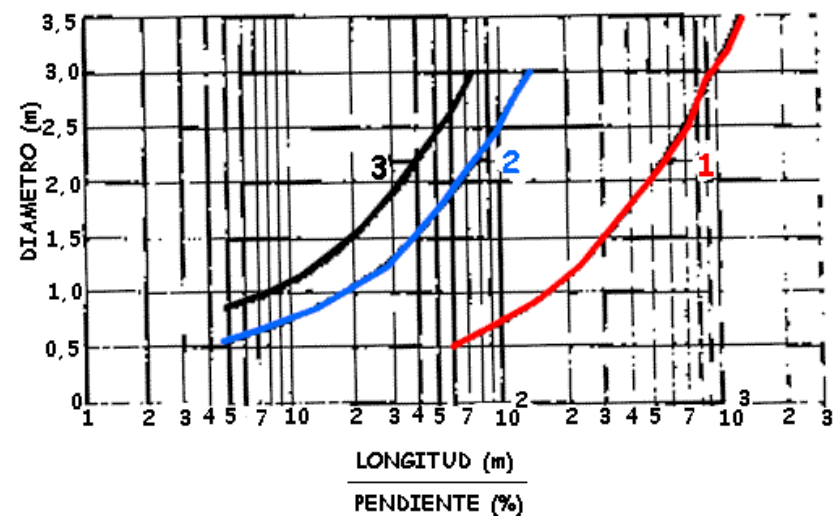
- Curva 1 - tubos
- Curva 2 - conductos rectangulares

NOTACIÓN:

- Q = Caudal
- Y_c = Calado crítico
- D = Diámetro del tubo
- H = Altura del conducto
- B = Anchura del conducto
- g = Aceleración de la gravedad

- La relación entre la longitud L y la pendiente J del conducto es inferior a la indicada en las Figuras 5-12 a 5-14. Si la pendiente fuera inferior al 0,2 por 100 se podrá realizar los cálculos con este último valor, si bien el nivel del agua obtenido a la entrada deberá incrementarse en $(0,002 - J)* L$.

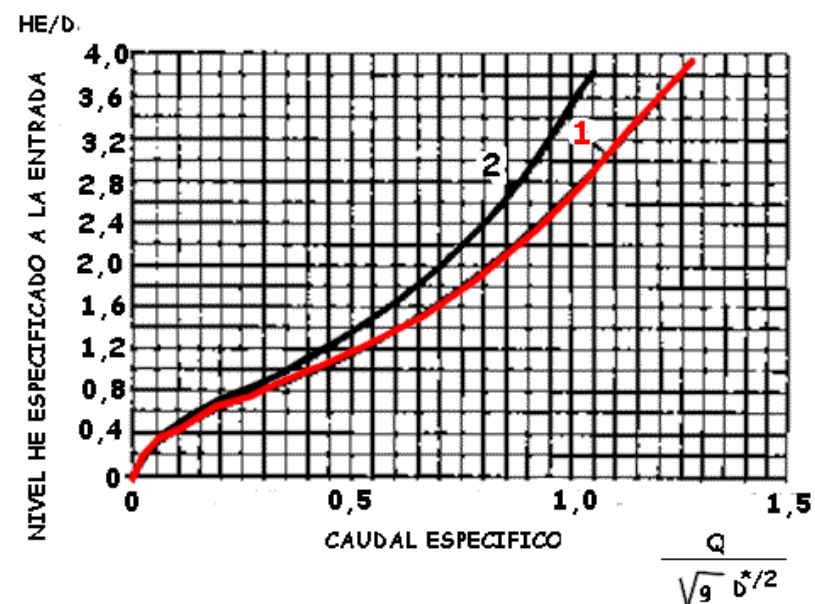
LÍMITE DE LA RAZÓN LONGITUD/PENDIENTE PARA CONTROL DE ENTRADA EN TUBOS



- Curva 1 - tubo de hormigón con muro de acompañamiento o aletas.
- Curva 2 - tubo metálico corrugado con embocadura exenta o ataluzada.
- Curva 3 - tubo metálico corrugado con muro de acompañamiento o aletas.

De igual manera la comprobación según la tabla 5.9 de control de entrada, resulta en todos los casos satisfactoria.

CONTROL DE ENTRADA



EMBOCADURA:

- Curva 1 - con aletas o muro de acompañamiento
- Curva 2 - exenta o ataluzada

NOTACIÓN:

- H_e = Altura del agua a la entrada (desde la solera)
- D = Diámetro del tubo
- Q = Caudal desaguado
- g = Aceleración de la gravedad

A continuación se presentan los resultados de los cálculos realizados para las ODT proyectadas y dimensionadas para el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 500 años. Se han utilizado hojas de cálculo elaboradas en base al método anterior y partiendo de las recomendaciones realizadas por el Bureau of Public Roads (U.S.A.) que establece 8 casos en base a los cuales se determinan las condiciones de funcionamiento:

En el cálculo de las obras de drenaje se realiza la comprobación analizando el cálculo unitario que vehicula por marco o tubo circular. Así.

En el caudal de la cuenca A = 29.33 m³/s, con dos marcos en paralelo, se calcula la ODT para 14.665 m³/s.

En el caudal de la cuenca B = 9.14 m³/s, con dos marcos en paralelo, se calcula la ODT para 4.57 m³/s.

En el caudal de la cuenca C = 35.83 m³/s, con tres marcos en paralelo, se calcula la ODT para 11.94 m³/s.

En el caudal de la cuenca D = 1.16 m³/s, con tres tubos en paralelo, se calcula la ODT para 0,387 m³/s.

CÁLCULO SOBREELEVACIÓN NIVEL DEL AGUA 5.2 I.-C.	
DENOMINACIÓN ODT	PK 4+112
TIPO	MARCO
CUENCA	A
CAUDAL m3/s	14.665
REGIMEN HIDRÁULICO	
CARACTERÍSTICAS	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Base (m) 3.00	Conducto recto SI
Altura H (m) 2.00	Secc. y pte. Uniforme SI
Caudal de cálculo (m ³ /s) 14.665	Calado salida < Yc y < H NO
Pendiente J (%) 0.240	L/J... k1 75.00
Longitud (m) 18.00	L/J _{lim} s/ Fig. 5.12, 5.13 5.14 .. k2 -
Material HA	k1 < k2 -
nManning 0.014	k1/k2 -
Embocadura Ke 0.20	Tipo de curva fig 5.10 2
Ángulo aletas 30°-70°	H _E / H fig. 5.9 o 5.10 1.064
	H_E (m) 2.128
	H _E / H max fig. 5.15 -
REGIMEN UNIFORME	H _E max -
Calado (m) Yn 1.643	H _E < H _E max -
Perímetro mojado (m) 6.286	
Superficie mojada (m ²) 4.929	
Rh (m) 0.784	
Velocidad (m/s) 2.976	
Caudal desaguado (m ³ /s) 14.67	NIVEL DEL AGUA A LA ENTRADA CON CONTROL DE SALIDA
% de la sección llena 82.15% <small>REVISAR</small>	Velocidad sección llena (m/s) 2.489
Número de Froude 0.74	Rh sección llena (m) 0.600
Tipo de flujo Lento	Altura a la entrada Hs (m) Hs = H₁ + μ - J₀*L
	$H_1 = (V^2 / 2g) \times (1 + K_E + \frac{2 \times g \times L \times n^2}{R^{4/3}})$
VALORES CRÍTICOS	H1 (m) 0.422
Caudal específico (m ³ /s) 0.552	μ 1.673
Calado crítico, Yc (m) 1.346	Jo*L 0.043
	Hs (m) 2.052
Perímetro mojado (m) 5.691	
Superficie mojada (m ²) 4.037	
Rh (m) 0.709	
Velocidad crítica (m/s) 3.633	
Pendiente crítica (%) 0.409%	
J > Jc NO	
REGIMEN A SECCIÓN LLENA	VALORES ADOPTADOS EN LA ENTRADA
Perímetro mojado (m) 10.000	Control adoptado SALIDA
Superficie mojada (m ²) 6.000	He (m) 2.128
Rh (m) 0.600	1,2*H (m) 2.400
Velocidad (m/s) 2.489	H _E < 1,2*H Cumple
Caudal (m ³ /s) 14.936	
	VALORES ADOPTADOS EN LA SALIDA
	Tw (m) 1.643
	Vs (m/s) 2.976

CÁLCULO SOBREELEVACIÓN NIVEL DEL AGUA 5.2 I.-C.	
DENOMINACIÓN ODT	PK 4+612
TIPO	MARCO
CUENCA	B
CAUDAL m3/s	4.570
REGIMEN HIDRÁULICO	
CARACTERÍSTICAS	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Base (m) 3.00	Conducto recto SI
Altura H (m) 2.00	Secc. y pte. Uniforme SI
Caudal de cálculo (m ³ /s) 4.570	Calado salida < Yc y < H NO
Pendiente J (%) 0.300	L/J... k1 40.00
Longitud (m) 12.00	L/J _{lim} s/ Fig. 5.12, 5.13 5.14 .. k2 -
Material HA	k1 < k2 -
nManning 0.014	k1/k2 -
Embocadura Ke 0.20	Tipo de curva fig 5.10 2
Ángulo aletas 30°-70°	H _E / H fig. 5.9 o 5.10 0.500
	H_E (m) 1.001
	H _E / H max fig. 5.15 -
REGIMEN UNIFORME	H _E max -
Calado (m) Yn 0.657	H _E < H _E max -
Perímetro mojado (m) 4.313	
Superficie mojada (m ²) 1.970	
Rh (m) 0.457	
Velocidad (m/s) 2.320	
Caudal desaguado (m ³ /s) 4.57	NIVEL DEL AGUA A LA ENTRADA CON CONTROL DE SALIDA
% de la sección llena 32.83%	Velocidad sección llena (m/s) 2.783
Número de Froude 0.91	Rh sección llena (m) 0.600
Tipo de flujo Lento	Altura a la entrada Hs (m) Hs = H₁ + μ - J₀*L
	$H_1 = (V^2 / 2g) \times (1 + K_E + \frac{2 \times g \times L \times n^2}{R^{4/3}})$
VALORES CRÍTICOS	H1 (m) 0.510
Caudal específico (m ³ /s) 0.172	μ 1.309
Calado crítico, Yc (m) 0.618	Jo*L 0.036
	Hs (m) 1.783
Perímetro mojado (m) 4.237	
Superficie mojada (m ²) 1.855	
Rh (m) 0.438	
Velocidad crítica (m/s) 2.463	
Pendiente crítica (%) 0.358%	
J > Jc NO	
REGIMEN A SECCIÓN LLENA	VALORES ADOPTADOS EN LA ENTRADA
Perímetro mojado (m) 10.000	Control adoptado SALIDA
Superficie mojada (m ²) 6.000	Hs (m) 1.783
Rh (m) 0.600	1,2*H (m) 2.400
Velocidad (m/s) 2.783	H _E < 1,2*H Cumple
Caudal (m ³ /s) 16.699	
	VALORES ADOPTADOS EN LA SALIDA
	Tw (m) 0.657
	Vs (m/s) 2.320

CÁLCULO SOBREELEVACIÓN NIVEL DEL AGUA 5.2 I.-C.	
DENOMINACIÓN ODT	PK 6+092
TIPO	MARCO
CUENCA	C
CAUDAL m ³ /s	11.940
REGIMEN HIDRÁULICO	
CARACTERÍSTICAS	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Base (m)	3.00
Altura H (m)	2.00
Caudal de cálculo (m ³ /s)	11.940
Pendiente J (%)	0.220
Longitud (m)	21.42
Material	HA
nManning	0.014
Embocadura Ke	0.20
Ángulo aletas	30°-70°
REGIMEN UNIFORME	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Calado (m) Yn	1.454
Perímetro mojado (m)	5.908
Superficie mojada (m ²)	4.363
Rh (m)	0.738
Velocidad (m/s)	2.737
Caudal desaguado (m ³ /s)	11.94
% de la sección llena	72.71%
Número de Froude	0.72
Tipo de flujo	Lento
VALORES CRÍTICOS	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Caudal específico (m ³ /s)	0.449
Calado crítico, Yc (m)	1.173
Perímetro mojado (m)	5.346
Superficie mojada (m ²)	3.520
Rh (m)	0.658
Velocidad crítica (m/s)	3.392
Pendiente crítica (%)	0.394%
J > Jc	NO
REGIMEN A SECCIÓN LLENA	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Perímetro mojado (m)	10.000
Superficie mojada (m ²)	6.000
Rh (m)	0.600
Velocidad (m/s)	2.383
Caudal (m ³ /s)	14.300
CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Conducto recto	SI
Secc. y pte. Uniforme	SI
Calado salida < Yc y < H	NO
L/J... k1	97.36
L/J _{lim} s/ Fig. 5.12, 5.13 5.14 .. k2	-
k1 < k2	-
k1/k2	-
Tipo de curva fig 5.10	2
H _E / H fig. 5.9 o 5.10	0.918
H _E (m)	1.835
H _E / H max fig. 5.15	-
H _E max	-
H _E < H _E max	-
CLASE DE CONTROL	SALIDA
NIVEL DEL AGUA A LA ENTRADA CON CONTROL DE SALIDA	NIVEL DEL AGUA A LA ENTRADA CON CONTROL DE SALIDA
Velocidad sección llena (m/s)	2.383
Rh sección llena (m)	0.600
Altura a la entrada Hs (m)	Hs = H ₁ + μ - J ₀ *L
$H_1 = \left(\frac{V^2}{2g} \right) \times \left(1 + K_E + \frac{2 \times g \times L \times n^2}{R^{4/3}} \right)$	
H1 (m)	0.395
μ	1.587
Jo*L	0.047
Hs (m)	1.934
VALORES ADOPTADOS EN LA ENTRADA	VALORES ADOPTADOS EN LA ENTRADA
Control adoptado	SALIDA
Hs (m)	1.934
1,2*H (m)	2.400
H _E < 1,2*H	Cumple
VALORES ADOPTADOS EN LA SALIDA	VALORES ADOPTADOS EN LA SALIDA
Tw (m)	1.454
Vs (m/s)	2.737

CÁLCULO SOBREELEVACIÓN NIVEL DEL AGUA 5.2 I.-C.	
DENOMINACIÓN ODT	PK 6+431
TIPO	TUBO
CUENCA	D
CAUDAL m ³ /s	0.387
REGIMEN HIDRÁULICO	
CARACTERÍSTICAS	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Diámetro D (m)	0.60
Caudal de cálculo (m ³ /s)	0.387
Pendiente J (%)	1.000
Longitud (m)	24.00
Material	HA
nManning	0.014
Embocadura Ke (Tabla 5.2)	0.20
Ángulo aletas	>30°
REGIMEN UNIFORME	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Calado (m) Yn	0.362
Perímetro mojado (m)	1.068
Superficie mojada (m ²)	0.178
Rh (m)	0.167
Velocidad (m/s)	2.167
Caudal desaguado (m ³ /s)	0.387
% de la sección llena	0.81%
Número de Froude	1.255
Tipo de flujo	Rápido
VALORES CRÍTICOS	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Caudal específico (m ³ /s)	0.443
Calado crítico, Yc (m)	0.409
Perímetro mojado (m)	1.166
Superficie mojada (m ²)	0.205
Rh (m)	0.176
Velocidad crítica (m/s)	1.883
Pendiente crítica (%)	0.7040%
J > Jc	SI
REGIMEN A SECCIÓN LLENA	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Perímetro mojado (m)	1.885
Superficie mojada (m ²)	0.283
Rh (m)	0.150
Velocidad (m/s)	2.017
Caudal (m ³ /s)	0.570
CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA	CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA
Conducto recto	SI
Secc. y pte. Uniforme	SI
Calado salida < Yc y < D	SI
L/J... k1	24.00
L/J _{lim} s/ Fig. 5.12, 5.13 5.14 .. k2	-
k1 < k2	-
k1 / k2	-
Tipo de curva fig 5.10	2
H _E / (H o D) fig. 5.9 o 5.10	1.189
H _E (m)	0.714
H _E / (H o D) max fig. 5.15	-
H _E max	-
H _E < H _E max	-
CLASE DE CONTROL	ENTRADA
NIVEL DEL AGUA A LA ENTRADA CON CONTROL DE SALIDA	NIVEL DEL AGUA A LA ENTRADA CON CONTROL DE SALIDA
Velocidad sección llena (m/s)	-
Rh sección llena (m)	-
Altura a la entrada Hs (m)	Hs = H ₁ + μ - J ₀ *L
$H_1 = \left(\frac{V^2}{2g} \right) \times \left(1 + K_E + \frac{2 \times g \times L \times n^2}{R^{4/3}} \right)$	
H1 (m)	-
μ	-
Jo*L	-
Hs (m)	-
VALORES ADOPTADOS EN LA ENTRADA	VALORES ADOPTADOS EN LA ENTRADA
Control adoptado	ENTRADA
He (m)	0.714
1,2*D (m)	0.720
H _E < 1,2*D	Cumple
VALORES ADOPTADOS EN LA SALIDA	VALORES ADOPTADOS EN LA SALIDA
Tw (m)	0.409
Vs (m/s)	1.883

2.4. ENCAUZAMIENTOS

El cruce del arroyo Dulce con la plataforma proyectada en los PKs 4+210 y 6+330 presenta un esviaje muy reducido que obligaría a la construcción de obras de longitud excesiva. Para evitarlo, se ha recurrido a modificar mediante encauzamientos el cauce del arroyo en ambos puntos, de modo que sea posible proyectar sendas obras de paso con un esviaje lo más reducido posible. De esta forma, la posición inicial del PK 4+210 pasa al PK 4+112 y la del PK 6+330 se sitúa en el PK 6+092. Asimismo, junto al PK 6+110 de la línea general, se hace necesaria una obra de drenaje similar a la ODT 6+092 que permita el paso de dicho arroyo bajo la plataforma de la vía desviada que da acceso a la playa formada por las vías 3,5 y 7 de la estación de San Roque Mercancías. Dicha obra, denominada ODT 6+092 bis, se enlaza con ésta mediante un segundo encauzamiento. Se proyecta un tercer encauzamiento, de menor longitud que los anteriores, que conecta la ODT 6+092 bis con el cauce del arroyo Dulce.

Los encauzamientos se han planteado como canales de sección trapezoidal el primero de ellos con un ancho total de 3m en la solera y taludes 1H:1V revestidos con 0.5 m de escollera y 20 cm de hormigón ligeramente armado. El segundo dependiendo del tramo tendrá una anchura de base de 12 a 14 m y taludes 1H:1V, con escollera en el fondo y hormigón ligeramente armado en fondo y alzados. Las longitudes de los mismos se muestran en la siguiente tabla:

		Longitud (m)
ODT 4+112	Aguas arriba	29
	Aguas abajo	240
ODT 6+092	Intermedio	135
	Aguas abajo	168
ODT 6+092 bis	Aguas arriba	25

3. DRENAJE LONGITUDINAL

El drenaje longitudinal tiene como objetivo la evacuación y conducción hacia las vaguadas de la escorrentía generada sobre la plataforma así como, también, la protección de los taludes de terraplenes y desmontes frente a la socavación producida por el agua en aquellos puntos en los que la pendiente del terreno permite que fluya hacia ellos.

3.1. CUNETAS DE BORDE DE PLATAFORMA

En los tramos en desmonte, se proyectan cunetas que discurren entre la plataforma y el pie del talud del desmonte. El agua recogida por estas cunetas procede de la escorrentía generada tanto por el talud del desmonte como por la mitad interior de la plataforma.

Para la comprobación hidráulica de las cunetas de borde de plataforma se emplea el método racional. La recomendación IGP-2.2 propone tomar un umbral de escorrentía $P_0=8$ mm para la plataforma.

Adoptando $P_0=8$ mm, el coeficiente de escorrentía de la plataforma vendrá dado en función de la precipitación diaria,

$$C = \frac{P_d^2 + 216P_d - 1792}{P_d^2 + 176P_d + 7744}$$

Para el drenaje longitudinal se adopta la precipitación de 50 años de periodo de retorno y un tiempo de concentración de 10 minutos, suficiente para tener en cuenta el retardo en la llegada del agua de las cunetas de mayor longitud. El coeficiente K de corrección por falta de uniformidad espacial de la precipitación adopta, entonces, el valor siguiente:

$$K = 1 + \frac{0.167^{1.25}}{0.167^{1.25} + 14} = 1.00757$$

La precipitación media para 10 min se obtiene como

$$I_{10\min} = \frac{P_d}{24} [8] \frac{28^{0.1} - 0.167^{0.1}}{28^{0.1} - 1} = 0.7891P_d$$

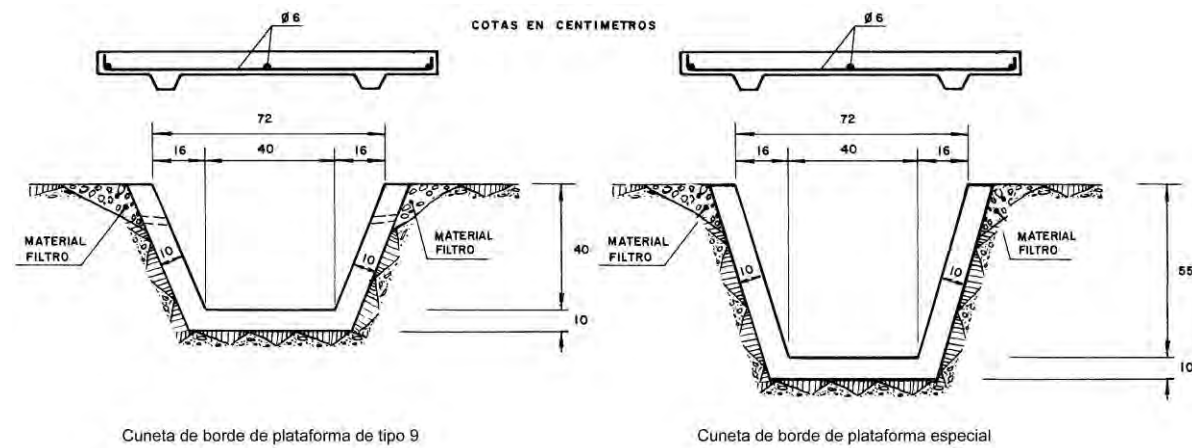
Tomando una distancia de 7.5 m desde el eje de la plataforma hasta la cuneta de borde de la misma, la escorrentía generada por m de longitud de plataforma viene dada por

$$q = K \frac{C \cdot I_{10\min} \cdot 7.5}{3600000}$$

Para las cunetas de borde de plataforma se utilizarán dos secciones:

- La de tipo 9, ejecutada in situ, revestida y con tapa, que figura en la norma NAV-2110. Se dispondrá en la mayor parte de las cunetas.
- Una sección modificada a partir de la tipo 9, denominada aquí como 'especial', igualmente revestida y con tapa. Se utilizará para las cunetas de mayor longitud y sin facilidad de desagüe intermedio.

La figura siguiente muestra las dimensiones de ambas secciones:



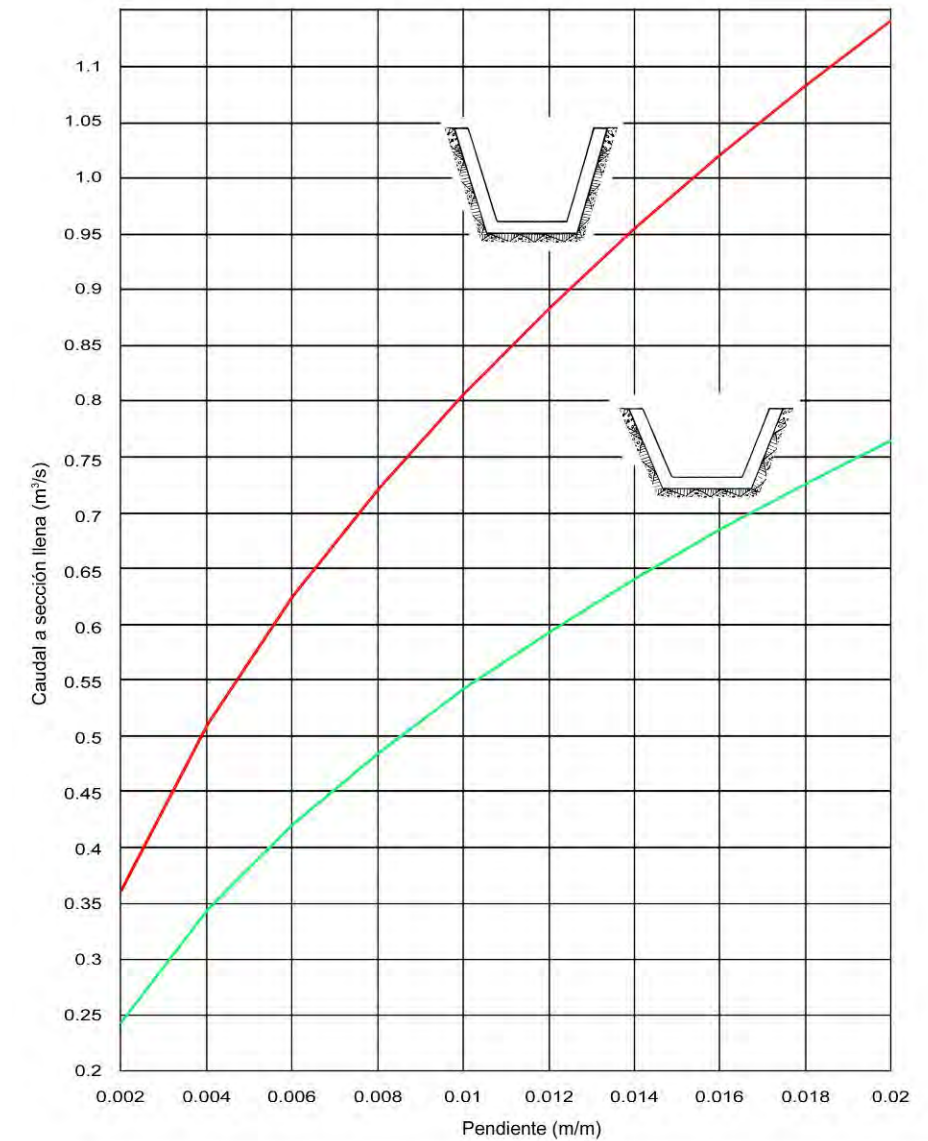
CUNETA DE PLATAFORMA TIPO 9	
0+840-1+000	160
Margen Izquierda	
0+620-0+840	220

CUNETA DE PLATAFORMA TIPO 9 ESPECIAL	
MARGEN DERECHA	
3+700-3+920	220

En las tablas siguientes se muestra la tramificación de las cunetas de plataforma:

CUNETA DE PLATAFORMA TIPO 9	
PK INICIO/FIN	LONGITUD
TRONCO PRINCIPAL	
Margen derecha	
3+460-3+700	260
4+280-4+580	300
4+640-4+770	130
4+770-4+930	160
6+160-6+210	50
6+220-6+270	50
6+270-6+360	90
6+480-6+764	284
6+764-6+800	36
Margen Izquierda	
3+120-3+680	560
4+190-4+420	230
4+620-4+770	150
4+770-4+930	160
6+140-6+210	70
6+220-6+270	50
6+270-6+420	150
6+480-6+764	284
6+764-6+800	36
ACCESO NORTE SAN ROQUE-M-via 3	
Margen derecha	
0+620-0+840	220

Para comprobar la capacidad de las cunetas se han representado sus curvas de capacidad en función de la pendiente longitudinal:



3.2. CUNETAS DE PIE DE TERRAPLÉN Y CORONACIÓN DE DESMONTES

Las cunetas de protección de pie de terraplén se disponen a lo largo de del pie del talud de un terraplén cuando la escorrentía del terreno adyacente pueda alcanzar aquél y producir erosiones. Esta situación suele darse en las proximidades de una obra de drenaje transversal, en el lado de aguas arriba.

Las cunetas de guarda o de coronación de desmontes se disponen en la parte superior del talud de un desmonte cuando la pendiente del terreno adyacente pueda conducir la escorrentía hacia el talud y erosionarlo, formando cárcavas y aterrando las cunetas de la plataforma con los materiales arrastrados.

En ambos casos, la cuneta será de sección trapezoidal, de 0.5 m de base, altura de 0.3 m, taludes 1H/2V y revestida con un mínimo de 10 cm de espesor de hormigón HM-15.

La distribución de estas cunetas viene indicada en la siguiente tabla:

CUNETA PIÉ DE TERRAPLÉN	
PK INICIO/FIN	LONGITUD
MARGEN DERECHA	
3+920-4+112	192
4+112 -4+260	148
4+580- 4+612	32
4+612-4+640	28
4+948-6+150	1.202
MARGEN IZQUIERDA	
3+680-4+112	432
4+112-4+180	68
4+410-4+612	202
4+612-4+660	48
5+020-5+120	100
CENTRAL	
6+040-6+120	80

CORONACIÓN DESMONTE	
PK INICIO/FIN	LONGITUD
MARGEN IZQUIERDA	
4+185-4+310	130

Para evitar longitudes excesivas en las cunetas de guarda, 100 m en este caso, se disponen bajantes que permiten el desagüe de las mismas hacia la cuneta de borde de plataforma adyacente. Dichas bajantes serán escalonadas para evitar la formación de saltos de agua. Su conexión con la cuneta de borde de plataforma se materializa mediante arquetas de hormigón armado de 0.8x0.8x1.2 m La tabla siguiente muestra la situación de las bajantes y su longitud:

PK	Longitud (m)
4+313	4.5

4. DRENAJE PROFUNDO DE LA PLAYA DE VÍAS DE LA ESTACIÓN DE SAN ROQUE MERCANCÍAS

En las limahoyas generadas entre las vías 7 y 5, 5 y 3, y 3 y 1 se hace necesario implantar una red de drenaje profundo que recoja el agua de lluvia y la conduzca hacia un punto exterior a la playa de vías. Dicha red se define mediante zanjas drenantes provistas de tubos dren de PVC ranurado cuya directriz superior discurre por debajo de la rasante de la capa de subbalasto. La pendiente de estos tubos es del 1% y su longitud máxima, con motivo de facilitar su limpieza, se ha limitado a 50 m. Los tubos dren de cada par de tramos adyacentes vierten hacia una misma arqueta, creándose ternas de puntos bajos que quedan conectados mediante tubos colectores que bajan hacia la margen izquierda de la playa de vías, tomando como sentido de avance el del kilometraje de la línea general. De esta forma, en cada línea de drenaje y a lo largo de la playa de vías, quedará una alternancia de arquetas someras de inspección y limpieza y pozos de registro para la conexión del par de tubos dren adyacentes con un colector transversal.

En la margen izquierda de la vía 3 se dispone un cunetón revestido que recoge los caudales evacuados por cada uno de los colectores transversales y los conduce al encauzamiento proyectado entre la ODT 6+206 y la ODT 6+206 bis para su evacuación definitiva.

La red de drenaje descrita se inicia en el PK 1+100 de la vía 3 de apartado y desagua en el PK 2+060 de la misma.

Para el dimensionado de la red de drenaje profundo se emplea el método racional. La recomendación IGP-2.2 propone tomar un umbral de escorrentía $P_0=8$ mm para la plataforma. Para el drenaje longitudinal se adopta la precipitación de 50 años de periodo de retorno.

Adoptando $P_0=8$ mm, el coeficiente de escorrentía de la plataforma vendrá dado en función de la precipitación en 24 horas, $P_d=182.9$ mm:

$$C = \frac{P_d^2 + 216P_d - 1792}{P_d^2 + 176P_d + 7744} = 0.97$$

El periodo de retorno a considerar viene dado por

$$Tc(h) = 0.05 + 0.1 \cdot \left(\frac{L(km)}{j^{0.25}} \right)^{0.76} = 0.05 + 0.1 \cdot \left(\frac{0.05}{0.005^{0.25}} \right)^{0.76} = 0.078h \approx 5 \text{ min}$$

El coeficiente K de corrección por falta de uniformidad espacial de la precipitación adopta, entonces, el valor siguiente:

$$K = 1 + \frac{0.083^{1.25}}{0.083^{1.25} + 14} = 1.00317$$

La precipitación máxima esperable en 5 min se obtiene como

$$I_{5min} = \frac{P_d}{24} \left[8 \right]^{\frac{28^{0.1} - 0.083^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} = 1.062 \cdot P_d = 1.062 \cdot 182.9 = 194.2mm$$

El ancho de la franja que recoge el agua que alcanza un tubo dren es de 5.5 m para la entreeva de la playa y de 10 m para la franja comprendida entre la vía 3 de la playa y el eje de plataforma de la línea general. La longitud de las franjas es de 50 m. La escorrentía generada por m de longitud de franja viene dada por

$$q(l/s/ml) = K \frac{C \cdot I_{5min} (l/s) \cdot Ancho(m)}{3600} = 1.00317 \times \frac{0.97 \times 194.2}{3600} \times A(m) = 0.0525 \cdot A(m)$$

Para un ancho de 10 m, al cabo de 50 m el caudal a transportar por un dren es de 26.25 l/s. Para un tubo dren de PVC ranurado de Ø200 mm se tiene:

j(m/m)	Q(l/s)	V _m (m/s)	Calado(m)	Régimen hidráulico	Llenado de sección (%)
0.01	26.25	1.55	0.1	Supercrítico	53

La velocidad está comprendida entre 0.7 y 4 m/s, intervalo recomendado por la Norma NAV 2-1-1.0. Dicho tubo resulta válido.

Los colectores transversales son de hormigón vibropresado de Ø400 mm y se disponen con una pendiente del 2%. El caudal a transportar será el equivalente al total aportado por seis tubos dren, 6x26.25=157.5 l/s. En la tabla siguiente se muestra la comprobación hidráulica:

j(m/m)	Q(l/s)	V _m (m/s)	Calado(m)	Régimen hidráulico	Llenado de sección (%)
0.02	157.5	2.38	0.2	Supercrítico	52

El caudal total estimado que recoge la playa de vías y que debe ser evacuado por el cuentón es de 1497 l/s. Este se proyecta revestido de hormigón, con sección trapezoidal de 1 m de base, taludes 1:1 y altura variable según el terreno, con un mínimo de 0.7 m. La comprobación hidráulica se muestra a continuación:

j(m/m)	Q(l/s)	V _m (m/s)	Calado(m)	Régimen hidráulico
0.0025	1497	1.82	0.53	Subcrítico

5. RELLENO EN PUNTO BAJO

Con el objeto de evitar la acumulación natural de la escorrentía en una zona baja situada en el PK 5+730 de la línea general y en su margen derecha, se procede a rellenar la misma con material de la traza hasta la cota +5. El material necesario deberá tener un volumen, una vez compactado, de 1984 m³.