

HOJA DE CONTROL DE CALIDAD						
DOCUMENTO	ANEJO 11. DRENAJE					
PROYECTO	ACTUACIONES DE MEJORA EN LA ACCESIBILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN LA AUTOVÍA DEL SUR A-4, ENTRE LOS POLÍGONOS INDUSTRIALES DE LOS MOLINOS Y SAN MARCO, P.K. 12,000 DE LA A-4 Y LA AVD. LEONARDO DA VINCI (PASO SUPERIOR P.K. 15,200 DE LA A-4)					
CÓDIGO	CA2852-PT-F3.3-AN-11-HE-DREN_ED01.docx					
AUTOR	FIRMA	EMS				
	FECHA	16/06/22				
VERIFICADO	FIRMA	MSA				
	FECHA	20/06/21				
DESTINATARIO	DEMARCACIÓN DE CARRETERAS DEL ESTADO EN MADRID					
NOTAS						

ÍNDICE	
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. GENERALIDADES.....	5
1.2. ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LA CONDICIONES DE LA DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL RELATIVAS A DRENAJE Y CAUCES.....	5
1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	5
2. DRENAJE TRANSVERSAL	6
2.1. DRENAJE EXISTENTE	6
2.2. DESCRIPCIÓN DEL DRENAJE TRANSVERSAL PROYECTADO	7
2.2.1. Drenaje Transversal del tronco.....	7
2.2.2. Drenaje Transversal enlace M-406	8
2.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE LAS OBRAS DE DRENAJE	8
2.4. EROSIONES DE LAS PEQUEÑAS OBRAS DE DRENAJE	11
2.4.1. Erosión evolutiva del cauce.....	11
2.4.2. Erosión localizada	11
3. DRENAJE LONGITUDINAL	12
3.1. CAUDALES DE CÁLCULO DE LA RED DE DRENAJE LONGITUDINAL.....	12
3.1.1. Criterios básicos de dimensionamiento.....	12
3.1.2. Periodo de retorno.....	12
3.1.3. Precipitaciones.....	12
3.1.4. Caudales	12
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DRENAJE LONGITUDINAL PROYECTADA	13
3.2.1. Drenaje Superficial.....	13
3.2.1.1. Cuneta de plataforma en desmonte	14
3.2.1.2. Cunetas de guarda en coronación de desmonte y pie de terraplén.....	14
3.2.1.3. Cunetas en el camino lateral.....	15
3.2.1.4. Cunetas en paso inferior	15
3.2.1.5. Colectores y caz prefabricado	15

ÍNDICE	
3.2.1.1.	Pasacunetas..... 15
3.2.1.2.	Arquetas de registro y arquetas sumidero..... 15
3.2.1.3.	Bordillos en terraplenes 16
3.2.1.4.	Bajantes 17
3.2.1.5.	Pasos de vaguadas. Badenes..... 18
3.2.1.6.	Comprobación hidráulica de los colectores y cunetas..... 18
3.2.2.	Drenaje subterráneo 24
3.2.2.1.	Drenaje del firme y plataforma..... 24
3.3.	CAPACIDAD MECÁNICA DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y COLECTORES 25
APÉNDICES 27	
APÉNDICE Nº 1. CAUDALES DE DISEÑO 29	
APÉNDICE Nº 2. COMPROBACIÓN HIDRÁULICA DE LAS ODTS..... 31	

FASE 3. DRENAJE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El objetivo del drenaje es proveer de un sistema de protección que evite que el agua tanto superficial como subterránea, produzca efectos negativos en la infraestructura, garantizando su seguridad, así como la continuidad de la red de drenaje natural del terreno, que queda interrumpida por la construcción de dicha infraestructura.

Al tratarse de un proyecto de ampliación de la autopista en servicio, donde los nuevos carriles proyectados discurren junto a las calzadas actuales, el diseño de las obras de drenaje y estructuras a proyectar viene condicionado de forma inequívoca por las actuales obras de desagüe de la autopista. El criterio a seguir es el de aprovecharlas siempre que sea posible, para evitar los desvíos y cortes de tráfico.

Así mismo, donde ha sido preciso, se han definido nuevos elementos para desaguar las aguas de escorrentía de las áreas y cuencas adyacentes a la autovía, siguiendo los criterios actuales de diseños de obras de drenaje.

También se han definido los distintos elementos que forman el drenaje longitudinal necesarios para evacuar las aguas de lluvia de la plataforma y márgenes.

El estudio del drenaje del presente proyecto de trazado consta de los siguientes aspectos:

- Análisis del cumplimiento de las condiciones de la Declaración de Impacto Ambiental relativa a drenaje y cauces.
- Drenaje transversal, recoge la justificación de la tipología y criterios de implantación de las obras de drenaje, así como el cálculo de las secciones transversales y la pendiente longitudinal.
- Drenaje longitudinal, en el que se lleva a cabo un dimensionamiento de las cunetas y los elementos auxiliares de las mismas que se proyectan.

1.2. ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE LA DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL RELATIVAS A DRENAJE Y CAUCES

Se ha consultado la Declaración de Impacto Ambiental del proyecto. En el tramo de estudio (entre los PK 12,200 y 14,900), se afirma lo siguiente:

1. Las actuaciones complementarias previstas serán: mejora de algunas de las obras de drenaje transversal existentes en la actualidad bajo la autovía, alumbrado nuevo y a reponer incorporando medidas de ahorro energético y de protección de la contaminación lumínica, y

acondicionamiento del cerramiento en ciertos tramos con el fin de prevenir la entrada de animales a la vía permitiendo su salida en el caso de que hayan podido acceder. [...].

En el presente anejo quedan recogidas las mejoras propuestas a la red de drenaje existente en el tramo de estudio. No obstante, adicionalmente se llevará a cabo una limpieza y acondicionamiento de las obras de drenaje existentes, adecuándolas a la actuación del proyecto.

2. *El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica del Tajo, en las zonas 05 Jarama-Manzanares, 03 Tajuña y 02 Tajo intermedio, según la zonificación de la Confederación Hidrográfica del Tajo. En general, toda la zona presenta una escorrentía de oeste a este, situándose en el ámbito de la cuenca del río Jarama. En el tramo de estudio, entre el polígono industrial de Los Molinos y el polígono industrial de San Marcos, PP.KK 12,200 y 14,900, la autovía A-4 no intercepta cauces importantes. Los cauces importantes interceptados por la A-4 más próximos al tramo de proyecto son el arroyo Culebro, en el P.K. 17+600 y el arroyo del Valle Grande, en el P.K. 34+300, los cuales están fuera del tramo de estudio.*

Dichas consideraciones se han tenido en cuenta en el Anejo nº 5 "Climatología e Hidrología" para la determinación de los caudales en las distintas cuencas, así como en el presente anejo.

3. *En cuanto a la hidrología subterránea, el proyecto se sitúa en una zona intermedia entre la Unidad Hidrogeológica (U.H.) 03-05 Madrid-Talavera, la U.H. 0.3-0.6 y la U.H. 0.3- 0.8; por este motivo, el área en la que se enclava la actuación únicamente contiene pequeños acuíferos de interés local asociados a materiales permeables presentes en el área. Principalmente, los depósitos cuaternarios aluviales situados en los arroyos antes mencionados.*

A partir de esta afirmación, queda justificado que no se requieren elementos de drenaje singulares en el tramo de estudio.

4. *Vegetación. –El entorno de la A-4 en el tramo considerado, tiene un carácter fuertemente urbano – industrial, estructurado a través de una densa malla de vías de comunicación: carreteras y ferrocarriles. El conjunto del área, por tanto, se encuentra muy antropizado y no quedan zonas en buen estado de conservación. Así, la vegetación en la actualidad queda reducida, en los entornos urbanizados, a las zonas verdes (Parque de la Dehesa Boyal en la margen izquierda del p.k. 9; pinar del Cerro de los Ángeles entre los pp.kk. 12,9 y 13,8, en la margen izquierda; Parque Juan Carlos I en Pinto entre los pp.kk. 21,8 y 21,86 en la margen derecha; Parque de Andalucía de Valdemoro entre los pp.kk. 26,2 y 26, 4 en la margen derecha; Parque Tierno Galván de Valdemoro, entre los pp.kk. 27,1 y 27,38 en la margen derecha). En los terrenos no urbanizados, la vegetación actual está representada por parcelas de cultivo y eriales. [...].*

Por lo que en el tramo de estudio no se requiere tomar medidas especiales de protección de suelos. En el Anejo nº 5 "Climatología e Hidrología" se han tenido en cuenta el tipo de suelo.

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

La zona de estudio se localiza en zona urbanizada con suelo industrial consolidado en las inmediaciones de la autovía, lo que implica que las cuencas generadas por los viales van a ser interceptadas por los sistemas de saneamiento de las zonas urbana.

El tramo de autovía objeto de estudio discurre en su totalidad por la provincia de Madrid y presenta su origen aproximadamente en el P.K.12+200 de la A-4 y finaliza en el P.K. 14+900.

Desde el punto de vista de drenaje el proyecto se centra en tres zonas:

- Estudio del drenaje existente y afección al mismo
- Remodelación del enlace del Cerro de los Ángeles (M-406).
- Diseño de elementos de drenaje longitudinal en las vías de servicios y accesos.

Las cuencas interceptadas se recogen en el anejo N°5 del presente proyecto, así como los valores de caudales para distintos periodos de retorno.

2. DRENAJE TRANSVERSAL

En el tramo de estudio, entre el polígono industrial de Los Molinos y el polígono industrial de San Marcos, PP.KK 12,200 y 14,900, la autovía A-4 no intercepta cauces importantes.

Los cauces importantes interceptados por la A-4 más próximos al tramo de proyecto son el arroyo Culebro, en el P.K. 17+600 y el arroyo del Valle Grande, en el P.K. 34+300, los cuales están fuera del tramo de estudio. A pesar de ello, se establece contacto con la Confederación del Tajo informándole de la actuación diseñada con el fin de recibir sus comentarios al drenaje propuesto y posibles afecciones o condicionantes que consideren aplicables al proyecto. A fecha de la redacción del proyecto, no se ha obtenido respuesta, no obstante, se seguirá intentando contactar.

Para: 'informacion@chtajo.es' <informacion@chtajo.es>
Asunto: Consulta

Buenos días;

Me dirijo a este correo de carácter informativo exclusivamente para solicitar el correo electrónico o teléfono al que dirigirme, con el fin de establecer una comunicación con la CHT referente a los criterios aplicados en el proyecto de construcción "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN: ACTUACIONES DE MEJORA EN LA ACCESIBILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN LA AUTOVÍA DEL SUR A-4, ENTRE LOS POLÍGONOS INDUSTRIALES DE LOS MOLINOS Y SAN MARCO, P.K. 12,000 DE LA A-4 Y LA AVDA. LEONARDO DE VINCI (PASO SUPERIOR P.K. 15,200 DE LA A-4)" que está desarrollando actualmente la empresa **TYPSA**.

Las actuaciones de drenaje del proyecto se ciñen exclusivamente a la prolongación de las obras de drenaje transversales existentes bajo la actual A-4 a la altura de Getafe (Madrid) y adecuación del drenaje del enlace con la M-406 y del drenaje longitudinal.

Los criterios aplicados, básicamente han sido:

- Aplicación de la norma 5.2-I.C "Drenaje Superficial" de la Instrucción de Carreteras (2016).
- Periodos de retorno considerados para la comprobación hidráulica de las obras trasversales de 100 años y para el dimensionamiento del drenaje longitudinal de 25 años
- Criterios constructivos evitando la realización de hincas bajo la actual A-4

Quedo a la espera de noticias y esperanza de establecer el contacto requerido

Gracias de antemano

Un saludo

Figura 1. Contacto con la CHTajo

2.1. DRENAJE EXISTENTE

Se ha realizado un inventario de las obras de drenaje existentes en el ámbito de la presente actuación que condicionen o puedan resultar afectadas. Las fichas correspondientes a dichas obras se han recopilado en el anejo N°5 del presente proyecto.

En el PK 12+322 de la A-4 se localiza una obra transversal existente, que consiste en un tubo de hormigón de diámetro 800 mm en la entrada y 600 mm en la salida. Se mantendrá la boca de entrada, se demolerá el pozo de salida y se prolongará el tubo existente.

En el PK 12+694 de la A-4 existe la boca de salida de una obra. No se ha encontrado evidencias de una boca de entrada en los alrededores de la A-4. Suponemos que en la actualidad la entrada se encuentra inutilizada. El agua circulará hasta la primera obra de drenaje a través de la red de drenaje longitudinal.

En el PK 13+304 de la A-4 se localiza una obra transversal que consiste en un tubo de hormigón de diámetro 250 mm y un segundo tubo de diámetro 600 mm en la entrada y 500 mm en la salida. El primer tramo de 250 mm se demolerá. Respecto del segundo tramo, se demolerá tanto el pozo de entrada como la boca de salida y se prolongará el tubo por ambos extremos.

En el PK 14+335 de la A-4 se localiza una obra transversal existente, que consiste en un tubo de hormigón de diámetro 800 mm compuesto por dos tramos. El primer tramo, que atraviesa la actual vía de servicio, se mantiene. Respecto del segundo tramo, se mantendrá el pozo de entrada, se demolerá la boca de salida y se prolongará el tubo existente.

En el PK 0+460 de la Carretera hacia el Cerro de los Ángeles se localiza una obra transversal existente, que consiste en un tubo de hormigón de diámetro 1000 mm. Se mantiene por completo dicha obra.

En el acceso de la actual estructura a demoler, en el enlace con la M-406, existe una obra de drenaje transversal que se va a demoler junto a la estructura. Consiste en un tubo de hormigón de diámetro 1000 mm. La entrada viene de un pozo de registro existente. Una vez realizada la recuperación ambiental de esta zona, el agua de lluvia discurrirá hacia las cunetas proyectadas de la vía lateral izquierda.

En el camino actual lateral izquierdo, a pocos metros del actual silo, existe una obra de drenaje que consiste en un tubo de PVC de diámetro 440 mm. Esta obra se demolerá por completo.

A continuación, se resumen las obras de drenaje existentes y las actuaciones a realizar en cada una:

Localización	Tipo de obra existente	Actuación a realizar
PK 12+322 A-4	Tubo Ø800 entrada y Ø600 salida	Mantener la boca de entrada, demoler el pozo de salida y prolongar el tubo existente.
PK 12+694 A-4	Boca de salida. Se supone boca entrada inutilizada.	El agua circulará hasta la 1ª ODT a través de la red de drenaje longitudinal

Localización	Tipo de obra existente	Actuación a realizar
PK 13+304 A-4	Tubo hormigón Ø250 Tubo Ø600 entrada y Ø500 salida	Demoler primer tramo de 250 mm. Segundo tramo: demoler pozo de entrada, demoler boca de salida y prolongar tubo por ambos extremos.
PK 14+335 A-4	Tubo hormigón Ø800	Mantener primer tramo. Segundo tramo: mantener el pozo de entrada, demoler boca de salida y prolongar tubo existente.
PK 0+460 Carretera hacia el Cerro de los Ángeles	Tubo hormigón Ø1000	Mantener.
En el acceso de la actual estructura para demoler (en el enlace con la M-406)	Tubo hormigón Ø1000	Demoler.

Tabla 1, Tabla resumen actuaciones drenaje existente,

Tras la visita de campo realizada, se puede afirmar que las obras de drenaje transversal presentan un estado de conservación aceptable no habiendo registro de zonas inundables a lo largo de la actuación o de problemas hidráulicos. Por dichas razones y debido a la complejidad de la ejecución de su reemplazo mediante hinca, se desestima la sustitución de las obras existentes.

Por tanto, las actuaciones sobre las obras existentes situadas bajo el tronco de la Autovía se circunscriben a la prolongación/adecuación de las secciones existentes, sin que se pueda subir la rasante y, por tanto, diseñar las obras con el diámetro que le correspondería según la longitud del cuerpo de obra.

2.2. DESCRIPCIÓN DEL DRENAJE TRANSVERSAL PROYECTADO

Tras análisis realizado del drenaje existente se concluye diseñar las siguientes obras de drenaje transversal:

- Acondicionamiento de 3 obras bajo el tronco de la A-4 como se recoge en el epígrafe anterior
- 3 obras nuevas en el Enlace del Cerro de los Ángeles (M-406)

Los criterios básicos de diseño tenidos en cuenta para el diseño de las obras de drenaje son los que se relacionan a continuación:

- Periodo de retorno de 100 años para el drenaje transversal.
- Dimensionamiento de las obras (tubos de hormigón armado) teniendo en cuenta solamente su capacidad hidráulica, priorizando esta condición a la indicada en la Norma 5.2-IC referente a su dimensión mínima en función de su longitud, fijando como dimensión mínima los 800 mm y desechando la opción de baterías de tubos.

- Dimensionamiento con control de entrada cumpliendo que $HW < 1,2$ m de forma que el conducto fluye con superficie de agua libre en la sección de control
- La distancia mínima (hr) considerada entre la clave del tubo y la rasante en su punto más bajo, igual a la suma del espesor del firme más 0,30 m correspondiente a espesor del suelo estabilizado, con la finalidad de disminuir el número de puntos duros en las plataformas. Esto obliga al diseño de entradas con arquetas.
- Pendiente de las obras superior a la crítica, siempre que haya sido compatible con la pendiente real del cauce, para asegurar de esta forma la menor sobreelevación posible aguas arriba de manera que la sección de control del flujo esté a la entrada de las mismas ya así evitar la posibilidad de que se produzcan daños materiales en propiedades colindantes

2.2.1. Drenaje Transversal del tronco

La obra **OD 12+322-A4** consiste en un tubo de 800 mm en la entrada y de 600 mm en la salida. Es necesario su prolongación aguas abajo en conexión con la boca de salida de la obra existente. Desagua a una arqueta que, a su vez, está conectada con un pozo de infiltración por medio de un colector de hormigón de diámetro 1000mm. Este pozo de infiltración está formado por módulos cilíndricos prefabricados de hormigón con perforaciones que permiten infiltrar al terreno natural el agua que recibe, en este caso, de la de la ODT 12+322.

En la siguiente imagen se puede observar un ejemplo de pozo de infiltración y su funcionamiento.

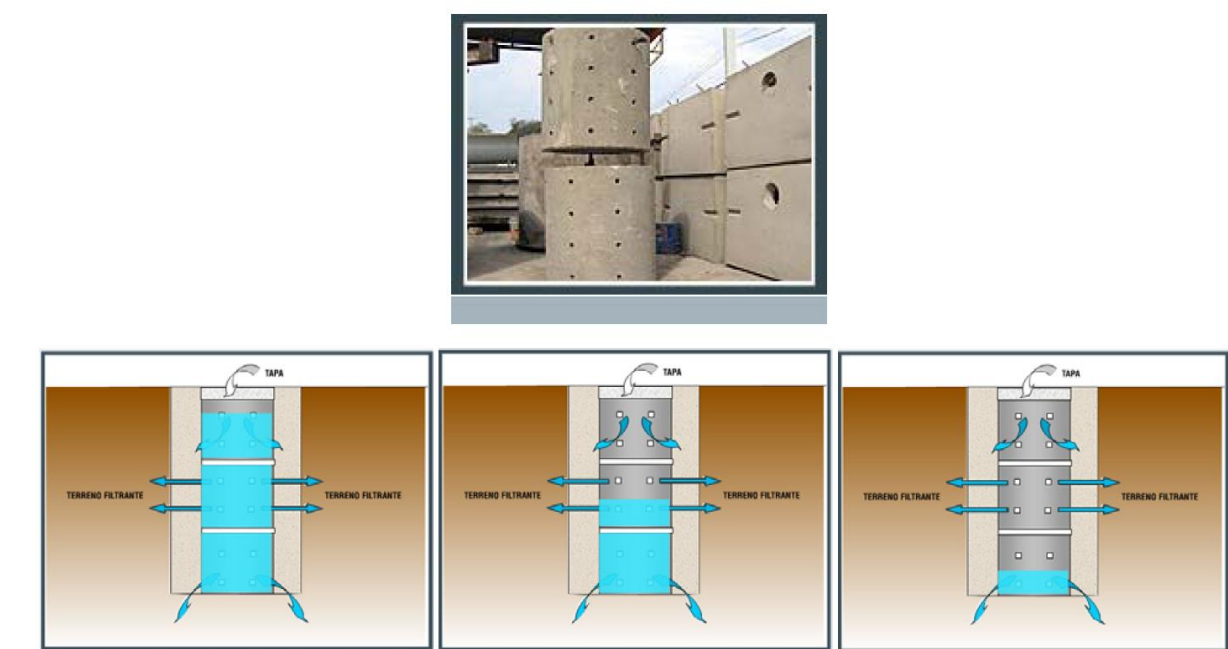


Figura 2, Pozo de infiltración y su funcionamiento

El pozo considerado tiene una profundidad de 4m y un diámetro de 1800 mm. Las dimensiones de este elemento se han definido a partir de la información recogida en el Anejo de "Geología y Procedencia de Materiales". Como se muestra en la siguiente imagen, en el punto donde se sitúa el pozo se encuentra una formación TMmc compuesta por arenas micáceas, margas y calizas con yesos con un espesor de 5m. La permeabilidad de dicha formación se considera adecuada para la disposición de un pozo.

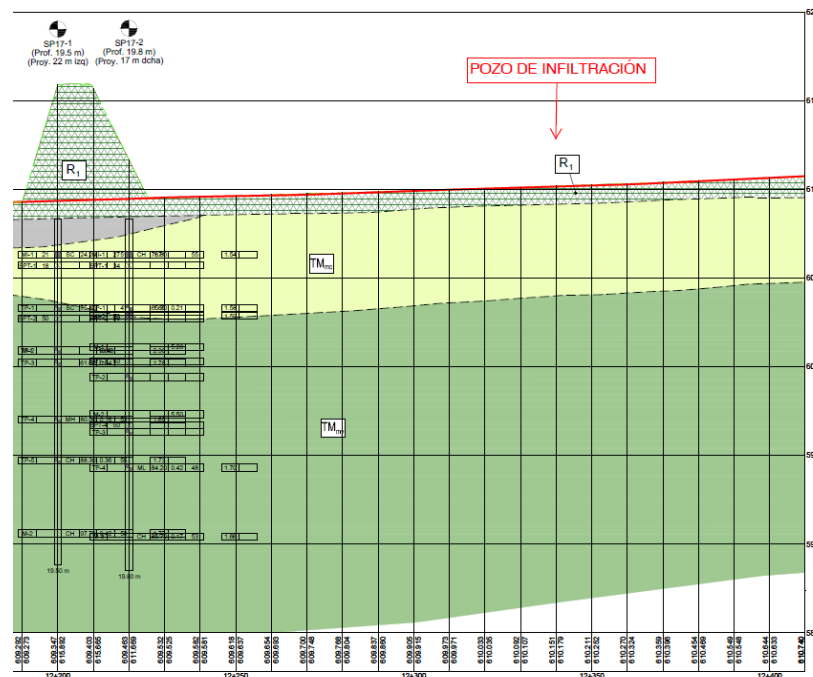


Figura 3, Perfil longitudinal geológico - geotécnico, Anejo de "Geología y Procedencia de Materiales"

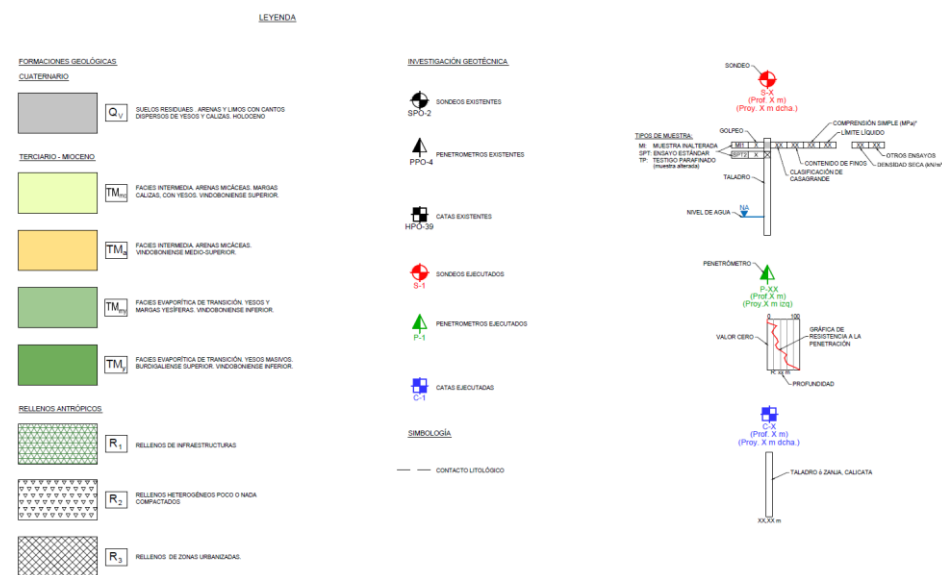


Figura 4. Leyenda del perfil longitudinal geológico - geotécnico, Anejo de "Geología y Procedencia de Materiales"

La obra **OD 13+304-A4** consiste en un tubo de hormigón de diámetro 250 mm y un segundo tubo de diámetro 600 mm en la entrada y 500 mm en la salida. El primer tramo se reemplazará por un tubo de 600 mm que desaguará en el pozo donde comenzará el siguiente tramo. En el segundo tramo se prolongará la obra existente con un tubo de 600 mm por aguas arriba y con un tubo de 600 mm por aguas abajo.

La obra **OD 14+371-A4** consiste en un tubo de hormigón de diámetro 800 mm compuesto por dos tramos. El primer tramo, que atraviesa la actual vía de servicio, se mantendrá. Respecto del segundo tramo, se mantendrá el pozo de entrada, donde desagua el primero de los tramos. La boca de salida del segundo tramo se demolerá y se prolongará el tubo existente.

2.2.2. Drenaje Transversal enlace M-406

El resto de las obras de drenaje transversales, corresponden a la necesidad de dar salida a las subcuencas que se crean con la remodelación del enlace con la M-406.

La sección de estas obras situadas en los ramales y glorieta del enlace diseñado viene condicionada por el desarrollo geométrico de trazado de dichos ejes, condicionados a su vez por las infraestructuras existentes de desarrollos urbanos y la necesidad de conexión con las vías existentes.

En la siguiente tabla se indican las obras nuevas proyectadas y su tipología.

Designación	Ramal	Longitud (m)	Pendiente (%)	Dimensiones (mm)
ODT 0+095 R3	Ramal 3	18,40	0,22%	1000
ODT 0+082 R4	Ramal 4	19,38	0,83%	1000
ODT 0+097 G2	Glorieta 2	18,00	2,00%	1000

Tabla 2. Obras proyectadas en el enlace M-406

2.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE LAS OBRAS DE DRENAJE

Para la comprobación hidráulica de las obras nuevas proyectadas se han seguido los criterios recogidos en la Norma 5.2-I.C. "Drenaje superficial" (2016).

En el Apéndice Nº 1 del presente anejo se recogen las cuencas consideradas para la obtención de los caudales de diseño para la comprobación hidráulica de las obras de drenaje. Los caudales de las cuencas aferentes se han obtenido del anejo Nº 5 del presente proyecto.

En la tabla siguiente figura el caudal considerado para cada obra transversal:

ODT	Q 100 diseño (m3/s)
ODT-12+322	1,025

ODT	Q 100 diseño (m3/s)
ODT-13+304	0,658
ODT-0+097-G2	0,056
ODT-0+095 R3	0,918
ODT-0+082-R4	0,354
ODT-14+371	1,257

Tabla 3. Caudales de diseño para el T 100 años

Para el cálculo del régimen hidráulico y el dimensionamiento de las obras de drenaje transversal se puede diferenciar:

- Control de entrada: En la mayoría de los casos prácticos, las alturas de lámina vienen determinadas por las características de la entrada de la obra (geometría y tipo de embocadura), por lo que la capacidad de la ODT viene dada por la capacidad de la entrada.

El número de Manning utilizado ha sido $n=0,015$ para los conductos de hormigón y $n=0,035$ para el cauce.

- Control de salida: Cuando la capacidad de desagüe de la ODT viene dada por la capacidad del conducto o los niveles de agua en el cauce a la salida. Esto suele ser debido a la presencia en sus inmediaciones de fuertes estrechamientos, azudes, cruces con caminos u otras vías de comunicación, etc.

A continuación, se presenta la curva característica de una ODT dependiendo de las secciones de control que se produzcan.

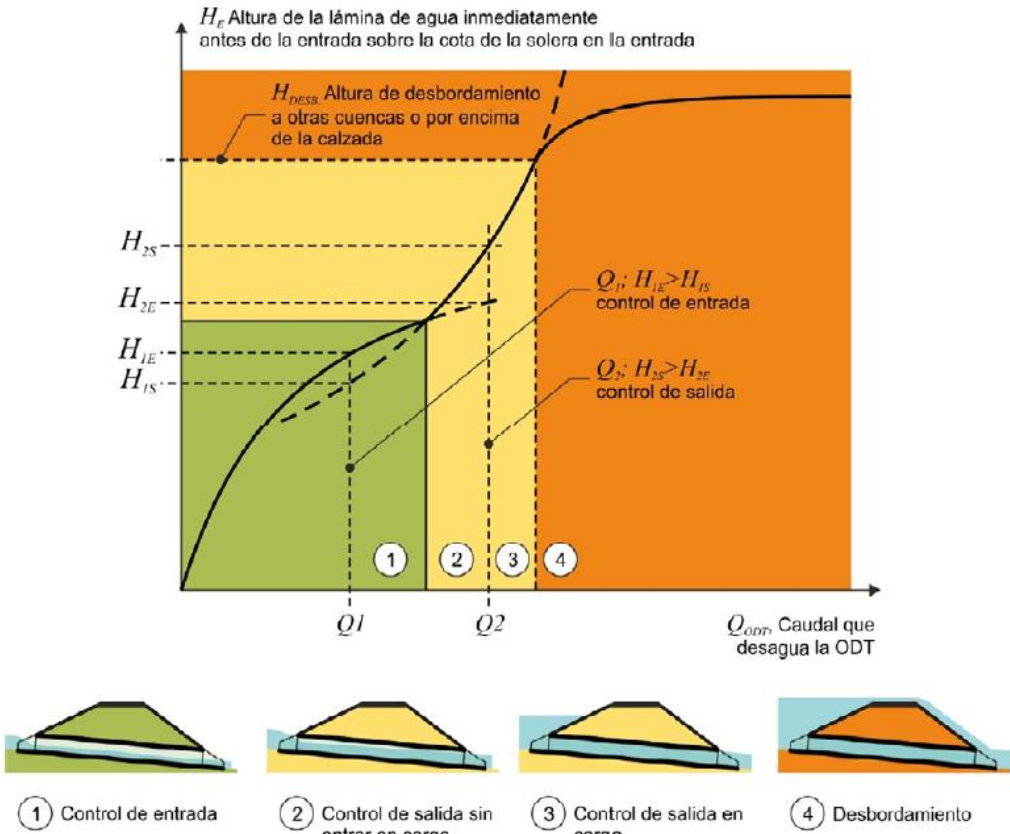


Figura 5. Curva característica de una ODT, Norma 5.2-I,C, "Drenaje superficial" (2016),

La totalidad de los cálculos hidráulicos se adjuntan en el Apéndice Nº 2 del presente Anejo, no obstante, en la tabla siguiente se resumen las comprobaciones hidráulicas llevadas a cabo según lo establecido en la Norma 5.2-IC:

Nombre		PK A-4	Longitud (m)	Elevación entrada (m)	Elevación salida (m)	Sección (mm)	Pendiente (%)	Caudal de diseño (m³/s)	Cota plataforma (m)	Cota agua entrada ODT (m)	Altura lámina de agua a la entrada (m)	Hw<1,2*D (m)	Tipo control	Resguardo libre entre obra y plataforma (m)	Velocidad a la salida (m/s)	Comentarios
ODT1_1	ODT-12+322	12+322	38,35	608,456	608,324	800	0,344	1,0255	609,910	609,63	1,17	No cumple	Salida	0,28	1,210	Obra existente bajo la A-4, Conexión con boquilla de salida existente
ODT1_2		12+335	25,41	608,124	608,048	1000	0,300		609,730	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,740	Nuevo colector longitudinal bajo berma
ODT1_3		12+350	7,05	608,048	608,027	1000	0,300		N/A	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	1,740	Nuevo colector conexión con pozo de infiltración

Nombre		PK A-4	Longitud (m)	Elevación entrada (m)	Elevación salida (m)	Sección (mm)	Pendiente (%)	Caudal de diseño (m³/s)	Cota plataforma (m)	Cota agua entrada ODT (m)	Altura lámina de agua a la entrada (m)	Hw<1,2*D (m)	Tipo control	Resguardo libre entre obra y plataforma (m)	Velocidad a la salida (m/s)	Comentarios
ODT3_1	ODT-13+304	01+010	13,40	609,350	609,310	600	0,299	0,6581	610,390	610,400	1,050	No cumple	Salida	-0,010	1,050	Nueva obra bajo la VSDcha
ODT3_2		13+304	79,94	609,380	609,230		0,188		610,470							Obra existente bajo la A-4, Conexiones con existente aguas arriba y aguas abajo
ODT3_3		00+513	10,08	609,230	609,210		0,198		610,750							Nueva obra bajo la VSlzq
ODT4_1	ODT-14+371	02+108	12,07	600,310	599,940	800	3,065	1,2580	601,580	601,59	1,280	No cumple	Entrada	-0,010	0,800	Obra existente bajo la VSDcha
ODT4_2		14+371	30,72	599,880	599,790		0,293		601,750							Obra existente bajo A-4 Conexión con existente agua arriba
ODT4_3		01+554	18,45	599,790	599,730		0,325		601,790							Nueva obra bajo VDIZzq

(*) Cuadro comprobación hidráulica de colector

Tabla 4. bla resumen de la comprobación hidráulica de las obras de drenaje transversales del tronco de la Autovía

Nombre	Caudal de diseño (l/s)	Pendiente (%)	Sección teórica (mm)	Sección (mm)	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Ángulo (rad)	Área mojada (m²)	Perímetro mojado (m)	Radio Hidráulico	Nº Froude	% Llenado
ODT1_2/3	1025,515	0,30	957,155	1000	0,702	1,74	3,975	0,589	1,988	0,297	0,479	70,242

Tabla 5. Tabla resumen de la comprobación hidráulica de la prolongación de la ODT1

Nombre	Eje	PK	Longitud (m)	Elevación entrada (m)	Elevación salida (m)	Sección (mm)	Espesor (m)	Pendiente (%)	Caudal de diseño (m³/s)	Cota plataforma (m)	Cota agua entrada ODT (m)	Altura lámina de agua a la entrada Hw (m)	Hw < 1,2*D (m)	Tipo control	Resguardo libre entre Hw y plataforma (m)	Velocidad a la salida (m/s)
ODT-0+097-G2	Glorieta 2	00+097	18,00	609,940	609,580	1000	0,109	2,000	0,056	613,070	610,110	0,17	Cumple	Entrada	2,96	0,320
ODT-0+095 R3	Ramal 3	00+095	18,41	603,470	603,430	1000	0,109	0,217	0,919	606,210	604,290	0,82	Cumple	Entrada	1,92	0,790
ODT-0+082-R4	Ramal 4	00+082	19,38	609,360	609,200	1000	0,109	0,826	0,355	611,680	610,010	0,65	Cumple	Entrada	1,67	0,600

Tabla 6. Tabla resumen de la comprobación hidráulica de las obras de drenaje transversales en el enlace M-406

2.4. EROSIONES DE LAS PEQUEÑAS OBRAS DE DRENAJE

En este punto solamente se van a estudiar las obras de nueva implantación en el enlace de M-406.

2.4.1. Erosión evolutiva del cauce

La situación tanto en planta como en alzado de las obras de drenaje proyectadas, así como las obras de salida, permiten asegurar la existencia de una pendiente estable del lecho original del cauce a la salida de la obra, alcanzando su perfil de equilibrio sin riesgo de erosión evolutiva del cauce.

2.4.2. Erosión localizada

Este tipo de erosión se puede producir localmente a la salida de la obra de drenaje debido a la mayor concentración y energía cinética de la corriente, pudiendo llegar a provocar su descalce.

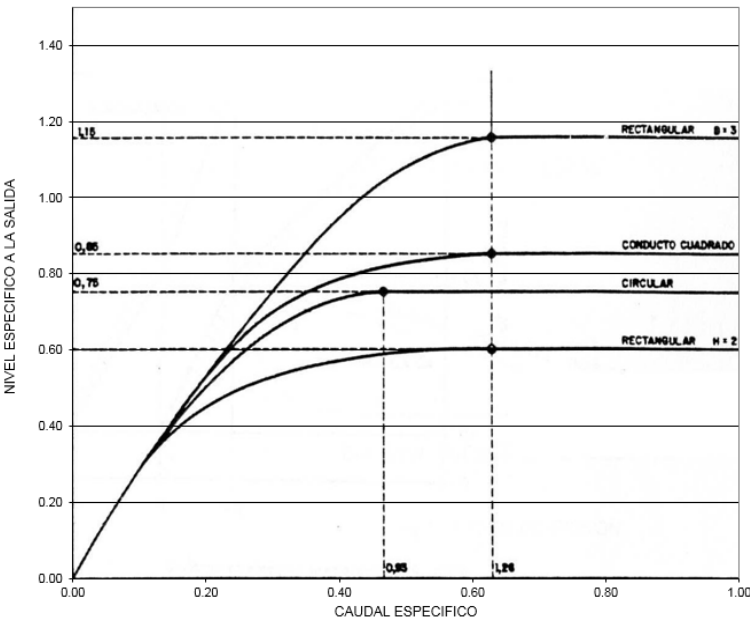
De acuerdo con la metodología recogida en la Instrucción 5.2.-I.C de julio de 1990, se estima que la máxima erosión previsible “e” en el lecho original del cauce a la salida de la obra de drenaje, responde a la siguiente formulación:

Tubos:

$$\frac{e}{D} = 2 \left[\frac{Q}{g \cdot D^{5/2}} \right]^{3/8}$$

siendo:

- e = erosión máxima previsible
- Q = caudal (m3/s)
- g = aceleración de la gravedad (9,8 m/s²)
- D = diámetro del tubo (m)
- H = altura del conducto rectangular (m)
- B = anchura del conducto rectangular. En conductos múltiples se tomará la suma



NOM OBRA	Q ₁₀₀ (m³/s)	d/H ó d/D	d (m)	Nivel de agua a la salida	Erosión (m)		Profundidad rastrillo(m)	Longitud solera (m)
ODT 0+095 R3	0,919	0,397	0,397	0,250	Medio	1,263	0,316	1,515
ODT 0+082 R4	0,355	0,164	0,164	0,130	Medio	0,884	0,221	1,061
ODT 0+097 G2	0,056	0,027	0,027	0,040	Alto	0,443	0,310	0,532

Tabla 7. Erosión local en obras de drenaje según Instrucción 5,2-IC (Jul-90).

d/H ó d/D : Nivel específico a la salida

Por tanto, a la vista de los resultados, las nuevas obras de drenaje se diseñan con boquillas tanto de entrada como de salida con solera y rastrillo, adoptando una profundidad de rastrillo de 0,60 m.ca

3. DRENAJE LONGITUDINAL

La finalidad que se persigue con la definición de los elementos de drenaje longitudinal es la recogida de las aguas procedentes de la explanación de la autovía y demás viales y su posterior evacuación a cauces naturales.

El drenaje longitudinal de los viales se ha resuelto principalmente mediante el uso de cunetas de diferente tipología que descargan por gravedad al terreno natural.

Así, en los tramos de desmonte, se ha diseñado una cuneta revestida de hormigón a pie de este, así como en tramos en la que es necesaria cuneta de guarda en coronación de dichos desmontes. El fondo de esta cuneta se encuentra por debajo de las capas del firme, por lo que el agua recogida por la subbase del paquete de firme tiene salida directa a la cuneta a través del talud de esta.

Igual sistema se ha diseñado para las tercianas, cuya escasa anchura solamente permite disponer de un drenaje longitudinal por gravedad mediante un caz prefabricado.

El agua recogida por estas cunetas y caz, a través de arquetas y pozos, se desagua a través de colectores de salida al exterior de la zona de plataforma.

Cuando el agua de escorrentía de la calzada es enviada al talud del relleno, para evitar su erosión, se recoge en bordillos y en puntos localizados, mediante bajantes prefabricadas, se envía al exterior de la plataforma.

La disposición del sistema de drenaje longitudinal propuesto se muestra en los Planos de Drenaje correspondientes.

3.1. CAUDALES DE CÁLCULO DE LA RED DE DRENAJE LONGITUDINAL

3.1.1. Criterios básicos de dimensionamiento

Para el dimensionamiento del drenaje longitudinal, se han seguido con carácter general los criterios recogidos en Norma 5.2.I.C. "Drenaje Superficial".

3.1.2. Periodo de retorno

Tal y como se establece en la mencionada Norma, para el drenaje de plataforma y márgenes se adopta un periodo de retorno de 25 años.

3.1.3. Precipitaciones

Para el cálculo de la intensidad de lluvia correspondiente al período de retorno establecido de 25 años se han tomado las precipitaciones máximas diarias obtenidas en el Anejo de "Climatología e Hidrología", resultando una Pd de 65,25 mm.

3.1.4. Caudales

Para calcular el caudal originado en el área de aporte se adopta un valor medio areal para la intensidad de precipitación en la cuenca I (T, tc) siendo la expresión de cálculo del caudal máximo anual Q_T correspondiente a un período de retorno T la siguiente:

$$Q_T = \frac{K_t \cdot I(T, t_c)}{3,6} \sum_i (C_i \cdot A_i)$$

Donde:

Q _T	m ³ /s	Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca
I (T, tc)	mm/h	Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para duración del aguacero igual al tiempo de concentración tc, de la cuenca
C	adimensional	Coefficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada
A	km ²	Área de la cuenca o superficie considerada
K _t	adimensional	Coefficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

Se ha considerado un coeficiente de escorrentía igual a la unidad para el cálculo de la escorrentía de la plataforma.

En el Apéndice Nº 1 del presente anejo se recogen las cuencas consideradas para la obtención de los caudales de diseño para la comprobación hidráulica de los diferentes elementos.

Los caudales de las cuencas aferentes se han obtenido del anejo Nº 5 del presente proyecto.

A continuación, se adjunta en forma de tabla los caudales de diseño empleados para cada elemento para el periodo de retorno de 25 años

ELEMENTO	EJE	Q 25 diseño (m3/s)
OTDL-0+640 MD	VLD-TR01	0,2309
OTDL-0+190 MD	VLD-TR01	0,3279
OTDL-1+166 MD	VLD-TR01	0,0385
OTDL-0+070 R1	ENL-M-406 R1	0,1158
OTDL-1+825 MD	VLD-TR02	0,1036
OTDL-0+100-SM	CONEX_SAN MARCOS	0,3365

ELEMENTO	EJE	Q 25 diseño (m3/s)
OTDL-0+310-SM	CONEX_SAN MARCOS	0,0582
OTDL-0+170-R2	ENL-M-406 R2	0,3612
OTDL-2+345 MD	VLD-TR02	0,0389
OTDL-1+626 MI	VLI-TR02	0,0268
OTDL-0+330 MI	VLI-TR01	0,0568
OTDL-1+135 MI	VLI-TR01	0,0815
OTDLE-2+215 MI (15+038 A4)	VLI-TR02	0,1011
CL01-TER-D+CAZ	Tronco	0,2827
PS-0+315 MD	VLD-TR01	0,0294
PS-0+955 MD	VLD-TR01	0,0837
PS-2+450 MD	VLD-TR02	0,0451
PS-2+625 MD	VLD-TR02	0,0451
PS-1+200 MI	VLD-TR01	0,2383
PS-2+020 MI	VLD-TR02	0,0635
CL02-D	VLD-TR01	0,0587
CL01-D	VLD-TR01	0,3867
CL03-D	VLD-TR01	0,1255
CL04-D	VLD-TR01	0,1495
CL05-D	VLD-TR02	0,1158
CL06-D	VLD-TR02	0,1158
CL07-D	VLD-TR02	0,1677
CL08-D	VLD-TR02	0,2485
CL09-D	VLD-TR02	0,3612
CL10-D	VLD-TR02	0,0451

ELEMENTO	EJE	Q 25 diseño (m3/s)
CL01-I	VLI-TR01	0,2383
CL02-I	VLI-TR02	0,1011
TR-2+110	VLD-TR02	0,0404
TVR-2+415	VLD-TR02	0,0389

Tabla 8. Caudales de diseño para el T 25 años

Para la comprobación del caz prefabricado de 400 mm asociado a la terciana, se ha calculado el caudal unitario con el fin de obtener la longitud de agotamiento del elemento, considerando la superficie de aportación por metro lineal.

Se han considerado las siguientes secciones atendiendo a la superficie de aportación:

- Aportación de 3 carriles más arcén con un ancho de aportación total de 13,10 m, resultando un caudal unitario de 0,455 l/s/m
- Aportación de 4 carriles más arcén con un ancho de aportación total de 16,60 m, resultando un caudal unitario de 0,508 l/s/m.

De igual manera se ha realizado para las cuentas de plataforma en desmonte; habiendo considerado las siguientes secciones de aportación:

- Vías Laterales: con un ancho de aportación variable de 9,50 m,13,0 m y 16,50 m dependiendo de si tienen 1 carril, dos carriles o tres; arrojando un caudal unitario de 0,3312, 0,54340 y 0,5367 l/s/m respectivamente.
- Ramales 2 y 4 del enlace M-406 de un carril y eje conexión Getafe: 10,00 m de ancho de aportación (1 carril con sobreancho + berma + cuneta), lo que arroja un caudal unitario de 0,3459 l/s/m
- Ramales 1 y 3 del enlace M-406 de dos carriles: 14,00 m de aportación (2 carriles + berma + cuneta), lo que arroja un caudal unitario de0,4633 l/s/m.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DRENAJE LONGITUDINAL PROYECTADA

El drenaje de la plataforma se realiza de dos formas, por escorrentía superficial y por infiltraciones a través de las capas de firme y desmontes.

3.2.1. Drenaje Superficial

El agua que discurre superficialmente, mediante el juego de peraltes y pendientes, será recogida por las cunetas de pie de desmonte o por los bordillos en caso de terraplén.

Así mismo, el agua de la calzada principal de la autovía será recogida mediante un caz prefabricado dispuesto en la terciaria con el fin de recoger el agua de la plataforma y truncar su recorrido sobre las vías colectoras.

Las aguas de los taludes de desmonte serán recogidas por las cunetas al pie de estos, aunque también se puede dar el caso de que hacia los viales desagüen cuencas con caudales pequeños en cuyo caso se han proyectado las correspondientes cunetas de pie de terraplén o de guarda de desmonte, que recogen las aguas que discurren directamente por el terreno en forma de manto de espesor despreciable.

Los elementos principales que componen el drenaje longitudinal son:

- Caz prefabricado en terciaria, que recoge el agua del tronco de la autovía.
- Cunetas de pie de desmonte, que recogen las aguas que caen sobre el talud y parte de las que caen sobre la plataforma.
- Cunetas de guarda y de pie de terraplén para recogida de las aguas de las áreas adyacentes.
- Bordillo de berma en terraplén, para recoger las aguas que caen en parte de la plataforma.

Entre estos elementos de drenaje existen otros secundarios que van unidos a los citados anteriormente, permitiendo su desagüe y buen funcionamiento, son los siguientes:

- Bajantes en terraplén formados por canaletas para caída de aguas por el terraplén procedentes del bordillo de berma de terraplén.
- Badenes en caminos de servicio en las vaguadas dando continuidad a la red de drenaje.

3.2.1.1. Cuneta de plataforma en desmonte

La cuneta de plataforma en desmonte que se ha empleado, en general, es la Tipo I que es una cuneta triangular con taludes 2(H):1(V) a ambos lados, y una profundidad mínima de 0,50 metros.

Entre los PP.KK. del eje de la A4, 13+818 y 13+980, se ha empleado una cuneta de plataforma Tipo II en la vía lateral de la margen derecha debido a que el espacio disponible es limitado.

La cuneta Tipo II es una cuneta triangular con taludes 1(H):1(V) a ambos lados, y una profundidad mínima de 0,50 metros.

Todas las cunetas se han proyectado con revestimiento de hormigón HM-20 de 0,10 metros de espesor y con igual pendiente al vial al que sirven.

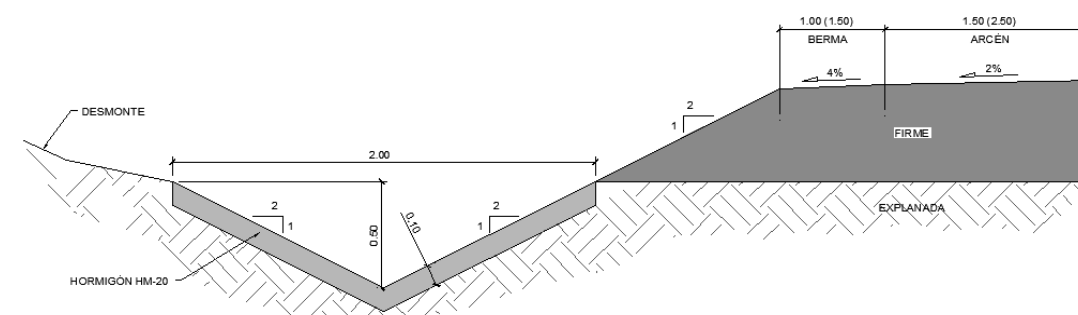


Figura 6. Cuneta de desmonte, Tipo I

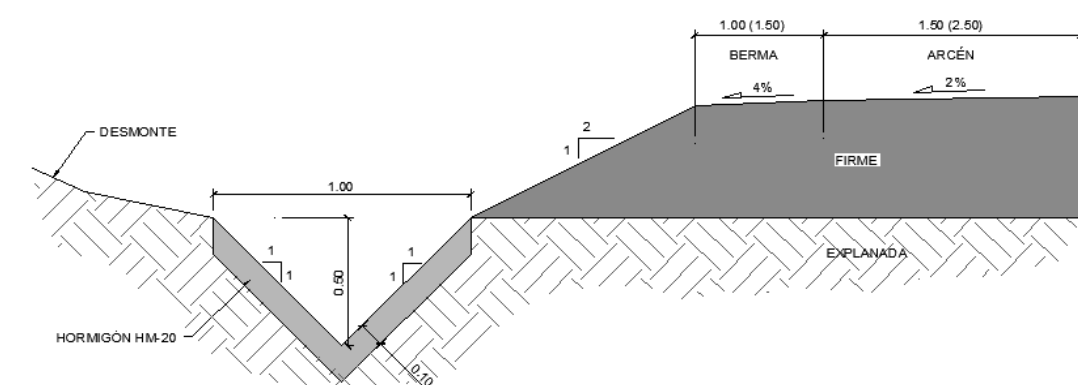


Figura 7. Cuneta de desmonte, Tipo II

3.2.1.2. Cunetas de guarda en coronación de desmonte y pie de terraplén

En los pies de terraplén que estén ubicados en el margen donde la cuenca vertiente intercepta con la vía, se considera conveniente proyectar cunetas de protección para evitar erosiones que produzcan inestabilidades en los taludes, recogiendo las aguas que discurren directamente por el terreno, en forma de manto de espesor despreciable, hacia el punto bajo de la cuenca. Estas cunetas desaguan en las obras de drenaje transversal o en los cauces propios de la orografía existente.

La cuneta de guarda que se ha empleado tanto en coronación de desmonte como en pie de terraplén es la cuenta denominada Tipo IV. Dicha cuneta es trapecial con taludes 1(H):1(V) a ambos lados, con un ancho de base de 0,5m y una profundidad mínima de 0,50 metros.

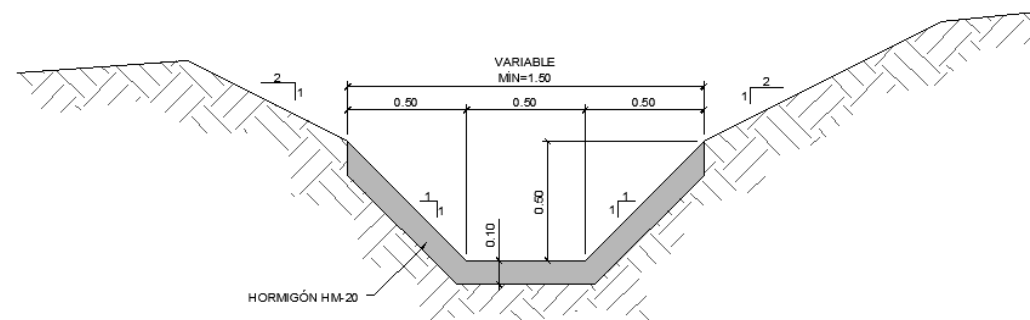


Figura 8. Cuneta de guarda, Tipo IV

3.2.1.3. Cunetas en el camino lateral

En el camino lateral izquierdo se ha empleado una cuneta Tipo III, que es una cuneta asimétrica triangular con taludes 3(H):1(V) en el lado izquierdo y 2(H):1(V) en el lado derecho, y una profundidad mínima de 0,30 metros.

Al igual que los tipos anteriormente descritos, las cunetas Tipo III se han proyectado con revestimiento de hormigón HM-20 de 0,10 metros de espesor.

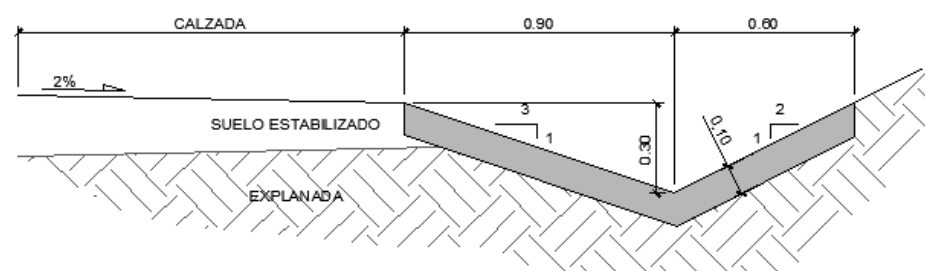


Figura 9. Cuneta en camino lateral izquierdo, Tipo III

3.2.1.4. Cunetas en paso inferior

Se ha diseñado una cuneta rectangular en el paso inferior del enlace M-406 con el fin de minimizar el ancho y el alto de la estructura. Dicha cuneta es rectangular de 0,75 m de base y 0,30m de calado revestida de hormigón.

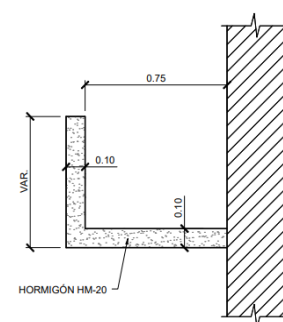


Figura 10. Cuneta en paso inferior tipo V

3.2.1.5. Colectores y caz prefabricado

Desde el punto de vista funcional, los colectores dispuestos son de dos tipos: longitudinales y transversales (OTDL, obras transversales de drenaje longitudinal).

Los colectores longitudinales se diseñan en aquellos tramos en que, habiéndose agotado la capacidad hidráulica de las cunetas o caz, no es factible la evacuación del caudal al terreno colindante o a una obra de drenaje transversal. Los colectores recogen el agua a través de arquetas sumidero y discurren bajo la cuneta hasta alcanzar un punto de desagüe.

Los colectores transversales se emplean para canalizar hacia el terreno adyacente el caudal recogido por las cunetas o colectores. Generalmente desembocan en un colector longitudinal excepto en aquellos casos en que es posible un vertido directo sobre el terreno.

Se han dispuesto colectores de hormigón armado de diámetro mínimo de 400 mm.

3.2.1.1. Pasacunetas

Para dar continuidad a la cuneta en las intersecciones de caminos o carreteras se han dispuesto pasacunetas con tubos de hormigón armado de 400, 500 y 600 mm de diámetro.

A las boquillas de estos pasacunetas, se les ha dotado de una malla tipo tramex, con el fin de minimizar el posible riesgo frente al choque contra el tímpano de estas. Así mismo las aletas serán perpendiculares al tímpano y se tendrán un talud 6H:1V tal y como se muestra en la fotografía.



Figura 11. Pasacunetas diseñados.

3.2.1.2. Arquetas de registro y arquetas sumidero

La misión de las arquetas es la de conectar distintos elementos del drenaje longitudinal, así como servir de acceso para limpieza y mantenimiento

Se colocarán arquetas en los siguientes puntos:

- Cuando bajo la cuneta o la terciaria discorra un colector, para facilitar la limpieza.

La separación entre arquetas bajo cuneta es de 50 m como máximo mientras que bajo la terciaria de la autovía A-4 se han considerado 30 m como máximo

- Para desaguar una cuneta. En este caso, el agua se recogerá mediante la arqueta, que la conducirá al exterior mediante una OTDL.

Se han proyectado diversos tipos de arquetas de hormigón armado de acuerdo a las dimensiones y disposición reflejadas en los planos correspondientes, diferenciando los siguientes tipos:

- Arqueta asociada en terciaria para desagüe del caz o registro de colector longitudinal en terciaria, de dimensiones interiores 1,20 x 1,20 m en su parte inferior y de 0,60 x 1,20 en su parte superior con espesores de 0,25 m. Las arquetas irán dotadas de pates y su altura varía entre 1,50 m y 2,20 m de profundidad entre la tapa/rejilla y fondo de colector.

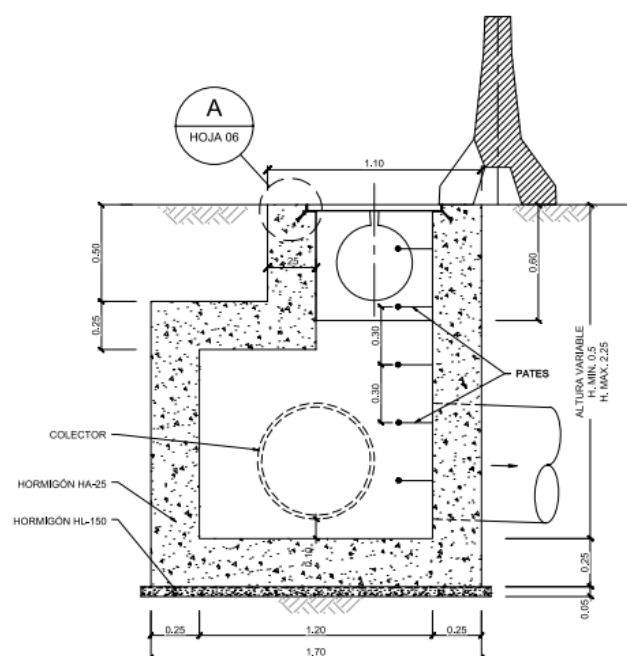


Figura 12. Arqueta de registro caz-dren-colector asociada a la terciaria

- Arqueta asociada a las cunetas de desmonte tipo I y tipo II, tanto de registro de colector longitudinal como de desagüe de cuneta, de dimensiones interiores de 1,0 x 1,0 m y espesores de 0,25m. Las arquetas irán dotadas de pates y su altura varía entre 0,50 m y 1,50 m de profundidad entre la tapa/rejilla y fondo de colector.

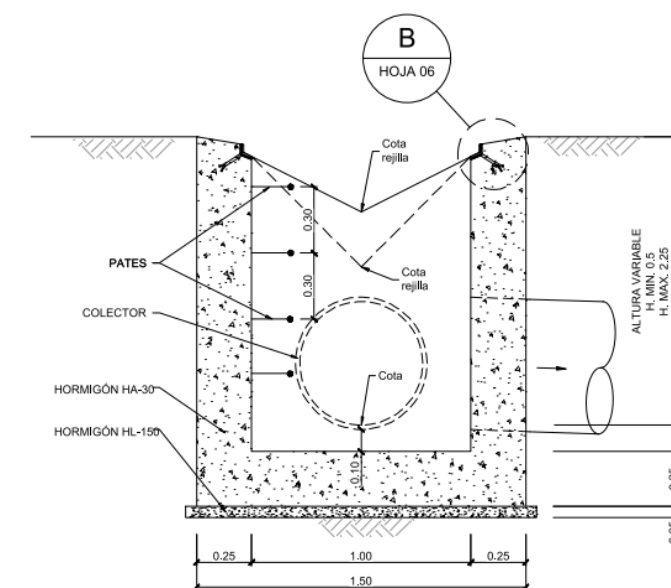


Figura 13. Arqueta sumidero asociada a cuneta de desmonte Tipo I y Tipo II

3.2.1.3. Bordillos en terraplenes

En terraplén, cuando las áreas de la calzada viertan hacia el borde exterior del terraplén, se disponen bordillos en la coronación del terraplén, de forma que se evite el vertido del caudal procedente de la calzada sobre la superficie de los taludes.

El bordillo previsto en terraplenes ha sido el C-9 del Ministerio de Fomento, y se han diseñado principalmente para el ramal 3 y Variante 1 del enlace M-406.

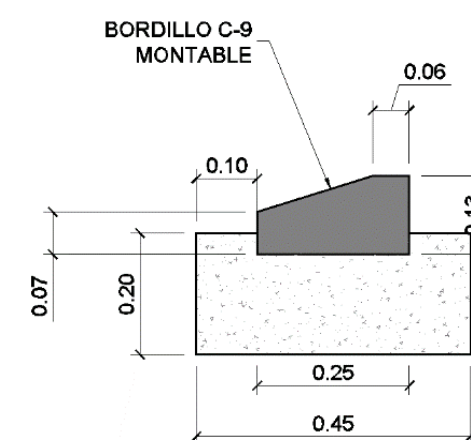


Figura 14. Sección de bordillo proyectado

Según la Norma 5.2-IC "Drenaje Superficial", el bordillo se colocará lo más alejado posible del borde de la capa de rodadura, revistiendo la berma mediante un riego de imprimación, Así mismo indica que el resguardo de la

lámina de agua respecto a la calzada (parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos en circunstancias ordinarias) debe ser mayor o igual a 5 centímetros y que la lámina de agua no alcance el arcén.

Para cumplir estas indicaciones en la comprobación hidráulica de los bordillos de terraplén, se estudian los anchos de las secciones donde se ubican los bordillos berma, limitando su capacidad hidráulica para mantener el resguardo de 5 cm a la calzada, es decir, un resguardo de 5 cm desde la lámina de agua, hasta el borde de la calzada exterior.

Las secciones transversales para los ejes estudiados son:

- Variante-1:
 - Arcén 2,50 m
 - Berma 0,60 m
 - Peralte: 2,0 %
- Ramal 3:
 - Arcén 2,50 m
 - Berma 1,50 m

- Peralte: 7,0 %

Para mantener un resguardo entre la lámina de agua y el borde exterior de la calzada de 5 cm, teniendo en cuenta que el arcén está peraltado al 2% y la berma al 4% en el caso de la variante y al 7,0% en el caso del ramal 3; supone limitar el calado del bordillo berma a 0,024 m y 0.10 m respectivamente.

Para la comprobación hidráulica de los bordillos se ha aplicado la fórmula de Manning comentada en puntos anteriores, considerando un talud interior del 14,3H:1V y del 25H:1V para la variante y el ramal respectivamente, talud exterior vertical y un coeficiente de Manning $n = 0,017$.

La separación entre obras de salida del bordillo será variable según la pendiente longitudinal del vial, nunca mayor a los 30 m, atendido a criterios hidráulicos y a criterios de uniformidad.

A la vista de los resultados que se adjuntan en la tabla siguiente, se deberán disponer descargas del bordillo cada 10 m en la variante, sin necesidad de descargas para el ramal 3. No obstante ha considerado disponer bajantes cada 30 m en este ramal.

ELEMENTO A DIIMENSIONAR	Long (m)	Q25 (m3/s)	Pendiente (m/m)	Calado (m)	Calado < = 0,10cm	Q máx calado unit (m3/s)	nº bajantes	Distancia entre bajantes (m)	Q diseño bajante (m3/s)	Ancho lámina (m)	Ancho lámina < = 1,50 m
Ramal - 3											
Bordillos 00+105-00+220	115	0,037	0,049	0,071	si	0,121	1	115	0,0372	1,429	si

ELEMENTO A DIIMENSIONAR	Long (m)	Q25 (m3/s)	Pendiente (m/m)	Calado (m)	Calado < = 0,024 cm	Q máx calado unit (m3/s)	nº bajantes	Distancia entre bajantes (m)	Q diseño bajante (m3/s)	Ancho lámina (m)	Ancho lámina < = 0,60 m
Variante-1											
Bordillos 00+125-00+180	55	0,017	0,014	0,049	no	0,003	6	10	0,0029	0,600	si

Tabla 9: Comprobación hidráulica de los bordillos y distancia entre bajantes

3.2.1.4. Bajantes

Las bajantes de terraplén se disponen como desagüe de los bordillos de protección en terraplenes, Estas bajantes reconducen el agua a las cunetas de protección de talud o se vierten al terreno.

Las bajantes en terraplén se han realizado mediante canaletas prefabricadas, en piezas de 1,00 metro de longitud, de dimensiones transversales 60x40 con la misma pendiente del terraplén.

La elección del tipo de bajante será función de la capacidad requerida, Las dimensiones interiores de las bajantes prefabricadas son:

- Bajante de 0,60 x 0,40: 0,29 m de ancho x 0,20 m, de alto.

Las bajantes de recogida de aguas procedentes de los bordillos según se vio en el apartado anterior recogerán caudales máximos de 0,0093 m³ /s (correspondiente al Ramal 3).

Se comprueban considerando que en su embocadura superior se produce un régimen crítico que es el que determina así su capacidad, La capacidad se obtiene de la siguiente forma:

En régimen crítico:

$$v = \sqrt{g \cdot y_c}$$

Donde:

- v: velocidad (m/s)
- g: aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)
- y_c: calado en régimen crítico (m)

Para las bajantes tenemos y_c= 0,20 m

Entonces:

$$v = 1,40 \text{ m/s}$$

$$Q = v \times S = 1,40 \times 0,39 \times 0,20 = 0,1092 \text{ m}^3 /s$$

por lo que son adecuadas a la recogida de flujos desde bordillos.

Estas bajantes, dispondrán de un tramo de embocadura en su zona superior, así como los elementos precisos de anclaje, Las bajantes verterán en las cunetas construidas al pie de dicho desmonte o en el propio terreno.

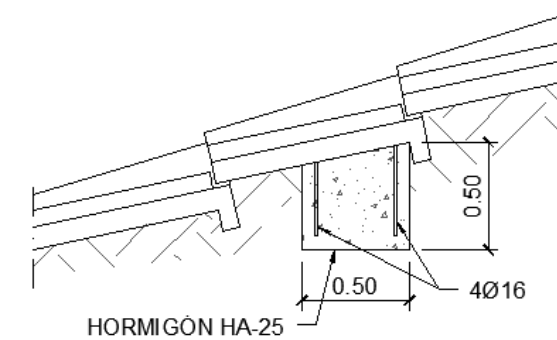


Figura 15. Sección de bajante proyectada

3.2.1.5. Pasos de vaguadas. Badenes

En los caminos se ha previsto dar continuidad al esquema de drenaje mediante pasos de vaguada o badenes. Los badenes consisten en una losa de hormigón sobre el camino (IMD < 500), de 20 cm de espesor y ancho igual al camino.

3.2.1.6. Comprobación hidráulica de los colectores y cunetas

Tanto en cunetas como en colectores y caces se ha comprobado que se cumplen simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- La capacidad hidráulica, de los elementos lineales en régimen uniforme y en lámina libre para la sección llena sin entrada en carga, debe ser mayor que el caudal de diseño, Q_P,

$$Q_{CH} = \frac{J^{1/2} R_H^{2/3} S_{Max}}{n} \geq Q_P$$

- La velocidad media del agua para el caudal de proyecto debe ser menor que la que produce daños en el elemento de drenaje superficial, en función de su material constitutivo.

$$V_P = \frac{Q_P}{S_P} \leq V_{Max}$$

Donde:

Q _{CH}	(m ³ /s)	Capacidad hidráulica del elemento de drenaje, Caudal en régimen uniforme en lámina libre para la sección llena calculado igualando las pérdidas de carga por rozamiento con las paredes y fondo del conducto a la pendiente longitudinal
J	(adimensional)	Pendiente geométrica del elemento lineal
S _{Max}	(m ²)	Área de la sección transversal del conducto

R _H	(m)	Radio hidráulico
		$R_H = \frac{S}{p}$
S	(m ²)	Área de la sección transversal ocupada por la corriente
p	(m)	Perímetro mojado
n	(s/m ^{1/3})	Coeficiente de rugosidad de Manning, dependiente del tipo de material del elemento lineal, Se ha adoptado un valor de 0,015 para los elementos lineales, de acuerdo con los valores de la tabla 3,1 de la Norma de Drenaje Superficial 5,2-IC
Q _p	(m ³ /s)	Caudal de proyecto del elemento de drenaje
V _p	(m/s)	Velocidad media de la corriente para el caudal de proyecto
S _p	(m ²)	Área de la sección transversal ocupada por la corriente para el caudal de proyecto
V _{Max}	(m/s)	Velocidad máxima admisible en el elemento de drenaje transversal, dada por la tabla 3,2 de la Norma 5,2,-IC (2016), en función del material del que está constituido

En general, y de acuerdo con la Norma 5.2-I.C., las velocidades máximas previsibles en las obras de drenaje longitudinal no deberían rebasar los siguientes límites:

Naturaleza de la superficie	v _{max} (m/s)
Terreno sin vegetación arenoso o limoso	0,20 - 0,60
Terreno sin vegetación arcilloso	0,60 - 0,90
Terreno sin vegetación en arcilla duras y margas blandas	0,90 - 1,40
Terreno sin vegetación en gravas y cantos	1,20 - 2,30
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0,60 - 1,20
Terreno con vegetación herbácea permanente	1,20 - 1,80
Rocas blandas	1,40 - 3,00
Mampostería, rocas duras	3,00 - 5,00
Hormigón	4,50 - 6,00

Tabla 10. Velocidad máxima del agua (m/s) (Norma 5.2-I.C.)

ELEMENTO	PEND (%)	CAUDAL (l/s)	DIAM CALC (mm)	CALADO (m)	VELOC. (m/s)	ÁNGULO (rad)	AREA MOJ (m2)	PERM MOJ (m)	RH (m)	Nº FROUDE	% LLENADO
OTDL-0+640 MD	0,20	230,892	600	0,44734	1,02131	4,16834	0,2261	1,25	0,18	0,25	74,56

El estudio de la capacidad de desagüe de las cunetas y colectores se ha realizado aplicando la fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = S \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2} \cdot K$$

donde:

- Q: caudal desaguado en m3/s.
- S: área de desagüe en m2
- RH: radio hidráulico en m

Según la expresión:

$$R_H = S / P_m$$

- Pm: perímetro mojado en m
- J: pendiente de la línea de energía en tanto por uno. Si el régimen se considera uniforme, se adopta el valor de la pendiente longitudinal de la cuneta.
- K: coeficiente de rugosidad de Manning-Strickler. Se adoptan los siguientes valores:
 - Colectores: n = 1/K = 0,014
 - Cunetas y caz: n = 1/K = 0,015

En la siguiente tabla se puede observar la comprobación hidráulica de la totalidad de los colectores diseñados agrupados según su función:

ELEMENTO	PEND (%)	CAUDAL (l/s)	DIAM CALC (mm)	CALADO (m)	VELOC. (m/s)	ÁNGULO (rad)	AREA MOJ (m2)	PERM MOJ (m)	RH (m)	Nº FROUDE	% LLENADO
OTDL-0+190 MD	0,20	327,935	800	0,44532	1,14058	3,36869	0,2875	1,35	0,21	0,37	55,67
OTDL-1+166 MD	0,20	38,462	400	0,18684	0,66803	3,00991	0,0576	0,60	0,10	0,32	46,71
OTDL-0+070 R1	0,50	115,837	400	0,28255	1,22078	3,99255	0,0949	0,80	0,12	0,58	70,64
OTDL-1+825 MD	0,20	103,580	500	0,29672	0,85322	3,51754	0,1214	0,88	0,14	0,30	59,34
OTDL-0+100-SM	0,50	336,452	600	0,41897	1,59580	3,95716	0,2108	1,19	0,18	0,68	69,83
OTDL-0+310-SM	0,20	58,219	400	0,24031	0,73837	3,54751	0,0788	0,71	0,11	0,28	60,08
OTDL-0+170-R2	0,25	361,223	800	0,44123	1,27076	3,34810	0,2843	1,34	0,21	0,46	55,15
OTDL-2+345 MD	0,50	38,868	400	0,14592	0,93716	2,59402	0,0415	0,52	0,08	0,83	36,48
OTDL-1+626 MI	0,20	26,758	400	0,15274	0,60665	2,66446	0,0441	0,53	0,08	0,33	38,18
OTDL-0+330 MI	0,20	56,770	400	0,23641	0,73427	3,50772	0,0773	0,70	0,11	0,28	59,10
OTDL-1+135 MI	0,50	81,543	400	0,22246	1,13570	3,36668	0,0718	0,67	0,11	0,73	55,62
OTDLE-2+215 MI	0,20	101,113	500	0,29214	0,84863	3,48035	0,1191	0,87	0,14	0,30	58,43

Tabla 11. Tabla resumen del cálculo hidráulico de las obras transversales de drenaje longitudinal (OTDL).

ELEMENTO	PEND (%)	CAUDAL (l/s)	DIAM CALC (mm)	CALADO (m)	VELOC. (m/s)	ÁNGULO (rad)	AREA MOJ (m2)	PERM MOJ (m)	RH (m)	Nº FROUDE	% LLENADO
CL01-TER-D+CAZ	0,20	282,696	800	0,40696	1,10041	3,17639	0,2569	1,27	0,20	0,38	50,87

Tabla 12. Tabla resumen del cálculo hidráulico del colector longitudinal de la terciaria.

ELEMENTO	PEND (%)	CAUDAL (l/s)	DIAM CALC (mm)	CALADO (m)	VELOC. (m/s)	ÁNGULO (rad)	AREA MOJ (m2)	PERM MOJ (m)	RH (m)	Nº FROUDE	% LLENADO
PS-0+315 MD	0,20	29,360	400	0,16065	0,62210	2,74546	0,0472	0,55	0,09	0,33	40,16
PS-0+955 MD	0,20	83,67	500	0,25984	0,81155	3,22034	0,1031	0,81	0,13	0,33	51,97

ELEMENTO	PEND (%)	CAUDAL (l/s)	DIAM CALC (mm)	CALADO (m)	VELOC. (m/s)	ÁNGULO (rad)	AREA MOJ (m2)	PERM MOJ (m)	RH (m)	Nº FROUDE	% LLENADO
PS-2+450 MD	0,20	45,08	400	0,20499	0,69535	3,19155	0,0648	0,64	0,10	0,30	51,25
PS-2+625 MD	0,20	45,08	400	0,20499	0,69535	3,19155	0,0648	0,64	0,10	0,30	51,25
PS-1+200 MI	0,50	238,29	600	0,33186	1,48508	3,35438	0,1605	1,01	0,16	0,84	55,31
PS-2+020 MI	0,20	63,51	400	0,25474	0,75208	3,69605	0,0845	0,74	0,11	0,26	63,68

Tabla 13. Tabla resumen del cálculo hidráulico de los pasacunetas.

ELEMENTO	PEND (%)	CAUDAL (l/s)	DIAM CALC (mm)	CALADO (m)	VELOC. (m/s)	ÁNGULO (rad)	AREA MOJ (m2)	PERM MOJ (m)	RH (m)	Nº FROUDE	% LLENADO
CL02-D	0,50	58,72	400	0,18314	1,04674	2,97278	0,0561	0,59	0,09	0,79	45,78
CL01-D	0,20	386,66	800	0,49513	1,18348	3,62185	0,3267	1,45	0,23	0,34	61,89
CL03-D	0,20	125,50	500	0,33841	0,88729	3,86451	0,1414	0,97	0,15	0,27	67,68
CL04-D	0,25	149,48	500	0,35496	1,00272	4,00815	0,1491	1,00	0,15	0,31	70,99
CL05-D	0,50	115,84	400	0,28255	1,22078	3,99255	0,0949	0,80	0,12	0,58	70,64
CL06-D	0,50	115,84	400	0,28255	1,22078	3,99255	0,0949	0,80	0,12	0,58	70,64
CL07-D	5,34	167,72	400	0,16978	3,30188	2,83824	0,0508	0,57	0,09	8,65	42,45
CL08-D	0,50	248,47	600	0,34064	1,49966	3,41334	0,1657	1,02	0,16	0,82	56,77
CL09-D	0,20	361,22	800	0,47346	1,16611	3,51099	0,3098	1,40	0,22	0,35	59,18
CL10-D	2,78	45,08	400	0,10101	1,80865	2,10603	0,0249	0,42	0,06	4,65	25,25
CL01-I	0,25	238,29	600	0,41948	1,12870	3,96086	0,2111	1,19	0,18	0,34	69,91
CL02-I	0,50	101,11	400	0,25593	1,19082	3,70849	0,0849	0,74	0,11	0,65	63,98

Tabla 14. Tabla resumen del cálculo hidráulico de los colectores longitudinales bajo cunetas.

ELEMENTO	PEND (%)	CAUDAL (l/s)	DIAM CALC (mm)	CALADO (m)	VELOC. (m/s)	ÁNGULO (rad)	AREA MOJ (m2)	PERM MOJ (m)	RH (m)	Nº FROUDE	% LLENADO
TR-2+110	0,50	40,42	400	0,14903	0,94732	2,62620	0,0427	0,53	0,08	0,83	37,26
TR-2+415	0,50	38,87	400	0,14592	0,93.716	2,59402	0,0415	0,52	0,08	0,83	36,48

Tabla 15. Tabla resumen del cálculo hidráulico de los colectores en los transfer.

ELEMENTO	Pki	PKf	Q 25 diseño (m3/s)	L(m)	Cota i (m)	Cota f (m)	V (m/s)	Q al 80 % (l/s)	L agotamiento (m)	Cumple
CL01-TER-D+CAZ	12+450	12+720	0,123	270,00	610,449	611,235	1,147	123,639	271,418	OK
CAZ 01-TER-D	12+750	12+950	0,091	200,00	611,349	612,361	1,165	125,514	275,533	OK
CAZ 02-TER-D	12+950	13+270	0,146	320,00	612,361	610,240	1,333	143,652	315,350	OK
CAZ 03-TER-D (*)	13+270	13+380	0,056	110,00	610,240	610,737	1,101	118,604	233,139	OK
CAZ 04-TER-D	13+430	13+570	0,064	140,00	611,386	612,543	1,488	160,405	352,128	OK
CAZ 05-TER-D	13+570	14+080	0,232	510,00	612,543	603,773	2,147	231,383	507,940	OK
CAZ 06-TER-D (*)	14+200	14+365	0,084	165,00	601,991	601,169	1,156	124,540	244,809	OK
CAZ 07-TER-D	14+380	14+520	0,064	140,00	601,171	601,505	0,800	86,184	189,194	OK
CAZ 08-TER-D	14+520	14+660	0,064	140,00	601,505	599,978	1,710	184,277	404,533	OK
CAZ 01-TER-I	12+925	13+155	0,105	230,00	612,373	610,722	1,387	149,495	328,177	OK
CAZ 02-TER-I	13+190	13+335	0,066	145,00	610,491	610,395	0,604	65,120	142,954	OK
CAZ 03-TER-I	13+335	13+570	0,107	235,00	610,395	612,543	1,599	172,345	378,340	OK
CAZ 04-TER-I	13+570	13+960	0,178	390,00	612,543	606,166	2,094	225,627	495,306	OK
CAZ 05-TER-I	14+170	14+370	0,091	200,00	602,381	601,169	1,275	137,357	301,533	OK
CAZ 06-TER-I	14+370	14+430	0,027	60,00	601,169	601,209	0,423	45,559	100,012	OK
CAZ 07-TER-I	14+450	14+520	0,032	70,00	601,237	601,505	1,013	109,178	239,671	OK
CAZ 08-TER-I	14+520	15+040	0,237	520,00	601,505	595,409	2,240	241,437	530,013	OK

(*) 4 carriles de aportación

Tabla 16. Configuración geométrica y comprobación hidráulica del caz prefabricado de 400 mm de diámetro

Vdcha	Tipo aportación	Pki	Pkf	L (m)	P (%)	L agotamiento (m)	Cumple
Cuneta T-I	2C	00+460	00+620	160	0,430	1401,084	OK
Cuneta T-I	2C	00+730	00+930	200	0,820	1934,803	OK
Cuneta T-I	3C	01+166	01+310	144	1,280	1954,432	OK
Cuneta T-I	3C	01+310	01+630	320	1,060	1778,560	OK
Cuneta T-I	3C	02+320	02+430	110	0,627	1367,884	OK

Vizq	Tipo aportación	Pki	Pkf	L (m)	P (%)	L agotamiento (m)	Cumple
Cuneta T-I	3C	00+780	00+900	120	1,015	1740,398	OK
Cuneta T-I	2C	00+960	01+135	175	1,840	2898,270	OK
Cuneta T-I	3C	01+340	01+420	80	0,585	1321,276	OK

Tabla 17. Comprobación hidráulica de las cunetas de las vías laterales

Ramal 1	Tipo aportación	Pki	Pkf	L (m)	P (%)	L agotamiento (m)	Cumple
Cuneta T-I	2C	00+060	00+140	80	4,083	4043,737	OK

Conex Getafe Mdcha	Tipo aportación	Pki	Pkf	L (m)	P (%)	L agotamiento (m)	Cumple
Cuneta T-I	1 C	00+100	00+140	40	4,445	5652,123	OK
Cuneta T-I	berma + cuneta	00+140	00+160	20	0,983	2657,985	OK
Cuneta T-II	berma + cuneta	00+160	00+180	20	0,584	2048,718	OK
Cuneta T-I	1 C	00+180	00+200	20	0,500	1895,661	OK
Cuneta T-I	1 C	00+200	00+300	100	0,765	2344,803	OK

Conex Getafe Mizq	Tipo aportación	Pki	Pkf	L (m)	P (%)	L agotamiento (m)	Cumple
Cuneta T-I	berma + cuneta	00+120	00+160	40	5,051	6025,102	OK
Cuneta T-II	1 C	00+160	00+180	20	1,089	2797,626	OK
Cuneta T-I	1 C	00+180	00+220	40	0,500	1895,661	OK

Conex Getafe Mizq	Tipo aportación	Pki	Pkf	L (m)	P (%)	L agotamiento (m)	Cumple
Cuneta T-I	berma + cuneta	00+220	00+300	80	0,526	1944,324	OK

Tabla 18. Comprobación hidráulica de las cunetas del enlace M-406

3.2.2. Drenaje subterráneo

3.2.2.1. Drenaje del firme y plataforma

El incremento de la humedad en los materiales que constituyen las capas del firme y la explanada de la autovía lleva generalmente asociado una disminución de su capacidad de soporte y puede dar lugar a fenómenos fisicoquímicos que modifiquen la estructura y comportamiento, tales como erosión, meteorización, disolución, expansión, colapso, etc,

El agua procedente de la calzada se realiza mediante la filtración de agua a través del firme el cual es un fenómeno complejo que depende de numerosos factores, la permeabilidad total del pavimento, su estado de conservación, su regularidad, pendiente, intensidad de lluvia, duración de la lluvia, etc,

Siguiendo los criterios de la OC 17/2003, la explanada corresponde al tipo F, explanada de baja permeabilidad ya que cuenta con una capa superior de 30 cm de suelo estabilizado in situ S-EST3 y el agua infiltrada circula subhorizontalmente, según la línea de máxima pendiente, tanto por el firme a través de las interfaces entre sus capas, como por la superficie de contacto entre éste y la explanada,

Por estas condiciones existentes y teniendo en cuenta que el sistema de drenaje superficial proyectado funciona por gravedad, se diseña para las vías adyacentes a la plataforma de la autovía, el fondo de la cuneta por debajo de las capas del firme y así el agua que circula por la unión basa-explanada, tiene salida directa a la cuneta a través del talud de esta (planos 5.1), no siendo necesario disponer de tubo-dren profundo.

3.3. CAPACIDAD MECÁNICA DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y COLECTORES

A continuación, se presenta el método de cálculo mecánico de los tubos de hormigón armado y las salidas del programa de cálculo utilizado, ATHA, para determinar la clase mínima exigible para el cálculo de los tubos,

La Normativa aplicada es la Norma Española UNE-EN 1916:2008 “Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero (requisitos del marcado CE)” de septiembre de 2008.

Las acciones para considerar han sido:

- Peso propio,
- Carga del relleno.
- Carga de tráfico.

La clase exigible al tubo será la que soporta una carga mayor o igual a la obtenida como carga de cálculo, Se distinguen CLASE 60, 90, 135 y 180 como valores a rotura para tubos de hormigón armado.

En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos:

Denominación		Pk	Di (m)	p %	l (m)	De (m)	Espesor firme considerado (m)	Instalación	hr (m)	Ct	Cz	Carga de cálculo (kN/m2)	Clase UNE 127,010
ODT3_1	VLD-TR02	01+010	Ø 600	0,30	13,40	0,75	0,45	z	0,365	-	0,996	54,95	C-60
ODT3_3	VLI-TR02	00+513	Ø 600	0,20	10,08	0,75	0,45	z	0,845	-	0,990	50,74	C-60
ODT4_3	VLI-TR02	01+554	Ø 800	0,33	18,45	0,98	0,45	z	1,028	-	0,989	48,22	C-60
ODT-0+097-G2	ENL-M-406 G2	00+000	Ø 1000	2,00	18,00	1,22	0,45	t	2,021	5,897	-	236,13	C-180
ODT-0+095 R3	ENL-M-406 R3	00+095	Ø 1000	0,22	18,41	1,22	0,4	t	1,631	6,962	-	223,53	C-180
ODT-0+082-R4	ENL-M-406 R4	00+082	Ø 1000	0,83	19,38	1,22	0,4	t	1,211	9,064	-	230,15	C-180
OTDL-0+640 MD	VLD-TR01	00+640	Ø 600	0,20	12,40	0,75	0,45	z	0,525	-	0,994	45,82	C-60
OTDL-0+190 MD	VLD-TR01	00+190	Ø 800	0,20	10,10	0,98	0,45	z	1,130	-	0,988	72,65	C-90
OTDL-1+166 MD	VLD-TR01	01+166	Ø 400	0,20	17,60	0,52	0,45	z	1,275	-	0,982	83,08	C-90
OTDL-0+070 R1	ENL-M-406 R1	00+070	Ø 400	0,50	26,40	0,52	0,4	z	1,041	-	0,986	113,53	C-135
OTDL-1+825 MD	VLD-TR02	01+825	Ø 500	0,20	10,50	0,63	0,45	z	1,120	-	0,986	65,91	C-90
OTDL-0+100-SM	CONEX_SAN MARCOS	00+100	Ø 600	0,50	14,50	0,75	0,35	z	0,825	-	0,990	112,14	C-135
OTDL-0+310-SM	CONEX_SAN MARCOS	00+310	Ø 400	0,20	13,30	0,52	0,35	z	0,741	-	0,990	44,20	C-60
OTDL-0+170-R2	ENL-M-406 R2	00+170	Ø 800	0,25	26,40	0,98	0,4	z	0,817	-	0,991	109,42	C-135
OTDL-2+345 MD	VLD-TR02	02+345	Ø 400	0,50	10,80	0,52	0,45	z	2,529	-	0,965	147,15	C-180
OTDL-1+626 MI	VLI-TR02	01+626	Ø 400	0,20	17,50	0,52	0,45	z	1,377	-	0,981	135,17	C-180

Denominación		Pk	Di (m)	p %	l (m)	De (m)	Espesor firme considerado (m)	Instalación	hr (m)	Ct	Cz	Carga de cálculo (kN/m2)	Clase UNE 127,010
OTDL-0+330 MI	VLI-TR01	00+330	Ø 400	0,20	24,70	0,52	0,45	z	1,228	-	0,983	72,76	C-90
OTDL-1+135 MI	VLI-TR01	01+135	Ø 400	0,50	15,20	0,52	0,45	z	1,544	-	0,979	141,40	C-180
TR-2+110	TR	02+110	Ø 400	0,50	12,00	0,52	0,25	z	1,074	-	0,985	63,77	C-90
TR-2+415	TR	02+415	Ø 400	0,50	30,00	0,52	0,25	z	1,283	-	0,982	151,07	C-180
PS-0+315 MD	VLD-TR01	00+315	Ø 400	0,20	15,00	0,52	0,45	z	1,041	-	0,986	61,84	C-90
PS-0+955 MD	VLD-TR01	00+955	Ø 500	0,20	35,00	0,63	0,45	z	0,569	-	0,993	265,62	C-180
PS-2+450 MD	VLD-TR02	02+450	Ø 400	0,20	45,00	0,52	0,45	z	0,654	-	0,991	39,06	C-60
PS-2+625 MD	VLD-TR02	02+625	Ø 400	0,20	50,00	0,40	0,45	z	-0,080	-	1,001	2425,74	C-180
PS-1+200 MI	VLD-TR01	01+200	Ø 600	0,50	30,00	0,75	0,45	z	0,328	-	0,996	57,27	C-60
PS-2+020 MI	VLD-TR02	02+020	Ø 400	0,20	25,00	0,52	0,45	z	0,684	-	0,990	283,80	C-180

Tabla 19. Tabla resumen del cálculo mecánico de las obras de drenaje y colectores transversales.

Notas: Se considera C-135 para la totalidad de los CL
Se considera una clase superior para los C-60

APÉNDICES

APÉNDICE

Nº 1. CAUDALES DE DISEÑO

ODT

ELEMENTO	DESAGUA EN	C0	Q100	C1	Q100	C2	Q100	C3	Q100	C4	Q100	C5	Q100	C6	Q100	C7	Q100	C8	Q100	C9	Q100	Qdiseño (m3/s)
ODT-12+322	Pozo de infiltración		-	C02	0.183361342	C02a	0.116259178	C02-CA	0.065770156	C01a	0.074550462	C12-CA	0.057280006	C01	0.49059018	C01b	0.037703643		-		-	1.02551497
ODT-13+304	Terreno		-	C04a-CA	0.048830939	C04b-CA	0.057654476	C04a	0.074212292	C04b	0.066771355	C03	0.159642084	C03-CA	0.099989165	C14a-CA	0.068637653	C14b-CA	0.082361513		-	0.65809948
ODT-0+097-G2	Terreno		-	C17	0.056249095		-		-		-		-		-		-		-		-	0.05624910
ODT-0+095 R3	Terreno	C16c-CA	0.121330954	C16a-CA	0.103246185	C16b-CA	0.088970192	C16-1	0.070889847	C16-1-CA	0.038606175	C16-2	0.102253446	C16-2-CA	0.038606175	C15	0.1536818	C15a-CA	0.133958581	C15b-CA	0.066979291	0.91852265
ODT-0+082-R4	Terreno		-	C15	0.1536818	C15a-CA	0.133958581	C15b-CA	0.066979291		-		-		-		-		-		-	0.35461967
ODT-14+371	Terreno		-	C09a-CA	0.103618065	C09b-CA	0.05132072	C18a-CA	0.09767377	C18b-CA	0.028088841	C07	0.086153913	C07a-CA	0.024153926	C07b-CA	0.017015143		-		-	0.40802438
			-	C05a	0.110448016	C05b	0.037592901	C06	0.043429322	C06a-CA	0.023983501	C08b-CA	0.090616272	C08c-CA	0.009424593	C08a-CA	0.131503454	C08	0.011687086		-	0.45868514
			-	C22	0.153026127	C22a-CA	0.078541299	C22b-CA	0.045025737	C22c-CA	0.040979153	C22d-CA	0.073714207		-		-		-		-	0.39128652

CAZ LONGITUDINAL EN TERCIANA

ELEMENTO	DESAGUA EN	Pki	PKf	Q unitario (l/s/m)	Qdiseño (m3/s)
CL01-TER-D+CAZ	OTDL-0+190 MD	12+450	12+720	0.455531139	0.122993407
CAZ 01-TER-D	CL01-TER-D+CAZ	12+750	12+950	0.455531139	0.091106228
CAZ 02-TER-D	ODT-13+304	12+950	13+270	0.455531139	0.145769964
CAZ 03-TER-D (*)	ODT-13+304	13+270	13+380	0.508724263	0.055959669
CAZ 04-TER-D	OTDL 1+166 MD	13+430	13+570	0.455531139	0.063774359
CAZ 05-TER-D	OTDL 1+825 MD	13+570	14+080	0.455531139	0.232320881
CAZ 06-TER-D (*)	ODT 14+335	14+200	14+365	0.508724263	0.083939503
CAZ 07-TER-D	TS 2+110	14+380	14+520	0.455531139	0.063774359
CAZ 08-TER-D	TS 2+415	14+520	14+660	0.455531139	0.063774359
CAZ 01-TER-I	OTDL 0+330 MI	12+925	13+155	0.455531139	0.104772162
CAZ 02-TER-I	ODT 13+304	13+190	13+335	0.455531139	0.066052015
CAZ 03-TER-I	ODT 13+304	13+335	13+570	0.455531139	0.107049818
CAZ 04-TER-I	OTDL 1+135 MI	13+570	13+960	0.455531139	0.177657144
CAZ 05-TER-I	ODT 14+335	14+170	14+370	0.455531139	0.091106228
CAZ 06-TER-I	ODT 14+335	14+370	14+430	0.455531139	0.027331868
CAZ 07-TER-I	OTDL 1+626 MI	14+450	14+520	0.455531139	0.03188718
CAZ 08-TER-I	OTDL EXIT 15+038	14+520	15+040	0.455531139	0.236876192

(*) 4 carriles de aportación

OTDL

ELEMENTO	EJE	DESAGUA EN	C1	Q25	C2	Q25	C3	Q25	C4	Q25	C5	Q25	C6	Q25	C7	Q25	C8	Q25	Qdiseño (m3/s)
OTDL-0+640 MD	VLD-TR01	CL01-TER-D+CAZ	C02	0.139901208	C02a	0.090990449		-		-		-		-		-		-	0.230891657
OTDL-0+190 MD	VLD-TR01	CL01-D	C02	0.139901208	C02a	0.090990449	C02-CA	0.051804327	C12-CA	0.045239084		-		-		-		-	0.327935068
OTDL-1+166 MD	VLD-TR01	CL04-D	C04a-CA	0.038462034		-		-		-		-		-		-		-	0.038462034
OTDL-0+070 R1	ENL-M-406 R1	CL05-D	C05a	0.086975541	C05b	0.028861917		-		-		-		-		-		-	0.115837458
OTDL-1+825 MD	VLD-TR02	OTDL-0+170-R2	C08a-CA	0.103579624		-		-		-		-		-		-		-	0.103579624
OTDL-0+100-SM	CONEX_SAN MARCOS	CL08-D	C05a	0.086975541	C05b	0.028861917	C06	0.033488339	C06a-CA	0.018393852	C08b-CA	0.071347237	C07	0.065899548	C07a-CA	0.018497922	C07b-CA	0.01298796	0.336452317
OTDL-0+310-SM	CONEX_SAN MARCOS	Terreno	C22d-CA	0.058218626		-		-		-		-		-		-		-	0.058218626
OTDL-0+170-R2	ENL-M-406 R2	CL09-D	C05a	0.086975541	C05b	0.028861917	C06	0.033488339	C06a-CA	0.018393852	C08b-CA	0.071347237	C08c-CA	0.009399159	C08a-CA	0.103579624	C08	0.00917722	0.36122289
OTDL-2+345 MD	VLD-TR02	PS 2+450 MD	C10-CA	0.03886842		-		-		-		-		-		-		-	0.03886842
OTDL-1+626 MI	VLI-TR02	Terreno	C19-CA	0.026758403		-		-		-		-		-		-		-	0.026758403
OTDL-0+330 MI	VLI-TR01	Terreno	C13-CA	0.056769713		-		-		-		-		-		-		-	0.056769713
OTDL-1+135 MI	VLI-TR01	CL01-I	C16a-CA	0.08154264		-		-		-		-		-		-		-	0.08154264
OTDLE-2+215 MI (15+038 A4)	VLI-TR02	CL02-I	C20-CA	0.101112619		-		-		-		-		-		-		-	0.101112619

COLECTORES LONGITUDINALES EN TERCIANA

ELEMENTO	DESAGUA EN	Pki	PKf	C1	Q25	C2	Q25	C3	Q25	Qdiseño (m3/s)
CL01-TER-D+CAZ	OTDL-0+190 MD	12+450	12+720	C02-CA	0.051804327	C02	0.139901208	C02a	0.090990449	0.282695984

PASACUNETAS

ELEMENTO		DESAGUA EN	Pkl	PKf	C1	Q25	C2	Q25	C3	Q25	C4	Q25	Qdiseño (m3/s)
PS-0+315 MD	VLD-TR01	CL02-D	00+310	00+325	C01a	0.058720197		-		-		-	0.029360099
PS-0+955 MD	VLD-TR01	CL03-D	00+930	00+965	C03	0.125498789		-		-		-	0.08366586
PS-2+450 MD	VLD-TR02	Cuneta+Colector existente	02+430	02+475	C11-CA	0.045080984		-		-		-	0.045080984
PS-2+625 MD	VLD-TR02	CL10-D	02+600	02+650	C11-CA	0.045080984	-	-	-	-	-	-	0.045080984
PS-1+200 MI	VLD-TR01	Terreno	01+180	01+210	C16a-CA	0.08154264	C16b-CA	0.070267627	C16-1	0.05598798	C16-1-CA	0.03049071	0.238288956
PS-2+020 MI	VLD-TR02	Terreno	02+005	02+030	C21-CA	0.063514407		-		-		-	0.063514407

COLECTORES LONGITUDINALES

ELEMENTO	EJE	DESAGUA EN	Pkl	PKf	C1	Q25	C2	Q25	C3	Q25	C4	Q25	C5	Q25	C6	Q25	C7	Q25	C8	Q25	Qdiseño (m3/s)
CL02-D	VLD-TR01	CL01-D	00+190	00+305	C01a	0.058720197		-		-		-		-		-		-		-	0.058720197
CL01-D	VLD-TR01	ODT-12+322	00+065	00+190	C02	0.139901208	C02a	0.090990449	C02-CA	0.051804327	C01a	0.058720197	C12-CA	0.045239084		-		-		-	0.386655266
CL03-D	VLD-TR01	ODT 13+304	00+965	01+010	C03	0.125498789		-		-		-		-		-		-		-	0.125498789
CL04-D	VLD-TR01	ODT 13+304	01+010	01+165	C04a-CA	0.038462034	C04a	0.058453836	C04b	0.052559853		-		-		-		-		-	0.149475723
CL05-D	VLD-TR02	CL06-D	01+560	01+600	C05a	0.086975541	C05b	0.028861917		-		-		-		-		-		-	0.115837458
CL06-D	VLD-TR02	CL07-D	01+600	01+680	C05a	0.086975541	C05b	0.028861917		-		-		-		-		-		-	0.115837458
CL07-D	VLD-TR02	OTDL-0+100 SM	01+680	01+760	C05a	0.086975541	C05b	0.028861917	C06	0.033488339	C06a-CA	0.018393852		-		-		-		-	0.167719649
CL08-D	VLD-TR02	OTDL-0+170 R2	01+780	01+825	C05a	0.086975541	C05b	0.028861917	C06	0.033488339	C06a-CA	0.018393852	C08b-CA	0.071347237	C08c-CA	0.009399159		-		-	0.248466046
CL09-D	VLD-TR02	OTDL 0+170 R2	01+840	01+920	C05a	0.086975541	C05b	0.028861917	C06	0.033488339	C06a-CA	0.018393852	C08b-CA	0.071347237	C08c-CA	0.009399159	C08a-CA	0.103579624	C08	0.00917722	0.36122289
CL10-D	VLD-TR02	Terreno. DR existente	02+670	02+780	C11-CA	0.045080984															0.045080984
CL01-I	VLI-TR01	PS-1+200 MI	01+135	01+180	C16a-CA	0.08154264	C16b-CA	0.070267627	C16-1	0.05598798	C16-1-CA	0.03049071		-		-		-		-	0.238288956
CL02-I	VLI-TR02	Terreno. DR existente	02+215	02+385	C20-CA	0.101112619															0.101112619

COLECTORES EN TRANSFER

ELEMENTO	EJE	DESAGUA EN	C1	Q25	Qdiseño (m3/s)
TR-2+110	VLD-TR02	ODT 14+335	C09b-CA	0.040423127	0.040423127
TR-2+415	VLD-TR02	OTDL-2+345 MD	C10-CA	0.03886842	0.03886842

APÉNDICE

Nº 2. COMPROBACIÓN HIDRÁULICA DE LAS ODTs

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: ODT-1

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	ODT-1 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.63	1.03	1.03	0.00	1
609.91	1.19	1.19	0.00	Overtopping

Table 2 - Culvert Summary Table: ODT-1

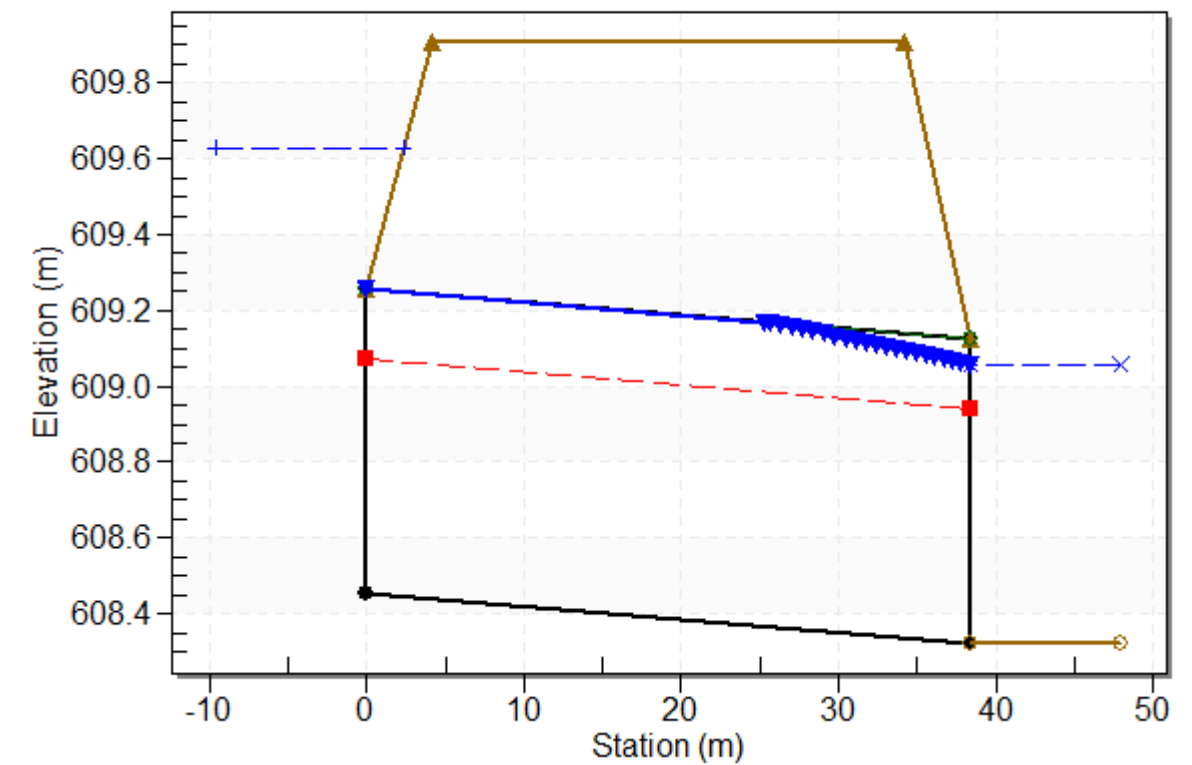
[illegible]

Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 608.46 m, Outlet Elevation (invert): 608.32 m
Culvert Length: 38.35 m, Culvert Slope: 0.0034

Water Surface Profile Plot for Culvert: ODT-1

Crossing - ODT-1, Design Discharge - 1.03 cms

Culvert - ODT-1, Culvert Discharge - 1.03 cms



Site Data - ODT-1

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 608.46 m

Outlet Station: 38.35 m

Outlet Elevation: 608.32 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - ODT-1

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 800.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0150

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Beveled Edge (1.5:1)

Inlet Depression: None

Table 7 - Summary of Culvert Flows at Crossing: ODT-3.1

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	ODT-3.1 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
610.40	0.66	0.61	0.04	20
610.40	0.66	0.61	0.04	2
610.40	0.66	0.61	0.04	2
610.40	0.66	0.61	0.04	2
610.40	0.66	0.61	0.04	2
610.40	0.66	0.61	0.04	2
610.40	0.66	0.61	0.04	2
610.40	0.66	0.61	0.04	2
610.40	0.66	0.61	0.04	2
610.40	0.66	0.61	0.04	2
610.40	0.66	0.61	0.04	2
610.39	0.61	0.61	0.00	Overtopping

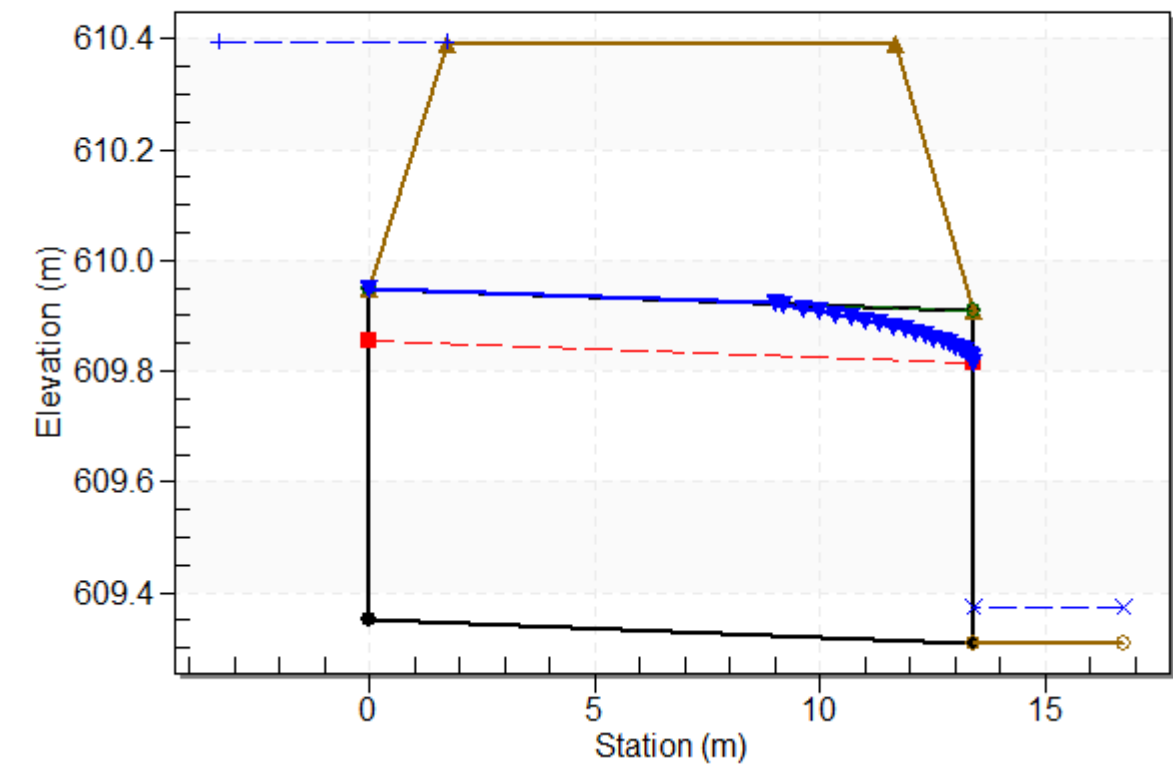
Table 8 - Culvert Summary Table: ODT-3.1

[illegible]

Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 609.35 m, Outlet Elevation (invert): 609.31 m
Culvert Length: 13.40 m, Culvert Slope: 0.0030

Water Surface Profile Plot for Culvert: ODT-3.1

Crossing - ODT-3.1, Design Discharge - 0.66 cms
Culvert - ODT-3.1, Culvert Discharge - 0.61 cms



Site Data - ODT-3.1

Site Data Option: Culvert Invert Data
Inlet Station: 0.00 m
Inlet Elevation: 609.35 m
Outlet Station: 13.40 m
Outlet Elevation: 609.31 m
Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - ODT-3.1

Barrel Shape: Circular
Barrel Diameter: 600.00 mm
Barrel Material: Concrete
Embedment: 0.00 mm
Barrel Manning's n: 0.0150
Culvert Type: Straight
Inlet Configuration: Square Edge with Headwall
Inlet Depression: None

Table 4 - Summary of Culvert Flows at Crossing: ODT-4.1

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	ODT-4.1 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
601.59	1.26	1.21	0.04	21
601.59	1.26	1.21	0.04	2
601.59	1.26	1.21	0.04	2
601.59	1.26	1.21	0.04	2
601.59	1.26	1.21	0.04	2
601.59	1.26	1.21	0.04	2
601.59	1.26	1.21	0.04	2
601.59	1.26	1.21	0.04	2
601.59	1.26	1.21	0.04	2
601.59	1.26	1.21	0.04	2
601.59	1.26	1.21	0.04	2
601.58	1.21	1.21	0.00	Overtopping

Table 5 - Culvert Summary Table: ODT-4.1

[illegible]

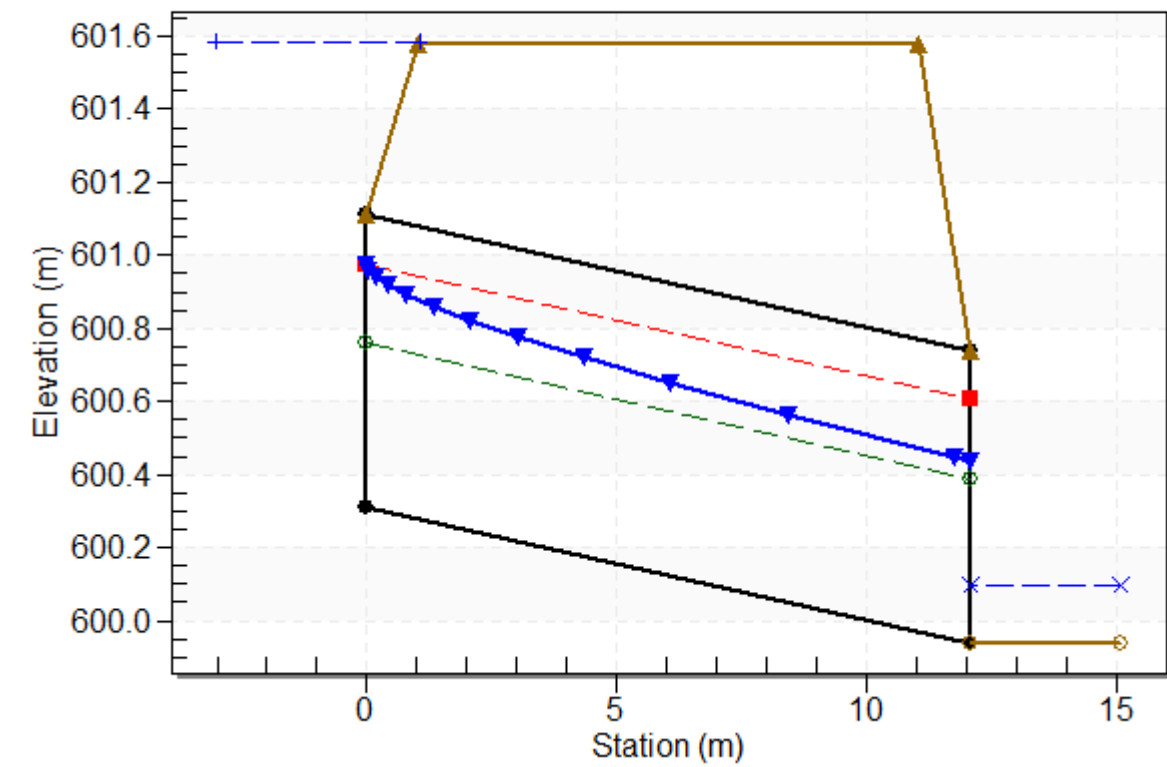
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 600.31 m, Outlet Elevation (invert): 599.94 m

Culvert Length: 12.08 m, Culvert Slope: 0.0307

Water Surface Profile Plot for Culvert: ODT-4.1

Crossing - ODT-4.1, Design Discharge - 1.26 cms
 Culvert - ODT-4.1, Culvert Discharge - 1.21 cms



Site Data - ODT-4.1

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 600.31 m

Outlet Station: 12.07 m

Outlet Elevation: 599.94 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - ODT-4.1

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 800.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0150

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall

Inlet Depression: None

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: ODT-0+097-G2

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	ODT-0+097-G2 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
610.11	0.06	0.06	0.00	1
610.11	0.06	0.06	0.00	1
610.11	0.06	0.06	0.00	1
610.11	0.06	0.06	0.00	1
610.11	0.06	0.06	0.00	1
610.11	0.06	0.06	0.00	1
610.11	0.06	0.06	0.00	1
610.11	0.06	0.06	0.00	1
610.11	0.06	0.06	0.00	1
610.11	0.06	0.06	0.00	1
610.11	0.06	0.06	0.00	1
613.07	4.73	4.73	0.00	Overtopping

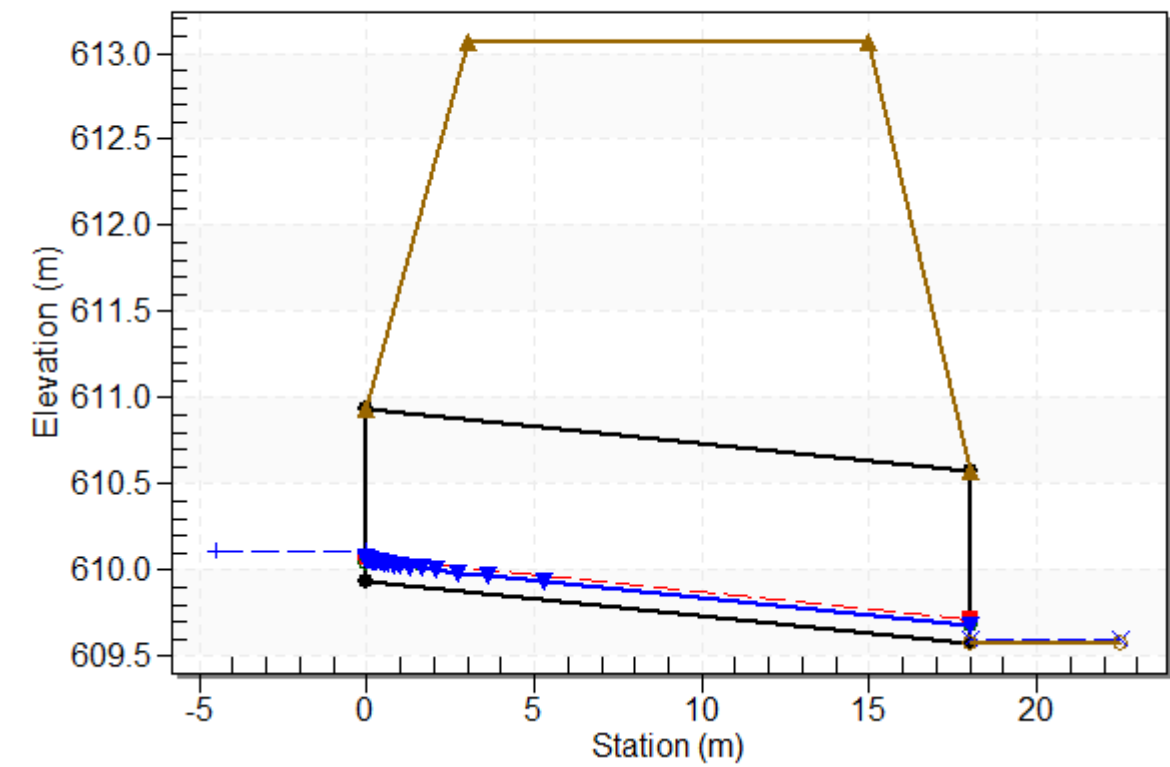
Table 2 - Culvert Summary Table: ODT-0+097-G2

[illegible]

Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 609.94 m, Outlet Elevation (invert): 609.58 m
Culvert Length: 18.00 m, Culvert Slope: 0.0200

Water Surface Profile Plot for Culvert: ODT-0+097-G2

Crossing - ODT-0+097-G2, Design Discharge - 0.06 cms
Culvert - ODT-0+097-G2, Culvert Discharge - 0.06 cms



Site Data - ODT-0+097-G2

Site Data Option: Culvert Invert Data
Inlet Station: 0.00 m
Inlet Elevation: 609.94 m
Outlet Station: 18.00 m
Outlet Elevation: 609.58 m
Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - ODT-0+097-G2

Barrel Shape: Circular
Barrel Diameter: 1000.00 mm
Barrel Material: Concrete
Embedment: 0.00 mm
Barrel Manning's n: 0.0150
Culvert Type: Straight
Inlet Configuration: Beveled Edge (1.5:1)
Inlet Depression: None

Table 4 - Summary of Culvert Flows at Crossing: ODT-0+095 R3

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	ODT-0+095 R3 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
604.29	0.92	0.92	0.00	1
604.29	0.92	0.92	0.00	1
604.29	0.92	0.92	0.00	1
604.29	0.92	0.92	0.00	1
604.29	0.92	0.92	0.00	1
604.29	0.92	0.92	0.00	1
604.29	0.92	0.92	0.00	1
604.29	0.92	0.92	0.00	1
604.29	0.92	0.92	0.00	1
604.29	0.92	0.92	0.00	1
604.29	0.92	0.92	0.00	1
606.21	3.13	3.13	0.00	Overtopping

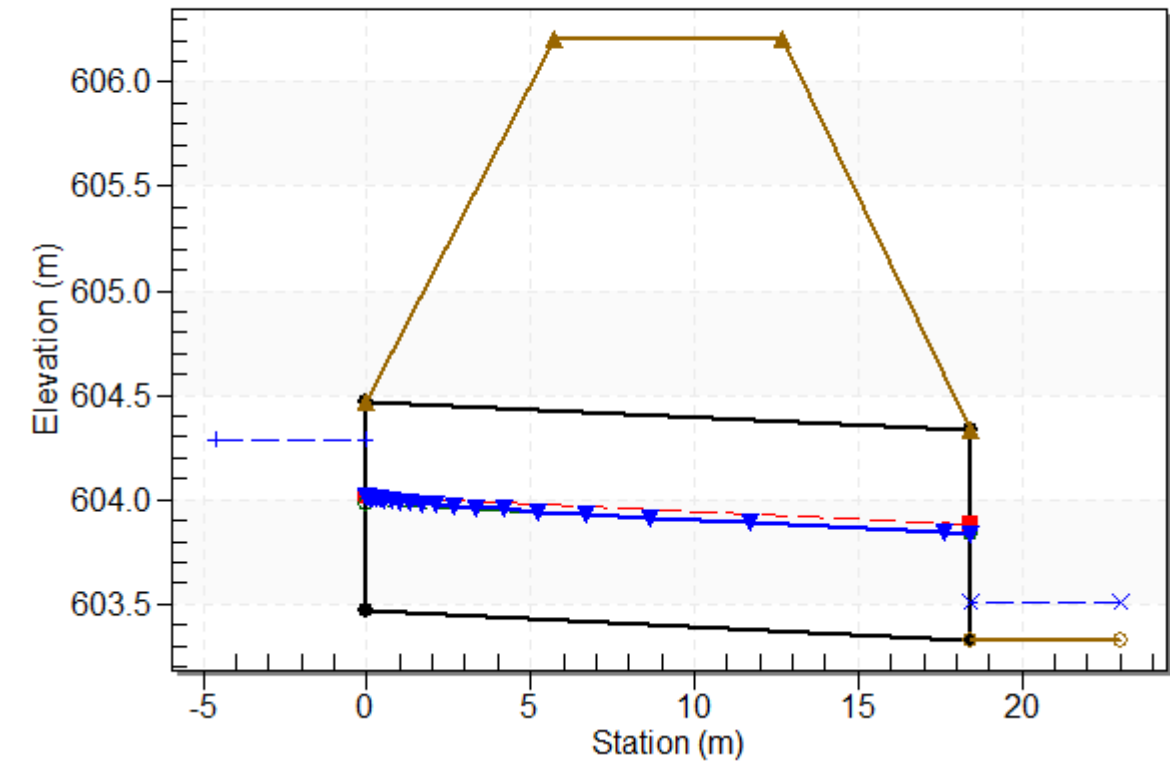
Table 5 - Culvert Summary Table: ODT-0+095 R3

[illegible]

Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 603.47 m, Outlet Elevation (invert): 603.33 m
Culvert Length: 18.41 m, Culvert Slope: 0.0076

Water Surface Profile Plot for Culvert: ODT-0+095 R3

Crossing - ODT-0+095 R3, Design Discharge - 0.92 cms
Culvert - ODT-0+095 R3, Culvert Discharge - 0.92 cms



Site Data - ODT-0+095 R3

Site Data Option: Culvert Invert Data
Inlet Station: 0.00 m
Inlet Elevation: 603.47 m
Outlet Station: 18.41 m
Outlet Elevation: 603.33 m
Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - ODT-0+095 R3

Barrel Shape: Circular
Barrel Diameter: 1000.00 mm
Barrel Material: Concrete
Embedment: 0.00 mm
Barrel Manning's n: 0.0150
Culvert Type: Straight
Inlet Configuration: Square Edge with Headwall
Inlet Depression: None

Table 7 - Summary of Culvert Flows at Crossing: ODT-0+082-R4

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	ODT-0+082-R4 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
609.98	0.61	0.61	0.00	1
609.98	0.62	0.62	0.00	1
609.98	0.62	0.62	0.00	1
609.99	0.63	0.63	0.00	1
609.99	0.63	0.63	0.00	1
610.00	0.64	0.64	0.00	1
610.00	0.65	0.65	0.00	1
610.00	0.65	0.65	0.00	1
610.01	0.66	0.66	0.00	1
610.01	0.67	0.67	0.00	1
610.01	0.67	0.67	0.00	1
611.68	3.23	3.23	0.00	Overtopping

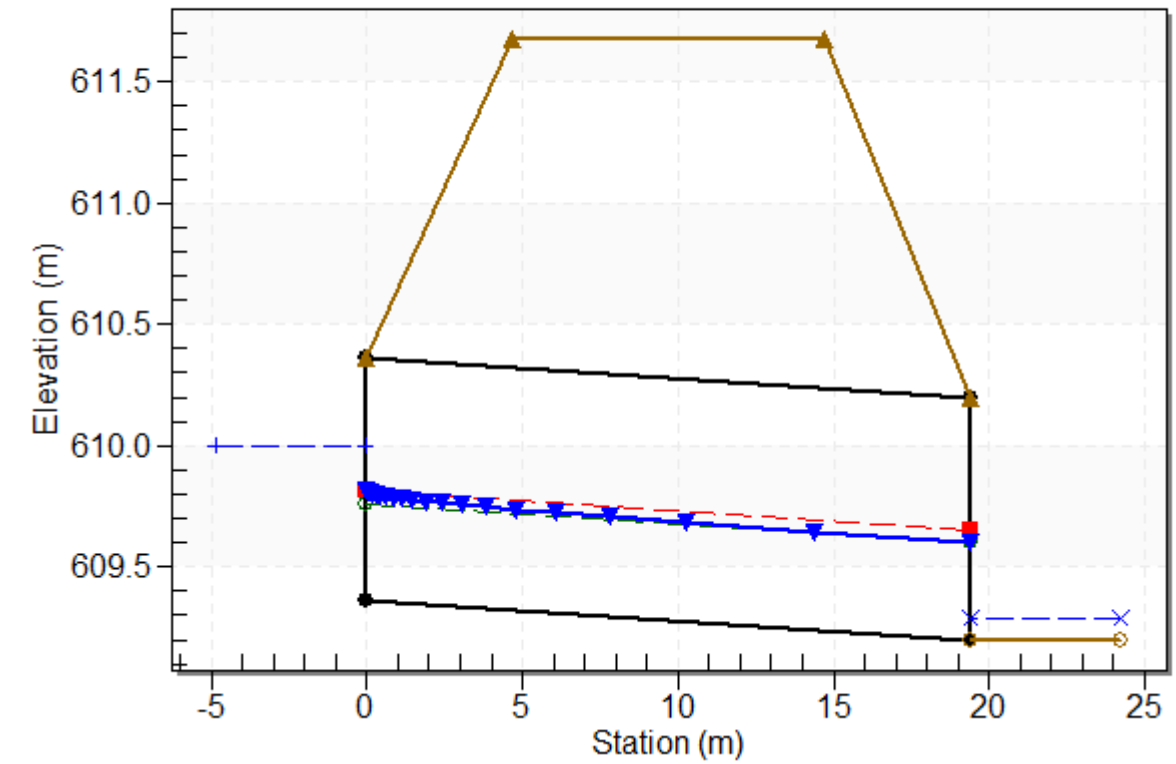
Table 8 - Culvert Summary Table: ODT-0+082-R4

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.61	0.61	609.98	0.617	0.335	1-S2n	0.390	0.442	0.392	0.087	2.130	0.581
0.62	0.62	609.98	0.620	0.339	1-S2n	0.392	0.444	0.395	0.088	2.135	0.584
0.62	0.62	609.98	0.624	0.342	1-S2n	0.394	0.447	0.397	0.088	2.141	0.586
0.63	0.63	609.99	0.628	0.346	1-S2n	0.397	0.449	0.399	0.089	2.147	0.588
0.63	0.63	609.99	0.632	0.349	1-S2n	0.399	0.452	0.401	0.090	2.153	0.591
0.64	0.64	610.00	0.636	0.353	1-S2n	0.401	0.454	0.404	0.090	2.159	0.593
0.65	0.65	610.00	0.640	0.357	1-S2n	0.403	0.456	0.406	0.091	2.164	0.595
0.65	0.65	610.00	0.644	0.360	1-S2n	0.405	0.459	0.408	0.091	2.170	0.598
0.66	0.66	610.01	0.647	0.364	1-S2n	0.408	0.461	0.410	0.092	2.176	0.600
0.67	0.67	610.01	0.651	0.367	1-S2n	0.410	0.463	0.412	0.092	2.181	0.602
0.67	0.67	610.01	0.655	0.371	1-S2n	0.412	0.466	0.415	0.093	2.187	0.605

Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 609.36 m, Outlet Elevation (invert): 609.20 m
Culvert Length: 19.38 m, Culvert Slope: 0.0083

Water Surface Profile Plot for Culvert: ODT-0+082-R4

Crossing - ODT-0+082-R4, Design Discharge - 0.64 cms
Culvert - ODT-0+082-R4, Culvert Discharge - 0.64 cms



Site Data - ODT-0+082-R4

Site Data Option: Culvert Invert Data
Inlet Station: 0.00 m
Inlet Elevation: 609.36 m
Outlet Station: 19.38 m
Outlet Elevation: 609.20 m
Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - ODT-0+082-R4

Barrel Shape: Circular
Barrel Diameter: 1000.00 mm
Barrel Material: Concrete
Embedment: 0.00 mm
Barrel Manning's n: 0.0150
Culvert Type: Straight
Inlet Configuration: Beveled Edge (1.5:1)
Inlet Depression: None

