I. DISPOSICIONES GENERALES

MINISTERIO DE FOMENTO

2405 *Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.*

Por Orden de 14 de mayo de 1990, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, se aprobó la norma 5.2-IC Drenaje Superficial, de la Instrucción de Carreteras.

Desde entonces se han producido importantes avances en el campo de la hidrología, y del cálculo hidráulico, debidos a la aplicación de las nuevas tecnologías.

Por otra parte ha habido importantes cambios normativos en materia de aguas, por la implantación de diferentes directivas comunitarias, que han dado lugar a la introducción de nuevos conceptos que es necesario considerar en la normativa de carreteras.

Asimismo, el aumento de la sensibilidad social respecto a las cuestiones medioambientales aconseja la introducción de nuevas herramientas para contribuir a la mejora de la gestión de las aguas de escorrentía.

Por último, la propia evolución de la Red de Carreteras del Estado, la experiencia acumulada y los cambios normativos en el campo de los materiales, el trazado, la geotecnia, los firmes, las estructuras o el balizamiento, hace necesaria una actualización de la normativa sobre Drenaje Superficial.

Conviene destacar explícitamente algunos aspectos de la nueva norma:

– En el capítulo 1 se incluyen las definiciones básicas y se introduce un nuevo apartado para indicar lo que se debe exigir a los cálculos relacionados con el drenaje, efectuados con aplicaciones informáticas.

– En el capítulo 2 se actualiza la metodología de cálculo de caudales adaptándolo a la información disponible, derivada de la aplicación de las directivas comunitarias y se introduce un nuevo método particular de cálculo para las cuencas del Levante y Sureste peninsular.

– En el capítulo 3 el drenaje de plataforma y márgenes se define con detalle, recogiendo la experiencia acumulada en los últimos años. Se introducen elementos específicos para el control de vertidos en los puntos de desagüe de las redes de drenaje.

– En el capítulo 4 se actualizan los criterios sobre drenaje transversal a la luz de la nueva reglamentación en materia de aguas.

– En el capítulo 5 se incluyen cuestiones particulares del drenaje de determinados tipos de obras que no estaban considerados en la normativa anterior.

– En el capítulo 6 los aspectos relacionados con la construcción y conservación de las carreteras se actualizan de acuerdo con la experiencia acumulada.

Esta disposición ha sido sometida al procedimiento establecido en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y de reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información.

Asimismo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 24.1.c) de la Ley 50/1997, de 27 de noviembre, del Gobierno, la norma ha sido sometida al trámite de audiencia del sector afectado.

Esta orden se dicta en virtud de la habilitación legal otorgada al actual Ministro de Fomento en la disposición final única del Reglamento General de Carreteras, aprobado por Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre. Así mismo, el citado reglamento habilita al Ministro de Fomento, a propuesta de la Dirección General de Carreteras, para aprobar las normas e instrucciones a las que deban sujetarse los estudios de las carreteras estatales, en el artículo 29; los trabajos de construcción de las carreteras estatales, así como su señalización, balizamiento y defensa, en el artículo 40 y los trabajos y obras de explotación

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

de las carreteras estatales, así como su señalización, balizamiento y defensa, en el artículo 41. Estableciendo en todos los preceptos citados la exigencia de su revisión periódica para su actualización permanente.

En su virtud, a propuesta de la Dirección General de Carreteras, con la conformidad del Secretario General de Infraestructuras y del Secretario de Estado de Infraestructuras, Transportes y Vivienda, dispongo:

Artículo único *Aprobación de la norma 5.2 – IC Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras.*

Se aprueba la norma 5.2 – IC Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras, que figura como anexo a la presente orden.

Disposición transitoria única. *Aplicación a proyectos y obras.*

1. Los proyectos que se encuentren en fase de redacción, a la entrada en vigor de esta Orden, se desarrollarán conforme a lo establecido en ella.
2. A las obras que se encuentren en fase de licitación, realización y a aquellas que se ejecuten en desarrollo de proyectos que ya estuviesen aprobados a la entrada en vigor de esta Orden, no les será de aplicación lo dispuesto en la misma.

Disposición derogatoria única. *Cláusula derogatoria.*

A la entrada en vigor de esta Orden, queda derogada la Orden de 14 de mayo de 1990 por la que se aprueba la Instrucción de Carreteras 5.2 -IC Drenaje Superficial y aquellas disposiciones de igual o menor rango que se opongan a lo establecido en dicha Orden.

Disposición final primera. *Título competencial.*

Esta orden ministerial se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.24.ª de la Constitución, que atribuye al Estado la competencia exclusiva en materia de obras públicas de interés general o cuya realización afecte a más de una comunidad autónoma.

Disposición final segunda. *Entrada en vigor.*

La presente orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Madrid, 15 de febrero de 2016.–La Ministra de Fomento, Ana María Pastor Julián.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

ANEXO

5.2 – IC DRENAJE SUPERFICIAL

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. CONSIDERACIONES GENERALES Y CRITERIOS BÁSICOS.

1.1 Objeto y ámbito de aplicación.
1.2 Criterios de proyecto.
1.3 Período de retorno y caudal de proyecto.

1.3.1 Período de retorno.
1.3.2 Caudal de proyecto.

1.4 Tipos de cuenca respecto de la carretera.
1.5 Consideraciones particulares relativas al proyecto.

1.5.1 Excepciones a los criterios generales.
1.5.2 Cálculos realizados mediante programas informáticos.

CAPÍTULO 2. CÁLCULO DE CAUDALES.

2.1 Consideraciones generales.
2.2 Método racional.

2.2.1 Fórmula general de cálculo.
2.2.2 Intensidad de precipitación.

2.2.2.1 Consideraciones generales.
2.2.2.2 Intensidad media diaria de precipitación corregida.
2.2.2.3 Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.
2.2.2.4 Factor de intensidad Fint.
2.2.2.5 Tiempo de concentración.

2.2.3 Coeficiente de escorrentía.

2.2.3.1 Fórmula de cálculo.
2.2.3.2 Umbral de escorrentía.
2.2.3.3 Valor inicial del umbral de escorrentía.
2.2.3.4 Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

2.2.4 Área de la cuenca.
2.2.5 Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

2.3 Método de cálculo para las cuencas pequeñas del Levante y Sureste peninsular.

CAPÍTULO 3. DRENAJE DE LA PLATAFORMA Y MÁRGENES.

3.1 Introducción.
3.2 Criterios básicos de proyecto.

3.2.1 Consideraciones generales.
3.2.2 Resguardo de la calzada.
3.2.3 Funcionamiento hidráulico.

3.2.3.1 Independencia de las redes de drenaje de plataforma y márgenes.
3.2.3.2 Continuidad.
3.2.3.3 Capacidad hidráulica.

3.2.4 Punto de vertido.

3.2.4.1 Ubicación.
3.2.4.2 Criterios de proyecto.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.3 Criterios particulares de proyecto.

3.3.1 Plataforma.

3.3.1.1 Flujo por la plataforma.
3.3.1.2 Intersecciones y enlaces.

3.3.2 Medianas.

3.3.2.1 Consideraciones generales.
3.3.2.2 Secciones singulares.
3.3.2.3 Mediana estricta.

3.3.3 Desmontes.

3.3.3.1 Consideraciones generales.
3.3.3.2 Borde de la plataforma: pie de desmonte.
3.3.3.3 Cuneta de coronación.
3.3.3.4 Bermas intermedias en los taludes de desmonte.

3.3.4 Rellenos.

3.3.4.1 Consideraciones generales.
3.3.4.2 Borde de la plataforma: coronación del relleno.
3.3.4.3 Pie del relleno.
3.3.4.4 Rellenos apoyados en laderas.

3.3.5 Estructuras y túneles.

3.3.5.1 Consideraciones generales.
3.3.5.2 Pasos superiores, puentes y viaductos.
3.3.5.3 Pasos inferiores.
3.3.5.4 Muros.
3.3.5.5 Túneles y otras estructuras enterradas.

3.4 Elementos de drenaje superficial de plataforma y márgenes.

3.4.1 Caces.

3.4.1.1 Definición y tipología.
3.4.1.2 Aplicación.

3.4.2 Cunetas.

3.4.2.1 Definición y tipología.
3.4.2.2 Aplicación.

3.4.3 Bajantes.

3.4.3.1 Definición y tipología.
3.4.3.2 Aplicación.

3.4.4 Colectores.

3.4.4.1 Definición y tipología.
3.4.4.2 Aplicación.
3.4.4.3 Comprobaciones a efectuar.

3.4.5 Comprobación hidráulica de elementos lineales.
3.4.6 Sumideros.

3.4.6.1 Definición y tipología.
3.4.6.2 Aplicación.

3.4.7 Arquetas y pozos.

3.4.7.1 Definición y tipología.
3.4.7.2 Aplicación.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.4.8 Areneros.
3.4.9 Balsas de retención.
3.4.10 Elementos de laminación.
3.4.11 Filtros y sistemas de infiltración.
3.4.12 Bombeos.
3.4.13 Otros elementos de drenaje superficial.

CAPÍTULO 4. DRENAJE TRANSVERSAL.

4.1 Introducción.
4.2 Criterios básicos de proyecto.
4.3 Puentes.

4.3.1 Sobreelevación del nivel de la corriente.
4.3.2 Resguardo del tablero.
4.3.3 Erosión en los apoyos.

4.4 Obras de drenaje transversal.

4.4.1 Encaje de las ODT en el terreno.

4.4.1.1 Planta.
4.4.1.2 Perfil longitudinal.
4.4.1.3 Embocaduras.

a) Embocaduras en terraplén.
b) Embocaduras en desmonte.

4.4.2 Encaje de las ODT en el relleno.
4.4.3 Sección transversal.

4.4.3.1 Dimensión libre mínima.
4.4.3.2 Secciones especiales para paso de fauna.

4.4.4 Comprobación hidráulica.
4.4.5 Erosiones y aterramientos.

4.4.5.1 Erosiones.
4.4.5.2 Aterramientos.

4.4.6 Materiales.
4.4.7 Cálculo estructural de las ODT.

4.5 Rellenos.

4.5.1 Consideraciones generales.
4.5.2 Zonificación de la sección transversal en rellenos alcanzados por lámina de agua.
4.5.3 Resguardo de los rellenos.

4.6 Planas inundables.

CAPÍTULO 5. DRENAJE DE OBRAS VARIAS.

5.1 Drenaje de las vías y los caminos de servicio.
5.2 Zonas de estacionamiento.
5.3 Obras efectuadas en la carretera con posterioridad a su entrada en servicio.

5.3.1 Obras que implican la ampliación de la plataforma.

5.3.1.1 Drenaje transversal.

a) ODT.
b) Puentes.

5.3.1.2 Drenaje de plataforma y márgenes.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

5.3.2 Otras obras.

5.3.2.1 Obras de hinca o perforación horizontal.
5.3.2.2 Obras de rehabilitación de firmes.
5.3.2.3 Obras de señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos..

5.4 Cerramiento.
5.5 Paralizaciones y obras fuera de servicio.

5.5.1 Paralizaciones de obras.
5.5.2 Obras fuera de servicio.

CAPÍTULO 6. CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN.

6.1 Construcción.

6.1.1 Consideraciones generales.
6.1.2 Drenaje de las obras durante su construcción.
6.1.3 Limpieza y protección de las obras durante la construcción.
6.1.4 Obras provisionales e instalaciones auxiliares.
6.1.5 Préstamos y vertederos.

6.2 Conservación.

6.2.1 Consideraciones generales.
6.2.2 Acceso a los elementos de drenaje.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

CAPÍTULO 1. CONSIDERACIONES GENERALES Y CRITERIOS BÁSICOS

1.1 Objeto y ámbito de aplicación

El objeto de esta norma es establecer reglas generales y definir prescripciones para proyectar, construir y conservar adecuadamente las obras, elementos y sistemas de drenaje superficial de la Red de Carreteras del Estado.

El drenaje superficial de las carreteras comprende:

- La captación o recogida de las aguas procedentes de la plataforma y sus márgenes, de las estructuras y de los túneles, mediante elementos específicos.
- La conducción y evacuación de dichas aguas, así como las provenientes del drenaje subterráneo de la carretera, a cauces naturales, sistemas de alcantarillado o a la capa freática.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera, mediante su eventual acondicionamiento y la construcción de puentes u obras de drenaje transversal (ODT).

Esta norma no es de aplicación a:

- El drenaje subterráneo de las carreteras.
- Problemas específicos de hidráulica fluvial o costera.
- Situaciones o casos excepcionales que no se contemplen de manera expresa en esta norma.

1.2 Criterios de proyecto

El drenaje superficial de las carreteras se debe proyectar teniendo en cuenta:

- Criterios hidráulicos y medioambientales:
  - Determinación del caudal de proyecto para cada tipo de obra, elemento o sistema de drenaje, según se especifica en el apartado 1.3 y en el capítulo 2.
  - Definición de la secuencia: captación o recogida / conducción o restitución del cauce / desagüe, atendiendo a los siguientes principios:
    - Evitar sobreelevaciones inadmisibles de la lámina de agua.
    - Evitar velocidades que puedan producir erosiones.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- Identificar y controlar las posibles zonas de deposición de sedimentos y arrastres.
- Identificar y controlar los impactos de los vertidos de aguas recogidas por los elementos del drenaje superficial de la carretera.
- Minimizar el impacto ambiental de la obra, incluyendo el posible efecto barrera sobre la fauna, especialmente la piscícola y sobre el tránsito de sedimentos.

En los capítulos 3 y 4 se particularizan estos criterios para los distintos tipos de elementos de drenaje superficial.

– La construcción, conservación, mantenimiento y limpieza de los elementos, sistemas u obras según se indica en los capítulos 5 y 6.

1.3 Período de retorno y caudal de proyecto

1.3.1 Período de retorno

Período de retorno T es el periodo de tiempo expresado en años, para el cual el caudal máximo anual tiene una probabilidad de ser excedido igual a $1/T$.

La probabilidad de que en un año se produzca un caudal máximo superior al de período de retorno T viene dada por la siguiente expresión:

$$p(Q > Q_T) = \frac{1}{T}$$

donde:

Q	(m^3/s)	Caudal máximo anual
Q_T	(m^3/s)	Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T
T	(años)	Periodo de retorno

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

1.3.2 Caudal de proyecto

Caudal de proyecto Q_P, es aquél que se debe tener en cuenta para efectuar el dimensionamiento hidráulico de una obra, elemento o sistema de drenaje superficial de la carretera. Se considera igual al caudal máximo anual correspondiente a los períodos de retorno que se indican a continuación, determinados conforme a lo especificado en el capítulo 2:

- Drenaje de plataforma y márgenes: veinticinco años (T = 25 años), salvo en el caso excepcional de desagüe por bombeo en que se debe adoptar cincuenta años (T = 50 años).
- Drenaje transversal: se debe establecer por el proyecto en un valor superior o igual a cien años ($T \geq 100$ años) que resulte compatible con los criterios sobre el particular de la Administración Hidráulica competente.

En el proyecto se pueden adoptar valores distintos en casos que se justifiquen de manera expresa.

1.4 Tipos de cuenca respecto de la carretera

A los efectos de esta norma se definen los siguientes tipos de cuenca en función de la posición relativa cuenca – carretera (véase figura 1.1).

- *Cuenca topográfica o natural:* Cuenca preexistente no afectada por la carretera, considerada aguas arriba de la entrada de un puente o una obra de drenaje transversal de la carretera.
- *Cuenca principal:* Cuenca cuyo punto de desagüe es un puente o una obra de drenaje transversal de la carretera. Una cuenca principal se compone de la cuenca topográfica o natural del cauce correspondiente al puente u obra de drenaje transversal, más las cuencas secundarias que comprenda.
- *Cuenca secundaria:* Cuenca no principal, generada por la construcción de la carretera, cuya escorrentía se vierte a sus elementos de drenaje de plataforma y márgenes. Puede comprender terrenos tanto de la propia explanación como otros exteriores que viertan su escorrentía hacia ella.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

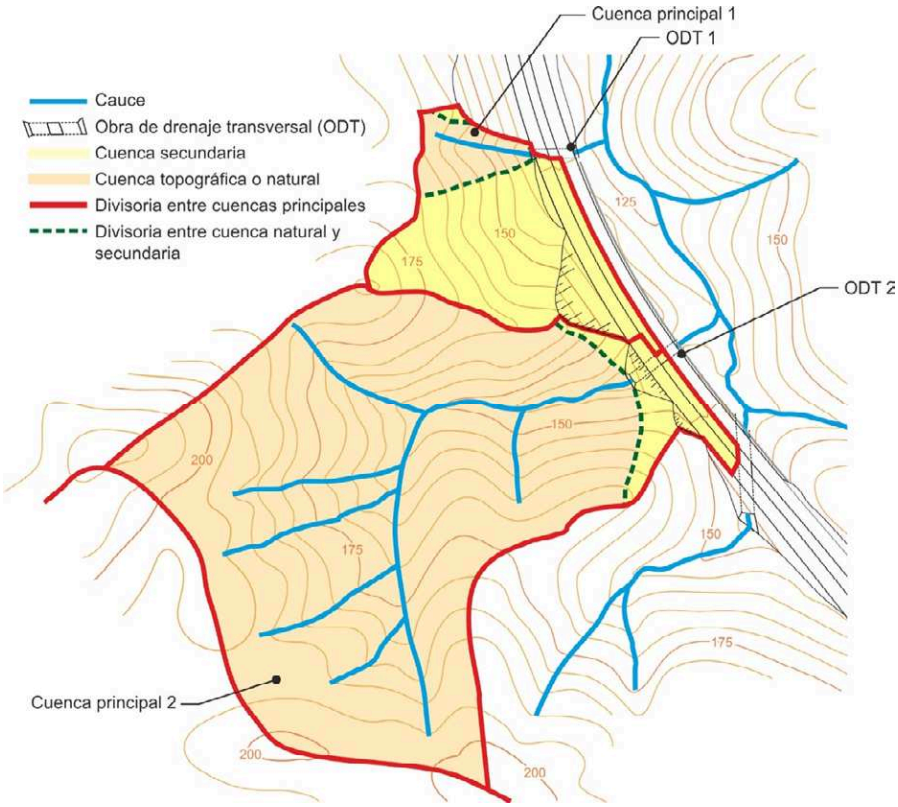


FIGURA 1.1.- EJEMPLO DE CUENCAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS

1.5 Consideraciones particulares relativas al proyecto

1.5.1 Excepciones a los criterios generales

Cuando en el proyecto se pretenda adoptar un criterio diferente al establecido con carácter general en esta norma en los casos concretos permitidos, se deberá incluir de manera expresa una justificación técnica que lo avale.

Para ello, el director del proyecto deberá proponer la justificación técnica pertinente que requerirá, en cualquier caso, de la aprobación de la Dirección General de Carreteras.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

1.5.2 CÁLCULOS REALIZADOS MEDIANTE PROGRAMAS INFORMÁTICOS

Cuando en el proyecto se incluyan resultados de programas informáticos relacionados con la estimación de avenidas, caudales, zonas de inundación, velocidades, calados, erosiones, evaluación de estabilidad de las obras, o bien cualesquiera otros relacionados con el objeto de esta norma, debe proporcionarse al menos la siguiente documentación:

- Descripción del problema objeto de estudio
- Definición y justificación del tipo de cálculo, modelo y programa informático con el que se acomete su resolución
- Denominación completa del programa y versión que se utiliza
- Establecimiento y justificación de las condiciones de contorno adoptadas
- Definición y justificación de los parámetros hidráulicos, geotécnicos, estructurales y de cualquier otro tipo que intervengan en el cálculo. Independientemente de que dichos valores puedan aparecer en los listados del programa, deben incluirse en un documento monográfico presentado aparte
- Memoria completa de cálculo con inclusión de listados en su caso
- Discusión de los resultados por comparación con procedimientos de cálculo simplificados obtenidos de manera manual.
- Resultados obtenidos, con expresión de magnitudes y sus unidades de medida

Con carácter general, debe realizarse un análisis de sensibilidad que evalúe la influencia de pequeñas variaciones de los parámetros de cálculo en los resultados que se obtengan.

CAPÍTULO 2. CÁLCULO DE CAUDALES

2.1 Consideraciones generales

El caudal máximo anual correspondiente a un determinado período de retorno Q_T, se debe determinar a partir de la información sobre caudales máximos que proporcione la Administración Hidráulica competente. En caso de no disponer de dicha información, se debe calcular a través de la metodología que se establece en este capítulo.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

A los efectos de esta norma se consideran los siguientes métodos de cálculo de caudales:

- Racional: Supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie. No tiene en cuenta:

    - Aportación de caudales procedentes de otras cuencas o trasvases a ellas.
    - Existencia de sumideros, aportaciones o vertidos puntuales, singulares o accidentales de cualquier clase.
    - Presencia de lagos, embalses o planas inundables que puedan producir efecto laminador o desviar caudales hacia otras cuencas.
    - Aportaciones procedentes del deshielo de la nieve u otros meteoros.
    - Caudales que afloren en puntos interiores de la cuenca derivados de su régimen hidrogeológico.

  Cuando se aplique el método racional se debe comprobar que ninguno de estos factores pueda resultar relevante. Este método se desarrolla en el apartado 2.2.
- Estadístico: Se basa en el análisis de series de datos de caudal medidos en estaciones de aforo u otros puntos. Dichas series se pueden complementar con datos sobre avenidas históricas.
- Otros métodos hidrológicos: que deben ser adecuados a las características de cada cuenca.

La elección del método de cálculo más adecuado a cada caso concreto debe seguir el siguiente procedimiento:

- En cuencas de área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados (A < 50 km^2):

    - Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica.
    - Si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos se debe aplicar el método racional, con las particularidades del apartado 2.3 cuando las obras se ubiquen en el Levante y Sureste peninsular.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- En cuencas de área superior o igual a cincuenta kilómetros cuadrados ($A \geq 50$ km^2):

  - Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica.
  - Si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos:

    - Cuando existan estaciones de aforo próximas, que se consideren suficientemente representativas, se utilizará el método estadístico.
    - Cuando los caudales no puedan estimarse a partir de estaciones de aforo, se deben aplicar métodos hidrológicos adecuados a las características de la cuenca, que se deben contrastar con la información de que se disponga sobre caudales de avenida. En la realización de estos estudios se tendrá en cuenta la información disponible sobre avenidas históricas o grandes eventos de precipitación.

La figura 2.1 recoge un diagrama de flujo para la elección del método de cálculo más adecuado a cada caso concreto.

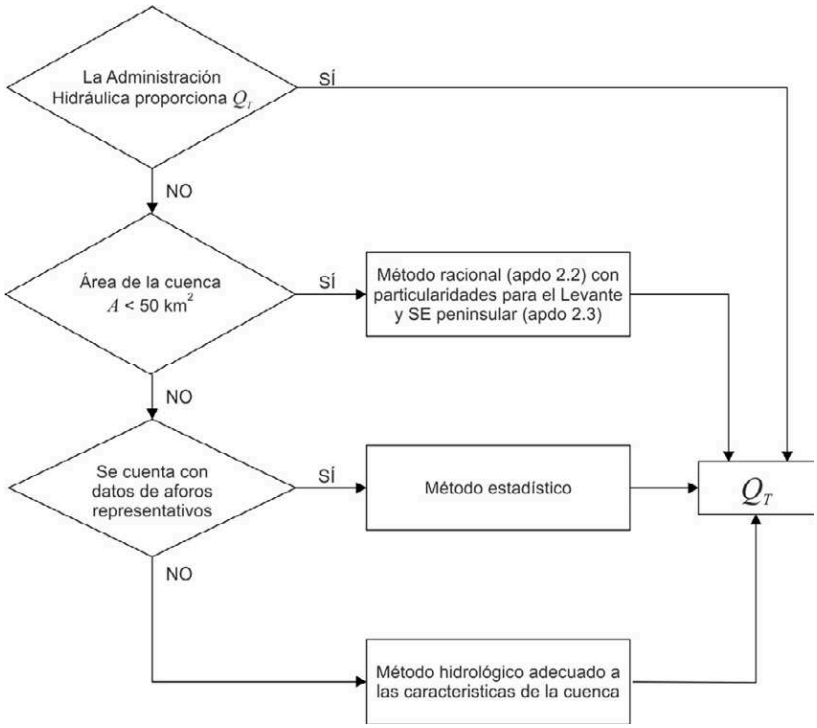


FIGURA 2.1.- DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO DE CAUDALES

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

2.2 Método racional

2.2.1 Fórmula general de cálculo

Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual Q_T, correspondiente a un período de retorno T, se calcula mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T,t_c)\cdot C\cdot A\cdot K_t}{3{,}6}$$

donde:

Q_T	(m^3/s)	Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca (figura 2.2).
$I\,(T,\,t_c)$	(mm/h)	Intensidad de precipitación (epígrafe 2.2.2) correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c, de la cuenca.
C	(adimensional)	Coeficiente medio de escorrentía (epígrafe 2.2.3) de la cuenca o superficie considerada.
A	(km^2)	Área de la cuenca o superficie considerada (epígrafe 2.2.4).
K_t	(adimensional)	Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (epígrafe 2.2.5).

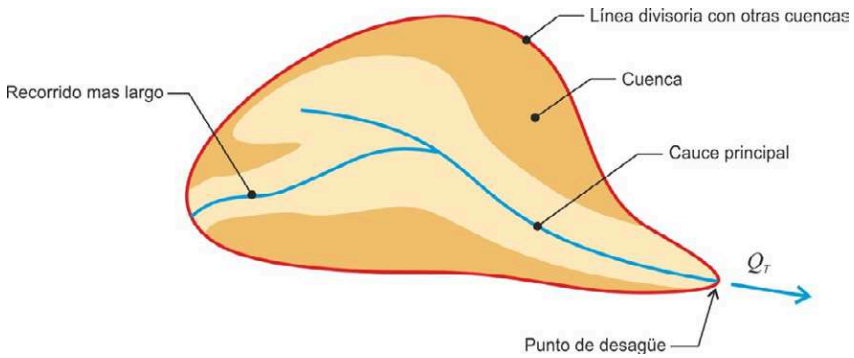


FIGURA 2.2.- ESQUEMA DE CUENCA

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

La fórmula anterior es válida para cuencas homogéneas. En el epígrafe 2.2.4 se generaliza para cuencas heterogéneas.

Cuando las obras se ubiquen en el Levante y Sureste peninsular, se debe proceder según se especifica en el apartado 2.3.

En cualquier caso, e independientemente de la zona geográfica en la que se encuentren las obras, siempre que existan datos sobre caudales o referencias sobre inundaciones históricas se deben contrastar con los resultados obtenidos.

2.2.2 Intensidad de precipitación

2.2.2.1 Consideraciones generales

La intensidad de precipitación $I\,(T,\,t)$ correspondiente a un período de retorno T, y a una duración del aguacero t, a emplear en la estimación de caudales por el método racional, se obtendrá por medio de la siguiente fórmula:

$$I(T,t) = I_d \cdot F_{\text{int}}$$

donde:

$I\,(T,\,t)$	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t.
I_d	(mm/h)	Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T (epígrafe 2.2.2.2).
F_{int}	(adimensional)	Factor de intensidad (epígrafe 2.2.2.4).

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca Q_T, es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$) de dicha cuenca (epígrafe 2.2.2.5).

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

2.2.2.2 Intensidad media diaria de precipitación corregida

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T, se obtiene mediante la fórmula

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

donde:

I_d	(mm/h)	Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T
P_d	(mm)	Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T
K_A	(adimensional)	Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca (epígrafe 2.2.2.3).

Para la determinación de la precipitación diaria correspondiente al período de retorno T, P_d, se debe adoptar el mayor valor de los obtenidos a partir de:

- Datos publicados por la Dirección General de Carreteras.
- Estudio estadístico de las series de precipitaciones diarias máximas anuales, medidas en los pluviómetros existentes en la cuenca, o próximos a ella. Se debe ajustar a la serie de precipitaciones máximas registrada en cada pluviómetro, la función de distribución extremal más apropiada a los datos de la zona, considerando al menos las funciones Gumbel y SQRT ET-max.

A los efectos de esta norma, para la aplicación del método racional se toma como precipitación diaria P_d, la correspondiente al valor medio en la superficie de la cuenca (media areal), que se obtiene mediante la interpolación espacial de los valores obtenidos en cada uno de los pluviómetros considerados.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

2.2.2.3 Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca K_A, tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Se obtiene a partir de la siguiente formula:

Si A < 1 km^2	$K_A = 1$
Si A ≥ 1 km^2	$K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$

donde:

K_A	(adimensional)	Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca
A	(km^2)	Área de la cuenca (epígrafe 2.2.4).

2.2.2.4 Factor de intensidad F_{int}

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero t

- El período de retorno T, si se dispone de curvas intensidad - duración - frecuencia (IDF) aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{int} = máx\ (F_a, F_b)$$

donde:

F_{int}	(adimensional)	Factor de intensidad

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

F_a	(adimensional)	Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d)
F_b	(adimensional)	Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

a) Obtención de F_a

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287\, t^{0,1}}$$

donde:

F_a	(adimensional)	Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d). Se representa en la figura 2.3.
I_1/I_d	(adimensional)	Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa de la figura 2.4.
t	(horas)	Duración del aguacero.

Para la obtención del factor F_a, se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración $(t = t_c)$.

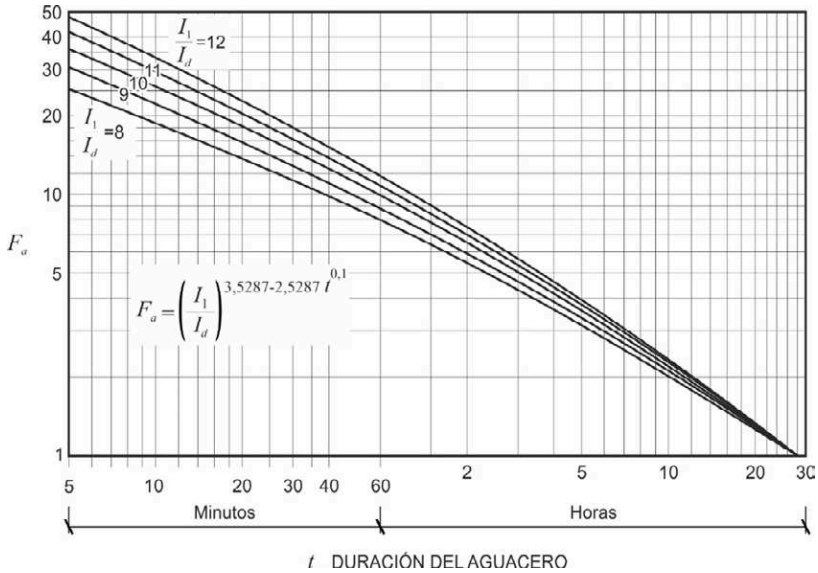


FIGURA 2.3.- FACTOR F_a

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

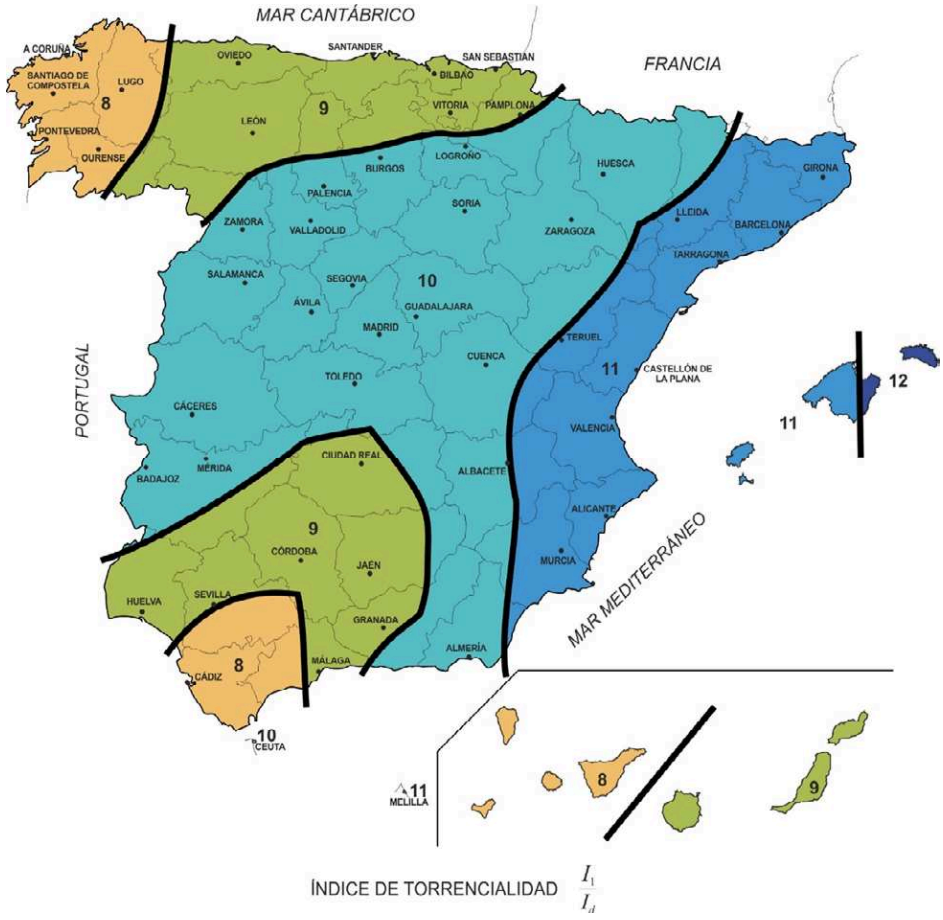


FIGURA 2.4.- MAPA DEL ÍNDICE DE TORRENCIALIDAD (I_1/I_d)

b) Obtención de F_b

$$F_b = k_b \frac{I_{IDF}(T,t_c)}{I_{IDF}(T,24)}$$

donde:

F_b	(adimensional)	Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo..
$I_{IDF}(T,t_c)$	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y al tiempo de concentración t_c, obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo (figura 2.5).
$I_{IDF}(T,24)$	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas ($t = 24$ h), obtenido a través de curvas IDF (figura 2.5).

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

k_b	(adimensional)	Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar $k_b = 1{,}13$

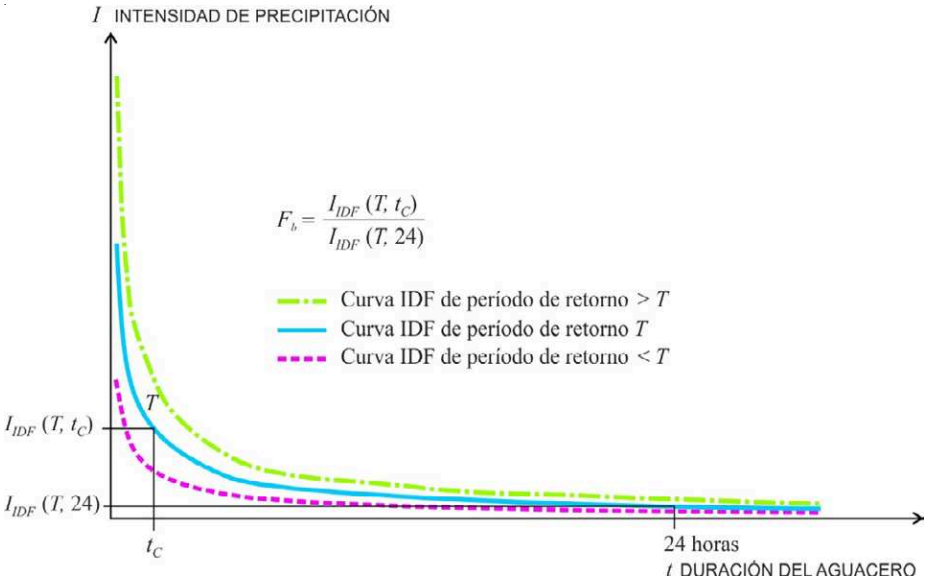


FIGURA 2.5.- OBTENCIÓN DEL FACTOR F_b

2.2.2.5 Tiempo de concentración

Tiempo de concentración t_c, es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe, mediante las siguientes formulaciones:

Para cuencas principales (apartado 1.4):

$$t_c = 0{,}3 \cdot L_c^{\,0{,}76} \cdot J_c^{\,-0{,}19}$$

donde:

t_c	(horas)	Tiempo de concentración
L_c	(km)	Longitud del cauce
J_c	(adimensional)	Pendiente media del cauce

Dado que el tiempo de concentración depende de la longitud y pendiente del cauce escogido, deben tantearse diferentes cauces o recorridos del

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

agua, incluyendo siempre en los tanteos los de mayor longitud y menor pendiente. El cauce (o recorrido) que debe escogerse es aquél que da lugar a un valor mayor del tiempo de concentración t_c.

En aquellas cuencas principales de pequeño tamaño en las que el tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno sea apreciable respecto al tiempo de recorrido total no será de aplicación la fórmula anterior, debiendo aplicarse las indicaciones que se proporcionan a continuación para cuencas secundarias. Se considera que se produce esta circunstancia cuando el tiempo de concentración calculado mediante la fórmula anterior sea inferior a cero coma veinticinco horas ($t_c \leq 0{,}25\text{h}$).

- Para cuencas secundarias (apartado 1.4), el tiempo de concentración se debe determinar dividiendo el recorrido de la escorrentía en tramos de característica homogéneas inferiores a trescientos metros de longitud (300 m) y sumando los tiempos parciales obtenidos, distinguiendo entre:

  - Flujo canalizado a través de cunetas u otros elementos de drenaje: se puede considerar régimen uniforme y aplicar la ecuación de Manning (capítulo 3).
  - Flujo difuso sobre el terreno:

$$t_{dif} = 2 \cdot L_{dif}^{\ 0,408} \cdot n_{dif}^{\ 0,312} \cdot J_{dif}^{\ -0,209}$$

donde:

t_{dif}	(minutos)	Tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno.
n_{dif}	(adimensional)	Coeficiente de flujo difuso (tabla 2.1).
L_{dif}	(m)	Longitud de recorrido en flujo difuso
J_{dif}	(adimensional)	Pendiente media

TABLA 2.1.- VALORES DEL COEFICIENTE DE FLUJO DIFUSO n_{dif}

Cobertura del terreno		n_{dif}
Pavimentado o revestido		0,015
No pavimentado ni revestido	Sin vegetación	0,050
	Con vegetación escasa	0,120
	Con vegetación media	0,320
	Con vegetación densa	1,000

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

El valor del tiempo de concentración t_c, a considerar se obtiene de la tabla 2.2:

TABLA 2.2.- DETERMINACIÓN DE t_c EN CONDICIONES DE FLUJO DIFUSO

t_{dif} (minutos)	t_C (minutos)
≤ 5	5
5 ≤ t_{dif} ≤ 40	t_{dif}
≥ 40	40

2.2.3 Coeficiente de escorrentía

2.2.3.1 Fórmula de cálculo

El coeficiente de escorrentía C, define la parte de la precipitación de intensidad $I\,(T, t_c)$ que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca.

El coeficiente de escorrentía C, se obtendrá mediante la siguiente formula, representada gráficamente en la figura 2.6

Si $P_d \cdot K_A > P_0$

$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right)\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

Si $P_d \cdot K_A \leq P_0$

$$C = 0$$

donde:

C	(adimensional)	Coeficiente de escorrentía
P_d	(mm)	Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T considerado (epígrafe 2.2.2.2).
K_A	(adimensional)	Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca (epígrafe 2.2.2.3).
P_0	(mm)	Umbral de escorrentía (epígrafe 2.2.3.2).

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

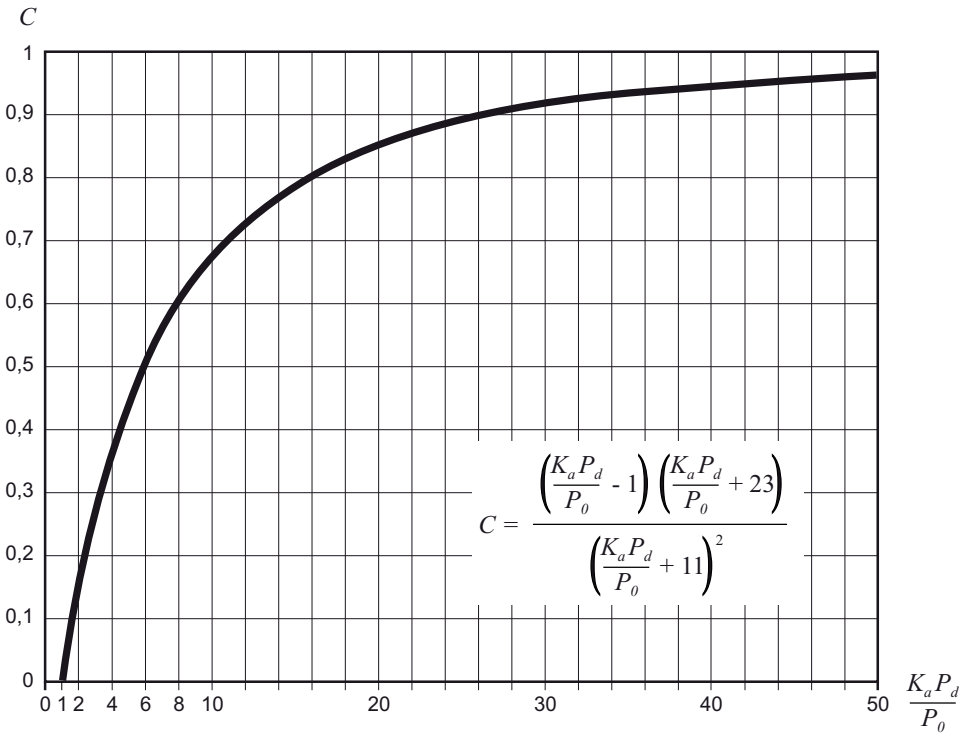


FIGURA 2.6.- DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

2.2.3.2 Umbral de escorrentía

El umbral de escorrentía P_0, representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

donde:

P_0	(mm)	Umbral de escorrentía
P_0^i	(mm)	Valor inicial del umbral de escorrentía (epígrafe 2.2.3.3).
b	(adimensional)	Coeficiente corrector del umbral de escorrentía (epígrafe 2.2.3.4)

2.2.3.3 Valor inicial del umbral de escorrentía

El valor inicial del umbral de escorrentía P_0^i, se determinará como se refiere a continuación, a partir de:

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- Series de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, en los que se obtenga directamente el valor de P_0^i para una determinada localización geográfica. Normalmente, dicho valor en cada punto se obtendrá como promedio en la cuenca vertiente al punto de cálculo de una determinada discretización espacial llevada a cabo sobre el territorio.
- Tabla 2.3, en las siguientes circunstancias:

    - Cuando la información referida en el párrafo precedente no se encuentre disponible.
    - Cuando el tamaño de la cuenca sea similar (o inferior) al tamaño de la discretización espacial efectuada.
    - En problemas específicos de escorrentía urbana.
    - Para la definición del drenaje de plataforma y márgenes
    - Cuando se tenga constancia de cambios de uso del suelo con posterioridad a la elaboración de las series de datos o mapas a que se hace referencia en el párrafo anterior.
    - Para la realización de cálculos en que se supongan modificaciones de los usos del suelo, respecto a lo reflejado en las mencionadas series de datos o mapas.

La determinación de los grupos hidrológicos de suelo presentes en la cuenca se debe realizar a partir del mapa de la figura 2.7. Cuando se disponga de información más detallada, en el proyecto se puede justificar el cambio del grupo hidrológico de suelo en alguna cuenca concreta, según los criterios de la tabla 2.4 y la figura 2.8.

Cuando se considere oportuno, se pueden diferenciar las proporciones de los distintos tipos y usos del suelo existentes en la cuenca, atribuyendo a cada uno el valor correspondiente de P_0^i (epígrafe 2.2.4) que se indica en la tabla 2.3.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

TABLA 2.3.- VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA P_0^i (mm)

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
11100	Tejido urbano continuo			1	1	1	1
11200	Tejido urbano discontinuo			24	14	8	6
11200	Urbanizaciones			24	14	8	6
11210	Estructura urbana abierta			24	14	8	6
11220	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas			24	14	8	6
12100	Zonas industriales y comerciales			6	4	3	3
12100	Granjas agrícolas			24	14	8	6
12110	Zonas industriales			12	7	5	4
12120	Grandes superficies de equipamiento y servicios			6	4	3	3
12200	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados			1	1	1	1
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados			1	1	1	1
12220	Complejos ferroviarios			12	7	5	4
12300	Zonas portuarias			1	1	1	1
12400	Aeropuertos			24	14	8	6
13100	Zonas de extracción minera			16	9	6	5
13200	Escombreras y vertederos			20	11	8	6
13300	Zonas de construcción			24	14	8	6
14100	Zonas verdes urbanas			53	23	14	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas			79	32	18	13
14210	Campos de golf			79	32	18	13
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R	≥ 3	29	17	10	8
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	N	≥ 3	32	19	12	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R/N	< 3	34	21	14	12
21100	Tierras de labor en secano (viveros)			0	0	0	0
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R	≥ 3	23	13	8	6
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	N	≥ 3	25	16	11	8
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R/N	< 3	29	19	14	11
21100	Tierras abandonadas		≥ 3	16	10	7	5
21100	Tierras abandonadas		< 3	20	14	11	8
21200	Terrenos regados permanentemente	R	≥ 3	37	20	12	9
21200	Terrenos regados permanentemente	N	≥ 3	42	23	14	11
21200	Terrenos regados permanentemente	R/N	< 3	47	25	16	13
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
21210	Cultivos herbáceos en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
21220	Otras zonas de irrigación			0	0	0	0
21300	Arrozales			47	25	16	13
22100	Viñedos		≥ 3	62	28	15	10
22100	Viñedos		< 3	75	34	19	14
22110	Viñedos en secano		≥ 3	62	28	15	10

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
22110	Viñedos en secano		< 3	75	34	19	14
22120	Viñedos en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22120	Viñedos en regadío		< 3	75	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		≥ 3	80	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		< 3	95	42	22	15
22210	Frutales en secano		≥ 3	62	28	15	10
22210	Frutales en secano		< 3	75	34	19	14
22220	Frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22220	Frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22221	Cítricos		≥ 3	80	34	19	14
22221	Cítricos		< 3	95	42	22	15
22222	Frutales tropicales		≥ 3	80	34	19	14
22222	Frutales tropicales		< 3	95	42	22	15
22223	Otros frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22223	Otros frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22300	Olivares		≥ 3	62	28	15	10
22300	Olivares		< 3	75	34	19	14
22310	Olivares en secano		≥ 3	62	28	15	10
22310	Olivares en secano		< 3	75	34	19	14
22320	Olivares en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22320	Olivares en regadío		< 3	75	34	19	14
23100	Prados y praderas		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados y praderas		< 3	120	55	22	14
23100	Pastos en tierras abandonadas		≥ 3	24	14	8	6
23100	Pastos en tierras abandonadas		< 3	58	25	12	7
23100	Prados arbolados		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados arbolados		< 3	120	55	22	14
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R	≥ 3	26	15	9	6
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	N	≥ 3	28	17	11	8
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R/N	< 3	30	19	13	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		≥ 3	62	28	15	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		< 3	75	34	19	14
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		≥ 3	80	34	19	14
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		< 3	95	42	22	15
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R	≥ 3	31	17	10	8
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	N	≥ 3	34	20	13	10
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R/N	< 3	37	22	14	11
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	26	15	9	6
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	28	17	11	8
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	30	19	13	10
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	37	20	12	9
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	42	23	14	11
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	47	25	16	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		≥ 3	70	33	18	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		< 3	120	55	22	14
24400	Sistemas agroforestales		≥ 3	53	23	14	9
24400	Sistemas agroforestales		< 3	80	35	17	10
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adehesado		≥ 3	53	23	14	9
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adehesado		< 3	80	35	17	10
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adehesado		≥ 3	53	23	14	9
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adehesado		< 3	80	35	17	10
31100	Frondosas			90	47	31	23
31110	Perennifolias			90	47	31	23
31120	Caducifolias y marcescentes			90	47	31	23
31130	Otras frondosas de plantación		≥ 3	79	34	19	14
31130	Otras frondosas de plantación		< 3	94	42	22	15
31140	Mezclas de frondosas			90	47	31	23

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
31150	Bosques de ribera			76	34	22	16
31160	Laurisilva macaronésica			90	47	31	23
31200	Bosques de coníferas			90	47	31	23
31210	Bosques de coníferas de hojas aciculares			90	47	31	23
31220	Bosques de coníferas de hojas tipo cupresáceo			90	47	31	23
31300	Bosque mixto			90	47	31	23
32100	Pastizales naturales		≥ 3	53	23	14	9
32100	Pastizales naturales		< 3	80	35	17	10
32100	Prados alpinos		≥ 3	70	33	18	13
32100	Prados alpinos		< 3	120	55	22	14
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		≥ 3	70	33	18	13
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		< 3	120	55	22	14
32110	Pastizales supraforestales		≥ 3	70	33	18	13
32110	Pastizales supraforestales		< 3	120	55	22	14
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		≥ 3	70	33	18	13
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		< 3	120	55	22	14
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32121	Otros pastizales templado oceánicos		≥ 3	53	23	14	9
32121	Otros pastizales templado oceánicos		< 3	79	35	17	10
32122	Otros pastizales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32122	Otros pastizales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32200	Landas y matorrales mesófilas			76	34	22	16
32210	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesófila			76	34	22	16
32220	Fayal-brezal macaronésico			60	24	14	10
32300	Vegetación esclerófila			60	24	14	10
32311	Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso			75	34	22	16
32312	Matorrales subarbustivos o arbustivos muy poco densos			60	24	14	10
32320	Matorrales xerófilos macaronésicos			40	17	8	5
32400	Matorral boscoso de transición			75	34	22	16
32400	Claras de bosques			40	17	8	5
32400	Zonas empantanadas fijas o en transición			60	24	14	10
32410	Matorral boscoso de frondosas			75	34	22	16
32420	Matorral boscoso de coníferas			75	34	22	16
32430	Matorral boscoso de bosque mixto			75	34	22	16
33110	Playas y dunas			152	152	152	152
33120	Ramblas con poca o sin vegetación			15	8	6	4
33200	Roquedo			2	2	2	2
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente			2	2	2	2

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
33220	Afloramientos rocosos y canchales		≥ 3	2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		< 3	4	4	4	4
33230	Coladas lávicas cuaternarias		≥ 3	3	3	3	3
33230	Coladas lávicas cuaternarias		< 3	5	5	5	5
33300	Espacios con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33300	Espacios con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33310	Xeroestepa subdesértica		≥ 3	24	14	8	6
33310	Xeroestepa subdesértica		< 3	58	25	12	7
33320	Cárcavas y/o zonas en proceso de erosión			15	8	6	4
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33400	Zonas quemadas			15	8	6	4
33500	Glaciares y nieves permanentes			0	0	0	0
41100	Humedales y zonas pantanosas			2	2	2	2
41200	Turberas y prados turbosos			248	99	25	16
42100	Marismas			2	2	2	2
42200	Salinas			5	5	5	5
42300	Zonas llanas intermareales			0	0	0	0
51100	Cursos de agua			0	0	0	0
51110	Ríos y cauces naturales			0	0	0	0
51120	Canales artificiales			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
51120	Embalses			0	0	0	0
51120	Embalses (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
52100	Lagunas costeras			0	0	0	0
52200	Estuarios			0	0	0	0
52300	Mares y océanos			0	0	0	0

Notas:

La codificación de los tipos del suelo corresponde al proyecto europeo Corine Land Cover 2000

N: Denota cultivo según las curvas de nivel.

R: Denota cultivo según la línea de máxima pendiente.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

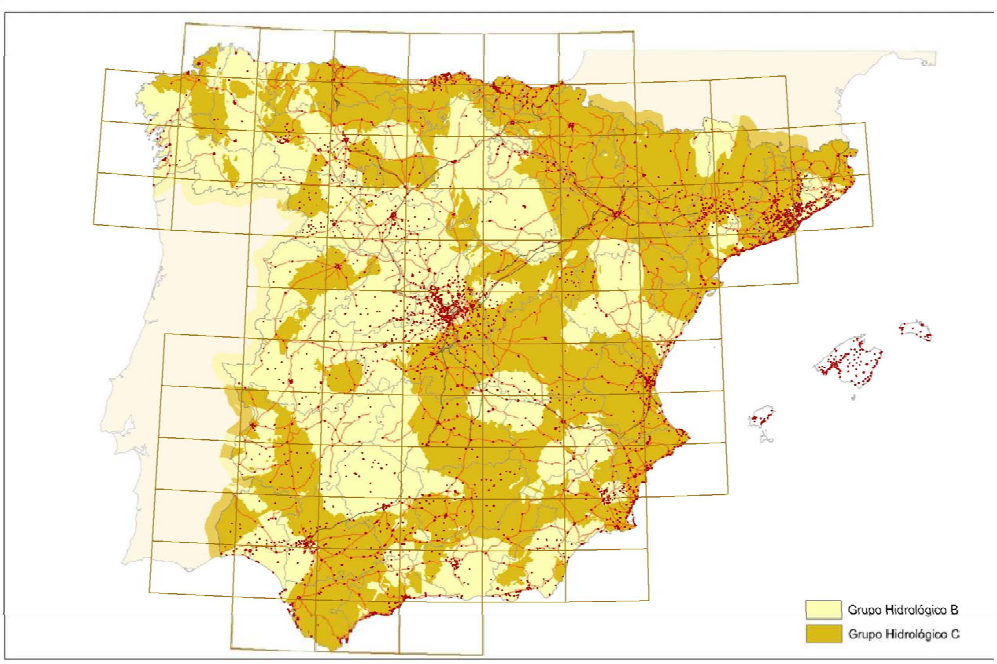


FIGURA 2.7.- MAPA DE GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO

TABLA 2.4.- GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO A EFECTOS DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

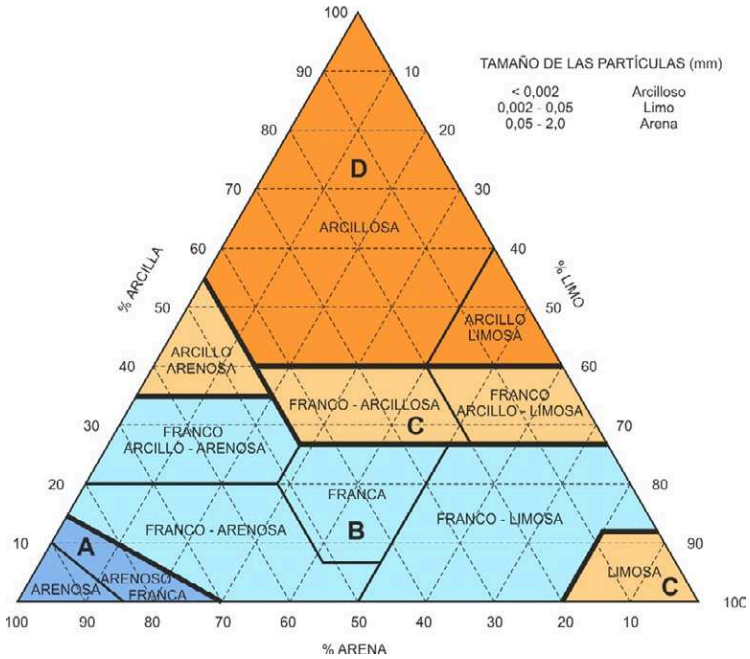


FIGURA 2.8.- DIAGRAMA TRIANGULAR PARA DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA EN MATERIALES TIPO SUELO

2.2.3.4 Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

La formulación del método racional efectuada en los epígrafes precedentes requiere una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en el método a través de un coeficiente corrector del umbral de escorrentía b.

Se pueden distinguir los siguientes casos, en función de los datos disponibles:

- Cuando se disponga de una calibración específica para una cuenca concreta, el valor del coeficiente corrector a aplicar es, directamente, el obtenido en ella.
- Cuando se disponga de datos sobre caudales suficientemente representativos para una cuenca concreta o cuencas próximas similares, se debe efectuar una calibración por comparación entre datos reales y resultados del método racional, de tal forma que los caudales correspondientes a distintos períodos de retorno obtenidos a partir del análisis estadístico de los datos de caudal, coincidan sensiblemente con los obtenidos mediante la aplicación del método.
- Cuando no se disponga de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o en cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se puede tomar el valor del coeficiente corrector a partir de los datos de la tabla 2.5, correspondientes a las regiones de la figura 2.9.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

En este último caso, se debe proceder como se indica a continuación:

- En las cuencas del Levante y Sureste peninsular se debe estar a lo especificado en el apartado 2.3
- En el resto de las cuencas se debe proceder como sigue, atendiendo al tipo de obra de que en cada caso se trate:

  - Drenaje transversal de vías de servicio, ramales, caminos, accesos a instalaciones y edificaciones auxiliares de la carretera y otros elementos anejos (siempre que el funcionamiento hidráulico de estas obras no afecte a la carretera principal) y drenaje de plataforma y márgenes: Se debe aplicar el producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía por un factor dependiente del período de retorno T, considerado para el caudal de proyecto en el elemento de que en cada caso se trate:

$$\beta^{PM} = \beta_m \cdot F_T$$

  - Drenaje transversal de la carretera (puentes y obras de drenaje transversal): producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía corregido por el valor correspondiente al intervalo de confianza del cincuenta por ciento, por un factor dependiente del período de retorno T considerado para el caudal de proyecto, es decir:

$$\beta^{DT} = (\beta_m - \Delta_{50}) \cdot F_T$$

donde:

β^{PM}	(adimensional)	Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje de plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares
β^{DT}	(adimensional)	Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje transversal de la carretera
β_m	(adimensional)	Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (tabla 2.5)

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

F_T	(adimensional)	Factor función del período de retorno T (tabla 2.5)
D_{50}	(adimensional)	Desviación respecto al valor medio: intervalo de confianza correspondiente al cincuenta por ciento (50 %)

En el proyecto se puede justificar la conveniencia de adoptar, en algún caso concreto, un intervalo de confianza superior al definido con carácter general en los párrafos precedentes.

FIGURA 2.9.- REGIONES CONSIDERADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

TABLA 2.5.- COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA: VALORES CORRESPONDIENTES A CALIBRACIONES REGIONALES

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54
101	1,75	0,30	0,40	0,70	0,76	0,90	1,12	1,27	1,39
1021	1,45	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
1022	2,05	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00

En Ceuta y Melilla se adoptarán valores similares a los de la región 61.
Pueden obtenerse valores intermedios por interpolación adecuada a partir de los datos de esta tabla
En todos los casos F_{10}=1,00

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

2.2.4 Área de la cuenca

A los efectos de esta norma se considera como área de la cuenca A, la superficie medida en proyección horizontal (planta) que drena al punto de desagüe (figura 2.2).

El método de cálculo expuesto en los apartados anteriores supone unos valores únicos de la intensidad de precipitación y del coeficiente de escorrentía para toda la cuenca, correspondientes a sus valores medios. Esta hipótesis sólo es aceptable en cuencas que sean suficientemente homogéneas, tanto respecto de la variación espacial de la precipitación como del coeficiente de escorrentía.

El caso más general, de cuencas heterogéneas, se debe resolver mediante su división en áreas parciales de superficie A_i, que puedan considerarse homogéneas respecto a los factores señalados, cuyos coeficientes de escorrentía C_i, e intensidades de precipitación $I\,(T,\, t_c)_i$, se calculan por separado. El caudal de proyecto se determinará sustituyendo en la fórmula general de cálculo (epígrafe 2.2.1) el producto de los tres factores por la correspondiente sumatoria de productos relativa a cada una de las áreas parciales, es decir:

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

En los casos más habituales, dado el pequeño tamaño de las cuencas a las que resulta de aplicación este método de cálculo, la causa de la heterogeneidad se debe a la variación espacial del coeficiente de escorrentía y no tanto de la intensidad de precipitación. En tales circunstancias se considera razonable adoptar un valor medio areal para la intensidad de precipitación en la cuenca $I\,(T,\, t_c)$ por lo que la expresión anterior resulta:

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

2.2.5 Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

El coeficiente K_t tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

donde:

K_t	(adimensional)	Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.
t_c	(horas)	Tiempo de concentración de la cuenca (epígrafe 2.2.2.5)

2.3 Método de cálculo para las cuencas pequeñas del Levante y Sureste peninsular

De conformidad con lo especificado en el apartado 2.1, en cuencas de área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados (A < 50 km^2) del Levante y Sureste peninsular (regiones 72, 821 y 822 de la figura 2.9), si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos, se debe aplicar el siguiente método:

- Si el período de retorno es inferior a o igual a veinticinco años ($T \leq 25$ años) el caudal máximo anual correspondiente Q_T, se debe determinar según el método racional (apartado 2.2).
- Si el período de retorno es superior a veinticinco años ($T > 25$ años) el caudal máximo anual correspondiente Q_T, se debe determinar como se indica a continuación:
    - A partir de un estudio específico, mediante métodos estadísticos o modelos hidrológicos, que tenga en cuenta la información sobre avenidas históricas o grandes eventos de precipitación, en la zona de estudio o en zonas próximas similares suficientemente representativas, bien para determinar directamente los caudales o bien para calibrar el modelo hidrológico.
    - Si no se efectúa el análisis anterior se utilizará el siguiente modelo regional que proporciona valores aproximados y generalmente conservadores:

$$Q_T = \varphi \cdot Q_{10}^{\lambda}$$

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

donde:

Q_T	(m^3/s)	Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca (figura 2.2).
Q_{10}	(m^3/s)	Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno de diez años en el punto de desagüe de la cuenca, calculado mediante el método racional (apartado 2.2.2.2). Salvo justificación del proyecto, el valor del coeficiente corrector del umbral de escorrentía a adoptar en el cálculo se debe corresponder con el valor medio β_m recogido en la tabla 2.5, sin efectuar correcciones asociadas al nivel de confianza del ajuste estadístico utilizado.
φ	(adimensional)	Coeficiente propio de la región y del período de retorno considerado (tabla 2.6)
λ	(adimensional)	Exponente propio de la región y del período de retorno considerado (tabla 2.6)

TABLA 2.6.- PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO EN CUENCAS PEQUEÑAS DEL LEVANTE Y SURESTE PENINSULAR (T > 25 años)

Región 72				
Período de retorno, *T (años)*	**50**	**100**	**200**	**500**
φ	1,4057	3,0570	4,7152	6,9135
λ	1,2953	1,2751	1,2678	1,2631
Regiones 821 y 822				
Período de retorno, *T (años)*	**50**	**100**	**200**	**500**
φ	11,1378	51,6297	86,5765	131,7650
λ	0,7401	0,6065	0,5982	0,5953

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

CAPÍTULO 3. DRENAJE DE LA PLATAFORMA Y MÁRGENES

3.1 Introducción

El drenaje de la plataforma y márgenes de la carretera comprende la recogida, conducción y desagüe de los caudales de escorrentía procedentes de las cuencas secundarias definidas en el apartado 1.4, con el período de retorno indicado en el epígrafe 1.3.2, así como de los caudales captados por el drenaje subterráneo.

El drenaje de la plataforma y márgenes de la carretera se estructura constituyendo redes de drenaje, cada una de las cuales consiste en una sucesión de elementos y sistemas, convenientemente conectados entre sí, que termina en un punto de vertido.

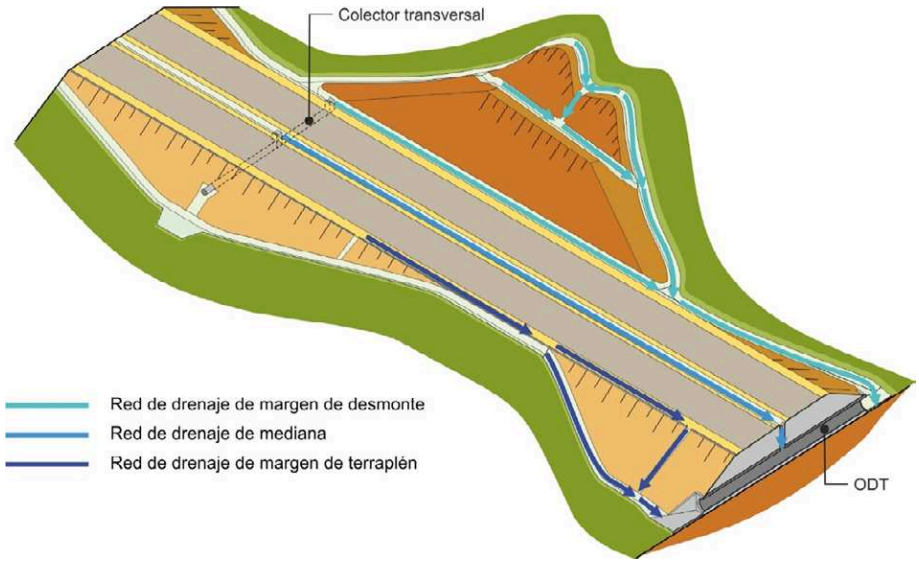


FIGURA 3.1.- EJEMPLO DE REDES DE DRENAJE DE PLATAFORMA Y MÁRGENES

3.2 Criterios básicos de proyecto

3.2.1 Consideraciones generales

El proyecto de las redes de drenaje de plataforma y márgenes se debe abordar conforme a la sistemática que a continuación se refiere, que comprende el estudio

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

secuencial de las fases de recogida o captación, conducción y desagüe de caudales:

- Definición de las cuencas secundarias y las redes de drenaje, especificando sus nudos y tramos lineales.
- Cálculo de caudales y asignación a las redes de drenaje:
    - Cálculo de caudales en las cuencas secundarias (capítulo 2).
    - Adición de caudales procedentes de estructuras, túneles y otros (epígrafe 3.3.5).
    - Adición de caudales provenientes del drenaje subterráneo.
    - Asignación de caudales a la redes de drenaje: en cada nudo será la suma de los caudales entrantes y en cada tramo lineal la suma del caudal del nudo de cabeza más el incorporado en su longitud.
- Elección de tipologías y dimensionamiento hidráulico de elementos, manteniendo el resguardo de la calzada (epígrafe 3.2.2).
- Ubicación del punto de vertido y evaluación de la factibilidad de desagüe (epígrafe 3.2.4).
- Definición completa de los elementos de drenaje con especificación de detalles constructivos y comprobación de su compatibilidad con la normativa sobre trazado y seguridad vial.

3.2.2 Resguardo de la calzada

El resguardo de la calzada r_c en un determinada sección transversal se define como la diferencia de cotas entre el punto más bajo de la calzada y la lámina de agua para el caudal de proyecto.

El drenaje de plataforma y márgenes debe permitir la recogida, conducción y evacuación de las aguas, cumpliendo en cualquier perfil transversal (véase figura 3.2):

- Un resguardo de la calzada mayor o igual que cinco centímetros, si bien en el proyecto se puede justificar la adopción de un valor inferior

$$r_c \geq 5\ cm$$

- Que la lámina de agua no alcance el arcén

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

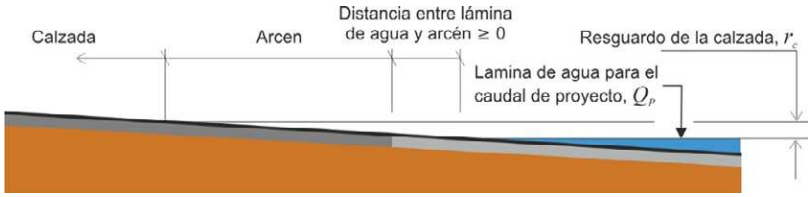


FIGURA 3.2.- RESGUARDO DE LA CALZADA

Los proyectos de rehabilitación de firmes deben mantener este valor mínimo del resguardo, o justificar uno inferior (véase apartado 5.3).

3.2.3 FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO

3.2.3.1 Independencia de las redes de drenaje de plataforma y márgenes

Las redes de drenaje de plataforma y márgenes deben dar servicio únicamente a la carretera, sin mezclar caudales con los provenientes de otras obras o terrenos. Únicamente en circunstancias excepcionales, convenientemente justificadas en el proyecto, se pueden compartir elementos o insertar en la sección transversal de la carretera determinadas conducciones hidráulicas de otras infraestructuras o instalaciones.

En ningún caso se podrán utilizar elementos de drenaje de plataforma y márgenes de la carretera:

- Como conducciones hidráulicas ajenas a ella: abastecimiento de poblaciones, regadíos, o aguas residuales de cualquier procedencia.
- Para conducir caudales provenientes del drenaje transversal, excepto en lo relativo a planas de inundación (apartado 4.6).

3.2.3.2 Continuidad

Debe existir continuidad geométrica e hidráulica entre los elementos que constituyen la red de drenaje, de forma que todo el caudal recogido sea conducido y evacuado en el punto de desagüe, sin que se produzcan pérdidas de caudal entre el punto o zona de captación o recogida y el lugar de desagüe.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.2.3.3 Capacidad hidráulica

Las redes de drenaje deben presentar capacidad hidráulica suficiente para su caudal de proyecto con las condiciones y limitaciones de resguardos y previsiones de obstrucción que se establezcan.

Para evitar la conducción de grandes caudales, se debe proceder al desagüe de las redes de drenaje de plataforma y márgenes, tan frecuentemente como sea posible y resulte razonable.

3.2.4 Punto de vertido

3.2.4.1 Ubicación

El punto de vertido o desagüe de una red de drenaje de plataforma y márgenes puede estar situado en:

- Cauces o cuencas naturales.
- Obras de drenaje transversal (ODT): En el proyecto se puede disponer que, se efectúe el vertido a la entrada, a la salida (véase figura 3.3), o directamente al interior de una ODT. Se debe proyectar la conexión entre la red de drenaje de plataforma y márgenes y la ODT de forma que no se produzcan erosiones ni infiltraciones.
- Sistemas de alcantarillado: En entornos urbanos, donde no pueda recurrirse a ninguna de las soluciones anteriores, el criterio general debe ser el de recurrir a sumideros y colectores que desagüen a un sistema de alcantarillado de nueva construcción, o preexistente, tras la obtención de las autorizaciones oportunas, que deben incluirse como documentos del proyecto.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

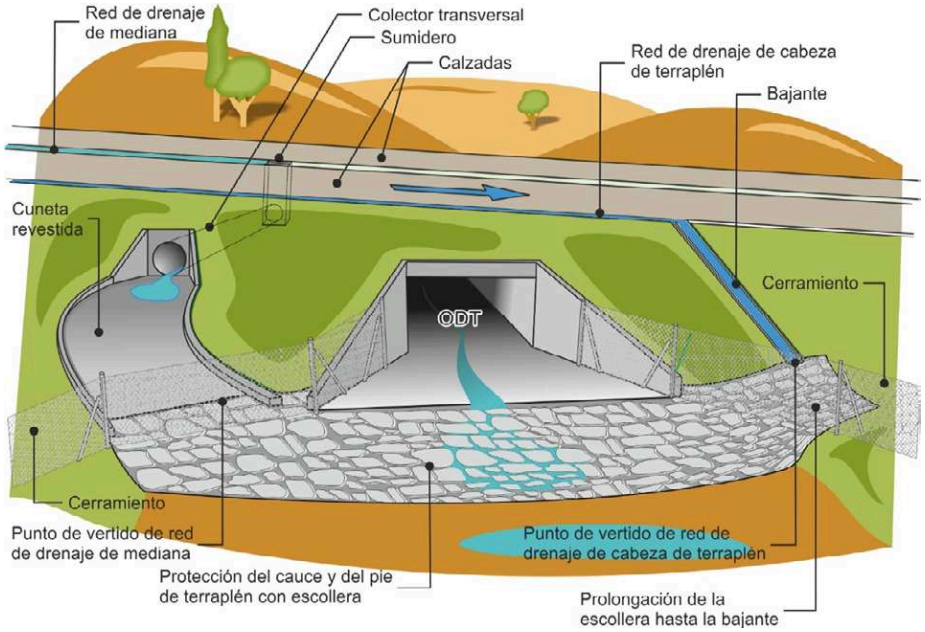


FIGURA 3.3.- EJEMPLO DE DESAGÜE A LA SALIDA DE UNA OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL

3.2.4.2 Criterios de proyecto

En el proyecto se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Hidráulicos: Se debe comprobar que la capacidad hidráulica del cauce o la obra a la que se realiza el vertido es suficiente para recibirlo. En caso contrario se puede considerar:

    - El acondicionamiento de la zona aguas abajo del punto de desagüe.
    - La disminución del caudal a desaguar mediante derivaciones a otros puntos.
    - La disposición de elementos de laminación (epígrafe 3.4.10)

- Medioambientales: En aquellas zonas que no admitan el vertido directo por cuestiones medioambientales se debe estudiar la conducción de los caudales a zonas menos sensibles, o la implantación de dispositivos especiales de tratamiento que permitan la retención de las aguas de escorrentía o de vertidos accidentales y el tratamiento previo al vertido (véase epígrafes 3.4.9 y 3.4.11).

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

En algunos casos, convenientemente justificados en el proyecto, puede que sea preciso desaguar por infiltración a un terreno suficientemente permeable. En tales circunstancias se debe distribuir el caudal de forma relativamente uniforme sobre los mencionados terrenos, procurando que la velocidad del agua sea reducida para facilitar la infiltración y estudiar la conveniencia de disponer sistemas específicos (epígrafe 3.4.11).

3.3 Criterios particulares de proyecto

3.3.1 PLATAFORMA

3.3.1.1 Flujo por la plataforma

Las superficies pavimentadas de la plataforma no deben recibir otras aguas que las de la precipitación que incida directamente sobre ellas, transformándose en escorrentía superficial.

En tales circunstancias, el agua que cae sobre la plataforma escurre hacia los puntos bajos de la superficie del pavimento y sigue un recorrido según la línea de máxima pendiente en cada punto (véase figura 3.4) hasta salir de la plataforma a las márgenes o a un elemento de drenaje.

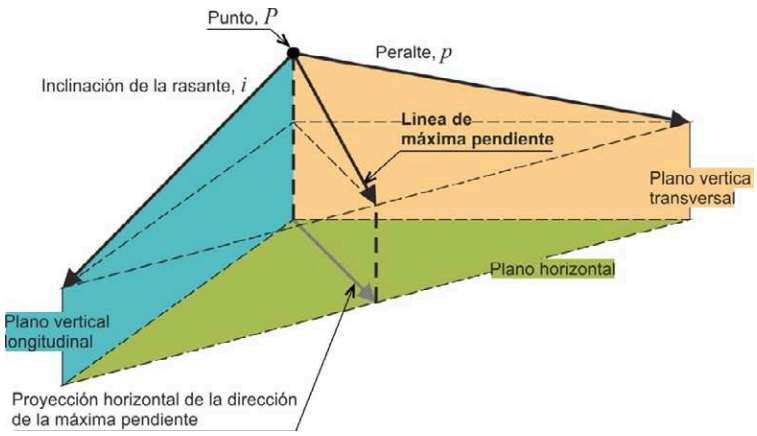


FIGURA 3.4.- MÁXIMA PENDIENTE DE LA PLATAFORMA

Cuando la inclinación de la rasante y el peralte son constantes, el recorrido de la escorrentía sigue líneas rectas en la dirección de la máxima pendiente. Cuando la inclinación de la rasante y el peralte varían, el recorrido de la escorrentía sigue líneas curvas (tangentes en cada punto a la línea de máxima pendiente en él) que

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

se pueden representar trazándolas ortogonales a las curvas de nivel de la plataforma.

Se deben estudiar estos flujos para comprobar que se cumplen los criterios de proyecto indicados en el apartado 3.2, evitando que se formen láminas de agua que alcancen la calzada y tratando de limitar los tiempos de recorrido. Para disminuir los tiempos de recorrido por la plataforma se pueden aumentar las pendientes (tanto transversal como longitudinalmente, siempre que el trazado lo permita) o disponer en su caso hendiduras transversales o esviadas en la superficie del pavimento.

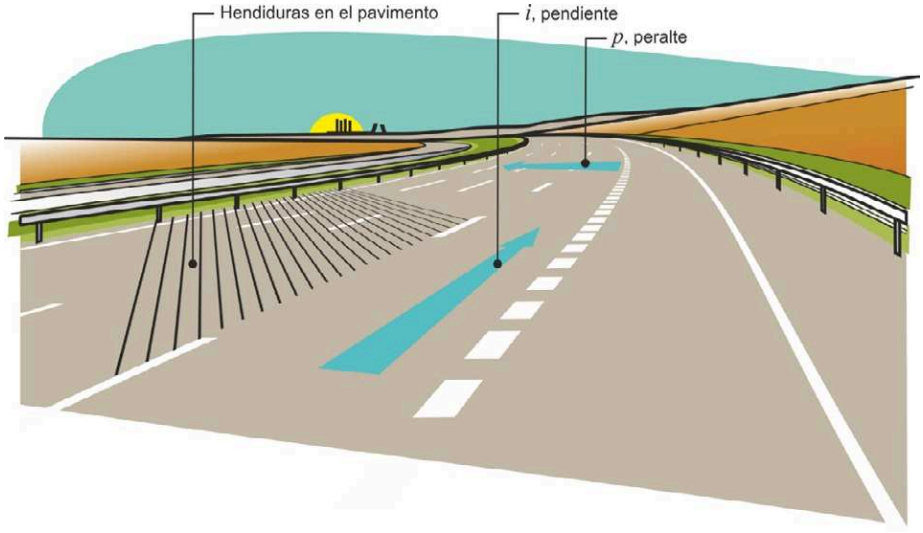


FIGURA 3.5 EJEMPLO DE HENDIDURAS EN EL PAVIMENTO DE UNA PLATAFORMA DE GRAN ANCHURA

Por otra parte el empleo de pavimentos con capa de rodadura drenante contribuye a la disminución de la altura de la lámina de agua, ya que por su alto contenido de huecos resultan permeables y permiten el flujo de agua en su propio plano. No obstante, para mantener dicha permeabilidad en el tiempo y garantizar su funcionalidad, resulta necesaria la realización de operaciones de mantenimiento y limpieza específicas.

Las consideraciones relativas a las características técnicas, configuración, disposición de capas y materiales relacionados con las superficies pavimentadas, se deben efectuar según lo indicado en la norma 6.1 - IC Secciones de firme y en los artículos correspondientes del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes, PG - 3.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Las cuestiones relativas al diseño geométrico de superficies pavimentadas, así como la determinación de los peraltes, el valor mínimo de la inclinación de la rasante, la línea de máxima pendiente y cualesquiera otras de naturaleza geométrica, se deben fijar de acuerdo con lo establecido en la norma 3.1 – IC Trazado.

Se debe verificar el cumplimiento de las limitaciones relativas a la línea de máxima pendiente en zonas en las que coincidan acuerdos verticales con cambio de signo de la inclinación de la rasante y transiciones de peralte con cambio de signo de éste (véase figura 3.6). Asimismo se debe evitar que se produzcan secciones con pendiente transversal nula en acuerdos cóncavos.

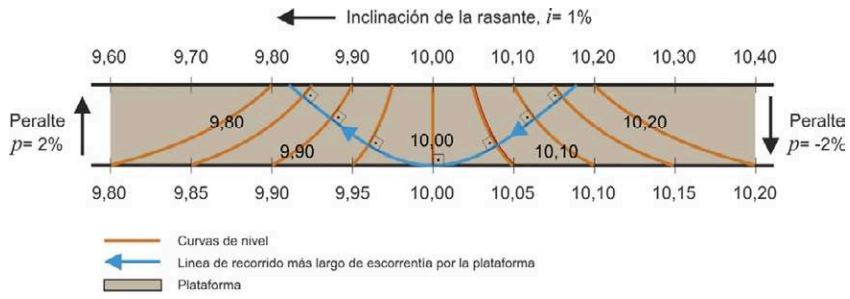


FIGURA 3.6.- RECORRIDO MÁS LARGO DE LA ESCORRENTÍA POR LA PLATAFORMA EN UNA TRANSICIÓN DE CAMBIO DE SIGNO DE PERALTE CON INCLINACIÓN DE LA RASANTE CONSTANTE

3.3.1.2 Intersecciones y enlaces

Las cuestiones relativas al diseño geométrico de estas superficies se deben abordar de conformidad con lo especificado en la norma 3.1 – IC Trazado y en la normativa sobre nudos viarios.

Se debe procurar que los ramales de enlace, vías de servicio y cualesquiera otras superficies, no viertan al tronco de la carretera, mediante una adecuada disposición de las pendientes, definición de sumideros o disponiendo otras medidas. Para ello se deben trazar planos con líneas de nivel a la equidistancia suficiente para permitir la correcta identificación de las superficies vertientes y cuando sea necesario, las líneas de flujo de la escorrentía (véase figura 3.6).

El drenaje de zonas pavimentadas de las intersecciones y enlaces, no destinadas a la circulación de los vehículos (cebreados, isletas, interior de glorietas) debe analizarse conjuntamente con el de las calzadas, conforme a lo especificado en el

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

epígrafe 3.3.1.1, pudiendo disponer sumideros en su caso (véanse ejemplos en la figura 3.7)

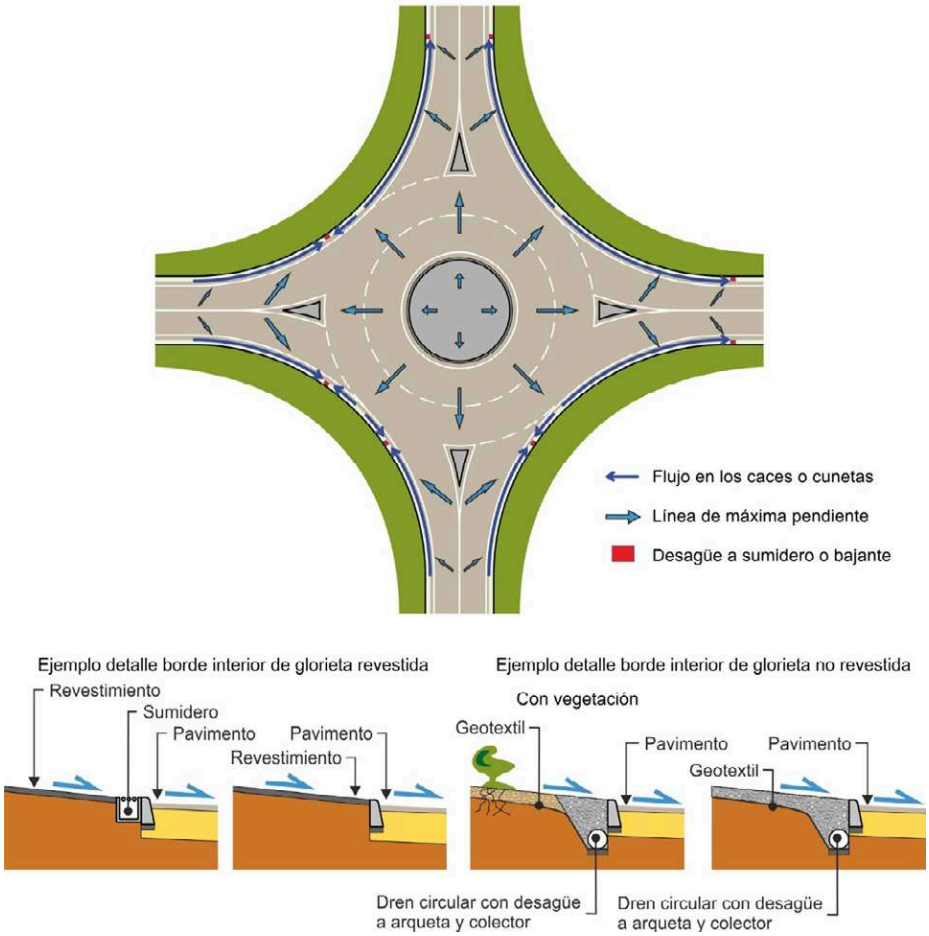


FIGURA 3.7.- EJEMPLO DE DISPOSICIÓN DE ELEMENTOS DE DRENAJE EN UNA GLORIETA

El drenaje de las zonas no pavimentadas del interior de las intersecciones y enlaces se debe proyectar teniendo en cuenta que:

- Se debe tratar de evitar la generación de flujos de agua desde las zonas no pavimentadas hacia los carriles o superficies pavimentadas que las limitan.
- El criterio general a seguir para la evacuación de las aguas en estas zonas es el de concentrarlas en uno o varios puntos bajos interiores, conduciéndolas al exterior mediante colectores que crucen el menor número posible de vías.
- El desagüe se debe producir preferiblemente por gravedad, recurriendo al bombeo únicamente en casos excepcionales. Se pueden efectuar remodelaciones

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

geométricas o incluso revestir total o parcialmente la superficie para facilitar la concentración de las aguas de escorrentía.

– Se puede definir la utilización de espacios interiores o entre ramales para fines accesorios relacionados con el drenaje superficial, tales como balsas de laminación de crecidas o de retención.

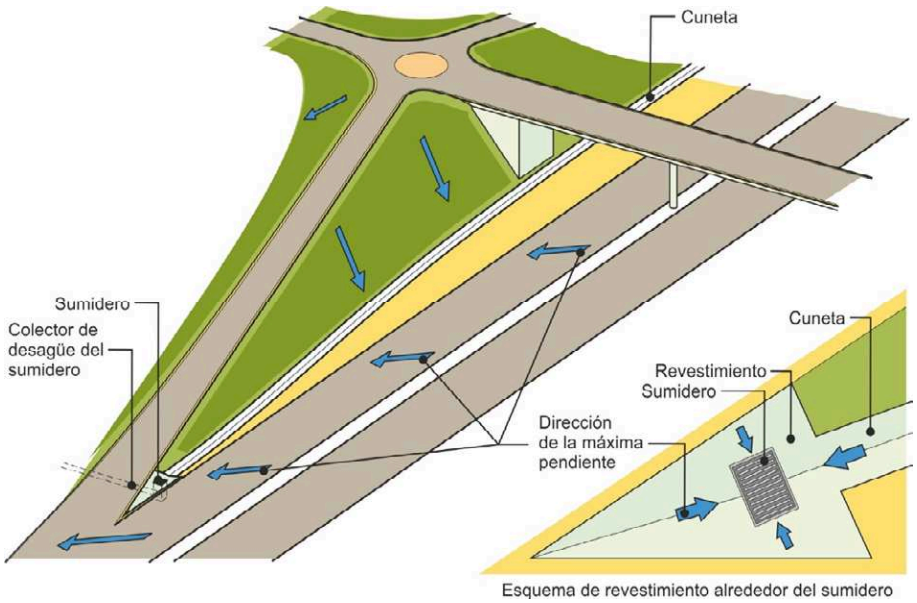


FIGURA 3.8.- EJEMPLO DE SITUACIÓN DE SUMIDERO EN LA CONFLUENCIA DE UN RAMAL CON LA CALZADA PRINCIPAL

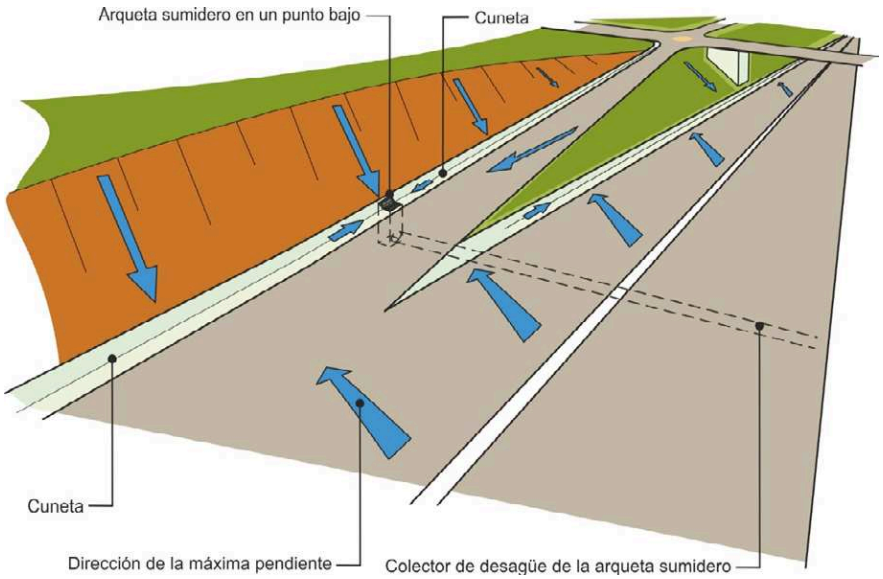


FIGURA 3.9.- EJEMPLO DE SITUACIÓN DE SUMIDERO EN UN PUNTO BAJO

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.3.2 Medianas

3.3.2.1 Consideraciones generales

En las medianas se deben disponer elementos de drenaje que permitan recoger y conducir su propia escorrentía y la de las plataformas adyacentes. Se debe evitar el vertido de la escorrentía recogida por la mediana a las plataformas.

La disposición de elementos y sistemas de drenaje en la mediana debe resultar acorde con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos.

El criterio general, cuando la anchura de la mediana lo permita, será disponer una cuneta revestida (calculada según se especifica en el apartado 3.4), de sección triangular, con taludes iguales o más tendidos que el 6 H: 1 V. Cuando alguna de las franjas que resulten desde los bordes de la cuneta hasta los límites de las zonas pavimentadas de la plataforma no alcance los dos metros (2 m) de anchura, se debe revestir, salvo justificación del proyecto.

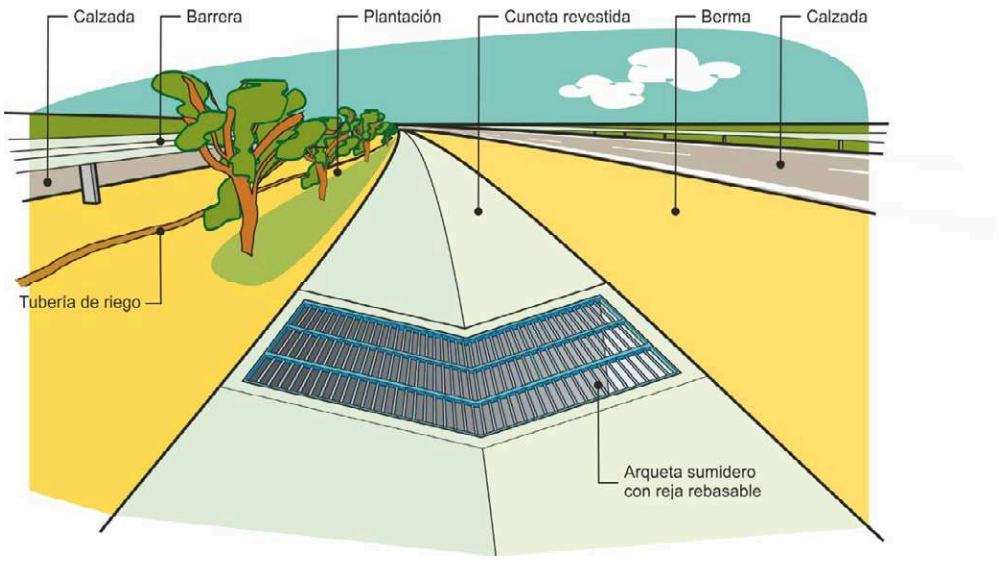


FIGURA 3.10 EJEMPLO DE CUNETA EN MEDIANA AMPLIA

Cuando los taludes en la mediana resulten más verticales que el 6 H: 1 V y la calzada vierta hacia ellos, se deben disponer elementos de drenaje que permitan recoger la escorrentía de la plataforma y conducirla evitando su circulación por los taludes sin revestir de la mediana. Para ello se puede:

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- Disponer la cuneta adyacente a la plataforma.
- Revestir el talud en cuestión.
- Disponer un caz de coronación (epígrafe 3.3.4.2)

Cuando la mediana separe plataformas a distinto nivel, en el proyecto se debe efectuar un estudio específico sobre sus condiciones de drenaje.

Cuando en el proyecto se dispongan plantaciones en la mediana, su ubicación y demás características se deben efectuar en coordinación con la definición del drenaje.

El estudio de la infiltración, las características de los materiales a utilizar como relleno de mediana, las prescripciones relativas a drenes y demás cuestiones relacionadas con el drenaje subterráneo, se han de abordar conforme a lo especificado en la normativa sobre drenaje subterráneo. Cuando la sección transversal en que se inserte la mediana esté constituida por materiales marginales u otros que puedan considerarse evolutivos o sensibles a la acción del agua (bien se trate de rellenos o secciones en desmonte), independientemente de la disposición de láminas u otros elementos interiores de impermeabilización, las medianas se deben revestir por completo.

El desagüe de la cuneta de mediana se efectuará a través de sumideros de tipo horizontal, que mantengan la sección transversal de la cuneta, mediante rejas u otros elementos rebasables, que permitan la entrada del caudal de proyecto (véase figura 3.10).

El criterio general será desaguar los caudales atendiendo al siguiente orden de prelación:

1. Obras de drenaje transversal
2. Colectores transversales al trazado
3. Colectores longitudinales al trazado

Debe tenerse en cuenta que:

- El desagüe directo a una obra de drenaje transversal permite evitar colectores y sus obras de salida, pero puede dar lugar a alturas excesivas en las arquetas que dificulten su conservación y mantenimiento.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

– El colector longitudinal al trazado puede resultar inevitable cuando no exista posibilidad de desaguar a las márgenes (particularmente en desmonte).

3.3.2.2 Secciones singulares

Cuando se dispongan elementos ajenos al drenaje dentro de la cuneta de mediana, tales como pilas de pasos superiores, postes de barreras de seguridad, báculos de alumbrado, apoyos de pórticos de señalización u otros, debe garantizarse el cumplimiento de lo especificado en los epígrafes 3.2.3.2 y 3.2.3.3 respecto a la continuidad y capacidad hidráulica de la cuneta, para lo que puede ser necesario adaptar la sección transversal (véase figura 3.11).

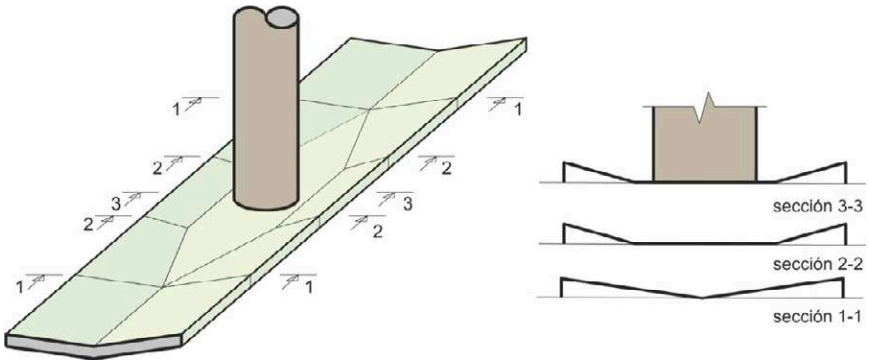


FIGURA 3.11 EJEMPLO DE VARIACIÓN DE SECCIÓN DE CUNETA DE MEDIANA CON PILA DE UN PASO SUPERIOR

En los pasos de mediana se puede proceder al desagüe de la cuneta antes de llegar al paso, o bien resolver la continuidad del drenaje mediante colectores longitudinales al trazado, bajo el paso. Para tratar de evitar infiltración y aterramientos, la mediana se revestirá completamente en las zonas de transición al paso (véase figura 3.12). Se debe estudiar el recorrido teórico de la escorrentía sobre el paso de mediana para proyectarlo de forma que se evite el vertido de agua de una calzada a la otra y, en la medida de lo posible, el de la escorrentía del propio paso, en las calzadas.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

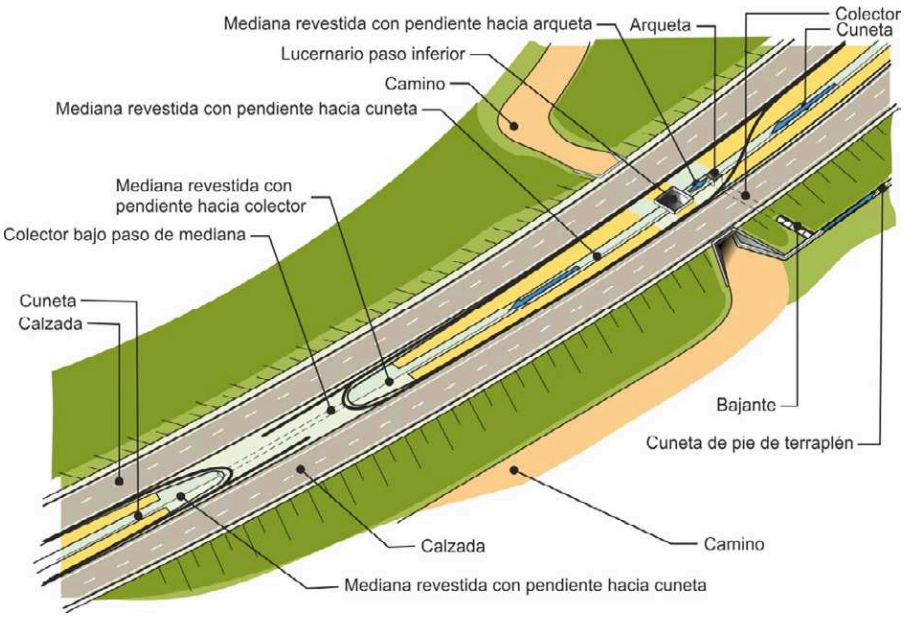


FIGURA 3.12 EJEMPLO DE RED DE DRENAJE EN MEDIANA AMPLIA

La cuneta se debe desaguar siempre aguas arriba de los estribos de las estructuras, a una distancia del estribo que permita situar el colector de desagüe fuera de la cuña de transición o macizo de suelo reforzado. La mediana se debe revestir completamente al menos desde el desagüe hasta el estribo, con pendientes dirigidas hacia el desagüe (véase figura 3.13).

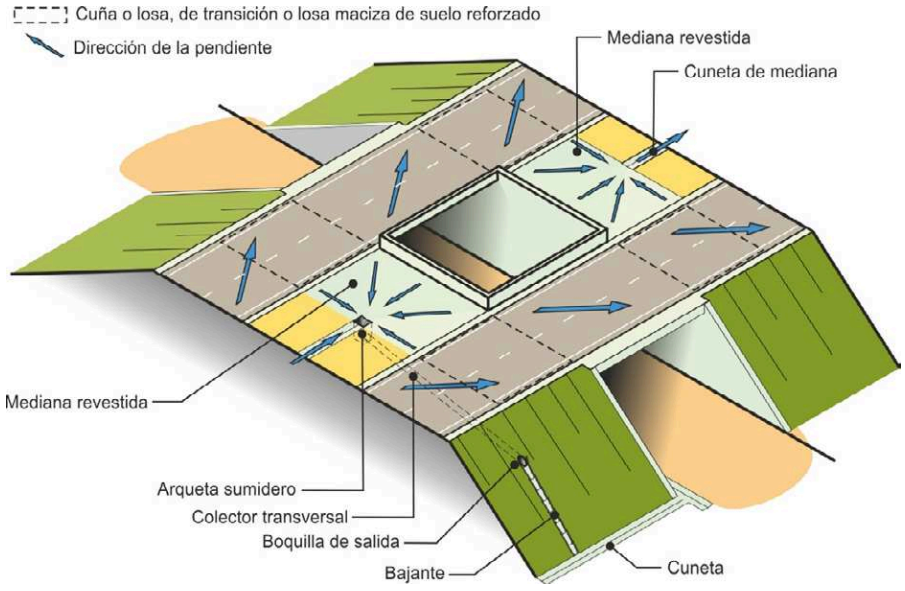


FIGURA 3.13 REVESTIMIENTO DE LA MEDIANA JUNTO AL ESTRIBO DE UNA ESTRUCTURA

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.3.2.3 Mediana estricta

Cuando la anchura de la mediana no permita la inserción de la cuneta revestida definida con carácter general, se debe proceder a su revestimiento (pavimentación u hormigonado), captando y conduciendo la escorrentía mediante caces ubicados fuera de las zonas destinadas a la rodadura (figura 3.14).

El desagüe se producirá a través de sumideros conectados a colectores transversales o longitudinales, de acuerdo con el criterio general expuesto en los epígrafes precedentes (figura 3.15).

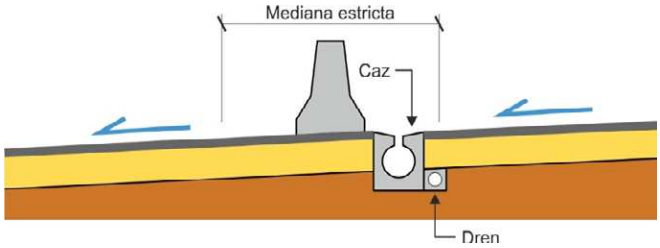


FIGURA 3.14 CAZ TIPO SUMIDERO CONTINUO EN MEDIANA ESTRICTA

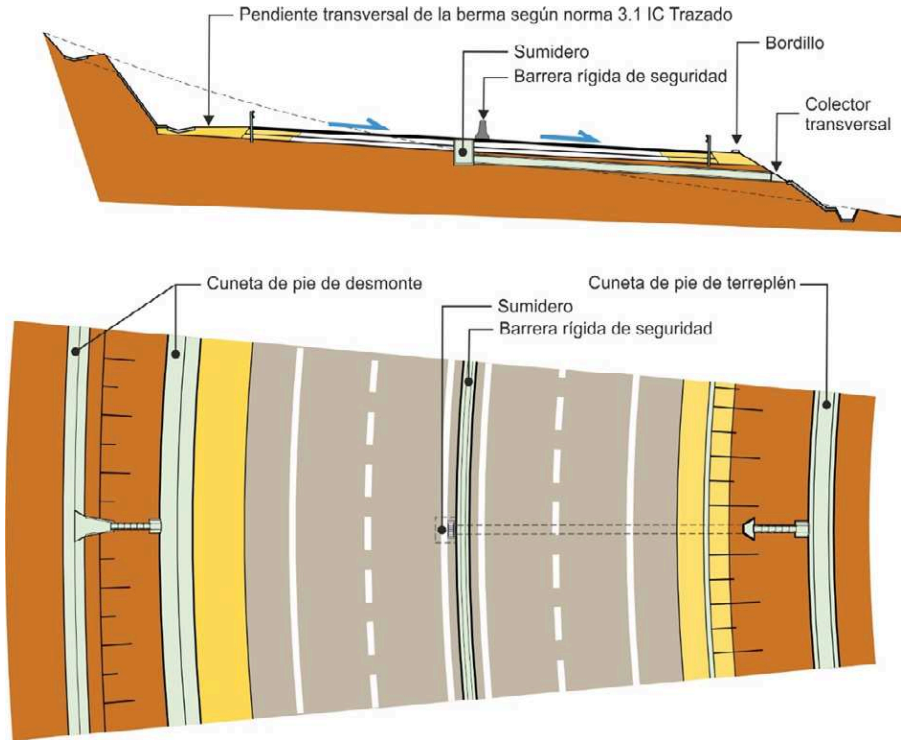


FIGURA 3.15 SUMIDERO CON DESAGÜE A COLECTOR TRANSVERSAL

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.3.3 Desmontes

3.3.3.1 Consideraciones generales

En las márgenes en desmonte se deben disponer elementos de drenaje que permitan recoger y conducir su propia escorrentía, la de la plataforma adyacente y los terrenos colindantes que viertan hacia ellas, así como las aguas recogidas por los elementos de drenaje subterráneo (figura 3.16).

La disposición de elementos y sistemas de drenaje al pie de los desmontes debe resultar acorde con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos.

El drenaje de los desmontes, que se debe analizar en consonancia con el estudio geotécnico del proyecto, comprende la disposición de:

- Cunetas de pie de desmonte
- Cunetas de coronación
- Cunetas en bermas intermedias
- Bajantes
- Otros elementos relacionados con el drenaje de estabilización

3.3.3.2 Borde de la plataforma: pie de desmonte

El criterio general, cuando no existan otros condicionantes, será disponer una cuneta revestida (calculada según se especifica en el apartado 3.4) con taludes iguales o más tendidos que los que resultan de la aplicación del diagrama de la figura 3.17. Cuando la franja comprendida entre el borde interior de la cuneta y el exterior de la zona pavimentada no alcance un metro (1 m) de anchura, se debe revestir, salvo justificación del proyecto (véase figura 3.16).

Cuando se dispongan drenes californianos u otros elementos de drenaje de estabilización, talud arriba, estos deben desaguar a la cuneta de pie.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

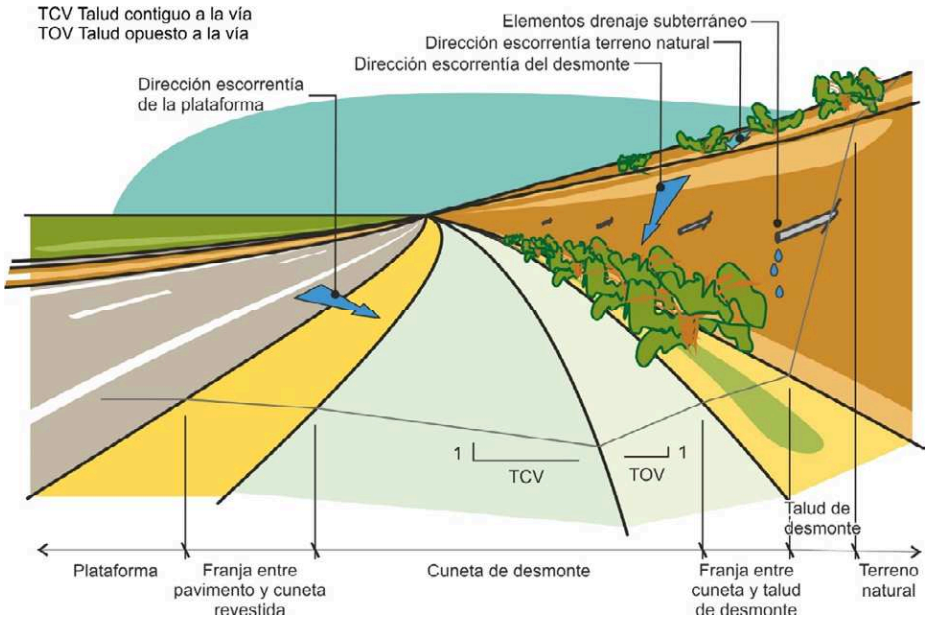


FIGURA 3.16 EJEMPLO DE CUNETA EN MARGEN DE DESMONTE

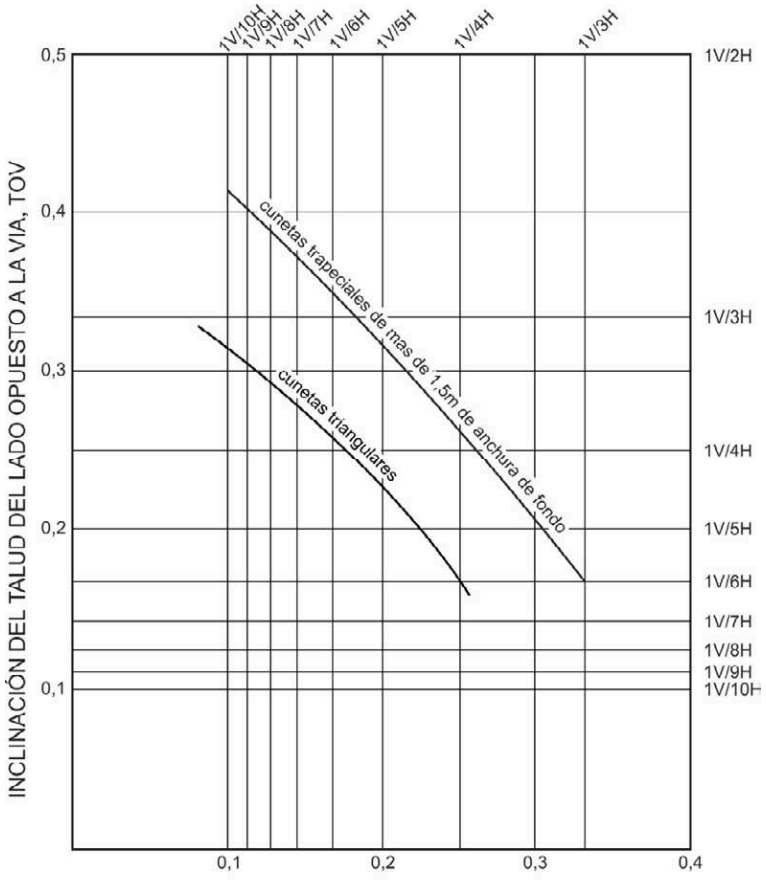


FIGURA 3.17 TALUDES DE CUNETAS EN MARGEN DE DESMONTE

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

En determinadas circunstancias, debidamente justificadas en el proyecto, las cunetas de pie definidas con carácter general pueden sustituirse por cunetas de sección diferente, caces u otros elementos con función análoga (apartado 3.4).

Cuando se empleen cunetones como protección de la calzada contra caída de rocas estos actuarán simultáneamente como cunetas de pie, debiendo definirse su geometría atendiendo a criterios geotécnicos e hidráulicos. En particular su revestimiento con hormigón se debe decidir en función de las características litológicas del fondo de desmonte. Para que su funcionamiento como elemento de drenaje sea el adecuado, resulta imprescindible proceder a su limpieza frecuente y, en todo caso, cuando se produzca algún desprendimiento.

Cuando se proyecten mallas de guiado, sostenimiento u otros elementos de protección de la carretera contra desprendimientos, se debe disponer el espacio suficiente para permitir su limpieza, mantenimiento y conservación, normalmente entre la cuneta de pie y la arista de pie de talud.

El desagüe de la cuneta de pie de desmonte se producirá a:

- Cuneta de pie de terraplén (véase ejemplo en la figura 3.1).
- Obra de drenaje transversal (véase ejemplo en la figura 3.1).
- Colectores longitudinales al trazado.
- Colectores transversales al trazado (véanse ejemplos en las figuras 3.1 y 3.9).

Las arquetas que se proyecten para conectar con colectores deben mantener la sección transversal de la cuneta, mediante rejas u otros elementos rebasables que permitan la entrada del caudal de proyecto.

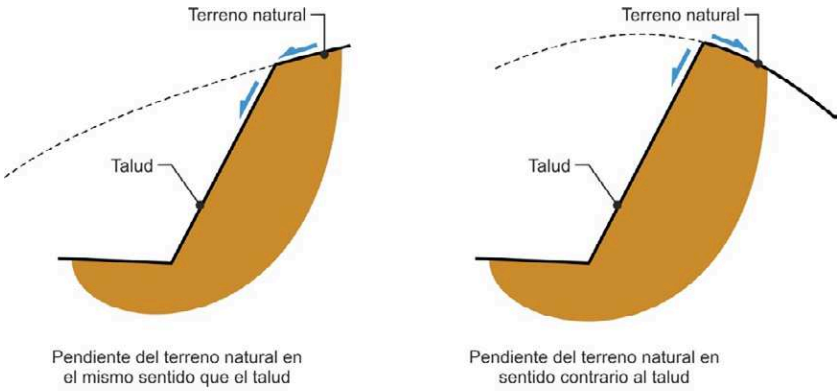


FIGURA 3.18 PENDIENTE DEL TERRENO NATURAL Y DEL TALUD

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.3.3.3 Cuneta de coronación

El criterio general será disponer en la coronación del desmonte una cuneta revestida (también llamada de guarda) que recoja la escorrentía que pueda recibir de los terrenos aledaños vertientes hacia el talud. La cuneta debe comprender todo el perímetro del desmonte.

Se puede justificar no disponer esta cuneta cuando se produzca alguno de los siguientes casos:

- Pendiente del terreno natural en sentido contrario al talud (figura 3.18).
- Tamaño muy reducido de la cuenca vertiente o escasa generación de escorrentía.
- Dimensiones reducidas del desmonte y características litológicas favorables.

La definición de la cuneta de coronación debe efectuarse atendiendo a criterios hidráulicos y geotécnicos, debiendo considerarse su incidencia en la estabilidad de la coronación del desmonte.

Siempre que sea posible, el borde de la cuneta de guarda más próximo a la carretera, distará entre uno y dos metros (1 - 2 m) del contorno del talud. Cuando se dispongan mallas de guiado u otros elementos de contención de desprendimientos, las barras de anclaje y demás elementos necesarios para su implantación, deben disponerse entre la cuneta de guarda y la arista que define el contorno del talud (figura 3.19).

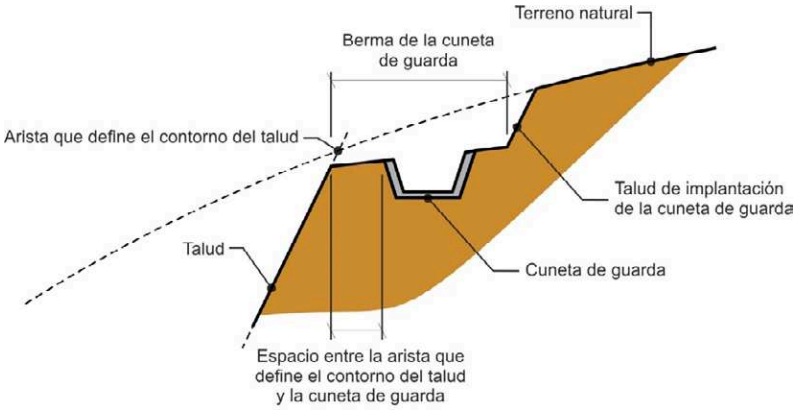


FIGURA 3.19 CUNETA DE GUARDA

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Con carácter general la cuneta de guarda se debe ejecutar antes que la excavación del desmonte. Asimismo, se debe proceder a su nivelación para evitar la presencia de puntos bajos intermedios; en caso de que se produzcan, se deben construir bajantes, o efectuar pequeñas correcciones geométricas de la cuneta, o incluso de la superficie del terreno en sus proximidades (figura 3.20).

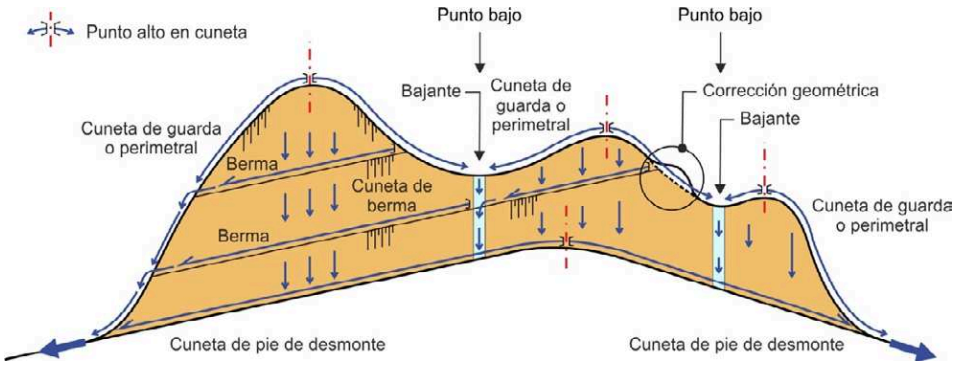


FIGURA.3.20 DRENAJE SUPERFICIAL EN BERMAS Y CORONACIÓN DE TALUDES EN ACUERDOS CONVEXOS

Las cunetas de guarda pueden presentar pendientes fuertes, lo que da lugar a velocidades altas. Por ello se debe estudiar la necesidad de disponer medios de disipación de energía, bien con irregularidades o cantos en el fondo, interposición de saltos u otros procedimientos. En el punto de desagüe puede ser necesaria la disposición de algún elemento de disipación de energía.

El desagüe de la cuneta de coronación se puede proyectar a:

- La cuneta de pie de desmonte (véase ejemplo en la figura 3.1).
- La cuneta de pie de un relleno contiguo (véase ejemplo en la figura 3.1).
- Cauce o terreno natural.
- Una obra de drenaje transversal.
- Una bajante, cuando el desmonte se interseca con una vaguada (véase ejemplo en la figura 3.20).

3.3.3.4 Bermas intermedias en los taludes de desmonte

Cuando se dispongan bermas intermedias en los taludes de desmonte deben proyectarse de modo que se permita el acceso y su limpieza por los equipos de

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

conservación. Además dichas bermas deben tener una pendiente longitudinal que permita la evacuación de las aguas.

Con carácter general, las bermas intermedias deben presentar pendiente vertiente -según secciones normales al eje de la carretera- hacia su interior, igual o superior al cuatro por ciento ($i_{TB} \geq 4\%$) y disponer una cuneta revestida en las proximidades de la arista de intersección de los planos definidos por la propia berma y el talud. Dicha cuneta debe ejecutarse sin apertura de zanjas (véase figura 3.21).

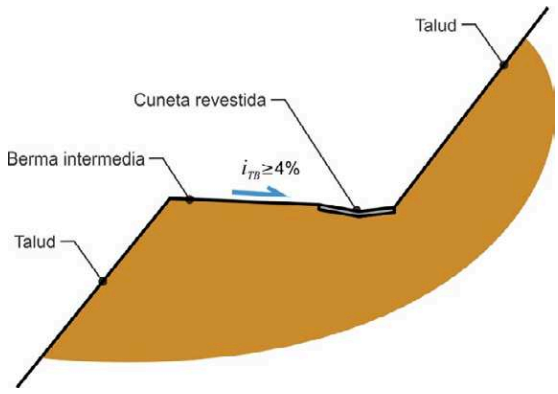


FIGURA 3.21 CUNETA DE BERMA INTERMEDIA EN TALUD DE DESMONTE

En general las cunetas de berma desaguan a la cuneta de coronación (perimetral del desmonte), para lo que se deben proyectar transiciones adecuadas desde el punto de vista hidráulico. En ningún caso se debe producir el caso inverso, es decir, que la cuneta de coronación desagüe a la de una berma intermedia.

Se deben tratar de evitar los puntos bajos intermedios en las bermas. Cuando se produzca alguno ha de proyectarse una bajante.

Cuando se dispongan elementos de drenaje de estabilización de taludes en desmonte (como drenes californianos o contrafuertes drenantes), talud arriba de la berma, éstos deben desaguar a la cuneta de berma.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

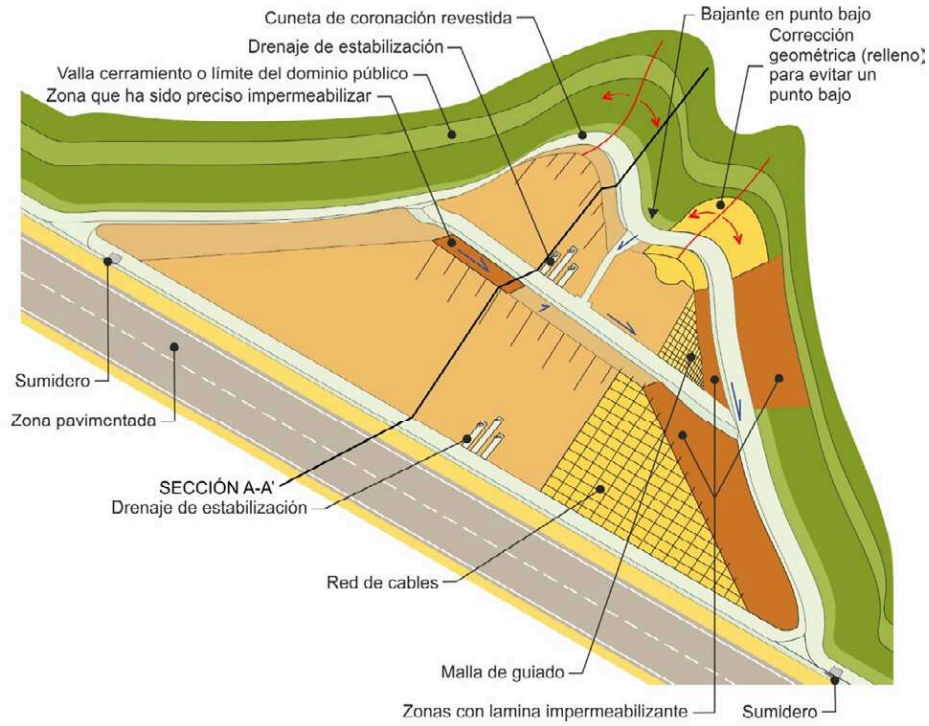


FIGURA 3.22. EJEMPLO DE DISPOSICIÓN DE DRENAJE SUPERFICIAL EN BERMAS Y CORONACIÓN DE TALUDES

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.3.4 Rellenos

3.3.4.1 Consideraciones generales

En las márgenes en relleno se deben disponer elementos de drenaje que permitan recoger la escorrentía de la plataforma y conducirla evitando su circulación por los espaldones (véase figura 3.23).

La disposición de elementos de drenaje en el borde de la plataforma debe resultar acorde con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos.

El drenaje de las márgenes en relleno, comprende la disposición de:

- Caz de coronación
- Bajantes
- Cuneta de pie de relleno

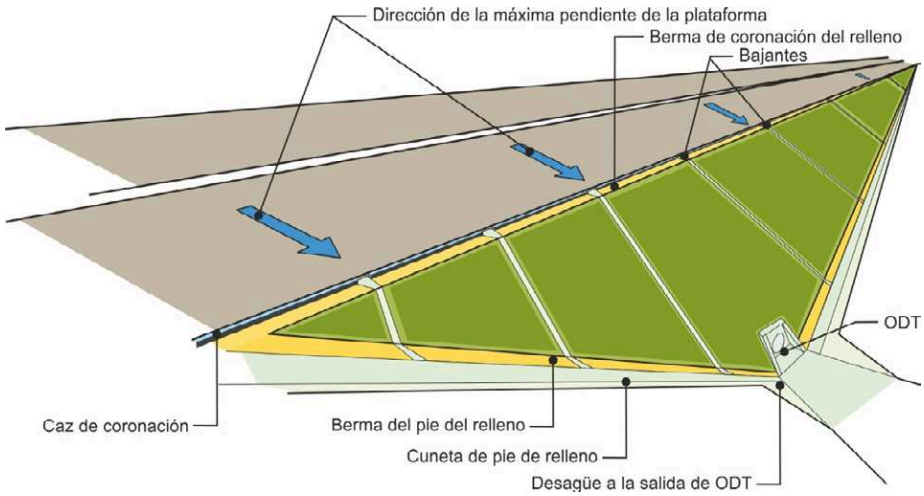


FIGURA. 3.23.- DRENAJE DE RELLENOS

La ejecución de elementos de drenaje que discurran por materiales sensibles al agua, o bien en rellenos en los que se prevea la existencia de asientos postconstructivos importantes, requiere la adopción de medidas especiales en el proyecto, tales como refuerzo o encamisado de colectores y disposición de láminas impermeabilizantes bajo la solera de las bajantes.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.3.4.2 Borde de la plataforma: coronación del relleno

El criterio general será disponer un caz de coronación limitado por un bordillo, definido según se especifica en el epígrafe 3.4.1. El bordillo debe colocarse lo más alejado que resulte posible del borde de la capa de rodadura, teniendo en cuenta que el fondo del caz debe estar revestido o pavimentado (véase figura 3.24).

En determinadas circunstancias, debidamente justificadas en el proyecto, los caces de coronación definidos con carácter general pueden sustituirse por otros tipos de cunetas o caces con función análoga.

En las transiciones de peralte, el caz de coronación debe prolongarse por la zona en que teóricamente deja de ser necesario por anularse o haber cambiado de signo, un mínimo de veinte metros (20 m).

El desagüe de la coronación se producirá a:

- Bajantes ubicadas sobre los espaldones, dispuestas:
  - En los puntos bajos.
  - En las zonas de cambio de peralte, peralte nulo (sin bombeo), u otros en que se pueda suponer una acumulación de agua en superficie.
  - A intervalos, generalmente regulares, a definir en el proyecto. La separación debe calcularse teniendo en cuenta el caz, la embocadura y el cuerpo de la bajante; la separación vendrá dada por el elemento que antes se agote.
- En algunos casos, a sumideros conectados a colectores.

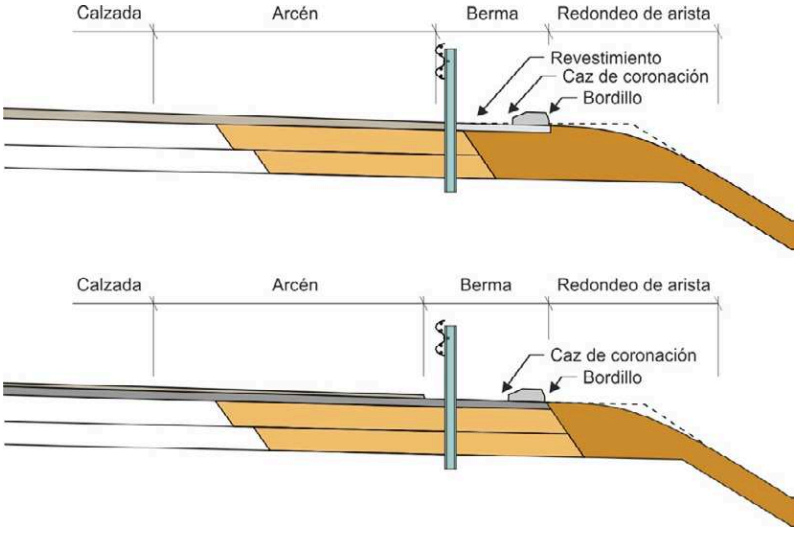


FIGURA. 3.24.- EJEMPLOS DE CAZ DE CORONACIÓN

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.3.4.3 Pie del relleno

El criterio general será disponer al pie del relleno una cuneta revestida que recoja la escorrentía proveniente de:

- Las bajantes que desaguan el caz de coronación
- Colectores transversales
- El espaldón del relleno
- Los terrenos aledaños vertientes hacia ella
- La de otras cunetas a las que dé continuidad

Se puede justificar no disponer esta cuneta cuando se presente alguno de los siguientes casos:

- Tamaño muy reducido de la cuenca vertiente o escasa generación de escorrentía.
- Dimensiones reducidas del relleno y características litológicas del terreno natural favorables.

En ningún caso puede suprimirse la cuneta de pie cuando se hayan empleado materiales marginales para la ejecución del relleno, o este tipo de materiales se encuentren en el terreno natural.

3.3.4.4 Rellenos apoyados en laderas

Los rellenos apoyados en laderas presentan una serie de características que, aparte de la preparación de la superficie del apoyo del relleno mediante escalonamiento y los tratamientos geotécnicos que sean necesarios, y de la captación de surgencias en esta superficie de acuerdo con la normativa sobre drenaje subterráneo, hacen que la definición del drenaje superficial resulte especialmente relevante, fundamentalmente en lo relacionado con la margen de aguas arriba.

La cuneta de pie de relleno en dicha margen recibe caudales tanto del espaldón del relleno como de la ladera. La escorrentía del lado de la ladera puede proceder tanto de taludes excavados como de superficies naturales, que pueden incluir algún fondo de vaguada. Esta cuneta debe:

- Tener una pendiente longitudinal mínima del dos por ciento (2%).
- Estar revestida.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- Dimensionarse para que el caudal no alcance el espaldón del relleno, tanto en tramos rectos como en cambios de dirección y confluencias.
- Desaguar lo antes que sea posible y resulte razonable a la margen situada aguas abajo mediante un colector o a una ODT.

Cuando en la ladera exista una vaguada de tal entidad que permita la identificación de un cauce natural, en general se debe proyectar una ODT según los criterios del capítulo 4.

El equilibrio global de los rellenos apoyados sobre laderas (véase epígrafe 4.5) depende en gran medida de la eficacia de los sistemas de drenaje proyectados y de su adecuada conservación (véase la figura 3.25).

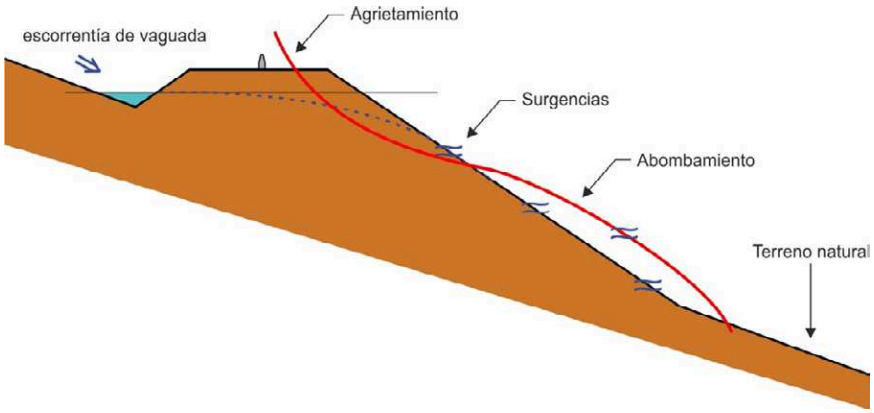


FIGURA. 3.25.- EJEMPLO DE RELLENO APOYADO EN UNA LADERA CON PATOLOGÍA, ASOCIADA A FORMACIÓN DE UNA LÍNEA DE SATURACIÓN DEBIDA A DEFICIENCIAS DE DRENAJE

3.3.5 Estructuras y túneles

3.3.5.1 Consideraciones generales

El proyecto de las estructuras y de los túneles debe incluir los elementos de impermeabilización, drenaje y protección frente a la acción del agua que contribuyan a su durabilidad, su funcionalidad y al cumplimiento de las hipótesis de cálculo durante su vida útil. En particular, se deben disponer elementos de:

– Impermeabilización, que eviten la entrada de agua a elementos estructurales a través de superficies que vayan a permanecer prolongadamente en contacto con agua, como caras superiores de tableros o paramentos de trasdoses de muros.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- Drenaje, que permitan:
  - Evitar que lleguen a las estructuras y túneles, caudales de plataforma y márgenes externos a ellas mismas, siempre que sea posible.
  - Recoger, conducir y desaguar los caudales provenientes de escorrentía, vertidos accidentales y de filtraciones.
  - Proteger la propia estructura de la acción del agua, de forma que se evite la formación de humedades y otras acumulaciones de agua.

- Protección, como encachados en los taludes de estribos de pasos superiores o escolleras en cimentaciones en cauces.

Todos los elementos estructurales formados por secciones cerradas o con huecos en su interior deben disponer de orificios bota – aguas, purgas u otros dispositivos que permitan la salida del agua en la posición que presenten durante su vida útil.

3.3.5.2 Pasos superiores, puentes y viaductos

a) Tablero

La escorrentía del tablero se debe dirigir fuera de la calzada mediante una adecuada disposición de las pendientes de la superficie pavimentada, recogiéndola mediante caces con vertido a sumideros o imbornales dispuestos de forma que se cumplan las condiciones de resguardo de la calzada (epígrafe 3.2.2).

Los sumideros o imbornales constan de un elemento de captación y un tubo. Los sumideros vierten a un colector o canaleta, mientras que los imbornales vierten al exterior de la estructura. El elemento de captación consta de una cazoleta y una rejilla; tanto la cazoleta como el tubo, se deben sellar para evitar la entrada de agua al elemento estructural.

El tubo de los imbornales es recto y se debe prolongar una distancia suficiente fuera de la estructura (gárgola) para evitar que el viento lleve el agua hasta los paramentos de la estructura. La terminación del tubo debe ser en chaflán para dirigir los goteos hacia el exterior de la estructura.

En el caso de que se prevea el desagüe de los imbornales a la zona de dominio público hidráulico o la zona de policía de cauces, en el proyecto se debe estudiar

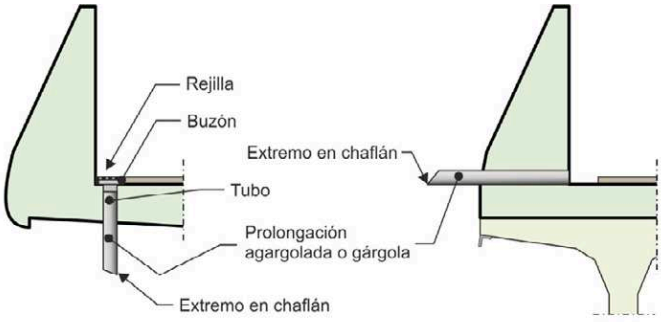
cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

la posibilidad de ejecutar pequeños rebajes del terreno, irregulares y poco profundos para recibir la caída de aguas de los imbornales.

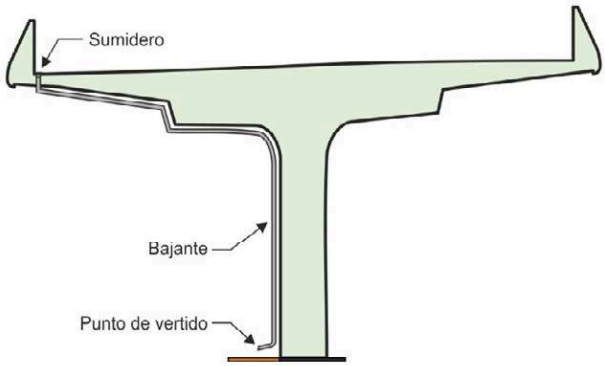
El desagüe de los sumideros se proyectará mediante (véase figura 3.26):

- Bajante de tubería adosada a una pila o estribo. En el desagüe de la bajante se debe estudiar la evacuación del vertido para evitar encharcamientos, infiltraciones y erosiones.
- Conexión a un colector longitudinal adosado al tablero con desagüe a la red de drenaje de plataforma y márgenes en uno de los estribos. Si el colector se ubica en el interior de una viga cajón, debe ser visitable y disponer de bota - aguas para permitir el desagüe en caso de rotura accidental o fugas de agua en el colector (véase figura 3.27). La conexión entre el colector del tablero y el elemento que le da continuidad en el estribo, debe proyectarse de forma que sea capaz de absorber sin daños los movimientos relativos entre tablero y estribo (véanse ejemplos en figura 3.28).

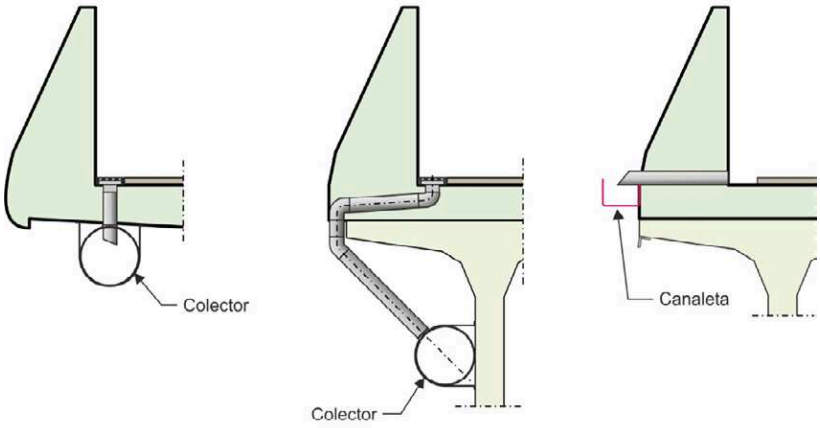
cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es



Ejemplos de imbornales para desagüe por vertido libre



Ejemplo de desagüe con bajante



Ejemplo de desagüe a colector o canaleta

FIGURA 3.26 EJEMPLOS DE IMBORNALES Y SUMIDEROS

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

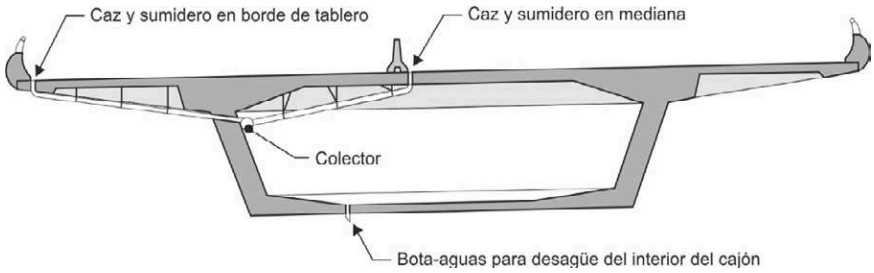


FIGURA 3.27 EJEMPLO DE COLECTOR EN EL INTERIOR DE UNA VIGA CAJÓN

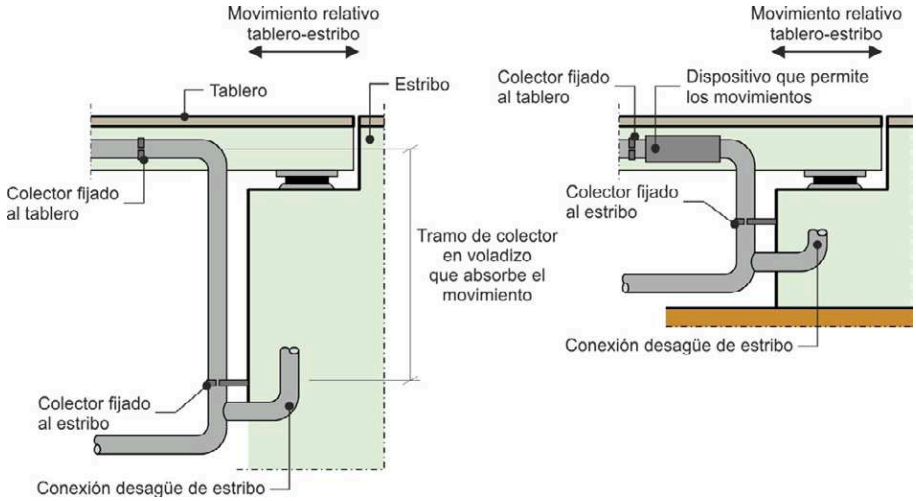


FIGURA 3.28 EJEMPLO DE CONEXIÓN DE COLECTORES EN ESTRIBOS

Cuando existan juntas de dilatación se deben disponer sumideros o imbornales para recoger el agua conducida por los caces, antes de que alcance cada una de las juntas. Si las juntas no son estancas se deben disponer canalones para recoger el flujo difuso de la plataforma (véanse ejemplos en figura 3.29).

En las zonas de goteo y flujo difuso de agua es conveniente la impermeabilización de los paramentos y la disposición de vierteaguas. En los bordes del tablero se deben disponer vierteaguas o goterones para evitar la formación de humedades (véanse ejemplos en figura 3.30).

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

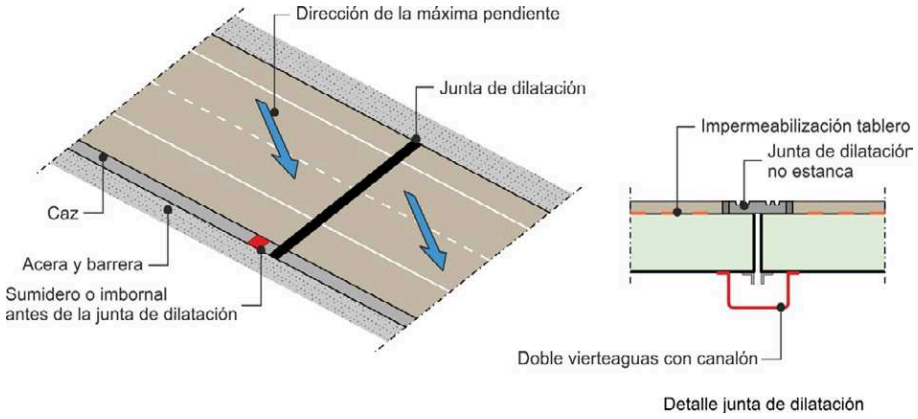


FIGURA 3.29 EJEMPLO DE DRENAJE DE UNA JUNTA DE DILATACIÓN

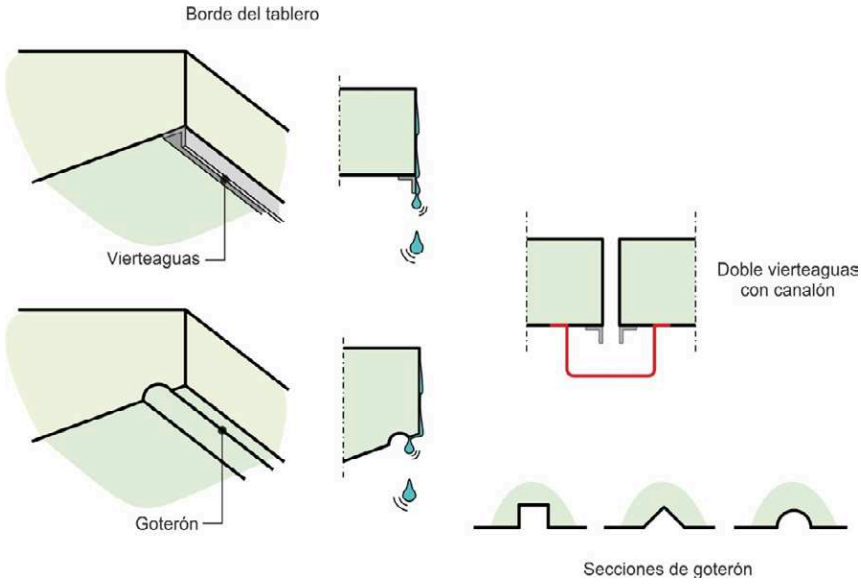


FIGURA 3.30 EJEMPLOS DE VIERTEAGUAS Y GOTERONES

b) Estribos

En el caso de que la pendiente longitudinal de la plataforma sea descendente hacia la estructura se debe tratar de evacuar los caudales de las cunetas y caces antes de que alcancen la estructura.

En los estribos se deben proyectar bajantes para conducir a su pie los caudales que lleguen a ellos. Siempre que sea posible las cunetas y caces de la plataforma se conectarán directamente a las bajantes de los estribos. En el caso de calzadas separadas, puede ser preciso disponer arquetas y colectores.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Cuando sea necesario tratar vertidos accidentales se deben reunir todas las canalizaciones y conducciones en un único colector que desagüe al elemento de retención o tratamiento.

Cualquier talud o superficie de rellenos o terreno que haya en la zona del estribo, comprendida entre sus bajantes, la cuneta de pie y la estructura que lo constituye, debe revestirse con encachado, hormigón o elementos prefabricados (véase figura 3.31).

Cuando el estribo incluya muros, estos deben estar provistos de un drenaje específico, según lo indicado en el epígrafe 3.3.5.4.

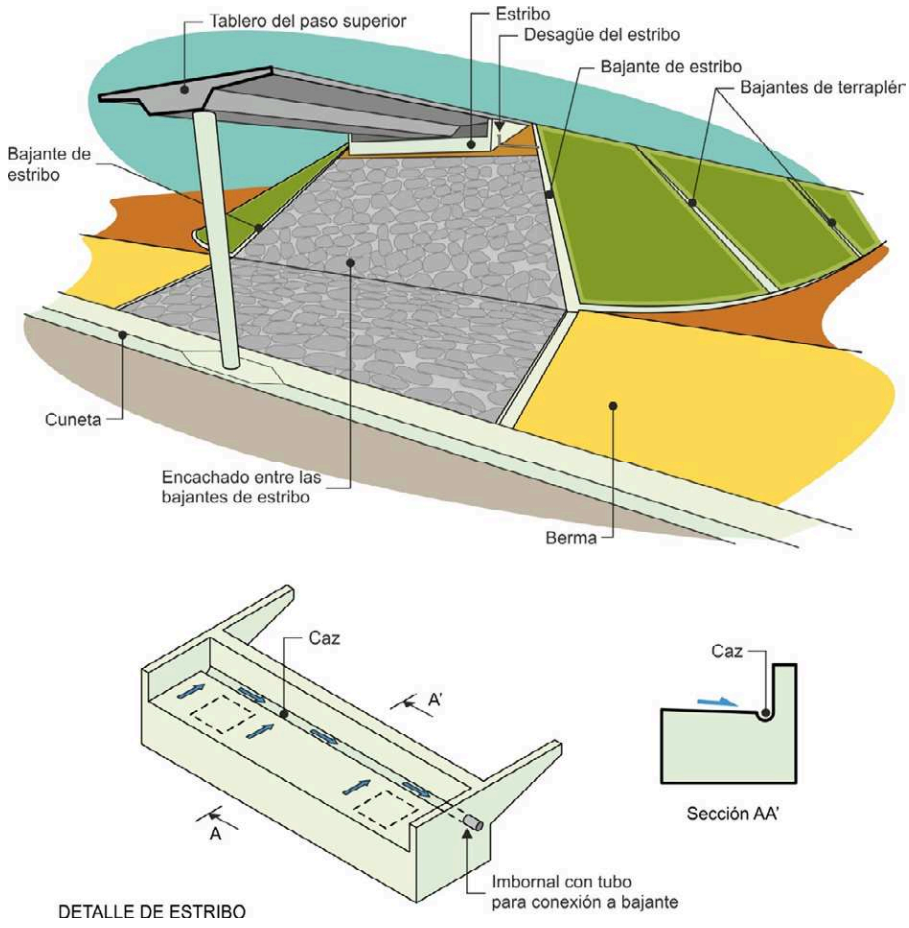


FIGURA 3.31 EJEMPLO DE DRENAJE DE ESTRIBOS

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.3.5.3 Pasos inferiores

El drenaje de la plataforma y márgenes de la calzada inferior (la que discurre por el interior del paso) se proyectará de acuerdo con los siguientes criterios según se trate de:

- Una carretera pavimentada, diferente de las enunciadas en el punto siguiente: Se deben cumplir los criterios de funcionalidad del sistema de drenaje de plataforma y márgenes, referidos en los epígrafes 3.2.2 y 3.2.3.
- Un ramal, vía de servicio o camino: En el proyecto se puede justificar la adopción de criterios de funcionalidad diferentes de los del punto anterior.
- Otro tipo de infraestructuras: Los criterios de proyecto se deben definir atendiendo a sus particularidades.

En el interior del paso:

- Las superficies pavimentadas se deben proyectar con una disposición de las pendientes adecuada para dirigir a los bordes de la plataforma la escorrentía que llegue directamente o que entre al paso por flujo difuso, así como los posibles vertidos accidentales.
- Se deben disponer elementos de drenaje que den continuidad a las redes de drenaje del exterior y recojan la escorrentía.
- Se deben definir con detalle suficiente las conexiones de los elementos de drenaje interiores y exteriores al paso inferior para asegurar que tengan un funcionamiento hidráulico correcto.

Dependiendo del perfil longitudinal del paso inferior (véase figura 3.32) se pueden producir los siguientes casos:

- Pendiente monótona: Se dará continuidad a los elementos de drenaje de plataforma y márgenes de la infraestructura que atraviesa bajo el paso, con elementos dispuestos en su interior, de sección y dimensiones adaptadas a las disponibilidades de espacio y con capacidad hidráulica suficiente.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- Cambio de sentido de pendiente con acuerdo convexo (punto alto) en el interior del paso inferior: Los elementos de drenaje del paso inferior desaguarán en ambos sentidos a las redes de drenaje exteriores.
- Cambio de sentido de pendiente con acuerdo cóncavo (punto bajo) en el interior del paso inferior: El desagüe se proyectará por gravedad siempre que sea posible a un colector que parta de una arqueta que recoja todos los caudales del paso. Cuando no sea posible el desagüe por gravedad se debe disponer una estación de bombeo en el punto bajo, con una conducción de impulsión hasta donde sea posible desaguar al exterior (véase epígrafe 3.4.12).

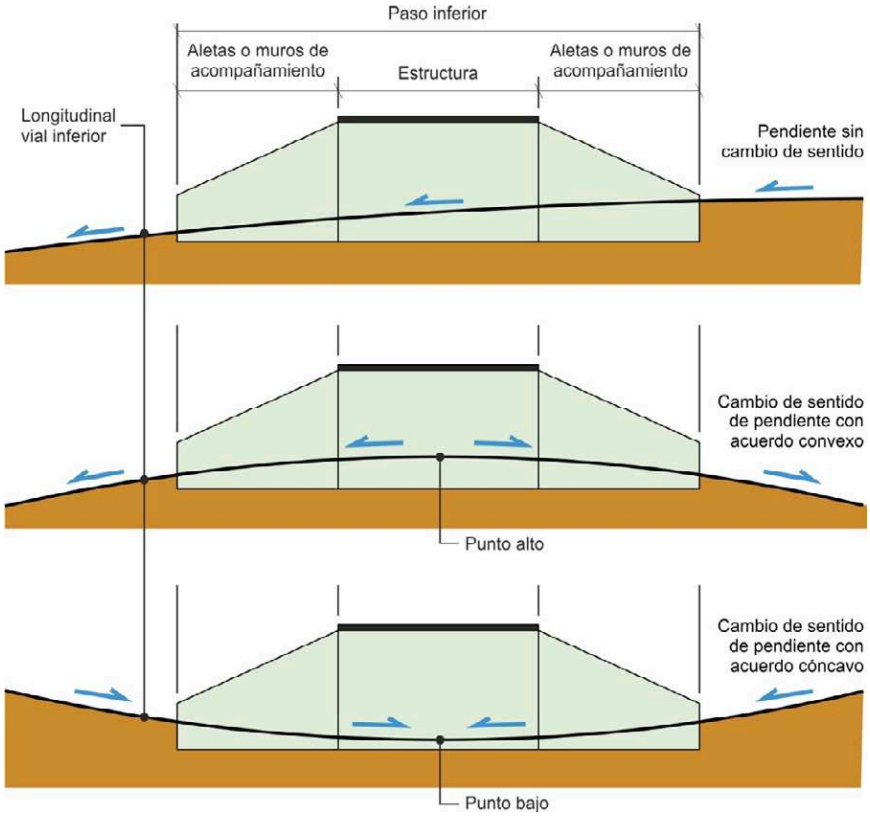


FIGURA 3.32 CASOS DE PERFIL LONGITUDINAL EN UN PASO INFERIOR

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.3.5.4 Muros

El drenaje de los muros está íntimamente relacionado con su propia estabilidad y debe definirse de acuerdo con su tipología estructural. El proyecto del muro debe incluir los elementos de impermeabilización y drenaje que garanticen el cumplimiento de las hipótesis de cálculo durante su vida útil.

Estos elementos de drenaje se deben integrar en las redes de drenaje de plataforma y márgenes atendiendo a su posición respecto de la carretera, distinguiendo entre muros de contención de desmontes, de sostenimiento de rellenos, y muros ubicados entre calzadas o estribos de estructuras (véase figura 3.33).

- Muros de contención de desmontes: El muro debe contar con una cuneta revestida de pie, que puede coincidir con la de borde de plataforma (epígrafe 3.3.3.2).
- Muros de sostenimiento de rellenos: El muro debe contar con una cuneta revestida o un caz en coronación que puede coincidir con el de borde de plataforma (epígrafe 3.3.4.2). En el proyecto se debe garantizar la impermeabilidad de la coronación para evitar la entrada de caudales del drenaje superficial al trasdós del muro. El muro debe contar con una cuneta de pie revestida.
- Muros ubicados entre calzadas: Este tipo de muros ejerce la función de contención respecto a una de las calzadas y de sostenimiento respecto de la otra. En el proyecto se debe efectuar un estudio específico sobre las condiciones de drenaje que tenga en cuenta lo especificado en el epígrafe 3.3.2.2, cuando se encuentren en una mediana.
- Estribos de estructuras: Con carácter general se deben proyectar según lo especificado en el epígrafe 3.3.5.2.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

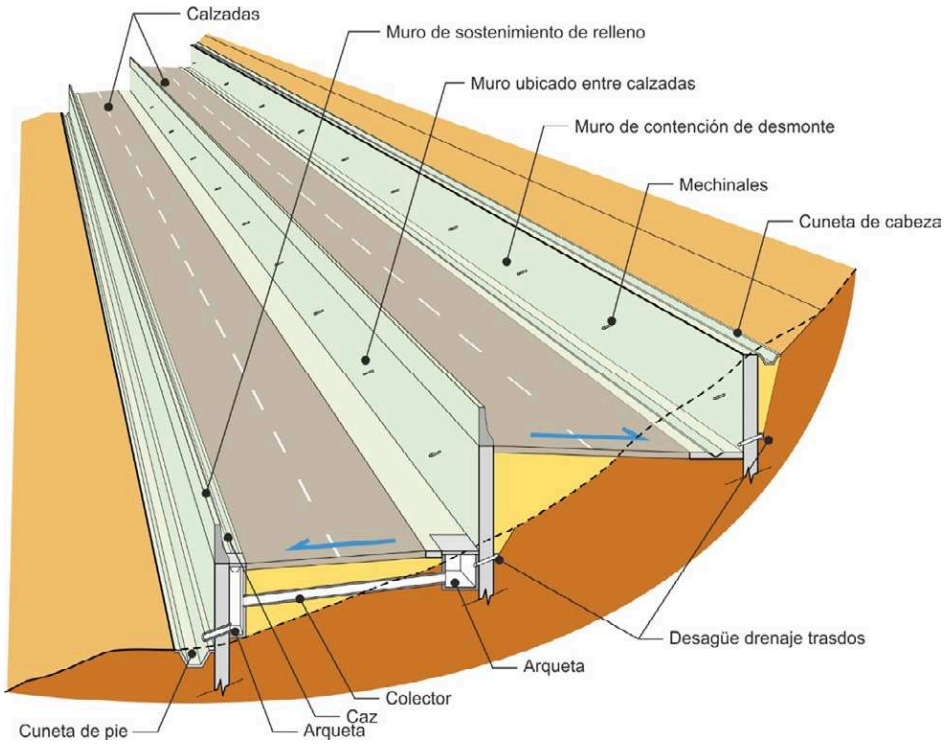


FIGURA 3.33 ELEMENTOS DE DRENAJE Y TIPOS DE MUROS ATENDIENDO A SU POSICIÓN RESPECTO A LA CARRETERA

3.3.5.5 Túneles y otras estructuras enterradas

Este apartado se refiere al drenaje tanto de los túneles excavados como de los falsos túneles ejecutados al aire libre que son cubiertos a posteriori, o de los realizados mediante pantallas continuas de hormigón armado o pantallas de pilotes. Cuando se sucedan, sin solución de continuidad, un túnel propiamente dicho con un falso túnel (o una de las estructuras descritas en este mismo epígrafe), el proyecto debe estudiar de manera expresa el drenaje de la transición entre ambos.

La definición geométrica del trazado del túnel se debe efectuar de conformidad con lo especificado en la norma 3.1 - IC Trazado. Deben tenerse en cuenta los condicionantes relativos al drenaje tales como pendientes longitudinales, pendientes de la sección transversal, acuerdos o puntos bajos.

En los túneles se deben disponer elementos de drenaje que permitan recoger los caudales procedentes de filtraciones, vertidos accidentales, limpieza y mantenimiento así como la posible rotura de la red contraincendios, donde exista esta instalación.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Los elementos para la conducción de caudales de drenaje deben resultar accesibles a los equipos de limpieza y mantenimiento a través de arquetas y pozos de dimensiones suficientes, ubicados a distancias adecuadas para ello.

Antes de proceder al desagüe del drenaje del túnel se dispondrán los elementos previstos en la reglamentación sobre seguridad e instalaciones en túneles de carretera en relación con los vertidos accidentales.

Los caudales no debidos a vertidos accidentales se conducirán mediante colectores a su punto de vertido. En túneles sin desagüe por gravedad se deberán disponer estaciones de bombeo. La disposición de elementos de aforo de caudales a la salida del túnel puede resultar de gran utilidad para su explotación.

En el proyecto se debe definir el drenaje de los emboquilles tratando de evitar la introducción de caudales de escorrentía en el túnel. Debe disponerse al menos una cuneta de coronación que comprenda el perímetro del emboquille (véase epígrafe 3.3.3.3)

Por último, los túneles pueden modificar la piezometría del macizo en el que se enclavan: funcionamiento como dren natural en su interior, agotamiento de determinados niveles, etc. Estos fenómenos requieren su análisis en fase de proyecto como problemas de tipo geológico, geotécnico e hidrogeológico y no son objeto de esta norma.

3.4 Elementos de drenaje superficial de plataforma y márgenes

3.4.1 Caces

3.4.1.1 Definición y tipología

Un caz es un elemento lineal, superficial, cuya función es conducir el agua a modo de canal en lámina libre sobre superficies pavimentadas o revestidas, que puede construirse in situ o mediante piezas prefabricadas. Generalmente se sitúa al borde de la plataforma, es longitudinal al trazado y presenta poca profundidad (figura 3.34). La sección hidráulica se puede formar:

- Mediante un rebaje u hondonada en una franja de plataforma.
- Mediante la intersección entre dos superficies, normalmente el pavimento y el paramento de un bordillo o una barrera rígida.
- Mediante una pieza prefabricada comunicada con la superficie por un sumidero continuo.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

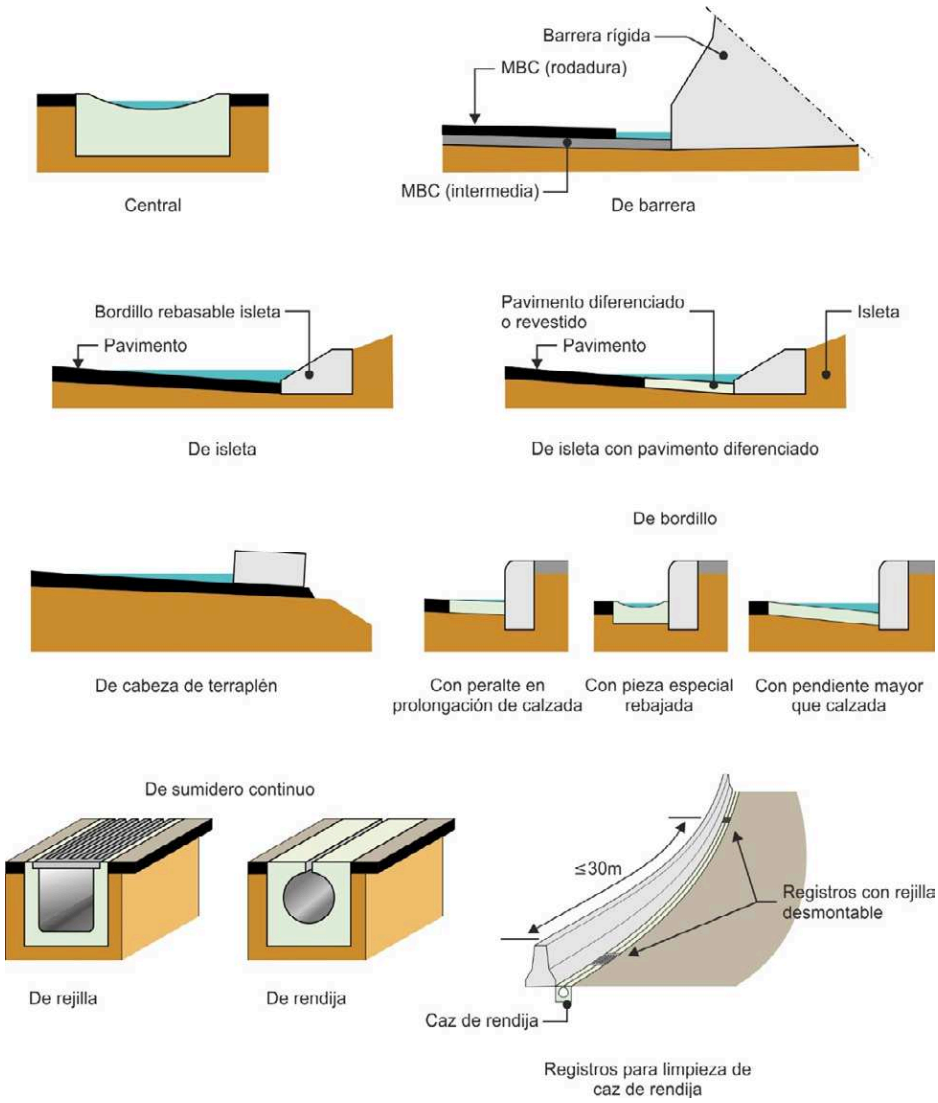


FIGURA 3.34 TIPOS DE CACES

3.4.1.2 Aplicación

Los caces ocupan poco espacio en la sección transversal por lo que son de aplicación frecuente en medianas reducidas, cabezas de terraplén y secciones en túneles y estructuras, con aceras o en entornos urbanos.

Su comprobación hidráulica se debe efectuar normalmente en régimen uniforme según lo especificado en el epígrafe 3.4.5.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Su capacidad hidráulica es reducida por lo que necesitan desaguar frecuentemente. Los caces deben desaguarse antes de los cambios de peralte para evitar que el agua cruce la calzada.

El desagüe de los caces se producirá a una bajante o a un colector a través de sumideros.

Los caces de sumidero continuo se deben proyectar teniendo en cuenta las necesidades de limpieza:

- En los de rejilla, éstas deben ser desmontables.
- En los de rendija es necesario disponer registros a menos de treinta metros (30 m) para proceder a su limpieza con rasquetas.

3.4.2 Cunetas

3.4.2.1 Definición y tipología

Una cuneta es un elemento lineal, superficial, en forma de zanja continua en el terreno, cuya función es conducir el agua a modo de canal en lámina libre. Generalmente es longitudinal al trazado y se sitúa al borde de la plataforma o de la explanación.

Las cunetas pueden estar revestidas o sin revestir. La forma de la sección transversal normalmente es triangular o trapecial. Además, las cunetas se pueden proyectar con forma de hondonada, suavizando los acuerdos entre taludes. (véase figura 3.35).

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

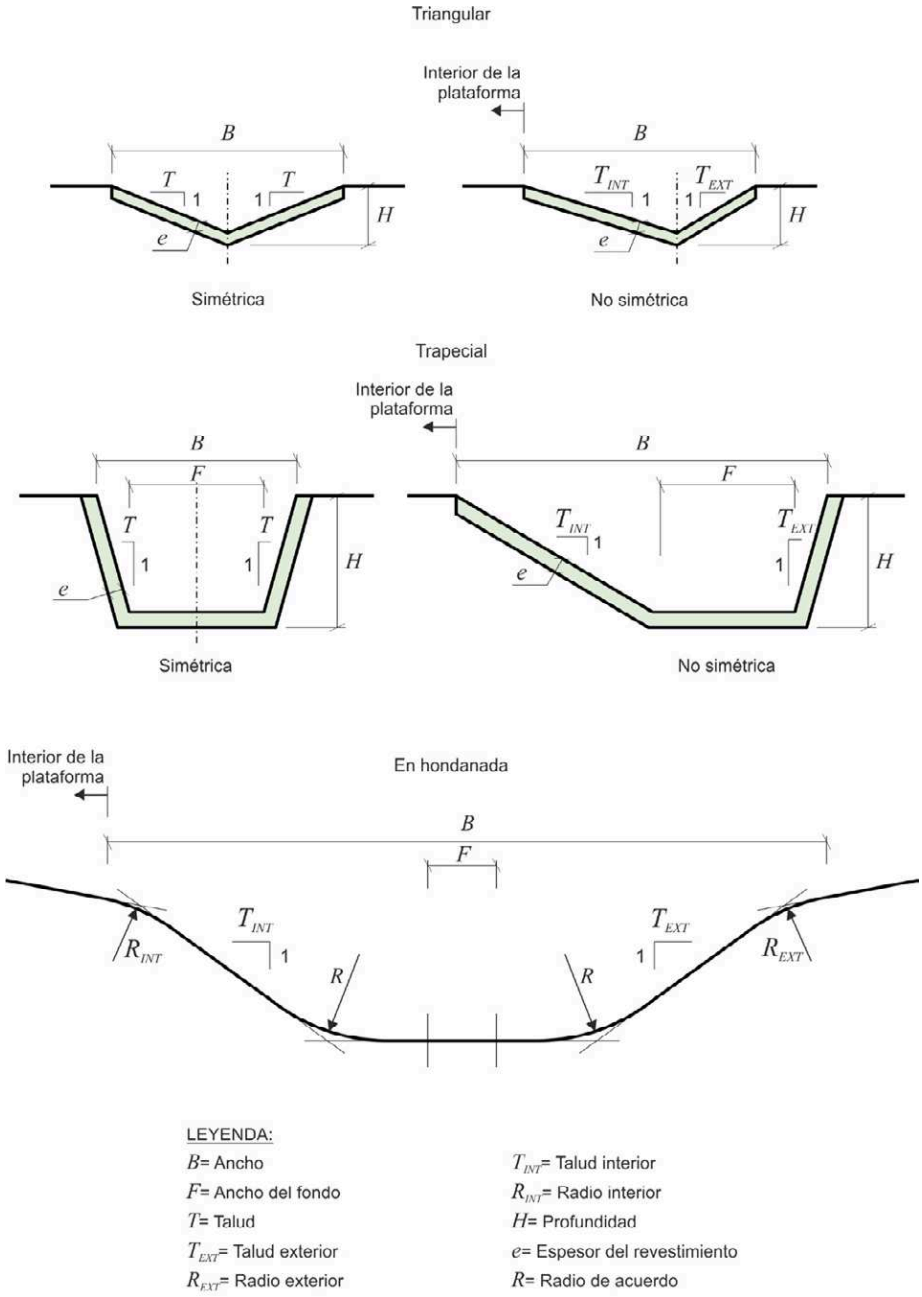


FIGURA 3.35 TIPOS DE CUNETAS

3.4.2.2 Aplicación

Salvo justificación en contrario las cunetas se proyectarán revestidas. En todo caso es necesario revestir:

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- Cuando la velocidad de agua supere la máxima admisible correspondiente a la naturaleza de la superficie sin revestir (tabla 3.2).
- Cuando su pendiente longitudinal sea superior al tres por ciento (i > 3%).
- Cuando su pendiente longitudinal sea inferior al uno por ciento (i < 1%).
- Donde se desee evitar infiltraciones: protección de acuíferos y casos indicados en normativa sobre drenaje subterráneo.

Se pueden proyectar cunetas rellenas de material drenante. El cálculo hidráulico de este tipo de cuneta se debe efectuar por métodos empíricos o aplicando modelos de flujo en medios porosos.

Se pueden proyectar cunetas no revestidas recubiertas con vegetación herbácea con sección transversal en hondonada, normalmente en zonas cuya precipitación media anual en los últimos treinta (30) años sea superior a seiscientos milímetros (600 mm), cuando la pendiente longitudinal sea inferior al cuatro por ciento (i < 4%).

Para pendientes mayores del siete por ciento (i > 7%) será preciso adoptar precauciones especiales contra la erosión, como disponer escalones para disipar la energía del agua, o aumentar la rugosidad con paramentos irregulares.

En los cambios de dirección en planta y puntos de confluencia de cunetas, se deben disponer sobreelevaciones de los cajeros u otras medidas para evitar desbordamientos.

Independientemente de la posición en la que se ubiquen, las cunetas triangulares deben tener un ángulo mínimo en el vértice de sesenta grados (60º).

La comprobación hidráulica de las cunetas se debe efectuar normalmente en régimen uniforme, según se especifica en el epígrafe 3.4.5. Las sobreelevaciones adoptadas en puntos de cambio de dirección y confluencias de cunetas deben justificarse por métodos empíricos o calcularse en régimen variable.

3.4.3 Bajantes

3.4.3.1 Definición y tipología

Una bajante es un elemento lineal, superficial, ubicado en las márgenes (taludes de desmonte o espaldones de rellenos), para conducción de caudales generalmente por líneas de máxima pendiente, en régimen rápido o con resaltos y cambios de régimen.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Consiste en un canal revestido que se alimenta en cabeza a través de un elemento puntual, desde cunetas, caces o directamente desde superficies vertientes, y que conduce estos caudales a niveles situados a cotas inferiores, donde puede ser preciso disponer un elemento amortiguador o disipador de energía.

Debido a las altas pendientes, en las bajantes se producen grandes velocidades por lo que deben estar revestidas en todos los casos.

En una bajante se pueden distinguir tres partes (véase figura 3.36):

- Cabeza o conexión con el elemento que desagua a la bajante: Se debe disponer por encima de la arista de coronación del talud. Debe tener forma abocinada para recoger el caudal que cambia de dirección y altura de cajeros suficiente para evitar desbordamientos.

  Debe tratar de evitarse la disposición de postes u otros obstáculos en esta zona.
- Cuerpo o canal de descarga: Debe estar situado en una línea de máxima pendiente y estar provisto de cajeros con resguardo suficiente para evitar desbordamientos. Puede requerir la disposición de elementos de disipación de energía.
- Pie o conexión con el elemento al que desagua la bajante: Se debe disponer por debajo de la arista de pie del talud o espaldón. Debe tener forma abocinada para favorecer una expansión del caudal que reduzca la altura de lámina de agua. Puede requerir elementos de disipación de energía y altura de cajeros suficiente para evitar desbordamientos.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

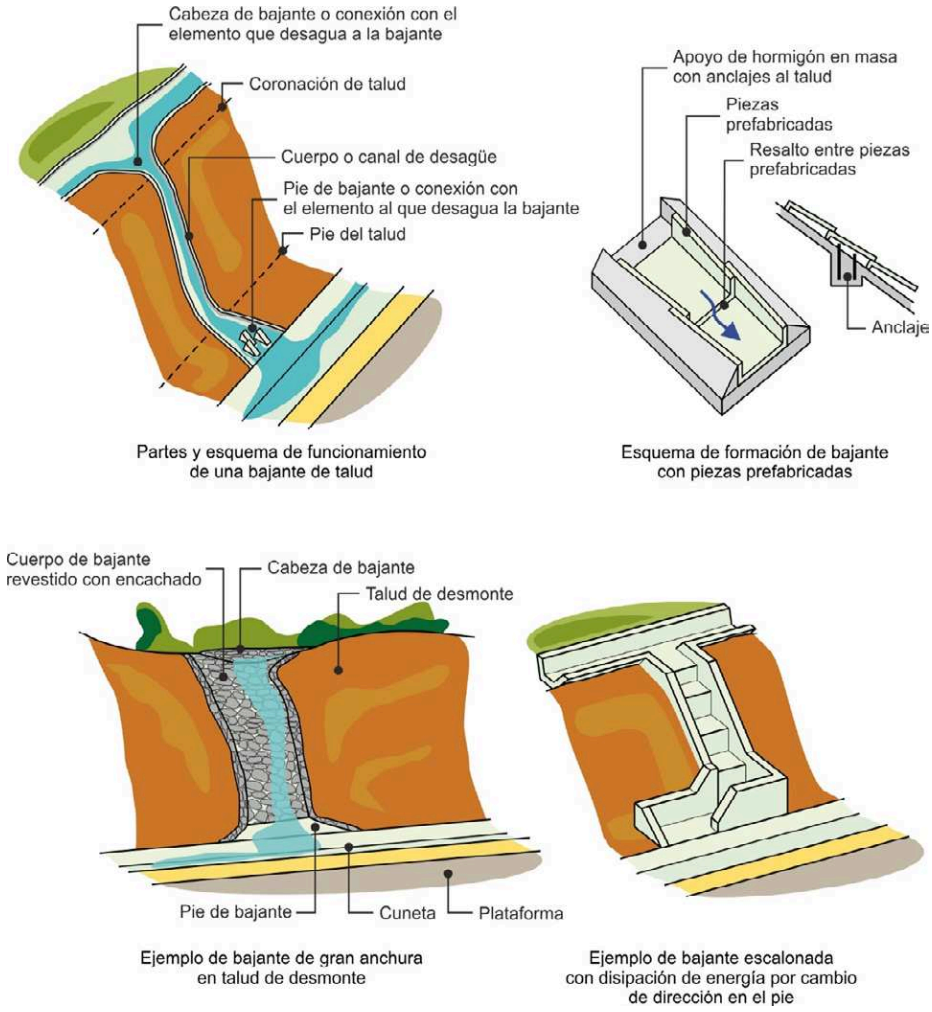


FIGURA 3.36.- ESQUEMA Y EJEMPLOS DE TIPOS DE BAJANTE

3.4.3.2 Aplicación

Cuando los caudales son pequeños las bajantes pueden ser de pendiente uniforme o con pequeños resaltos como las formadas por elementos prefabricados superpuestos. Cuando los caudales son importantes se debe ir a bajantes de tipo escalonado o proyectar un cuenco de amortiguación siguiendo los criterios habituales en el proyecto de aliviaderos.

Para tratar de limitar la energía del caudal que circula por la bajante se puede considerar:

- La ejecución de bajantes de gran anchura.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

– La disposición de elementos de disipación de energía, que pueden ser irregularidades en el fondo, escalones u otros elementos.

Se debe instalar una lámina de impermeabilización por debajo de la bajante (véase figura 3.37) en los siguientes casos:

– Rellenos:
  - Cuando se hayan utilizado materiales marginales para la ejecución del relleno.
  - Cuando se prevean asientos postconstructivos que puedan originar roturas

– Desmontes: Cuando se prevean movimientos que puedan originar roturas.

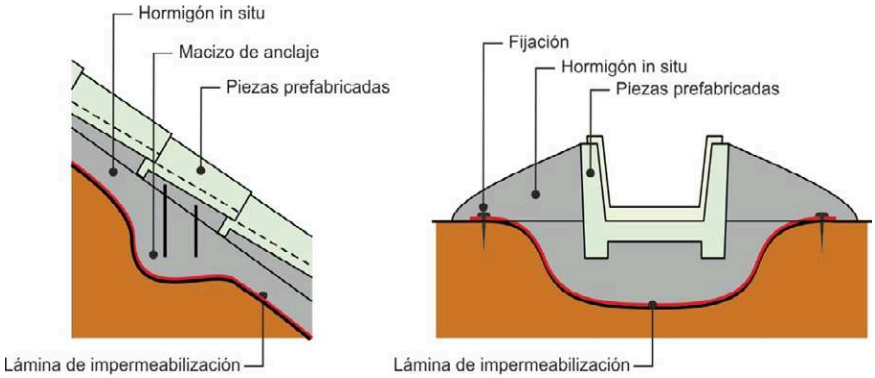


FIGURA 3.37.- BAJANTE CON LÁMINA DE IMPERMEABILIZACIÓN

3.4.4 COLECTORES

3.4.4.1 Definición y tipología

Un colector es un elemento lineal, generalmente subterráneo, consistente en un conducto o tubería para conducción de caudales, con funcionamiento hidráulico por gravedad en lámina libre. En estructuras se puede disponer adosado al tablero.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Generalmente está formado por tuberías prefabricadas, que pueden ser de hormigón, metálicas, material polimérico o combinación de estos materiales, unidas por juntas y piezas especiales.

Los colectores se componen de tramos de tubería situados entre arquetas o pozos. El punto final de un colector puede ser:

- Una embocadura de salida, a definir según lo indicado en el capítulo 4 para las embocaduras de las ODT.
- Una conexión con un elemento de recogida o tratamiento de vertidos como los indicados en los epígrafes 3.4.9 al 3.4.11.
- Excepcionalmente una conexión con una red urbana de saneamiento o de drenaje de pluviales

Las características de las tuberías y piezas especiales deben ser acordes con las normas de producto que les correspondan.

3.4.4.2 Aplicación

Los colectores se utilizan principalmente para recoger y transportar por debajo de la plataforma las aguas de escorrentía recogidas por los elementos de drenaje, bien porque la capacidad hidráulica de éstos resulte insuficiente o bien porque se tenga que cruzar la calzada para desaguar. Salvo justificación del proyecto, los colectores deben ser estancos.

El caudal de las cunetas se recoge normalmente a través de arquetas, mientras que el de los caces se suele recoger a través de sumideros. Un sumidero puede verter a un colector a través de una arqueta de conexión con el colector, o mediante un colector de conexión entre sumidero y colector principal.

Los colectores dispuestos longitudinalmente a la carretera deben desaguar lo antes posible. Los dispuestos en dirección transversal se denominan obras transversales de drenaje longitudinal (OTDL) y sirven para desaguar en una margen las aguas recogidas en la opuesta o en la mediana.

Los colectores no son elementos exclusivos del drenaje superficial. Lo relacionado con su papel como elementos de drenaje subterráneo debe abordarse de conformidad con lo especificado en la normativa sobre el particular.

Con carácter general la pendiente de los colectores entre arquetas estará comprendida entre el cero coma cinco y el cuatro por ciento ($0{,}005 \leq J \leq 0{,}04$). La distancia

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

máxima entre arquetas y pozos será la menor entre la necesaria por el cálculo hidráulico y la establecida por criterios de conservación y limpieza.

3.4.4.3 Comprobaciones a efectuar

En el cálculo mecánico (o estructural) del colector se tendrá en cuenta su encaje en el terreno, de acuerdo con los principios que se refieren en el epígrafe 4.4.2 para las ODT.

La comprobación hidráulica de los colectores se debe efectuar según se especifica en el epígrafe 3.4.5, teniendo en cuenta que:

- El diámetro mínimo de los colectores debe ser de cuatrocientos milímetros (400 mm), salvo en los tramos aéreos en estructuras y en las conexiones entre sumideros y colector.
- Cuando la pendiente longitudinal J sea superior al cuatro por ciento ($J > 0{,}04$) se deberá comprobar que las condiciones de entrada y salida al colector sean compatibles con el funcionamiento supuesto, de forma análoga a lo indicado para las ODT en el epígrafe 4.4.4.
- La línea del nivel de energía se debe encontrar por debajo y a cierta distancia de otros elementos:
    - A más de treinta centímetros (30 cm) del plano inferior de tapas de arquetas, pozos y rejillas de sumideros.
    - A más de veinte centímetros (20 cm) de la generatriz inferior de los drenes y otros elementos de drenaje subterráneo que puedan desaguar en la misma arqueta o pozo.

3.4.5 Comprobación hidráulica de elementos lineales

En los elementos lineales se debe comprobar 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 (véase la figura 3.38) sin entrada en carga debe ser mayor que el caudal de proyecto, Q_P

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

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- 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. Salvo justificación en contrario, se deben tomar los valores de la tabla 3.1.
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, en función del material del que está constituido

Esta comprobación se efectuará por tramos en los que el caudal, la pendiente y la geometría y materiales de la sección, permanezcan constantes.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

TABLA 3.1.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD n ($sm^{-1/3}$) A UTILIZAR EN LA FÓRMULA DE MANNING-STRICKLER PARA CONDUCTOS Y CUNETAS

MATERIAL		n ($sm^{-1/3}$)
Cuneta	Sin vegetación. Superficie uniforme	0,020-0,025
	Sin vegetación. Superficie irregular	0,020-0,033
	Con vegetación herbácea segada	0,033-0,040
	Con vegetación herbácea espesa	0,040-0,050
	En roca. Superficie uniforme	0,029-0,033
	En roca. Superficie irregular	0,033-0,050
	Fondo de grava. Cajeros de hormigón	0,017-0,020
	Fondo de grava. Cajeros encachados	0,022-0,033
	Encachado	0,020-0,029
	Hormigón proyectado	0,017-0,022
	Revestida con hormigón in situ	0,013-0,017
Pavimento con mezclas bituminosas		0,013-0,018
Hormigón en marcos y otras estructuras in situ		0,014-0,017
Gaviones		0,020-0,040
Tubo de hormigón		0,012-0,017
Tubo de fundición		0,010-0,015
Tubo de acero		0,010-0,014
Tubo de materiales poliméricos		0,008-0,013

Nota: Los valores inferiores de cada uno de los rangos resultan de aplicación a conductos recién instalados, rectos, sin arquetas ni piezas especiales intermedias, limpios y en buen estado de conservación. El envejecimiento de los conductos se suele traducir en un incremento del valor del número n de Manning que no suele superar el límite superior de esta tabla.

TABLA 3.2.- VELOCIDAD MÁXIMA DEL AGUA V_{Max} (m/s)

Naturaleza de la superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Terreno sin vegetación arenoso o limoso	0,20-0,60
Terreno sin vegetación arcilloso	0,60-0,90
Terreno sin vegetación en arcillas 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

Nota: Además de las variaciones debidas al distinto comportamiento de los materiales comprendidos en las categorías genéricas de esta tabla, los valores superiores son admisibles para situaciones esporádicas, mientras que los valores más bajos son para situaciones frecuentes.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

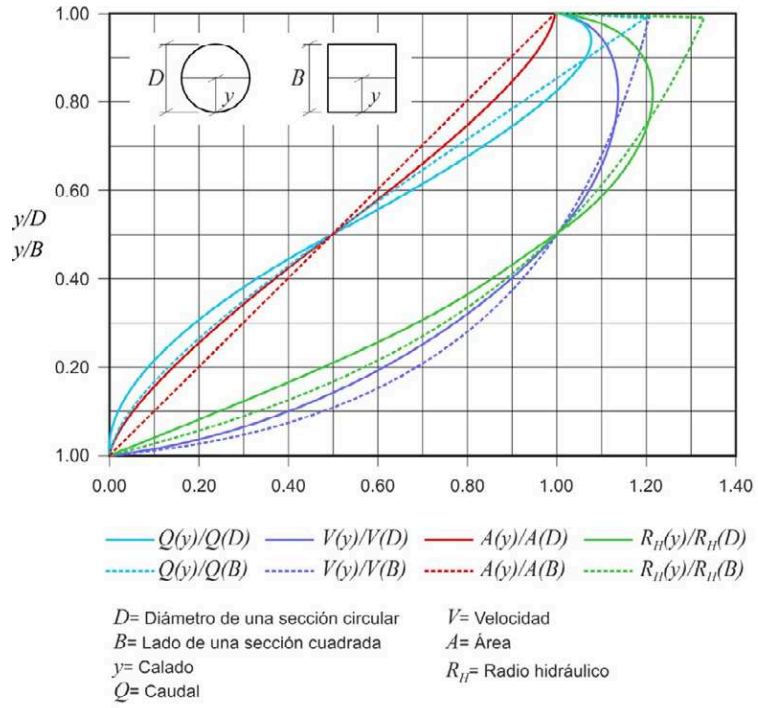


FIGURA 3.38.- CAUDAL EN FUNCIÓN DEL CALADO EN ELEMENTOS LINEALES EN LÁMINA LIBRE EN RÉGIMEN UNIFORME

3.4.6 SUMIDEROS

3.4.6.1 Definición y tipología

Un sumidero es un elemento de drenaje cuya función es captar caudales de la plataforma o de un elemento de drenaje superficial, normalmente un caz o cuneta, y desaguar a un colector a través de una arqueta que le sirve de registro.

Pueden ser continuos o aislados y atendiendo a su posición relativa respecto a la corriente, de tipo horizontal, lateral o mixto.

Puede estar construido in situ o con piezas prefabricadas, que pueden ser de hormigón, cerámicas, metálicas, material polimérico o combinación de estos materiales. Las características de las piezas prefabricadas deben ser acordes con las normas de producto que les correspondan.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.4.6.2 Aplicación

Los sumideros son susceptibles de sufrir obstrucciones durante los fenómenos de precipitación. Para tenerlo en cuenta se distingue entre el caso de sumideros distribuidos en un tramo en pendiente, o de uno o varios sumideros situados en un mismo punto bajo.

Desde el punto de vista hidráulico la disposición más adecuada es el sumidero horizontal que intercepta el fondo de la cuneta o caz, con las barras de la tapa en dirección de la corriente. El sumidero de tipo lateral presenta una ocupación menor de la plataforma.

En los tramos en pendiente, con el fin de permitir que si un sumidero está ocluido el agua que deje de entrar en él pueda recogerse en los siguientes situados aguas abajo, la capacidad de desagüe de cada sumidero deberá ser tal que permita absorber su caudal de proyecto más un treinta por ciento del caudal de proyecto de hasta tres sumideros situados inmediatamente aguas arriba (véase figura 3.39).

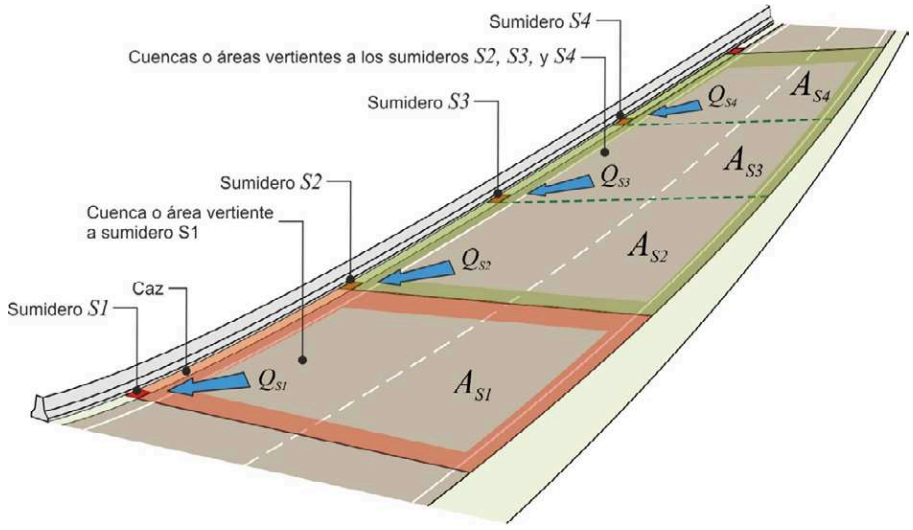


FIGURA 3.39.- CAUDAL A CONSIDERAR EN SUMIDEROS DISTRIBUIDOS EN UN TRAMO EN PENDIENTE

Los sumideros situados en puntos bajos serán generalmente de tipo horizontal. Para evitar la formación de balsas si se obstruyeran, deberá disponerse otro sumidero aguas arriba a unos cinco centímetros (5 cm) por encima de ellos. No obstante, donde se asegure con precisión la situación del punto bajo y resulte factible, podrá reemplazarse el conjunto anterior por un sumidero mixto.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

En acuerdos cóncavos con parámetro superior a cuatro mil ($K_V \geq 4.000$) se deben colocar sumideros adicionales al del punto bajo.

El conjunto de sumideros ubicados en un punto bajo debe ser capaz de absorber el doble de la suma de (véase figura 3.40):

- Su propio caudal de proyecto.
- El correspondiente a los tramos en pendiente según el criterio anterior, es decir un treinta por ciento (30%) del caudal de proyecto de hasta tres sumideros situados aguas arriba, en cada uno de los tramos en pendiente que confluyan en el punto bajo.

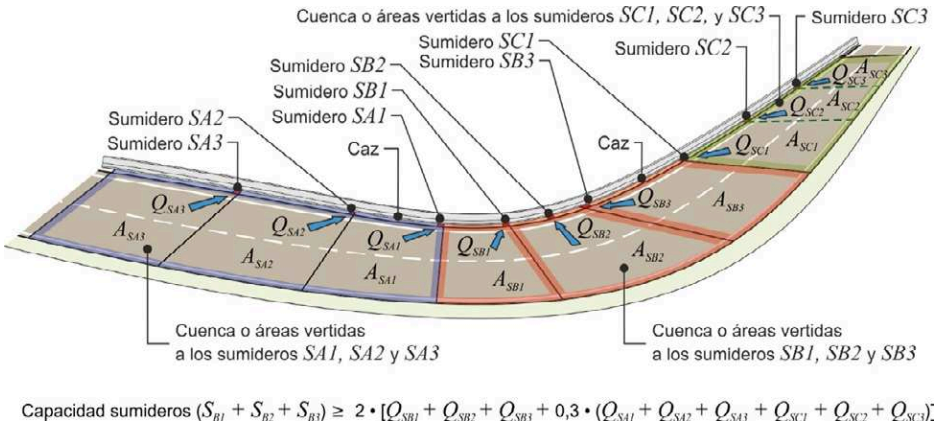


FIGURA 3.40.- CAUDAL A CONSIDERAR EN SUMIDEROS SITUADOS EN UN PUNTO BAJO

3.4.7 ARQUETAS Y POZOS

3.4.7.1 Definición y tipología

Las arquetas y los pozos son elementos de conexión y registro de colectores y de conexión de elementos superficiales, como cunetas o sumideros, con colectores. Su funcionamiento hidráulico depende del tipo de conexión. Normalmente las entradas de caudal a la arqueta o pozo son en forma de vertedero. La entrada de caudal al colector de salida de la arqueta o pozo, se puede analizar como la entrada de caudal a una ODT.

Las arquetas y los pozos pueden estar construidos in situ o con piezas prefabricadas, que pueden ser de hormigón, cerámicas, metálicas, material polimérico o

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

combinación de estos materiales. Las características de piezas prefabricadas deben ser acordes con las normas de producto que les correspondan.

3.4.7.2 Aplicación

Las arquetas se proyectan para desagüe de cunetas a colectores u ODT. Presentan sección en planta en general cuadrada o rectangular y deben adaptar la forma de las paredes a la sección de la cuneta que desagua a ellas. Las arquetas se deben tapar con rejas metálicas.

Los pozos se proyectan para conexión y registro de colectores. Constituyen elementos cilíndricos o de embocadura abocinada, con sección en planta generalmente circular. Suelen ser elementos profundos que requieren tapa practicable y escalones tipo pate para acceso. Los criterios de proyecto de los pozos son los habituales de las redes de saneamiento y drenaje urbano.

Las arquetas y pozos no son elementos exclusivos del drenaje superficial; lo relacionado con su papel como elementos de drenaje subterráneo debe abordarse de conformidad con lo especificado en la normativa sobre el particular.

3.4.8 ARENEROS

Son elementos que se intercalan entre otros con el objeto de que se depositen las partículas gruesas que pueda arrastrar el agua. Producen una disminución de velocidad que favorece la sedimentación de partículas, generalmente por incremento de la sección en la que se ubican o por disminución de pendiente (véase figura 3.41).

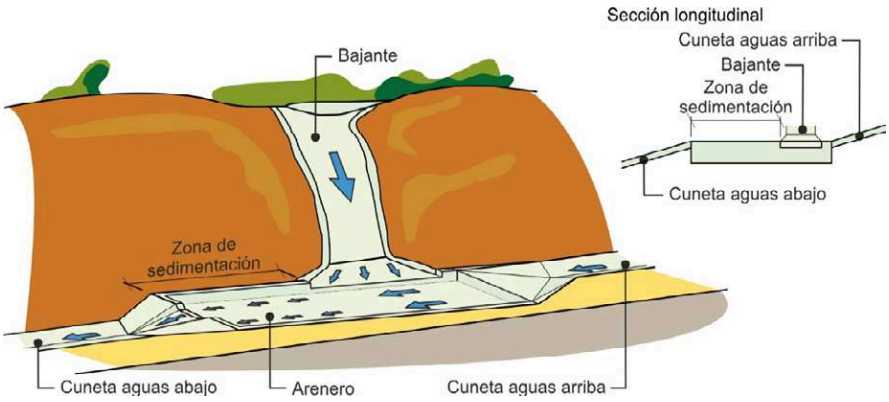


FIGURA 3.41 EJEMPLO DE ARENERO

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

La disposición de areneros trata de evitar la sedimentación en los elementos de drenaje, que puede producir disminución de su capacidad hidráulica, lo que resulta particularmente importante en elementos de difícil inspección y limpieza.

Si los areneros no fueran accesibles desde la plataforma, se deben proyectar accesos para los equipos de conservación.

3.4.9 Balsas de retención

Son elementos encargados de la retención de vertidos accidentales que además tienen cierta capacidad de laminación y de captura de sustancias contaminantes arrastradas por el agua de escorrentía. Esta retención permite contener los flotantes e hidrocarburos y posibilita la decantación de los materiales en suspensión.

Su configuración más elemental está constituida por un tubo de entrada, un depósito (o balsa) estanco dotado de pantalla deflectora para separación de flotantes, un vertedero, un desagüe en el fondo equipado con válvula y un tubo de salida (véase figura 3.42). El volumen de retención de la pantalla deflectora debe ser superior a treinta y cinco metros cúbicos ($V > 35$ m^3).

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

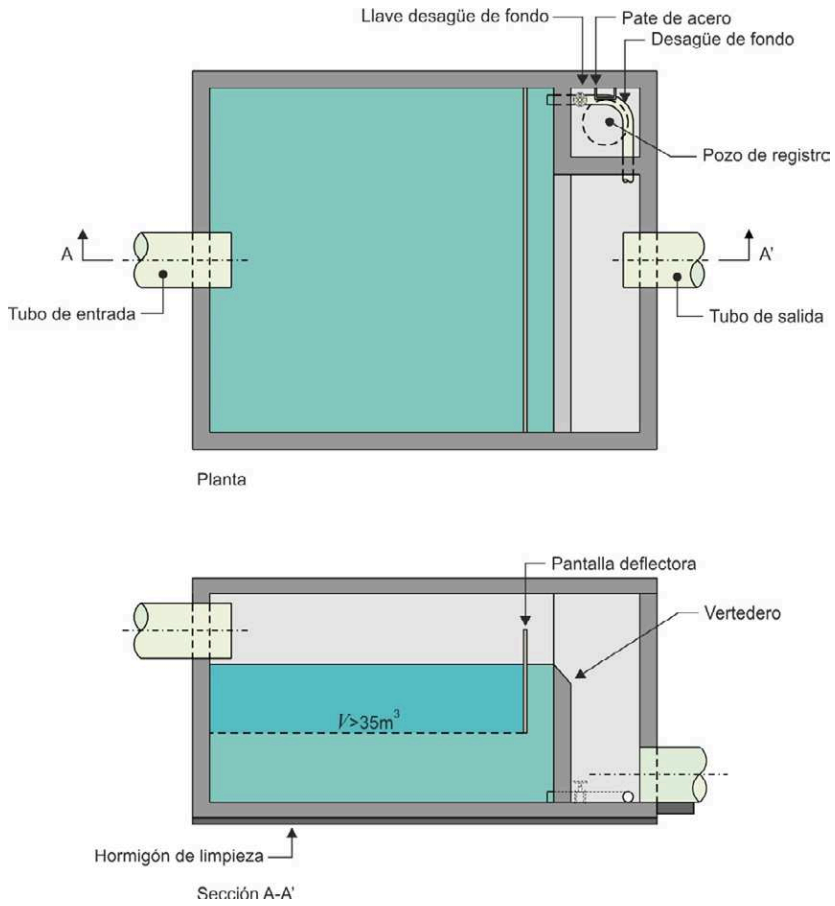


FIGURA 3.42 EJEMPLO DE BALSA DE RETENCIÓN

Se deben proyectar accesos para los vehículos de conservación que permitan:

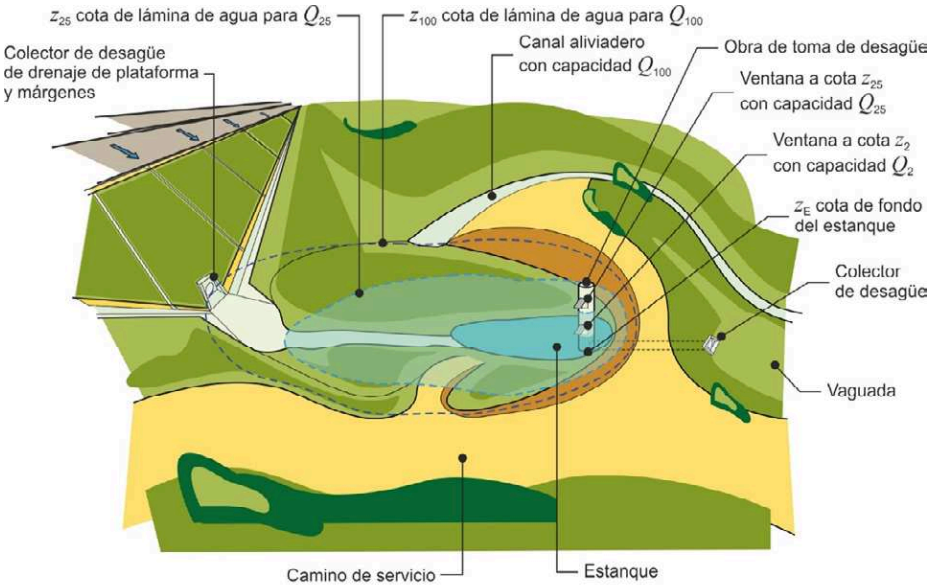
- Después de cada período de lluvia, recoger los flotantes, vaciar y limpiar el depósito.
- En caso de vertido accidental vaciar el depósito, normalmente por aspiración.
- Inspección frecuente y verificación de que el depósito permanece vacío y tiene la llave de fondo cerrada.

3.4.10 ELEMENTOS DE LAMINACIÓN

Son elementos destinados a reducir las puntas de caudal, normalmente por almacenamiento. El volumen necesario se obtiene por combinación de depósitos, balsas, canales o tuberías.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

La necesidad de proyectar estos dispositivos se debe justificar expresamente incluyendo un estudio de caudales. Cuando la lámina libre del almacenamiento de agua alcance los espaldones de los rellenos se debe estar a lo especificado en el apartado 4.5. Se deben proyectar accesos para los equipos de conservación (véase figura 3.43).



Q_T = Caudal para el periodo de retorno T
z_T = Cota que se alcanza con la avenida de caudal Q_T con cota inicial z_2
z_2= Cota que se alcanza con la avenida de caudal Q_2 con cota inicial z_E

FIGURA 3.43 EJEMPLO DE ELEMENTO DE LAMINACIÓN

3.4.11 Filtros y sistemas de infiltración

Los filtros y sistemas de infiltración ejercen cierta función de depuración mediante filtrado. En ellos se trata de retener las materias en suspensión por el flujo a través de un medio poroso que puede ser un suelo natural (sistemas de infiltración) o artificial (filtro).

Un filtro es un elemento encargado de producir un flujo lento de agua, a través de un medio poroso (normalmente, arena) en el que se fija parte de la carga contaminante del fluido. A la salida del filtro se produce el vertido de una cantidad de agua prácticamente igual a la entrante (véase figura 3.44).

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

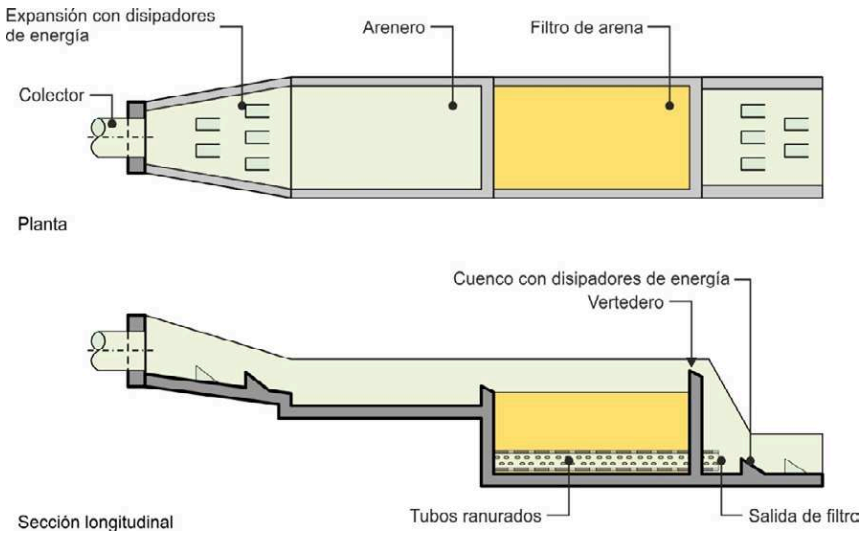


FIGURA 3.44 EJEMPLO DE FILTRO

En un sistema de infiltración el flujo se produce en el terreno natural con infiltración de parte del caudal, por lo que a la salida del sistema el caudal es inferior al de la entrada. Se debe estudiar la circulación subterránea de agua para comprobar que no se produce contaminación de acuíferos.

Los sistemas de infiltración pueden combinarse con vegetación y pueden incluir superficies de recorrido en flujo difuso, cunetas, zanjas de infiltración y otros elementos (véase figura 3.45).

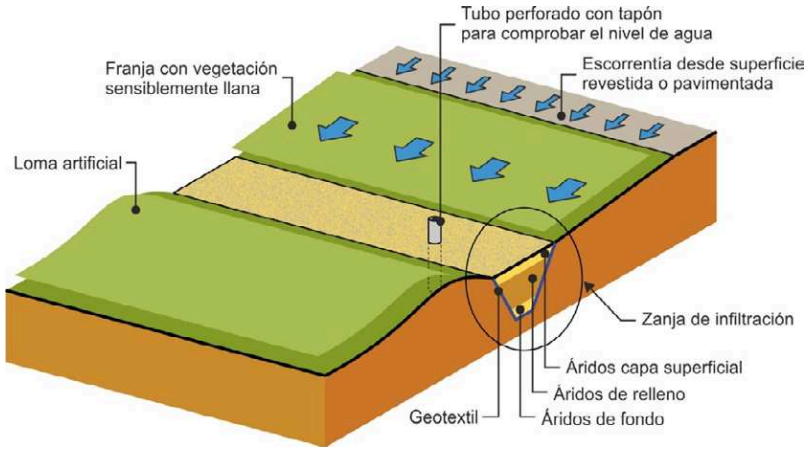


FIGURA 3.45 EJEMPLO DE SISTEMA DE INFILTRACIÓN

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

3.4.12 Bombeos

Cuando no sea posible desaguar por gravedad, para cumplir la condición de resguardo de la calzada será preciso proyectar un bombeo. Los bombeos se componen de:

- Un pozo o arqueta de bombeo que recoge las aguas que se concentran en el punto bajo, en el que se coloca la aspiración de la bomba.
- Una o varias bombas, normalmente eléctricas de tipo centrífuga sumergible, con capacidad suficiente para el caudal de proyecto.
- Un colector de impulsión hasta el punto de desagüe a la red de drenaje por gravedad.
- Alimentación eléctrica y protecciones según normativa electrotécnica.
- Cuadro con interruptores y mandos manuales (en la instalación y cuando sea posible, con telecontrol desde un centro de explotación) y automáticos incluyendo un sistema de control, de arranque y parada de las bombas, normalmente a partir de niveles de agua en el pozo o arqueta de bombeo.
- Elementos auxiliares para facilitar las operaciones de mantenimiento de la instalación, tales como el cambio de las bombas.

Los elementos de bombeo no son exclusivos del drenaje superficial; lo relacionado con su papel como elementos de drenaje subterráneo debe abordarse de conformidad con lo especificado en la normativa sobre el particular.

3.4.13 Otros elementos de drenaje superficial

En ocasiones, puede resultar conveniente la disposición de otros elementos o sistemas de drenaje diferentes de los indicados en los epígrafes precedentes.

En el proyecto se debe justificar la conveniencia y necesidad de su aplicación, efectuar su dimensionamiento y definir cuantos aspectos sean necesarios para permitir la construcción y conservación de dichos elementos o sistemas.

En todo caso en el proyecto se deben analizar los siguientes aspectos:

- Justificación expresa de la necesidad y adecuación del elemento o sistema propuesto al problema planteado.
- Cálculos hidráulicos, mecánicos y cuantos otros pudieran ser necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del elemento o sistema.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- Situación, trazado y puntos de conexión, entronque, desagüe y cambio de dirección en su caso.
- Características de permeabilidad o estanqueidad en su caso, tanto de los elementos como de sus puntos de conexión, entronque, desagüe y cambio de dirección.
- Estabilidad y durabilidad de los materiales, elementos o sistemas de drenaje, con especificación de las normas de producto que les sean de aplicación.
- Propiedades mecánicas y características de los materiales, elementos o sistemas en cuestión. Cuando se trate de sistemas constituidos por unión de elementos individuales deberán analizarse las características de los elementos aislados y del conjunto una vez dispuesto en obra.
- Criterios de control y almacenamiento de materiales, elementos y sistemas.
- Necesidad de interposición de elementos de separación y filtro, y definición de estos en su caso.
- Procedimientos de puesta en obra y definición de fases constructivas.
- Donde fuera de aplicación, estabilidad de las obras, tanto de tipo local (de los propios sistemas construidos) como global (formando parte de otros elementos u obras de mayores dimensiones, como por ejemplo taludes en desmonte o rellenos), antes, durante y después de la ejecución de los trabajos en cuestión.
- Descripción de las principales necesidades de conservación, limpieza y mantenimiento.

CAPÍTULO 4. DRENAJE TRANSVERSAL

4.1 Introducción

El objeto del drenaje transversal es restituir la continuidad de la red de drenaje natural del terreno (vaguadas, cauces, etc.) una vez ejecutadas las obras, permitiendo el paso del caudal de proyecto a su través, cumpliendo los requisitos que se especifican en este capítulo. Los caudales de proyecto Q_P a considerar son los correspondientes a las cuencas principales definidas en el apartado 1.4, con el período de retorno indicado en el epígrafe 1.3.2.

A los efectos de esta norma, las obras empleadas para procurar el drenaje transversal de las carreteras pueden ser:

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- Puente: Obra de paso que soporta cualquier tipo de vía de las definidas en la Ley de Carreteras; a los solos efectos de esta norma debe añadirse que su sección sea abierta, es decir, que esté desprovista de solera con función estructural.
- Obra de drenaje transversal (ODT): Obra de sección cerrada, es decir provista de solera con función estructural. Normalmente responde a las tipologías de tubo o marco y sus dimensiones son inferiores a las de los puentes.

Los puentes y ODT deben perturbar lo menos posible la circulación del agua por el terreno natural, cumpliendo al paso del caudal de proyecto las condiciones de desagüe que se refieren en los apartados 4.3 y 4.4 y las condiciones que establezca la Administración Hidráulica.

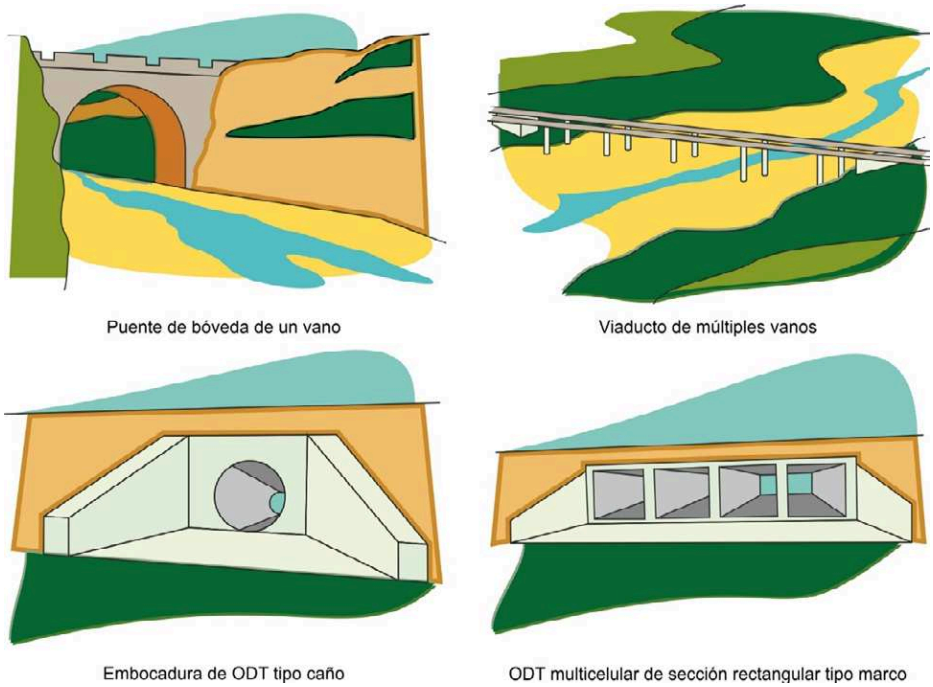


FIGURA 4.1.- EJEMPLOS DE PUENTES Y ODT

En ningún caso pueden proyectarse con fines de drenaje transversal: zanjas, mantos drenantes, rellenos, tacones, drenes, ni cualquier tipo de tratamiento del terreno, independientemente de sus características de permeabilidad.

En el proyecto se puede contemplar la utilización de obras empleadas con fines de drenaje transversal para usos adicionales, tales como reposiciones de ser-

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

vicios, de caminos o pasos de fauna. En tales circunstancias las instalaciones relacionadas con dichos fines no pueden suponer una merma en su funcionamiento hidráulico.

4.2 Criterios básicos de proyecto

El proyecto del drenaje transversal se debe abordar conforme a la sistemática que a continuación se refiere:

- Definición de la cuenca principal, del cauce y del punto de cruce.
- Cálculo del caudal de proyecto Q_P.
- Elección de tipologías y dimensionamiento del puente u ODT. Encaje geométrico en el terreno.
- Comprobación hidráulica del puente u ODT.
- Cálculo de las variables hidráulicas necesarias para la determinación de acciones en el cálculo estructural.
- Proyecto completo del puente u ODT. La representación en los planos debe incluir la lámina de agua correspondiente al caudal de proyecto, las profundidades de erosión o socavación y en los anejos a la memoria se deben incluir las curvas características de las ODT.

Los criterios para el proyecto del drenaje transversal de obras de ampliación de plataforma en carreteras existentes se refieren en el epígrafe 5.3.1.

4.3 Puentes

4.3.1 Sobreelevación del nivel de la corriente

Se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Los estribos de la obra deberán estar ubicados fuera de la vía de intenso desagüe (VID). En caso de que no esté previamente delimitada, se calculará teniendo en cuenta los criterios establecidos en la normativa sobre Dominio Público Hidráulico y, en concreto con sobreelevación de cálculo de la VID de treinta centímetros (30 cm), con la posibilidad de reducirla hasta diez centímetros (10 cm) en zonas urbanas o aumentarla hasta cincuenta centímetros (50 cm) en zonas rurales, con la conformidad de la Administración Hidráulica.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Será admisible la ubicación de pilas dentro de la VID, disponiéndolas siempre de tal forma que se minimice la alteración del régimen hidráulico. A estos efectos, se comprobará que la sobreelevación producida por la obra para el caudal de cien años de periodo de retorno (T = 100 años) es inferior a la sobreelevación utilizada para el cálculo de dicha vía (Véase la sección TT' en la figura 4.2).

- Para el caudal de proyecto Q_P la sobreelevación producida por la obra inmediatamente aguas arriba de ella no será superior a 50 cm (Véase la sección LL' en la figura 4.2).
- En aquellos puntos donde pueda verse afectado el posible desarrollo urbanístico, para evitar alteraciones significativas de la zona de flujo preferente (ZFP) la sobreelevación máxima será inferior a 10 cm para lo cual la obra de paso se complementará con posibles obras de drenaje adicionales y pasos inferiores en caso necesario (Véase como ejemplo el punto U en la figura 4.2).

Adicionalmente, se comprobará que el régimen hidráulico no se altera sustancialmente para el caudal correspondiente al periodo de retorno de diez años (T = 10 años).

En casos excepcionales, con la conformidad de la Administración Hidráulica, se podrá justificar la utilización de criterios distintos a los anteriores.

Los cálculos se realizarán mediante un modelo hidráulico adecuado a las características hidrodinámicas de la zona, y se contrastarán con los resultados obtenidos por procedimientos simplificados.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

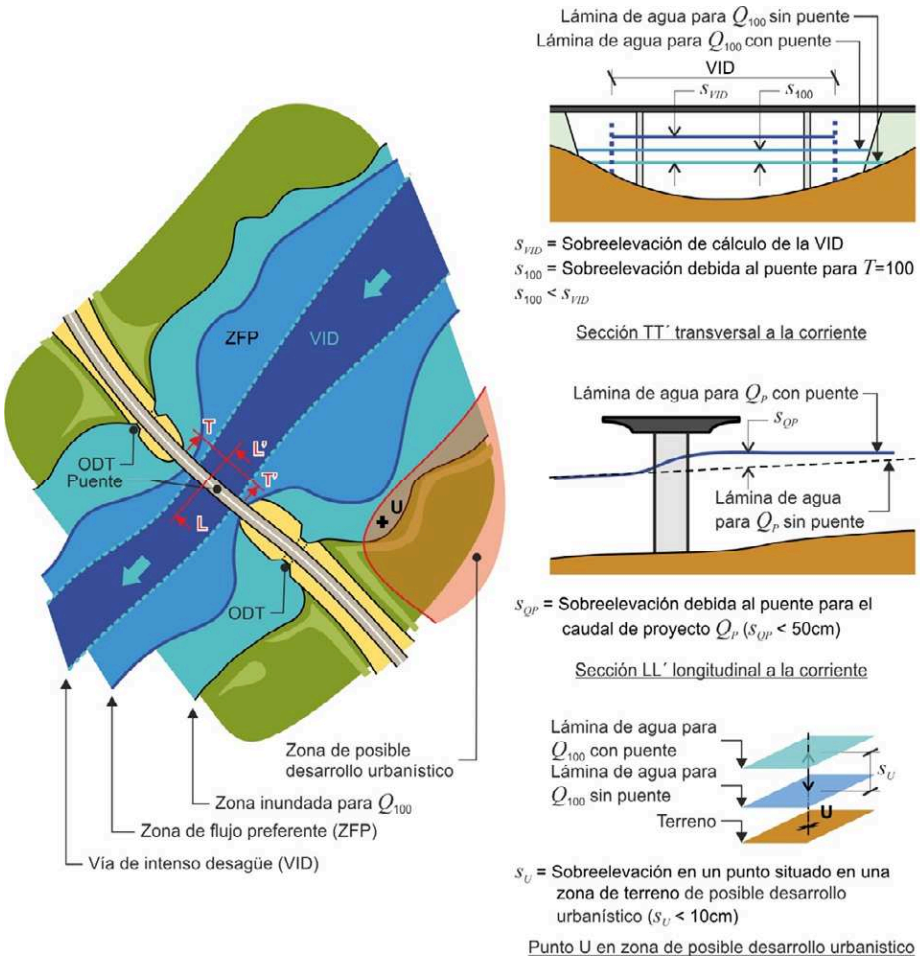


FIGURA 4.2.- SOBREELEVACIÓN DEL NIVEL DE LA CORRIENTE EN PUENTES

4.3.2 RESGUARDO DEL TABLERO

El resguardo del tablero correspondiente a un determinado período de retorno $r_t(T)$ se define como la mínima diferencia de cotas entre el intradós del tablero del puente y la lámina de agua bajo él, correspondiente al período de retorno T.

Este resguardo se debe mantener en una anchura mayor o igual que doce metros (12 m) medida en dirección perpendicular a la corriente desde los estribos, o a partir de una distancia de dos metros (2 m) desde las pilas, según se indica en la figura 4.3.

Los puentes se deben proyectar manteniendo los resguardos mínimos que se indican:

- $r_t(T = 100$ años$) = 1{,}5$ m
- $r_t(T = 500$ años$) = 1$ m, salvo que en el proyecto se justifique un valor inferior

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Las pilas deben estar orientadas en la dirección de la corriente. En caso de que no lo estuvieran, el mantenimiento del resguardo mínimo puede suponer que sean necesarias luces mayores (véase figura 4.3). Cuando se considere que la corriente pueda variar de dirección se debe comprobar el cumplimiento de la condición de resguardo según dicha dirección.

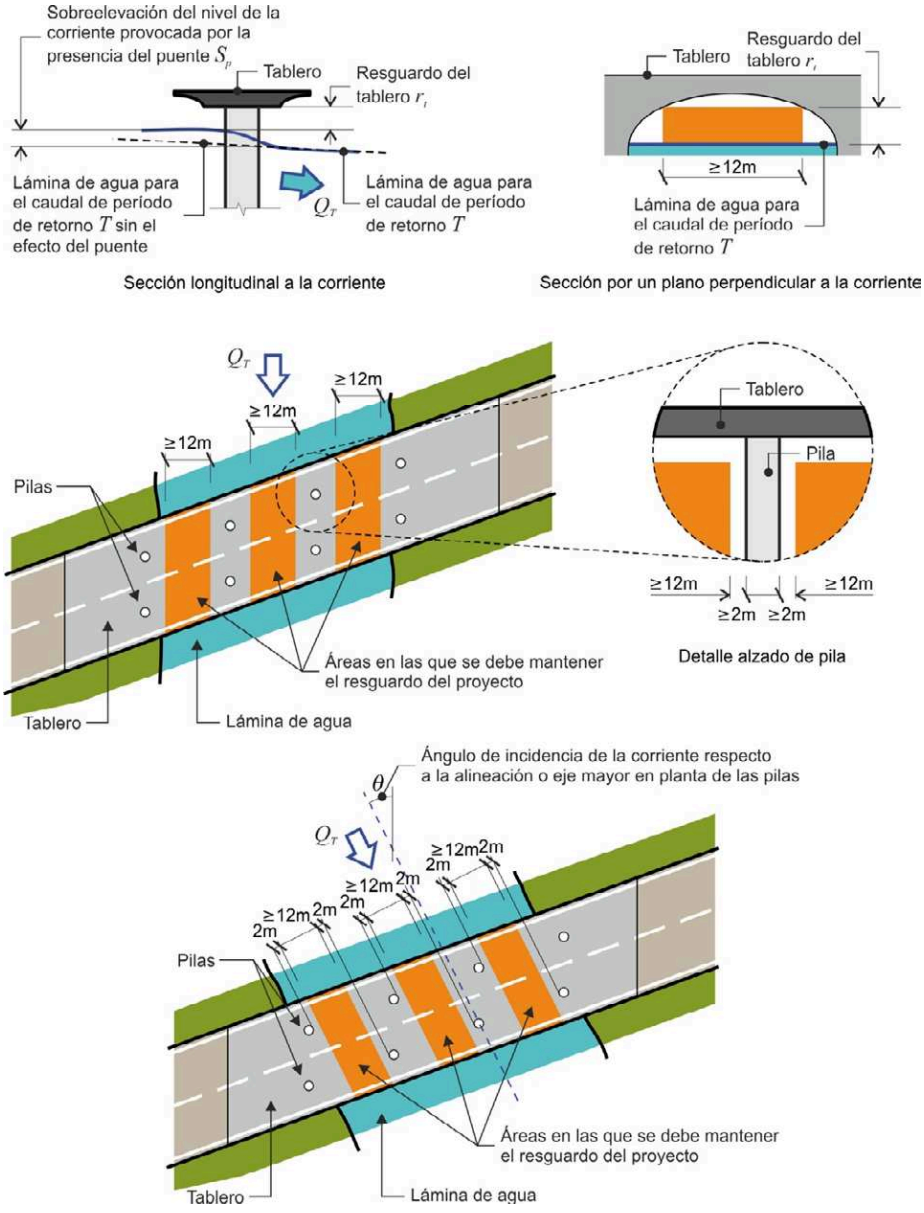


FIGURA 4.3.- RESGUARDO DEL TABLERO

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

4.3.3 EROSIÓN EN LOS APOYOS

En el proyecto se debe estimar la profundidad de erosión en pilas y estribos para la avenida de período de retorno de quinientos años (T = 500 años), lo que se tendrá en cuenta para la definición de las cimentaciones, disposición de protecciones y otras medidas.

La profundidad de erosión $e_T(x,y)$ en un punto P de coordenadas (x,y) para un período de retorno T, es la diferencia entre la cota del terreno considerada en el proyecto y la cota en el mismo punto durante la avenida de período de retorno T (véase figura 4.4).

$$e_T(x,y) = z_P - z(Q_T)$$

donde:

$e_T(x,y)$	(m)	Profundidad de erosión en un punto P de coordenadas (x,y) para un período de retorno T
z_P	(m)	Cota del terreno considerada en el proyecto.
$z(Q_T)$	(m)	Cota de erosión o cota del terreno durante la avenida correspondiente al período de retorno T.

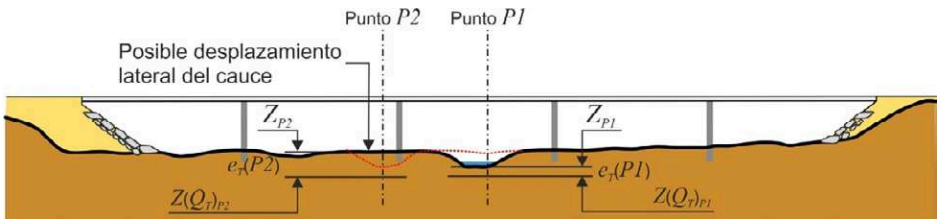


FIGURA 4.4.- PROFUNDIDAD DE EROSIÓN

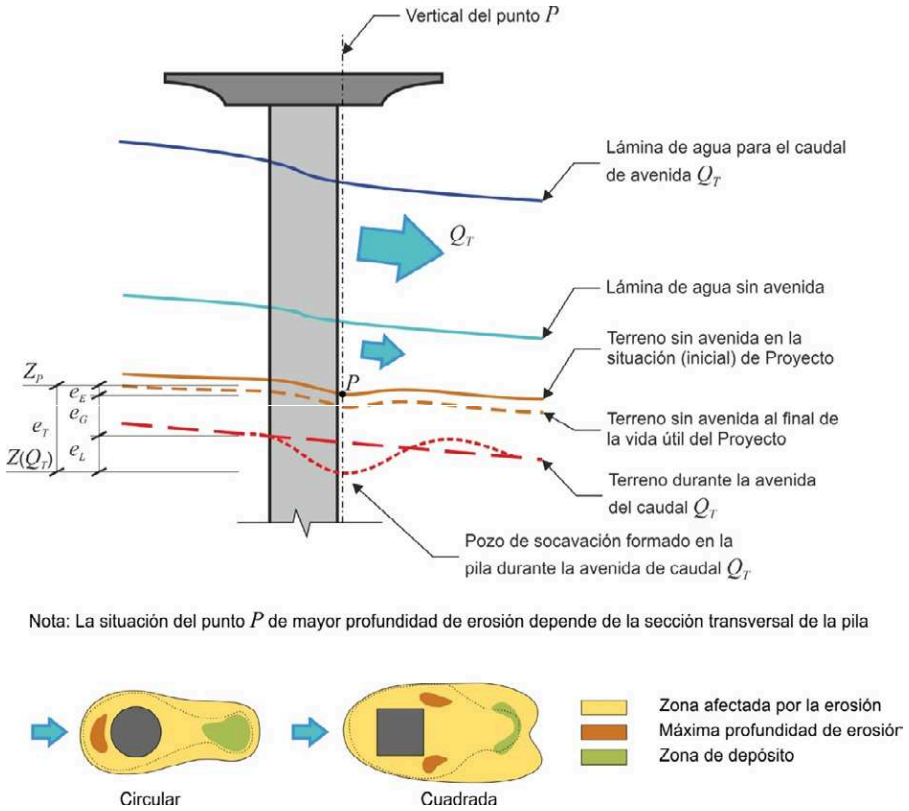
cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Cuando las dimensiones de las pilas y los estribos son pequeñas en relación con la anchura del cauce, la profundidad de erosión, e_T se puede estimar, de un modo simplificado, como la suma de tres componentes (véase figura 4.5):

$$e_T(x,y) = e_E + e_G + e_L$$

donde:

$e_T(x,y)$	(m)	Profundidad de erosión en un punto P de coordenadas (x,y) para un período de retorno T.
e_E	(m)	Erosión evolutiva, o evolución previsible de la cota del punto en ausencia de avenidas durante la vida útil del puente. Si hubiese acreción se tomará con valor nulo.
e_G	(m)	Erosión general del cauce que se produciría sin el puente durante el paso de la avenida de período de retorno T, particularizada en el punto P.
e_L	(m)	Erosión local particularizada en el punto P debida a la presencia en el cauce de las pilas y estribos del puente durante el paso de la avenida de período de retorno T.



Nota: La situación del punto P de mayor profundidad de erosión depende de la sección transversal de la pila

FIGURA 4.5.- COMPONENTES DE LA EROSIÓN CUANDO LAS DIMENSIONES DE LOS OBSTÁCULOS AL PASO DE LA CORRIENTE SON PEQUEÑAS EN RELACIÓN CON EL CAUCE

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Cuando las dimensiones de las pilas y los estribos no se pueden considerar pequeñas en relación con la anchura del cauce, se debe justificar el cálculo de la profundidad de erosión con un método que considere el efecto del estrechamiento del cauce (figura 4.6).

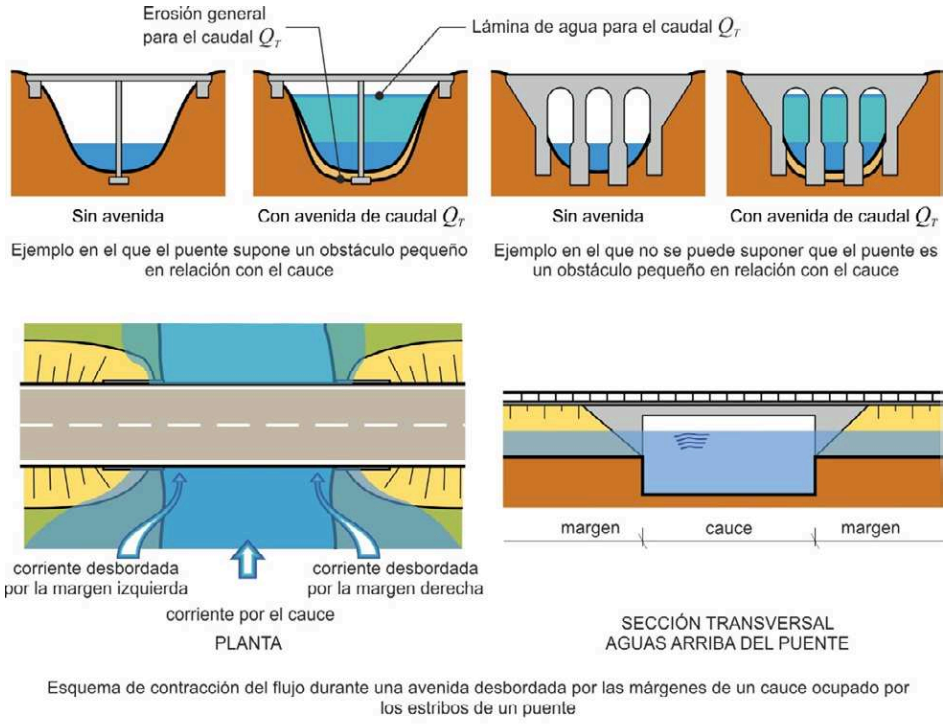


FIGURA 4.6.- EJEMPLOS DE DIMENSIONES RELATIVAS DE OBSTÁCULOS QUE PRESENTA EL PUENTE Y EL CAUCE.

Las cimentaciones se deben disponer por debajo de la cota de erosión $z(Q_T)$ correspondiente a la avenida de periodo de retorno de quinientos años (T = 500 años). En las cimentaciones profundas solo se podrá considerar la contribución resistente del terreno situado por debajo de la cota de erosión. Cuando se proyecten protecciones sobre elementos de cimentación, estas se deben disponer por debajo de la cota de erosión general z_P - e_E- e_G.

4.4 Obras de drenaje transversal

4.4.1 Encaje de las ODT en el terreno

4.4.1.1 Planta

Una ODT se compone de embocadura de entrada, uno o varios tramos enterrados, una embocadura de salida y conexiones entre ellos (véase figura 4.7). Los tramos enterrados se proyectarán con planta recta sin cambios de sección.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

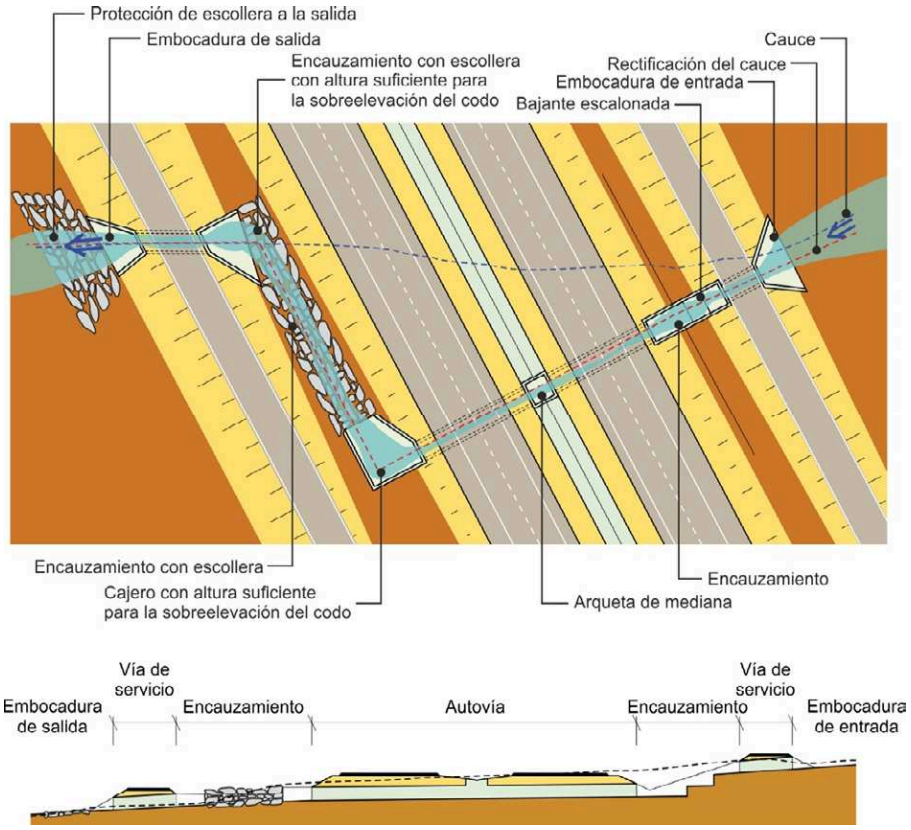


FIGURA 4.7.- EJEMPLO DE ODT COMPUESTA DE VARIOS TRAMOS.

La disposición más favorable para el funcionamiento hidráulico de la ODT es la coincidente con el cauce natural. Cuando no sea posible una coincidencia total se puede proyectar una rectificación del cauce evitando cambios bruscos en el trazado, en especial en la entrada de la ODT (véase figura 4.8).

En los tramos de cauce preexistentes que se sustituyan por una ODT y sus correspondientes encauzamientos, se deben proyectar los saneos, acondicionamientos y demás trabajos necesarios para permitir la ejecución de los rellenos sobre ellos.

Los cambios de alineación se proyectarán en las conexiones o en las embocaduras de entrada y salida, disponiendo protecciones para evitar desbordamientos y erosiones, teniendo en cuenta las sobreelevaciones y velocidades que se produzcan al paso del caudal de proyecto.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

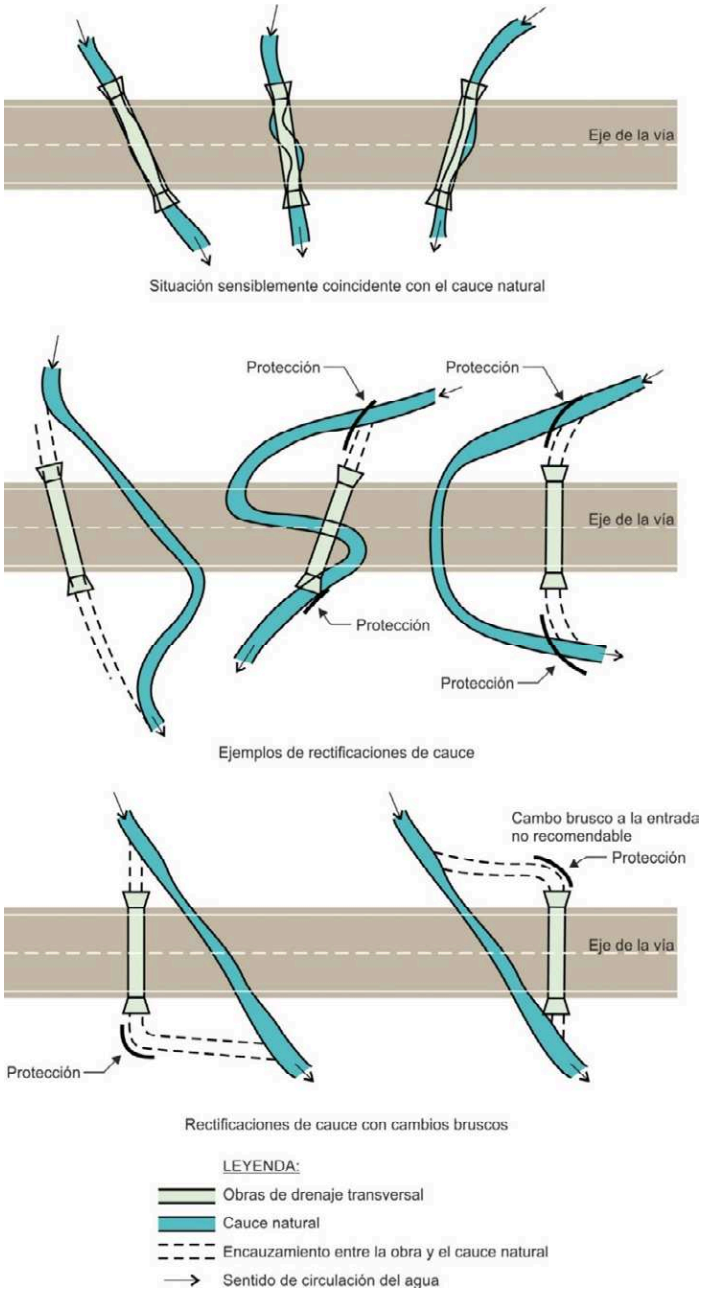


FIGURA 4.8.- EJEMPLOS DE PLANTA DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

4.4.1.2 Perfil longitudinal

El perfil longitudinal de las ODT se ajustará lo más posible al del cauce o a su rectificación en planta. Cada uno de los tramos enterrados se proyectará con pendiente uniforme.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Cuando sean previsibles asientos importantes en el cimiento del relleno, la pendiente longitudinal de la ODT debe ser tal que añadiendo a su perfil longitudinal inicial la curva teórica de asientos, la capacidad de desagüe de la ODT sea suficiente para el caudal de proyecto (véase la figura 4.9). En ODT construidas in situ se deben tener en cuenta estos asientos en el cálculo estructural, mientras que en las constituidas por elementos prefabricados, las juntas deben de ser capaces de absorber estos movimientos.

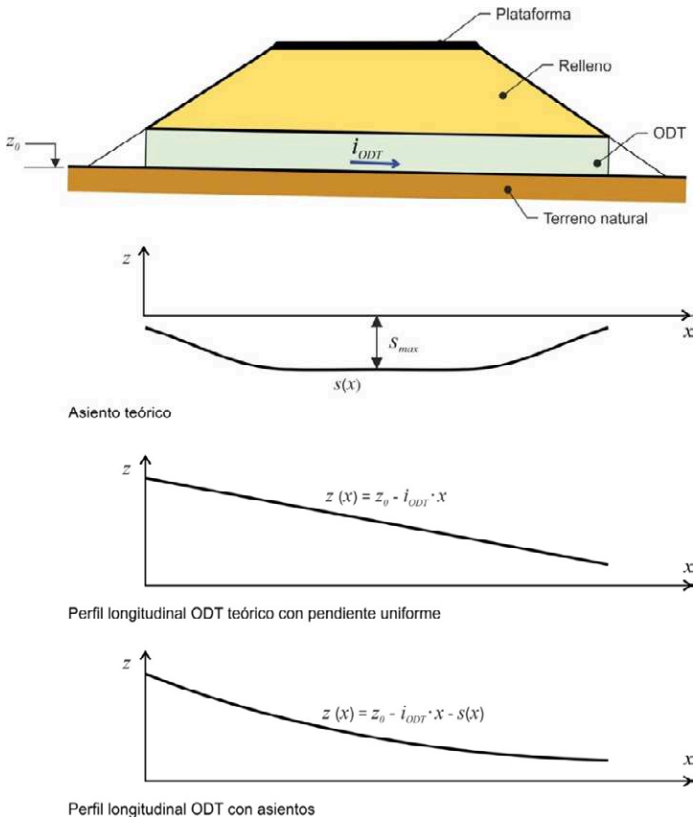


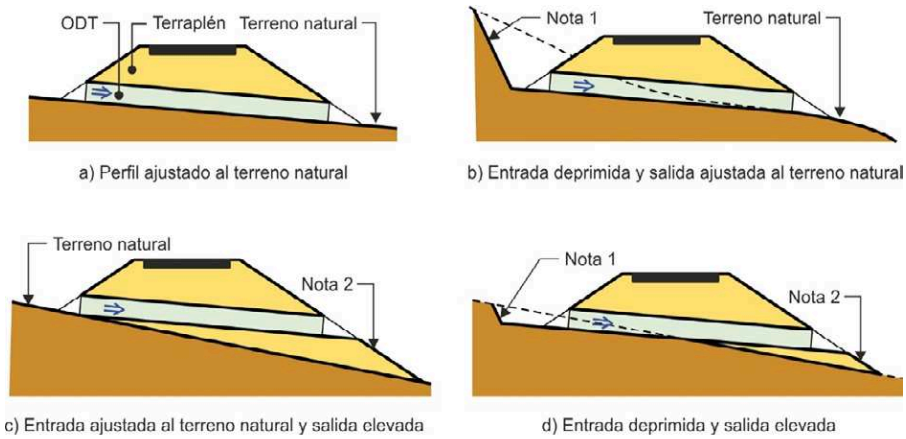
FIGURA 4.9.- CONSIDERACIÓN DE LOS ASIENTOS DEL CIMIENTO DEL RELLENO

Los cambios de pendiente se situarán en las conexiones y en las embocaduras de entrada y salida, disponiendo protecciones para evitar desbordamientos y erosiones, teniendo en cuenta las sobreelevaciones y velocidades que se producen al paso del caudal de proyecto. Cuando se den velocidades muy altas puede ser necesario disponer disipadores de energía.

El perfil longitudinal está relacionado con la capacidad hidráulica de los conductos y puede dar lugar a problemas de aterramiento por insuficiencia de pendiente y de erosión por exceso de ella (epígrafe 4.4.5). Cuando la pendiente que

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

resulte del cálculo hidráulico no se pueda encajar con las cotas de entrada y salida del cauce será necesario recurrir a diseños más complejos como rebajar la entrada, elevar la salida, o una combinación de ambas (véase figura 4.10 b, c y d). Estos casos requieren disponer elementos específicos (epígrafe 4.4.1.3).



Nota 1: la entrada deprimida o en desmonte requiere una definición especial de la embocadura de entrada.
Nota 2: La salida elevada requiere una definición especial de la embocadura de salida.

FIGURA 4.10.- TIPOS DE PERFIL LONGITUDINAL DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

Excepcionalmente se podrán proyectar ODT con salida deprimida (véase figura 4.11), lo que puede requerir labores de conservación más intensas de lo habitual para mantener el perfil longitudinal y la sección desde la salida de la ODT hasta el cauce. Para ello se deben proyectar los accesos necesarios.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

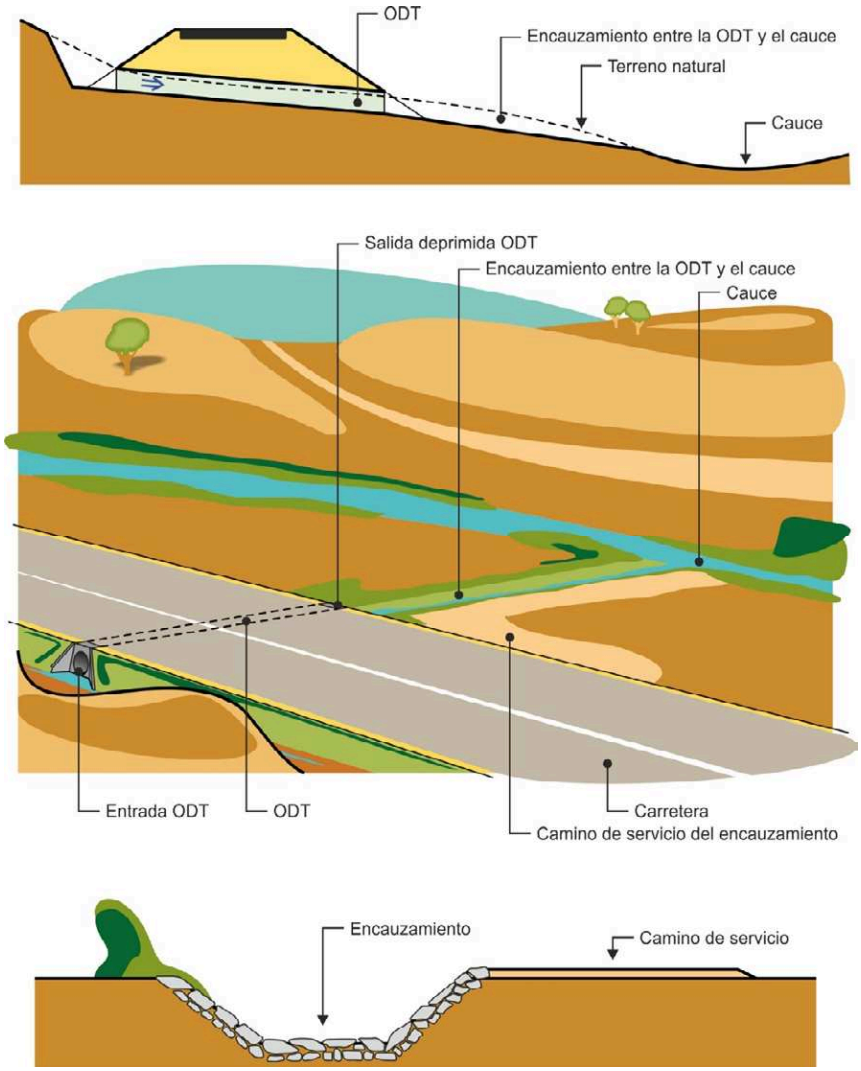


FIGURA 4.11.- ODT CON SALIDA DEPRIMIDA

4.4.1.3 Embocaduras

Las embocaduras permiten acoplar el conducto al cauce y a los taludes de los rellenos. Tienen funciones de transición geométrica e hidráulica y deben ser resistentes a la erosión y socavación. Su disposición influye en las condiciones de desagüe.

La altura de las embocaduras de la ODT debe ser al menos uno coma dos veces la altura libre del conducto $(H_{emb} \geq 1{,}2H)$ medida desde el plano de la solera (véanse las figuras 4.12 y 4.13).

Las embocaduras deben disponer de solera terminada en un rastrillo. Cuando sea necesario disponer protección de escollera ésta se colocará a continuación del rastrillo.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

a) Embocaduras en terraplén

Donde la embocadura se sitúe en terraplén podrá ser:

- Embocadura con aletas (figura 4.12): Constituye el caso general de conducto que termina en un plano vertical, materializado por un elemento de contención del talud o muro frontal rematado por unas aletas que forman un ángulo θ con la directriz del conducto.

  Normalmente el ángulo de las aletas con la corriente debe estar comprendido entre quince y setenta y cinco grados ($15º \leq \theta \leq 75º$). Cuando hubieran de disponerse aletas con un ángulo inferior a quince grados ($\theta < 15º$), en general será preferible la construcción de aletas en prolongación ($\theta = 0º$); para ángulos superiores a setenta y cinco grados ($\theta > 75º$), en general será preferible la prolongación del muro frontal o de cabecera ($\theta = 90º$).

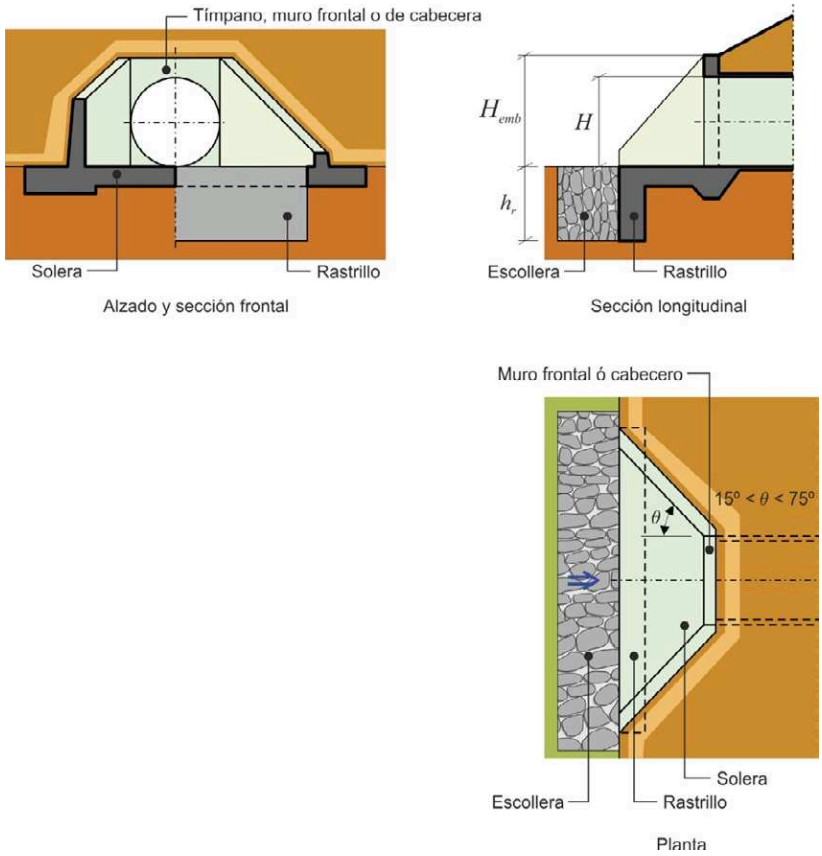


FIGURA 4.12 EJEMPLO DE EMBOCADURA CON ALETAS

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

– Embocadura ataluzada (figura 4.13): Se produce cuando las aletas están en prolongación del conducto ($\theta = 0º$) y la ODT no sobresale del contorno geométrico del talud de terraplén. Debe protegerse su perímetro contra la erosión.

Esta configuración puede resultar adecuada para el proyecto de embocaduras rebasables por un vehículo que accidentalmente se saliese de la calzada, para lo cual debe disponerse un enrejado específico en la embocadura. En el cálculo hidráulico se debe tener en cuenta la posibilidad de obstrucción parcial del enrejado.

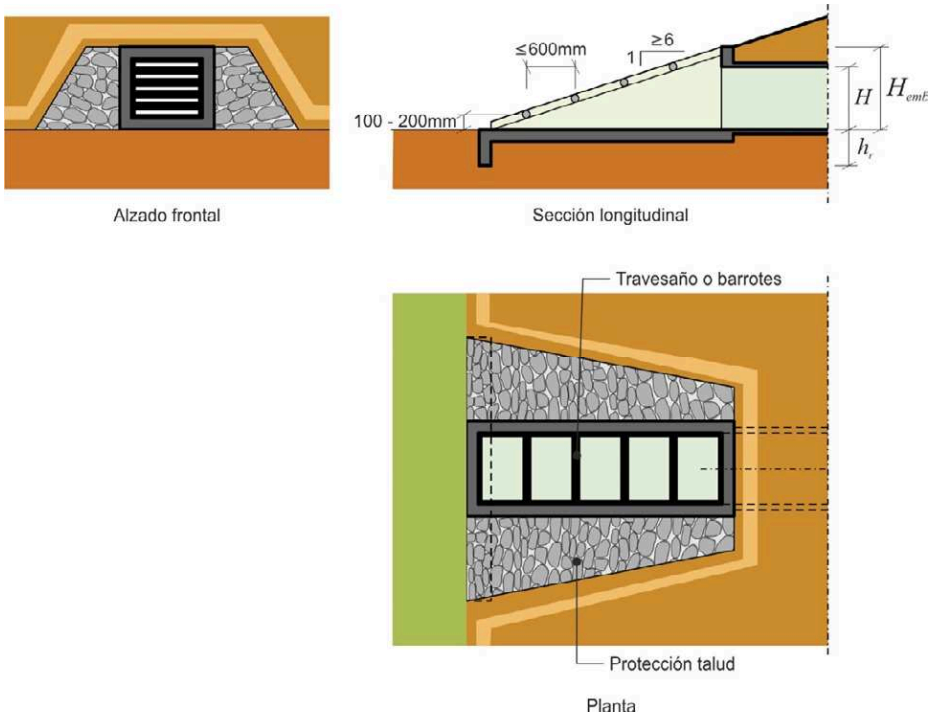


FIGURA 4.13 EJEMPLOS DE EMBOCADURAS ATALUZADAS

– Embocadura exenta (figura 4.14) es aquélla en la que el cuerpo de la ODT se prolonga por fuera del relleno manteniendo su sección sin achaflanar y sin aletas.

Salvo justificación expresa del proyecto, no se deben disponer embocaduras exentas en terraplenes. Cuando la embocadura de salida se sitúe en un muro de sostenimiento, se admite este tipo de salida, siempre que el vertido no erosione el pie del muro o sea directo a una masa de agua.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

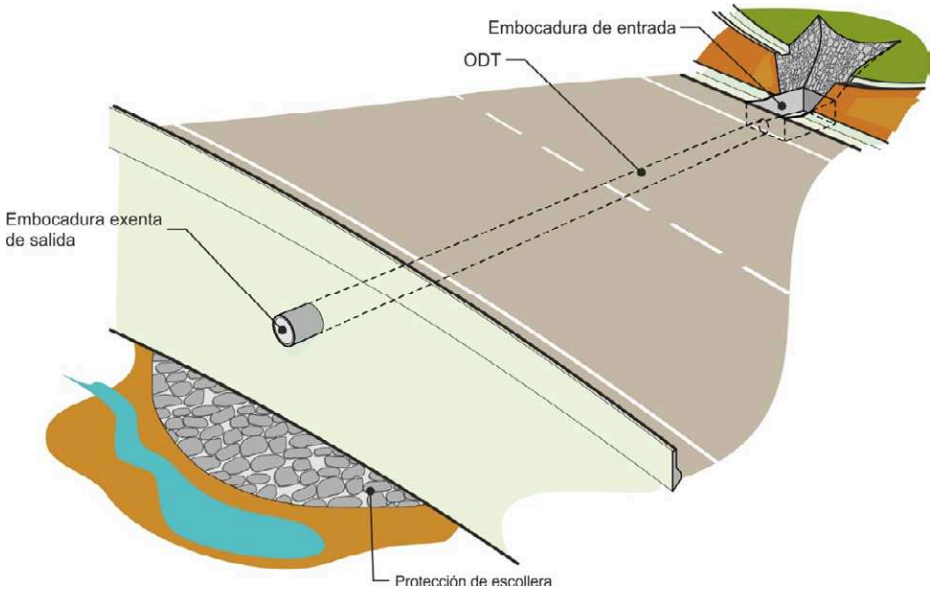
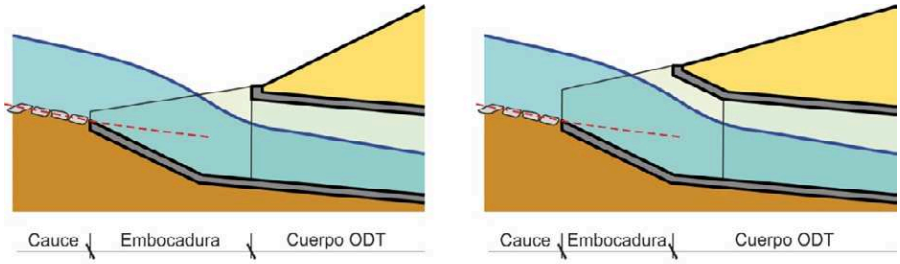


FIGURA 4.14 EJEMPLO DE EMBOCADURA EXENTA

– En determinadas circunstancias en el proyecto se podrá justificar el empleo de otros tipos de embocaduras específicas para procurar una mejora de la capacidad de desagüe, como las que presentan solera de entrada deprimida (figura 4.15). En este tipo de embocaduras pueden producirse aterramientos (ya que el cauce tenderá a restituir su rasante original) que requieren proyectar un acceso y realizar operaciones de limpieza con mayor frecuencia que en el caso general.



EMBOCADURA CON SOLERA DEPRIMIDA

EMBOCADURA ABOCINADA CON SOLERA DEPRIMIDA

FIGURA 4.15 EJEMPLO DE EMBOCADURAS DE SOLERA DE ENTRADA DEPRIMIDA

Cuando la embocadura de salida esté elevada en el terraplén (figura 4.10 c y d), en el proyecto se deberá disponer una bajante con capacidad hidráulica suficiente y, cuando sea necesario, elementos de disipación de energía. En la figura 4.16 se representa un ejemplo de bajante escalonada a la salida de una ODT.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

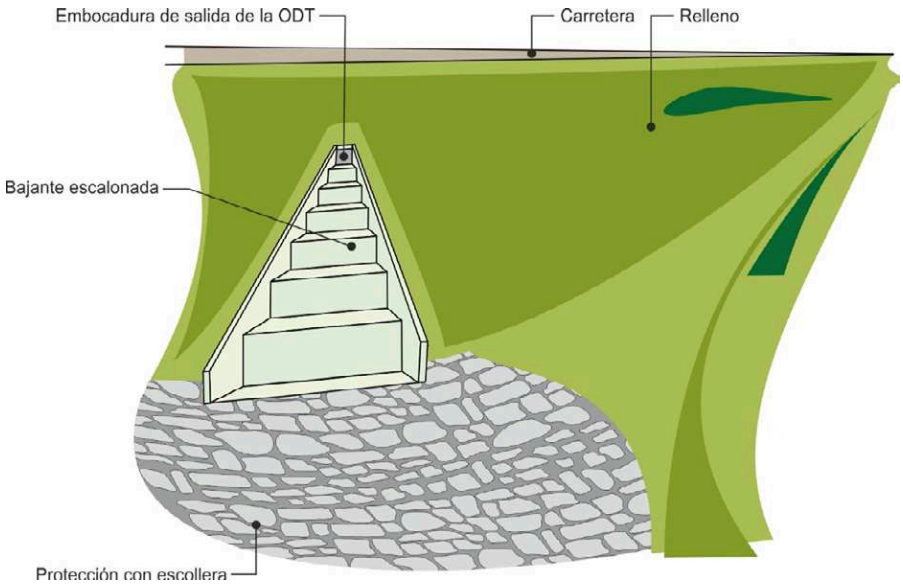


FIGURA 4.16 EJEMPLO DE EMBOCADURA CON BAJANTE ESCALONADA

b) Embocaduras en desmonte

Las embocaduras de entrada correspondientes a una sección en desmonte (figuras 4.10 b y 4.17) suelen consistir en:

- Una arqueta a la que desagua, a través de un sumidero, el drenaje de plataforma y márgenes de la carretera (véase ejemplo en la embocadura del colector transversal de la figura 3.1)
- Un cuenco de recogida de aguas, con o sin bajantes, con una embocadura como las descritas para los terraplenes (véase figura 4.17)
- Otras que el proyecto justifique convenientemente.

Excepcionalmente pueden proyectarse embocaduras de salida en desmonte que suelen implicar cambios bruscos de dirección en la corriente y grandes sobre-levaciones localizadas. El desagüe se produce generalmente a encauzamientos o bajantes escalonadas (figura 4.18).

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

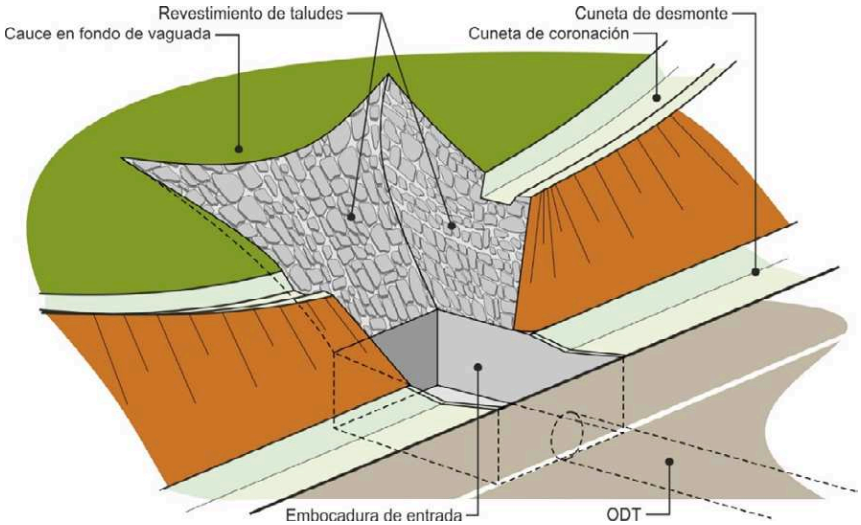


FIGURA 4.17 EJEMPLO DE EMBOCADURA DE ENTRADA EN UNA SECCIÓN EN DESMONTE

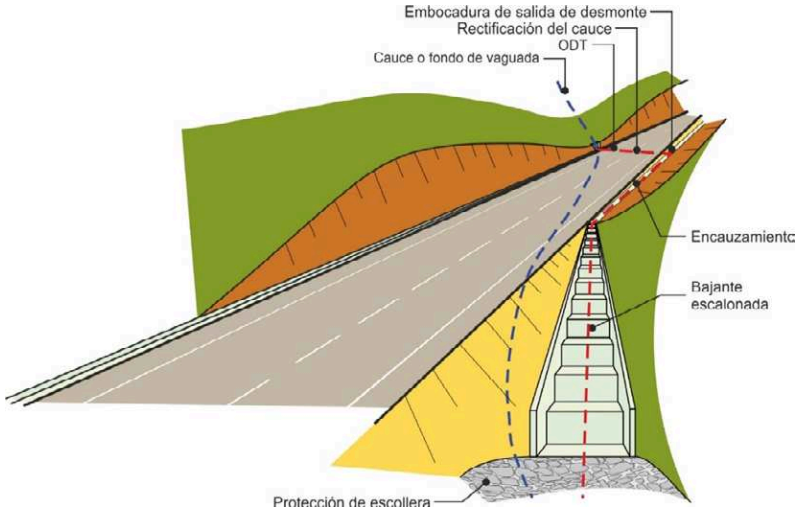


FIGURA 4.18 EJEMPLO DE EMBOCADURA DE SALIDA EN UNA SECCIÓN EN DESMONTE

4.4.2 Encaje de las ODT en el relleno

Atendiendo al encaje del perfil longitudinal de la ODT en el relleno, se deben considerar los siguientes casos:

- Instalación en zanja (véase figura 4.19 a))
- Instalación en un relleno (véase figura 4.19 b))
- Instalación en zanja realizada en un relleno (véase figura 4.19 c)

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

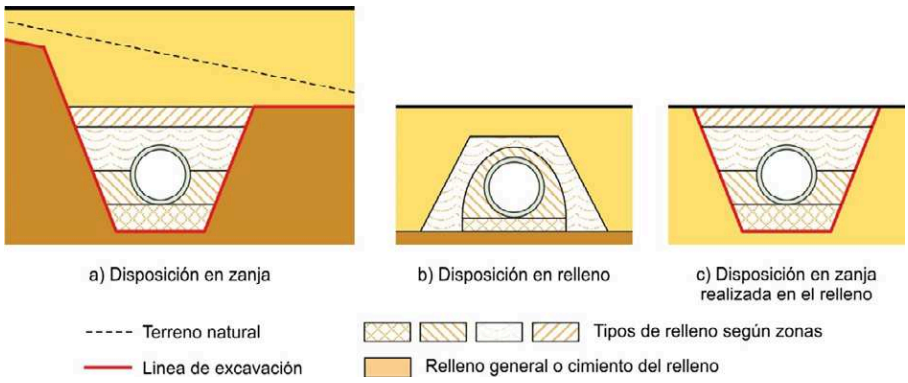


FIGURA 4.19 ENCAJE DE LA ODT EN EL RELLENO

En el cálculo estructural (epígrafe 4.4.7) se debe tener en cuenta el caso de que se trate y definir el tipo de rellenos a efectuar alrededor de la ODT. Estos rellenos se deben definir también considerando la diferencia de cotas entre la ODT y la rasante para conseguir una transición de rigidez adecuada, tanto verticalmente como en dirección longitudinal a la carretera.

4.4.3 Sección transversal

4.4.3.1 Dimensión libre mínima

La dimensión libre mínima de la sección transversal de una ODT de un solo tramo, D_L, se debe medir entre sus caras interiores y se define en función de la longitud de la obra entre las embocaduras de entrada y de salida. Su valor se debe determinar a partir de la tabla 4.1, salvo que la Administración Hidráulica prescriba un valor superior.

TABLA 4.1.- DIMENSIÓN MÍNIMA RECOMENDADA DE UNA ODT EN FUNCIÓN DE SU LONGITUD

***L* (m)**	***D_L* (m)**
L (m) < 3	D_L (m) ≥ 0,6
3 ≤ L (m) < 4	D_L (m) ≥ 0,8
4 ≤ L (m) < 5	D_L (m) ≥ 1,0
5 ≤ L (m) < 10	D_L (m) ≥ 1,2
10 ≤ L (m) < 15	D_L (m) ≥ 1,5
L (m) ≥ 15	D_L (m) ≥ 1,8

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

La dimensión D_L de la tabla 4.1 hace referencia a (figura 4.20):

- Sección circular: Diámetro
- Sección rectangular: Lado menor
- Resto de secciones: El diámetro del mayor círculo que se pueda inscribir en la sección.

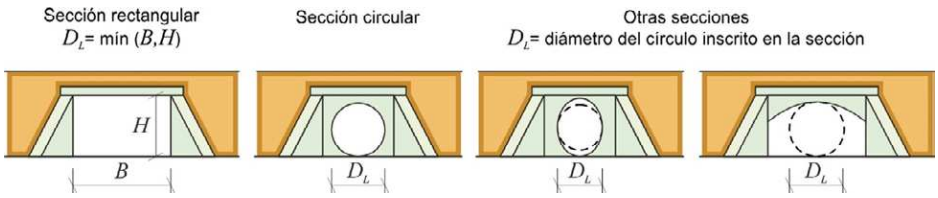


FIGURA 4.20 DIMENSIÓN LIBRE MÍNIMA

En las ODT que presenten varios tramos subterráneos separados por encauzamientos al aire libre, la dimensión libre mínima D_L en cada tramo será la mayor entre:

- La que le corresponde de acuerdo con la tabla 4.1.
- La mayor de entre las correspondientes a los tramos situados aguas arriba

En el proyecto se puede justificar la adopción de valores inferiores, que deben establecerse caso por caso.

Las obstrucciones por arrastre de cuerpos deben evitarse mediante dispositivos u obras específicas de protección aguas arriba de las ODT, que se deben definir en el proyecto.

Las dimensiones mínimas de los elementos de drenaje transversal de vías de servicio, reposiciones de caminos y otros viales ubicados inmediatamente aguas arriba o abajo de la carretera principal, se deben definir de conformidad con lo especificado en el capítulo 5.

4.4.3.2 Secciones especiales para paso de fauna

Cuando en el proyecto se determine que es necesario facilitar el paso de fauna por una ODT se pueden proyectar secciones o dispositivos especiales que requieren un cálculo hidráulico específico, tales como:

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- Canal de aguas bajas
- Obra semienterrada (lecho móvil)
- Escalas de peces
- Rampas en arquetas para pequeña fauna
- Otras

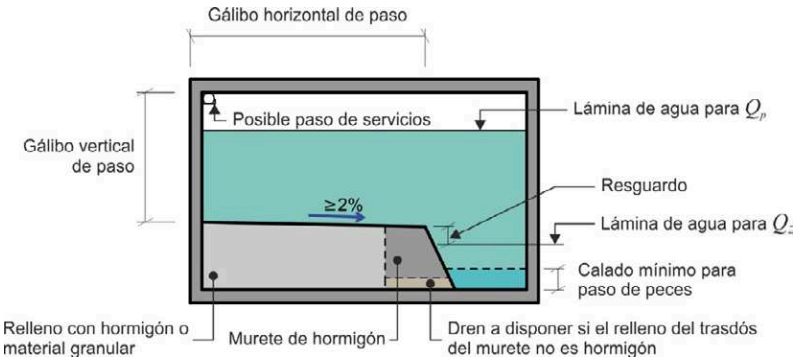


FIGURA 4.21 EJEMPLO DE SECCIÓN TRANSVERSAL ADAPTADA PARA PASO DE FAUNA

4.4.4 COMPROBACIÓN HIDRÁULICA

Los tramos enterrados de las ODT (epígrafe 4.4.1.1) son conductos rectos de sección constante entre su entrada y su salida. Cada conducto presenta una curva característica que relaciona el caudal que desagua a través de él, Q, con la cota que alcanza la lámina de agua inmediatamente aguas arriba del conducto, medida a partir de la cota de la solera a su entrada, H_E (véase figura 4.22). Dicha curva es función de su sección transversal, pendiente, rugosidad y tipos de entrada y salida.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

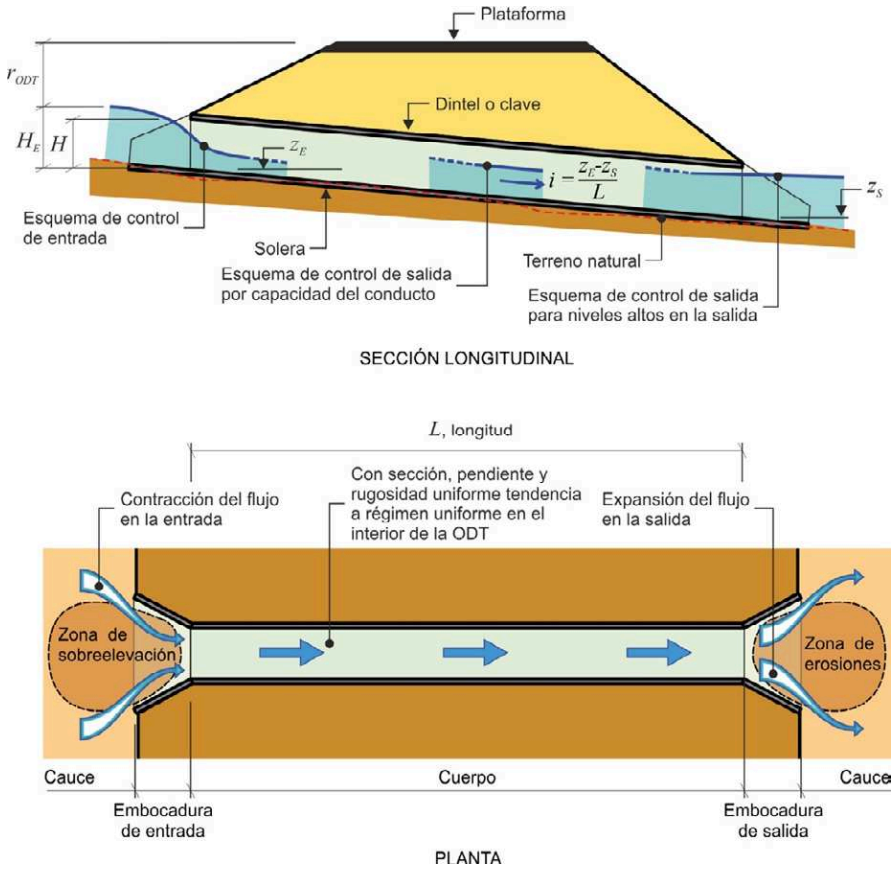


FIGURA 4.22.- ESQUEMA DE UNA ODT

En la definición de la curva característica (véase figura 4.23) se diferencian distintos tramos dependiendo de las secciones de control que se produzcan:

- Control de entrada, cuando la capacidad de desagüe de la ODT viene dada por la capacidad de la entrada.
- 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.
- Desbordamiento a otras cuencas primarias o por encima de la calzada.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

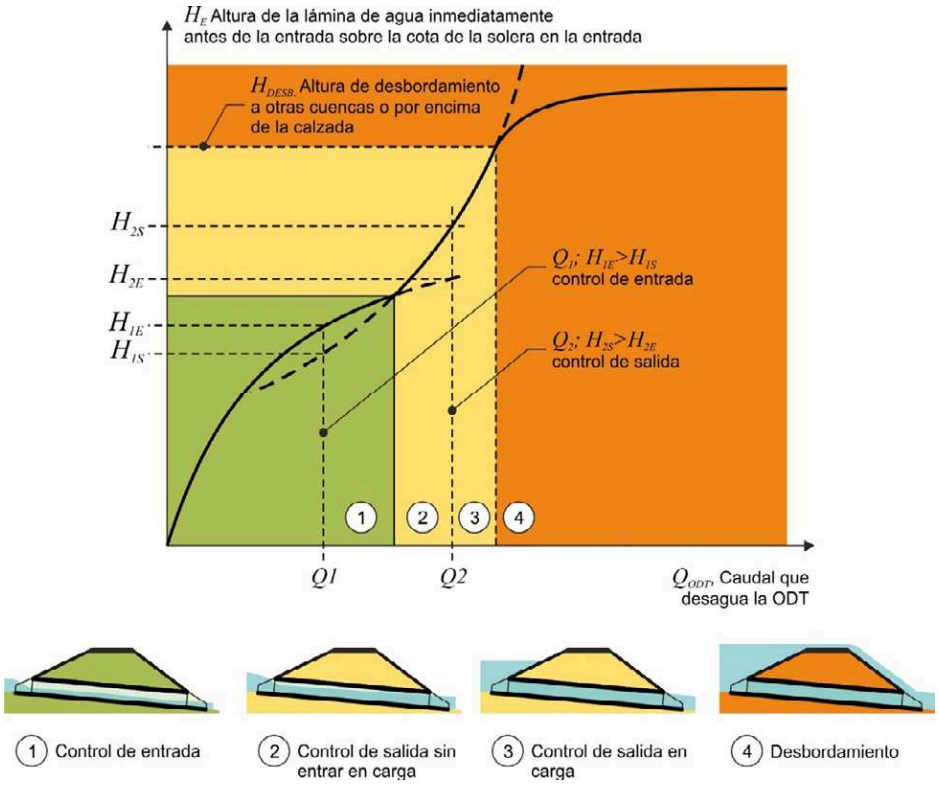


FIGURA 4.23.- CURVA CARACTERÍSTICA DE UNA ODT

Las ODT se deben proyectar para cumplir las siguientes condiciones relativas al caudal de proyecto Q_P:

- Con carácter general deben funcionar con control de entrada. No obstante en el proyecto se puede justificar la adopción de un criterio diferente.
- La sobreelevación del nivel de la corriente provocada por la presencia de la ODT será el menor valor de entre los dos siguientes:
  - Cincuenta centímetros (50 cm)
  - La correspondiente a una altura de lámina de agua a la entrada del conducto inferior a uno coma dos veces la altura libre del conducto (H_E < 1,2 H).

  En casos excepcionales, con la conformidad de la Administración Hidráulica, se podrá justificar la utilización de criterios distintos a los anteriores.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- Con carácter general, el resguardo libre existente hasta la plataforma (figura 4.22) debe ser superior a cero coma cinco metros ($r_{ODT} \geq$ 0,5 m). No obstante en el proyecto se puede justificar la adopción de un criterio diferente.
- Cuando a la entrada o a la salida de una ODT la lámina de agua entre en contacto con el relleno se tendrán en cuenta la velocidad de la corriente y las características del material que lo constituye para disponer las protecciones necesarias.
- La velocidad debe ser inferior a la máxima admisible en función del material de la ODT (véase tabla 3.2).
- A la salida se debe producir la continuidad o expansión del flujo al incorporarse al cauce natural sin generar erosiones ni aterramientos, proyectando las medidas necesarias en su caso.

En el proyecto se debe incluir la curva característica de cada ODT, que relaciona el caudal desaguado con la altura de lámina de agua a la entrada (Q, H_E).

4.4.5 Erosiones y aterramientos

4.4.5.1 Erosiones

En un cauce con una ODT se debe distinguir entre:

- Erosión evolutiva: En los casos en que el cauce natural no hubiera alcanzado un perfil de equilibrio sino que estuviese evolucionando hacia otro con pendiente inferior (figura 4.24).
- Erosión localizada: La que se debe directamente a la presencia de la ODT (figura 4.24)

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

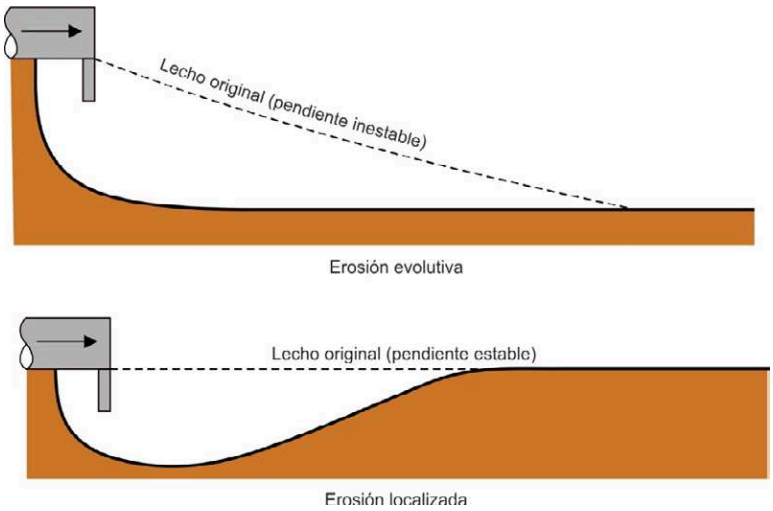


FIGURA 4.24.- TIPOS DE EROSIÓN A LA SALIDA DE UNA ODT

La corrección de la erosión evolutiva requiere actuaciones en el cauce que, en general, exceden del alcance de esta norma. En cualquier caso, durante la explotación de la carretera se debe observar el comportamiento de los cauces en este sentido (apartado 6.2).

Las protecciones frente a la erosión localizada pueden proyectarse en función de la velocidad a la salida de la ODT para el caudal de proyecto, o estimarse mediante procedimientos simplificados a partir de las características del flujo en la ODT.

4.4.5.2 Aterramientos

En general las ODT que respetan la cota, pendiente del cauce y orden de magnitud de su anchura para avenidas cuyo período de retorno no supere los diez años ($T \leq 10$ años), no suelen presentar problemas de aterramiento. Debe tenerse en cuenta que cuando el conducto tenga la solera deprimida el cauce tenderá a restituir la rasante original de su lecho.

En perfiles de escasa pendiente podrá estimarse el riesgo de aterramiento por medio del parámetro i:

$$i = \frac{L}{H}\left(J_0\sqrt{b/B} - j\right)$$

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

donde:

L = Longitud del conducto

H = Altura del conducto

j = Pendiente del conducto

J_0 = Pendiente del cauce

B = Anchura del conducto. En el caso de sección circular se tomará el diámetro

b = Se tomará el mayor valor de entre B y la anchura del cauce natural

Si i < 0,1 se puede considerar que el riesgo de aterramiento es bajo. En caso contrario deben analizarse las soluciones siguientes:

- Modificación del proyecto de la ODT, actuando sobre su trazado o su sección transversal.
- Construcción de areneros o balsas de retención de sedimentos, aguas arriba de la ODT.

4.4.6 Materiales

Salvo justificación en contra en el proyecto, las ODT serán obras de hormigón in situ o prefabricado y deberán cumplir la vigente Instrucción de Hormigón Estructural.

El hormigón debe estar dosificado de forma que se consiga una durabilidad adecuada, teniendo en cuenta las singularidades de las ODT por estar en contacto con agua que puede tener sales disueltas y producir erosión. En particular en cuencas con presencia de yesos se debe analizar la conveniencia de utilizar cementos sulforresistentes.

Cuando se utilicen elementos prefabricados deberán tener el correspondiente marcado CE, su declaración de prestaciones y las instrucciones, información de seguridad y normas de producto que les sean de aplicación, las cuales deberán ser especificadas en el proyecto.

4.4.7 Cálculo estructural de las ODT

El cálculo estructural de los marcos, aletas, frontales, muros, así como de cualquier otro elemento estructural debe abordarse de acuerdo con la normativa sobre

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

acciones y cálculo de aplicación a los proyectos de carretera. Cuando sean de hormigón deberán cumplir la vigente Instrucción de Hormigón Estructural.

El cálculo de elementos prefabricados que tengan norma de producto que incluya métodos de cálculo y categorías resistentes asociadas, se debe realizar de acuerdo con lo dispuesto en sus correspondientes normas, las cuales deberán ser especificadas en el proyecto.

4.5 Rellenos

4.5.1 Consideraciones generales

Se debe tener en cuenta la posibilidad de que los rellenos sean alcanzados por láminas de agua, así como la velocidad y altura de la corriente. Esta situación puede provocar la erosión de los espaldones y percolación de agua en el interior del relleno.

Para evitar la erosión del relleno, en el proyecto se debe estudiar la posibilidad de:

- Cambiar el trazado de la carretera.
- Encauzar o cambiar la dirección de la corriente para que no afecte al relleno.
- Proteger el espaldón del relleno contra la erosión provocada por la corriente disponiendo para ello escollera u otro tipo de unidades de obra a definir en el proyecto.

La percolación de agua en el relleno por la lámina de agua puede incidir sobre la estabilidad del relleno, por lo que en el proyecto se debe analizar:

- El equilibrio global teniendo en cuenta que:
    - La formación de la línea de saturación (véase figura 4.25) requiere un período de tiempo que depende de la permeabilidad del relleno. La situación más desfavorable se suele producir cuando hay un descenso rápido de la lámina de agua.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- En rellenos apoyados sobre laderas (epígrafe 3.3.4.4), la formación de la línea de saturación se puede desarrollar de un modo lento y progresivo por repetición de episodios de aparición de láminas de agua asociadas a períodos de retorno bajos, que alcancen el espaldón situado aguas arriba (véase figura 3.25).

– La rotura hidráulica por tubificación (véase figura 4.26). Se puede considerar que el riesgo de tubificación es bajo cuando:
  - Las curvas granulométricas son continuas.
  - Se cumple que $D_{15} < 5\ D_{85}$

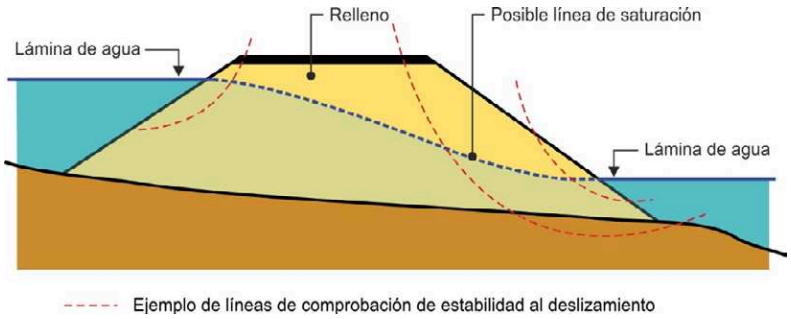


FIGURA 4.25.- EJEMPLO DE SITUACIONES DE INESTABILIDAD DE RELLENOS CON LÁMINAS DE AGUA

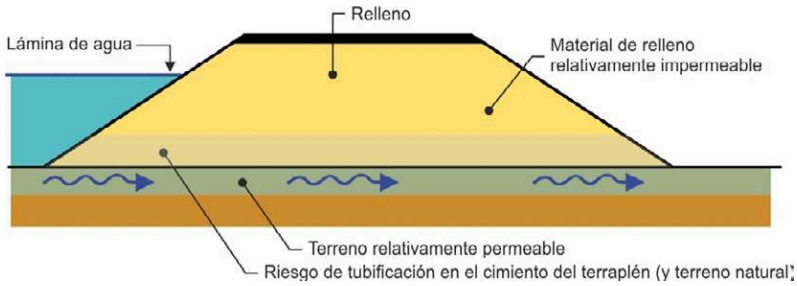


FIGURA 4.26.- EJEMPLO DE SITUACIÓN EN LA QUE SE PODRÍA PRODUCIR TUBIFICACIÓN

4.5.2 Zonificación de la sección transversal en rellenos alcanzados por lámina de agua

Con objeto de hacer frente a los problemas citados anteriormente, los materiales a utilizar en el relleno deben cumplir determinadas características en función de la cota de la lámina de agua considerada (véase figura 4.27):

– La correspondiente al caudal de período de retorno de diez años (T = 10 años) más un resguardo a establecer en el proyecto, que debe ser

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

superior o igual a cero coma cinco metros ($r_{10} \geq 0{,}5$ m). Por debajo de dicha cota los materiales deben ser algunos de los que se indican a continuación:

- Escollera con las propiedades mecánicas y husos granulométricos adecuados a la función de protección hidráulica. Debe estar separada del resto del relleno por un filtro.
- Pedraplén o relleno todo uno cuyo pase por el tamiz cero coma cero sesenta y tres sea menor del cinco por ciento (# 0,063 < 5 %), estables frente al desmoronamiento en agua, conforme a los criterios de los artículos 331 y 333 del PG - 3.

– La correspondiente al caudal de período de retorno de cien años (T = 100 años) por debajo de la cual los materiales deben ser:

- Materiales como los requeridos para su ubicación bajo la cota correspondiente al caudal de período de retorno de diez años (T = 10 años) más el resguardo establecido en el proyecto.
- Suelos seleccionados o adecuados.
- Suelos tolerables que cumplan simultáneamente:
  - Pase por el tamiz cero coma cero sesenta y tres menor del veinticinco por ciento (# 0,063 < 25 %).
  - Atendiendo a criterios de plasticidad, presentar valores propios de los suelos adecuados o seleccionados.

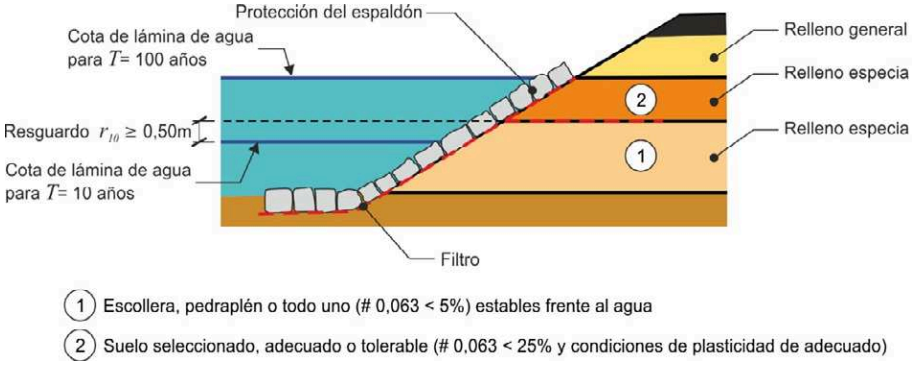


FIGURA 4.27.- ZONIFICACIÓN DE RELLENOS ALCANZADOS POR LÁMINAS DE AGUA

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Cuando sea necesario disponer protecciones de escollera u otro tipo sobre los espaldones de los rellenos, deben alcanzar al menos la cota de la lámina de agua correspondiente al caudal de período de retorno de cien años (T = 100 años). Se debe proyectar un filtro entre la protección y el relleno.

Para tratar de evitar fenómenos de erosión interna, tanto en las ODT como en cualquier otro conducto que discurra por el relleno, las juntas de construcción in situ o entre elementos prefabricados deben ser impermeables.

La ejecución de ODT que discurran por materiales sensibles al agua, o bien en rellenos en que se prevea la existencia de asientos postconstructivos importantes, requiere proyectar medidas especiales, adicionales a las anteriores, tales como encamisado de tubos o sellado de juntas.

4.5.3 RESGUARDO DE LOS RELLENOS

En zonas alcanzadas por láminas de agua ajenas a los elementos de drenaje de plataforma y márgenes, las aristas superiores de los rellenos (cabezas de taludes de terraplén) deben presentar una diferencia de cota con respecto a la lámina de agua de la avenida de periodo de retorno quinientos años superior a medio metro $r_r(T$ = 500 años$)$ > 0,50 m (véase figura 4.28)

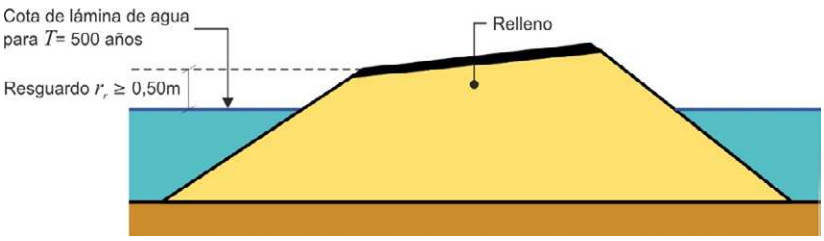


FIGURA 4.28.- RESGUARDO DE LOS RELLENOS

4.6 Planas inundables

Donde la carretera discurra en terraplén por zonas llanas amplias en las que no existan cauces claramente definidos y, en general, en las llanuras de inundación, se debe efectuar un estudio del esquema de flujo al paso del caudal de proyecto. Este análisis debe efectuarse con carácter general mediante modelos hidráulicos de tipo bidimensional que permitan definir la ubicación de las obras, el reparto de caudales entre ellas y obtener las sobreelevaciones, velocidades y tiempo de duración de la inundación que resulte.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Normalmente se proyectarán puentes u ODT en los puntos más bajos del terreno y en otros elegidos adecuadamente para colaborar al paso del caudal, al control de las sobreelevaciones y a la disminución del tiempo de inundación, que no debe incrementarse significativamente.

Para tratar de asegurar en las zonas planas sin cauces bien definidos el funcionamiento del drenaje transversal, se debe comprobar que se cumplen las condiciones de los apartados 4.3 y 4.4, añadiendo las siguientes consideraciones:

- ODT con dimensión libre mínima de la sección transversal inferior a un metro y ochenta centímetros *(D_L < 1,80 m):* Reducción de la sección de desagüe en un cincuenta por ciento (50%). En el proyecto se puede modificar justificadamente este valor en función de las características particulares de cada obra y su emplazamiento.
- Consideración de la capacidad de drenaje de los pasos inferiores.
- Posibilidad de proyectar obras de alivio cuya dimensión libre mínima sea superior a un metro y ochenta centímetros *(D_L > 1,80 m)*

Cuando no exista cauce definido en el punto de desembocadura de una ODT se debe estudiar la posibilidad de proyectar a su salida un cunetón u otro tipo de obra, que permita el reparto del caudal longitudinalmente a la carretera (véase figura 4.29).

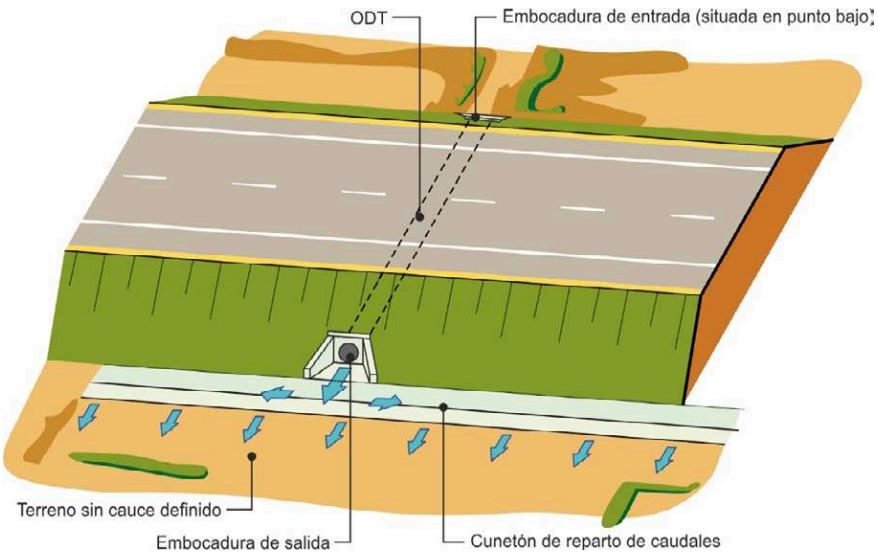


FIGURA 4.29.- EJEMPLO DE CUNETÓN DE REPARTO DE CAUDALES

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

CAPÍTULO 5. DRENAJE DE OBRAS VARIAS

5.1 Drenaje de las vías y los caminos de servicio

El drenaje de las vías y de los caminos de servicio se debe proyectar de forma conjunta con el de la obra principal, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Los caminos y vías de servicio deben disponer de cunetas o caces en los bordes de su propia plataforma, que en algún caso pueden ser comunes con los de la carretera principal.
  En el proyecto se puede determinar que el resguardo establecido en el epígrafe 3.2.2, para el camino o vía de servicio, se reduzca hasta cero y se permita la existencia de lámina de agua en el arcén.
- Con carácter general, las dimensiones de los elementos de drenaje transversal deben ser iguales a las de la obra principal, aun cuando no les corresponda atendiendo a la longitud de la obra de drenaje transversal (ODT), de acuerdo con lo especificado en el epígrafe 4.4.3. No obstante, en el proyecto se puede justificar, la adopción de un criterio diferente siempre que se garantice la evacuación del caudal de proyecto.
- Cuando la IMD de proyecto del camino o vía de servicio sea inferior a quinientos ($IMD_S < 500$), en el proyecto se puede justificar que la evacuación de avenidas se produzca con circulación de la corriente sobre superficies destinadas a la rodadura. Para ello se proyectará un badén (véase figura 5.1) de acuerdo con los siguientes criterios:

    - Estará formado por una losa de hormigón con la anchura del vial, ubicada sobre uno o varios tubos que permitan la evacuación del caudal de período de retorno de diez años (T = 10 años). La dimensión libre mínima de cada tubo se debe establecer de acuerdo con lo especificado en el epígrafe 4.4.3.

    - La capacidad hidráulica del badén será tal que permita la evacuación del caudal de proyecto sin producir daños.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

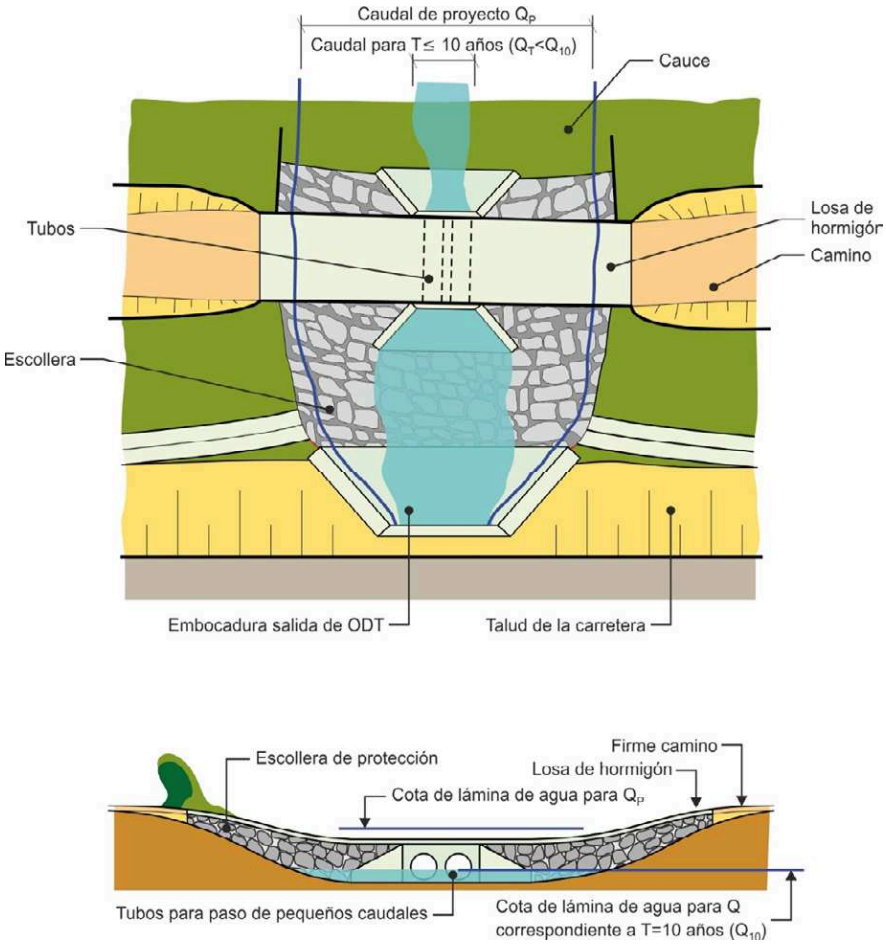


FIGURA 5.1.- EJEMPLO DE BADÉN

5.2 Zonas de estacionamiento

Las zonas de estacionamiento, áreas de descanso, de servicio y otras zonas exteriores a la plataforma de la carretera, deben incluir redes de drenaje superficial independientes, que no viertan a las redes de drenaje de plataforma y márgenes de la carretera u otras vías destinadas a la circulación.

Cuando la zona de estacionamiento se sitúe en una cuenca principal su contribución al caudal de proyecto se debe tener en cuenta en la comprobación del drenaje transversal de la carretera.

El aparcamiento debe presentar una geometría que garantice el drenaje de la escorrentía. Su línea de máxima pendiente en cada punto debe tener una inclinación superior o igual al uno por ciento ($i \geq 1\%$) y disponerse con vertido a una o varias aguas al exterior de la plataforma de estacionamiento, o a sumideros dispuestos en

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

su interior. Para ello se deben trazar planos con líneas de nivel a la equidistancia suficiente para permitir la correcta identificación de las superficies vertientes.

Se deben disponer una o varias redes perimetrales al aparcamiento, que lo rodeen por completo, para captar y conducir la escorrentía de su propia superficie y la de los terrenos circundantes vertientes hacia el aparcamiento.

Cuando la zona de estacionamiento se sitúe sobre una vaguada, se podrá:

- Resolver su drenaje transversal conforme a los criterios del capítulo 4.
- Realizar un encauzamiento independiente de la red perimetral del aparcamiento.

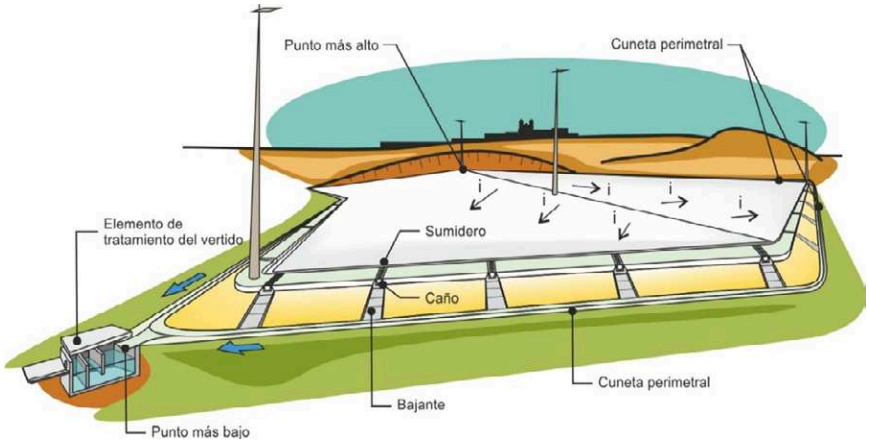


FIGURA 5.2.- EJEMPLO DE DRENAJE DE UN APARCAMIENTO DE VIALIDAD INVERNAL

En los aparcamientos de vialidad invernal se debe disponer antes del punto de vertido un arquetón, balsa o sistema análogo (véase epígrafe 3.4.9) que permita evitar vertidos accidentales. En el resto de los casos, se debe estudiar la conveniencia de disponer alguno de estos sistemas.

5.3 Obras efectuadas en la carretera con posterioridad a su entrada en servicio

5.3.1 Obras que implican la ampliación de la plataforma

5.3.1.1 Drenaje transversal

En el proyecto de las obras que implican la ampliación de la plataforma existente se deben calcular las obras para drenaje transversal considerando la nueva plataforma de acuerdo con los criterios del capítulo 4, aunque no consten antecedentes de funcionamiento deficiente.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

a) ODT

El proyecto de las obras de ampliación debe tener en cuenta el estado de las ODT existentes y en función de ello proceder a:

- Validación de la ODT existente:
  - Con prolongación de la ODT.
  - Sin prolongación de la ODT:
    - Con modificación de las embocaduras.
    - Sin modificación de las embocaduras.
- Demolición de la ODT existente y construcción de una nueva, con las mismas características en toda su longitud.

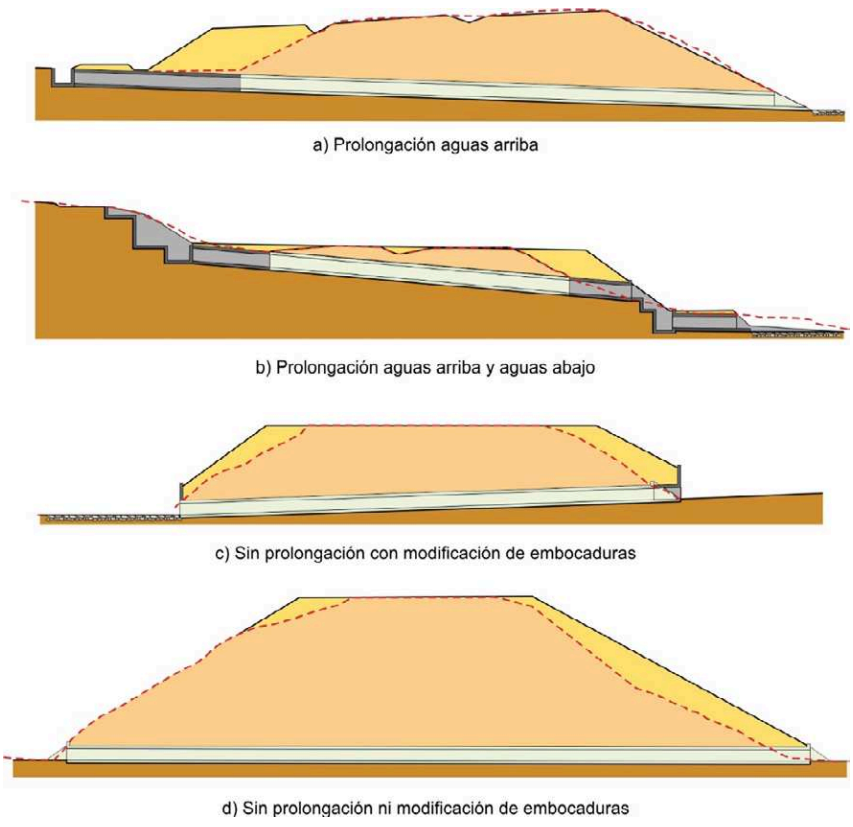
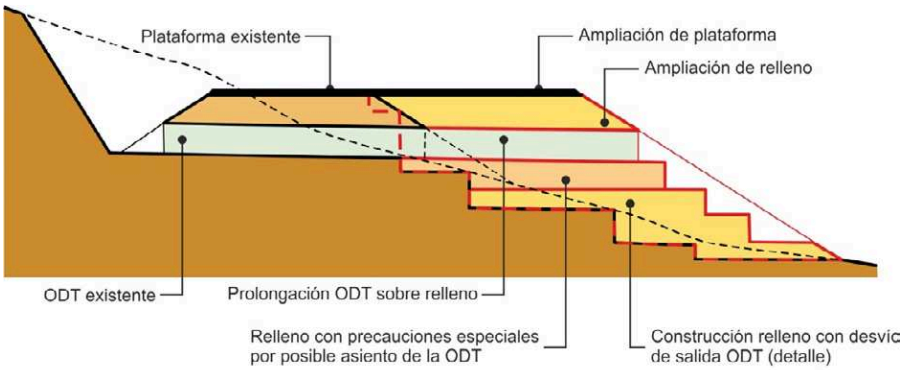


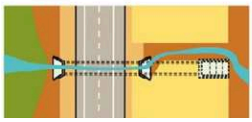
FIGURA 5.3.- EJEMPLOS DE ACTUACIONES EN ODT EN OBRAS CON AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Cuando se valide la ODT existente se debe atender a los siguientes criterios:

- La prolongación de la ODT debe respetar la tipología y alineación de la obra existente.
- En el proyecto se debe definir la sección de empalme y el procedimiento constructivo a seguir para garantizar su estanqueidad y su buen comportamiento estructural.
- Cuando la prolongación de la ODT se apoye en una ampliación del relleno, se debe proyectar para tratar de minimizar los asientos diferenciales en relación con el relleno preexistente (véase figura 5.4)





Detalle: Esquema de desvío de salida ODT durante la construcción del relleno

FIGURA 5.4.- EJEMPLO DE PROLONGACIÓN DE ODT SOBRE RELLENO

Cuando las obras implican un incremento de la cota de la rasante por recrecido de rellenos se debe partir del conocimiento previo de las características mecánicas de los elementos y sistemas de drenaje. En el proyecto se deben incluir los cálculos de la situación correspondiente a la obra terminada y concluir con la validación, modificación o demolición del drenaje preexistente, acorde a la nueva situación de cargas (véase figura 5.5).

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

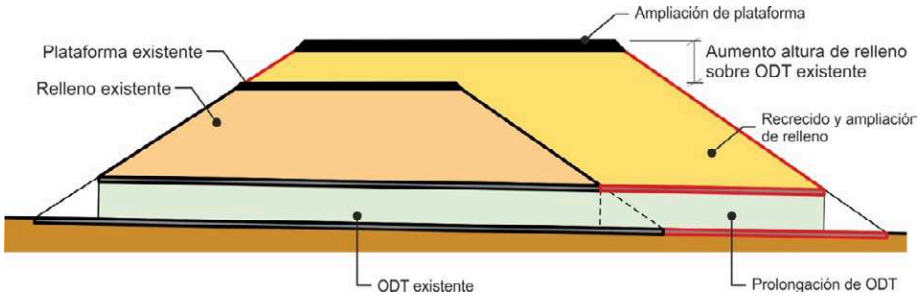


FIGURA 5.5.- EJEMPLO DE OBRA DE AMPLIACIÓN CON INCREMENTO DE COTA DE LA RASANTE

La dimensión libre mínima de la ODT se debe establecer según lo indicado en el epígrafe 4.4.3 de acuerdo con la nueva longitud total resultante.

Cuando ello dé lugar a que se requiera una dimensión libre mayor que la preexistente, en el proyecto se debe analizar justificadamente la posibilidad de mantener el diámetro anterior si con éste se puede evacuar el caudal de proyecto. Cuando se decida no aumentar la dimensión libre mínima, el nuevo tramo debe mantener dicho diámetro, excepto cuando el tramo de prolongación de la ODT se proyecte aguas abajo y separado del preexistente por una arqueta o encauzamiento, en cuyo caso se debe proyectar con el diámetro definido según 4.4.3 (véase figura 5.6).

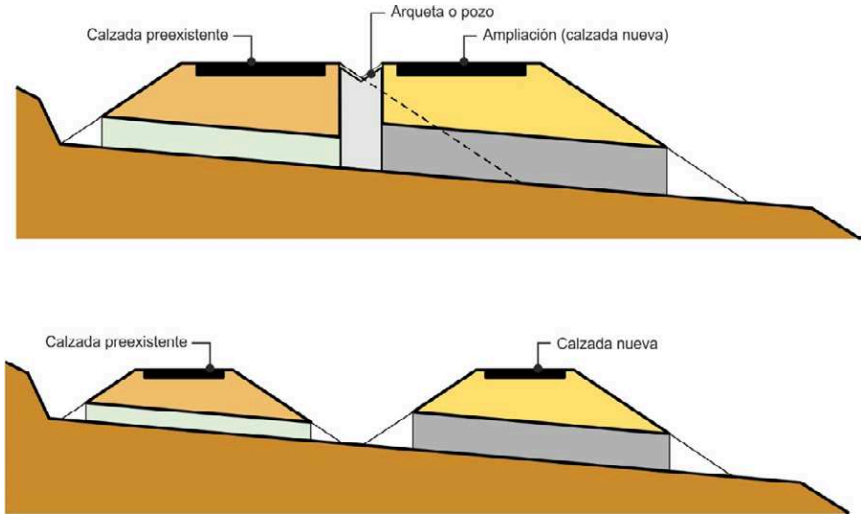


FIGURA 5.6.- EJEMPLO DEL CASO PARTICULAR DE PROLONGACIÓN CON DIMENSIÓN MÍNIMA DISTINTA A LA DE LA ODT EXISTENTE.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

b) Puentes

En todos los casos se deben efectuar los cálculos completos de la solución adoptada. En el proyecto se puede justificar la validación de una estructura existente si no se cumple alguna de las prescripciones referidas en los epígrafes 4.3.1 y 4.3.2.

5.3.1.2 Drenaje de plataforma y márgenes

El proyecto de las nuevas redes de drenaje de plataforma y márgenes debe partir del conocimiento y estado tanto de las preexistentes como de las de drenaje subterráneo.

Cuando los elementos de drenaje de plataforma y márgenes (y los del subterráneo, en ciertos casos) queden fuera de servicio, aunque estén enterrados o tapados, se debe proceder a su relleno o demolición por la posibilidad de que capten caudales superficiales o freáticos de forma difícilmente predecible o controlable.

5.3.2 Otras obras

5.3.2.1 Obras de hinca o perforación horizontal

En el proyecto de hinca de cajones, de tuberías, microtúneles y cualquier otro tipo de perforación horizontal ejecutada en un relleno preexistente se debe garantizar que la perforación no atraviesa ni interfiere con los elementos de drenaje de la carretera existente así como con los servicios que permanezcan enterrados. Cuando no puedan evitarse las mencionadas interferencias, en el proyecto debe estudiarse su reposición.

5.3.2.2 Obras de rehabilitación de firmes

En los proyectos de rehabilitación de firmes se debe incluir el estudio del drenaje de plataforma y márgenes que resulta con posterioridad a la ejecución de las obras de acuerdo con los criterios del capítulo 3 de esta norma, incluyendo las modificaciones de los elementos de drenaje que resulten necesarios.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

5.3.2.3 Obras de señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.

Este tipo de obras se debe abordar teniendo en cuenta las necesidades de drenaje de plataforma y márgenes de la carretera. En particular se debe prestar atención a los siguientes aspectos:

- Permeabilidad transversal de las barreras rígidas.
- Precauciones a tomar por posible coincidencia de postes en bocas de entrada a bajantes (véase epígrafe 3.4.3).
- No coincidencia en planta de elementos de señalización y balizamiento o sistemas de contención de vehículos con rejillas, arquetas, sumideros y pozos.

La mayoría de estas cuestiones constituyen reglas de buena práctica que deben verificarse in situ y que por lo general pueden evitarse o resolverse mediante pequeños ajustes, desplazamientos o correcciones.

5.4 Cerramiento

En las carreteras que disponen de cerramiento, éste no debe presentar rotura de continuidad en las embocaduras de las ODT. Deberá pasar por encima de la embocadura o cuando ésta tenga una altura suficiente rematarse contra las aletas (véase figura 3.3).

Cuando las ODT tengan distintos tramos con encauzamientos entre ellas (véase figura 4.6), si los bordes de algún tramo del encauzamiento (interior al cerramiento de la carretera) no constituyen obstáculo suficiente para la impedir la entrada de animales a la carretera, deberá disponerse un cerramiento para impedirla (véase figura 5.7).

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

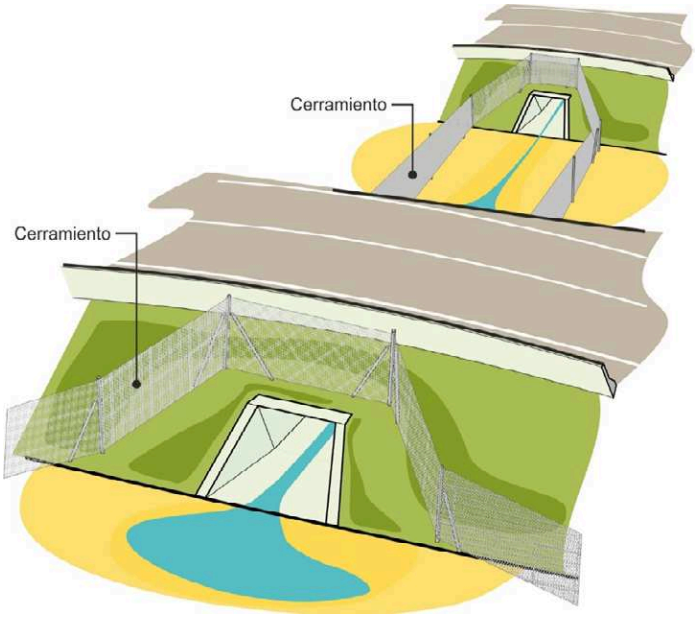


FIGURA 5.7.- EJEMPLO DE CERRAMIENTO EN UN TRAMO DE ENCAUZAMIENTO DE UNA ODT

Cuando el cerramiento cruce cunetas o bajantes, la malla debe disponerse de forma que no puedan entrar animales por debajo. Para que no se dificulte el flujo normal del agua, este tipo de cruce requiere limpieza frecuente.

5.5 Paralizaciones y obras fuera de servicio

5.5.1 PARALIZACIONES DE OBRAS

Cuando por cualquier circunstancia la ejecución de una obra, o parte de ella, quede temporalmente detenida se debe realizar un estudio sobre la situación del drenaje superficial en el momento de la paralización de las obras y tomar las medidas necesarias para minimizar los deterioros que pueda causar el agua en los tajos no terminados, evaluar si la propia estabilidad de la obra pudiera verse comprometida, así como resolver las afecciones a terceros. En particular, se deberá comprobar que:

- Las explanaciones tienen las pendientes transversales adecuadas para evitar encharcamientos.
- En el caso de que se hubiera iniciado la ejecución de los rellenos, su drenaje transversal debe quedar resuelto.
- No se producen filtraciones en cabeceras de taludes que puedan afectar a su estabilidad.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

- No haya elementos de drenaje superficial o de canalizaciones de servicios en fase de ejecución tales que puedan servir de punto de entrada de agua al interior de las explanaciones y rellenos, afectando a su capacidad de soporte y deformabilidad.
- No se produzcan conexiones que permitan la entrada de caudales procedentes del drenaje superficial en los elementos y sistemas del subterráneo.
- En caso de que existan elementos lineales de drenaje que ya recojan agua pero que por no estar finalizados no la conduzcan todavía al punto de desagüe final previsto en el proyecto se deben analizar las condiciones de vertido. En particular, se debe comprobar que no se producen vertidos localizados en puntos en los que se puedan producir erosiones especialmente perjudiciales o que puedan descalzar otros elementos u obras.

5.5.2 Obras fuera de servicio

Determinados tramos de carretera pueden quedar fuera de servicio como consecuencia de la ejecución de modificaciones de trazado, variantes, u otras obras. En el proyecto de las obras que dan lugar a que el tramo quede fuera de servicio se debe resolver el drenaje de estas zonas.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

CAPÍTULO 6. CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN

6.1 Construcción

6.1.1 Consideraciones generales

Las cuestiones específicas relacionadas con la ejecución de unidades de obra propias del drenaje superficial de la carretera se deben definir en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto.

En el proyecto se deben estudiar las situaciones provisionales relacionadas con el drenaje que resulten previsibles durante la construcción.

Los elementos de drenaje superficial se deben replantear previamente a su ejecución con la precisión de cotas y pendientes necesaria para poder comprobar su encaje real en el terreno. Una vez construidos se debe comprobar que el funcionamiento por gravedad es correcto.

6.1.2 Drenaje de las obras durante su construcción

Durante la construcción se debe procurar una disposición de pendientes, superficies, etc. que favorezca el desagüe de la escorrentía que se produzca.

Con carácter general la ejecución de los sistemas de drenaje debe comenzar por el desagüe e ir evolucionando hacia aguas arriba. Se debe tratar de evitar la entrada de agua y la formación de encharcamientos hasta que estas unidades no estén en condiciones de funcionar correctamente evacuando agua según lo previsto en el proyecto.

Se debe efectuar una ejecución secuencial y acompasada entre las explanaciones y los elementos y sistemas de drenaje. Por ejemplo la ejecución de cunetas de guarda en desmontes puede acometerse antes que ellos (véase ejemplo en figura 6.1) y las bajantes deben ejecutarse una vez comprobadas las ubicaciones de las vías preferentes de evacuación de la escorrentía.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

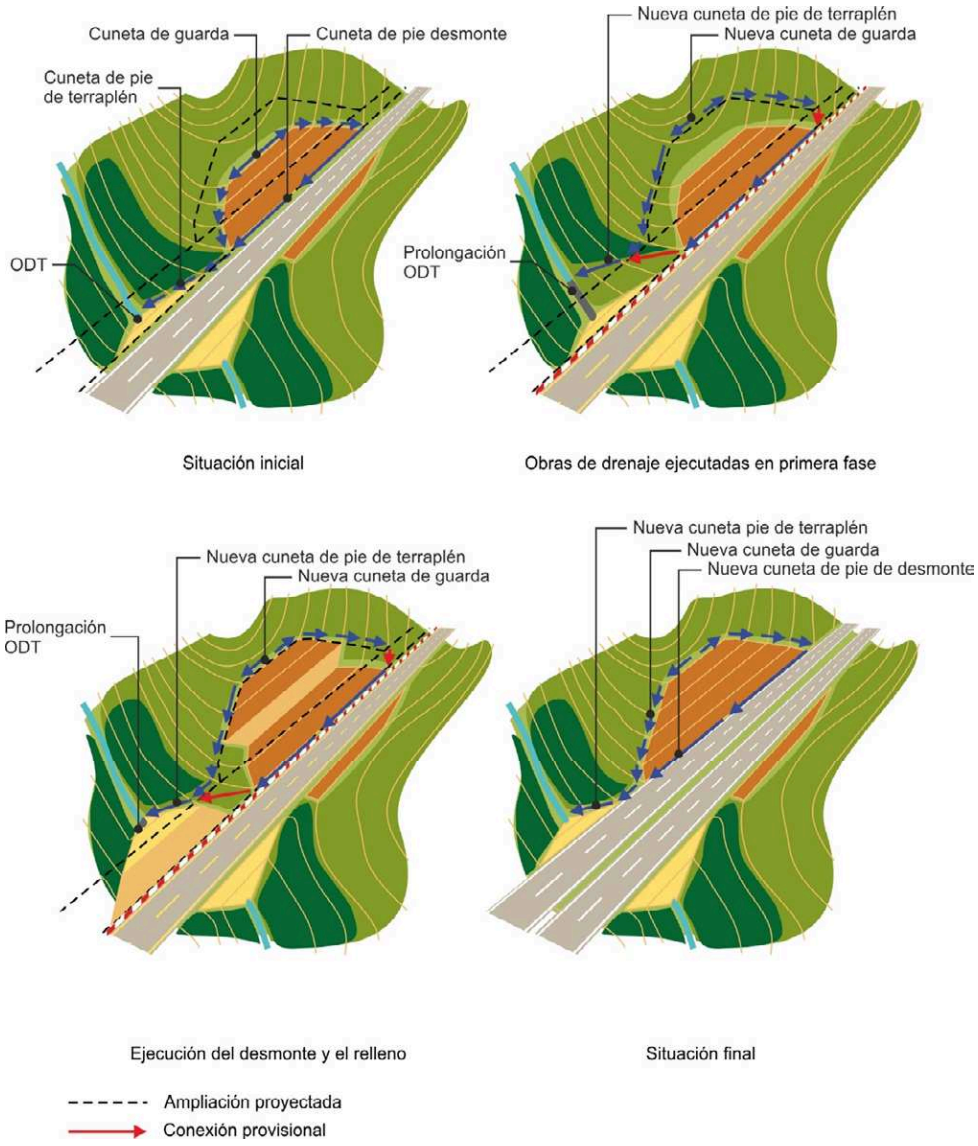


FIGURA 6.1.- EJEMPLO DE ORDEN DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE

Se debe tener en cuenta la necesidad de asegurar el drenaje superficial de las explanaciones y capas de firme durante su construcción, en las que se debe evitar la formación de encharcamientos. La terminación provisional de cada una de las tongadas o capas será acorde con lo especificado el respecto en el correspondiente artículo del PG - 3.

La colocación de bordillos anticárcavas, ubicación de bocas de entrada a las bajantes, remate de cunetas, colocación de rejillas y tapas en elementos enterrados y otros aspectos relacionados con el drenaje de plataforma y márgenes debe coordinarse con la pavimentación e instalación de sistemas de contención de vehículos.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

6.1.3 LIMPIEZA Y PROTECCIÓN DE LAS OBRAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Las superficies de los elementos de drenaje superficial destinadas a la circulación de agua deben mantenerse en todo momento limpias y libres de escombros, acopios o cualquier tipo de depósito de materiales. Las zanjas deben mantenerse abiertas el menor tiempo posible tratando de evitar la caída de tierras u otros objetos.

Se debe cuidar especialmente la relación del drenaje superficial con el subterráneo, tanto si en el proyecto se contempla el vertido de los caudales del drenaje subterráneo en los elementos de drenaje superficial como si se han proyectado para un funcionamiento independiente. Particular atención requiere la posibilidad de entrada de caudales del drenaje superficial a los elementos del subterráneo debido a conexiones, sobre todo a través de arquetas y pozos de registro, durante la ejecución.

Se deben prever los pasos provisionales necesarios para evitar que el tráfico de obra pueda dañar las obras de drenaje superficial (véase ejemplo en figura 6.2).

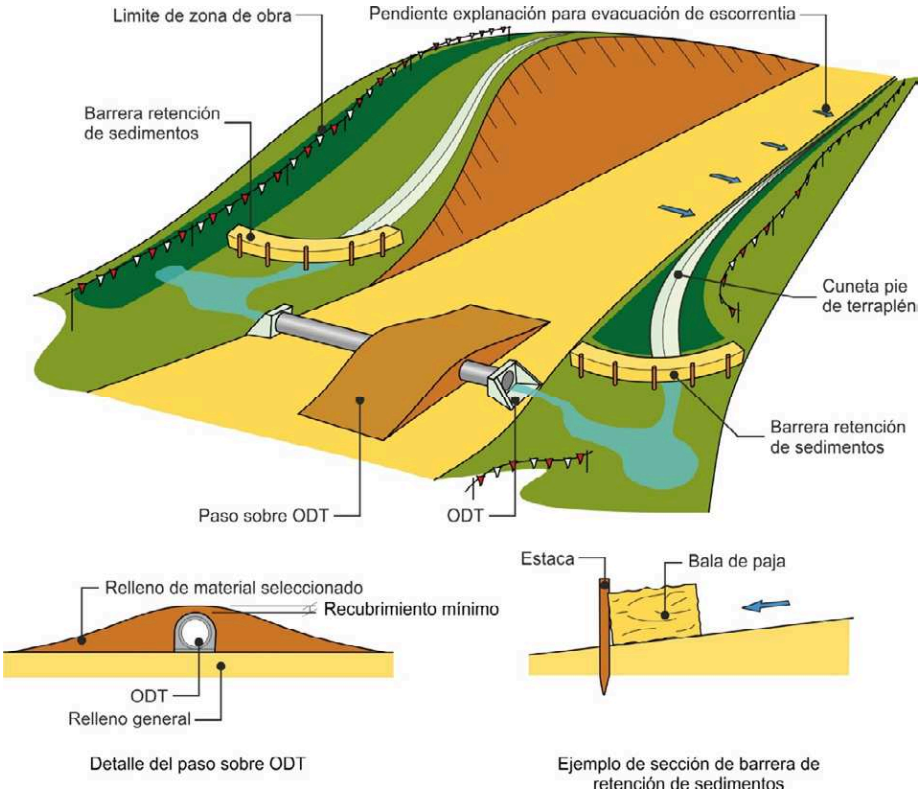


FIGURA 6.2.- EJEMPLO DE PASO PROVISIONAL SOBRE ODT Y COLOCACIÓN DE BARRERAS DE RETENCIÓN DE SEDIMENTOS

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

La altura de los rellenos sobre determinadas unidades de obra que deban permanecer enterradas ha de ser suficiente para evitar daños mecánicos en ellas al paso de vehículos de obra. Cuando sea necesario, en el proyecto se deben prever los recubrimientos mínimos o protecciones necesarias para el paso provisional.

6.1.4 Obras provisionales e instalaciones auxiliares

La ejecución de ciertas partes de las obras puede requerir soluciones temporales de drenaje diferentes a las de la obra terminada. Las obras provisionales que sean necesarias deben incluirse en el proyecto aunque posteriormente se proceda a su retirada o demolición.

Mientras dure la construcción el desagüe del drenaje fuera de las propias obras debe incluir sistemas de retención de sedimentos.

En el proyecto se debe definir el drenaje de las instalaciones auxiliares de obra, incluyendo los dispositivos de control de vertidos que sean necesarios.

Una vez concluidas las obras se debe verificar que los caminos auxiliares, accesos a instalaciones y otros viales propios de la construcción no suponen una modificación de las cuencas secundarias que pueda dar lugar a la introducción de escorrentía en puntos distintos a los previstos en el proyecto.

6.1.5 Préstamos y vertederos

En el proyecto se debe incluir el drenaje de los préstamos y vertederos.

En préstamos aledaños a la carretera en los que sea previsible la existencia de lámina de agua, se estará a lo especificado en el apartado 4.5.

En los vertederos se debe comprobar que:

- Cuando el vertedero se sitúe en una cuenca principal o secundaria, se debe verificar que se ha tenido en cuenta en la definición del drenaje de las obras.
- Cuando se ubiquen en vaguadas se debe resolver la continuidad de la escorrentía.
- Las superficies resultantes favorecen la evacuación de la escorrentía y no afectan a su estabilidad.
- Los elementos y sistemas de drenaje proyectados, se corresponden con las hipótesis de comprobación de la estabilidad del vertedero.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

6.2 Conservación

6.2.1 Consideraciones generales

En el proyecto se deben tener en cuenta las necesidades de limpieza, mantenimiento, conservación, inspección y acceso a las obras, elementos y sistemas de drenaje de la carretera durante su vida útil. En particular, en el caso de los elementos a los que se refieren los epígrafes 3.4.8 a 3.4.12 el proyecto debe incluir documentación con instrucciones de explotación, inspección y conservación.

Las dimensiones de los elementos de drenaje, tales como diámetros de tubos, anchura y ángulos en el vértice de cunetas triangulares, radios de curvatura, o distancia entre arquetas y pozos, deben permitir la realización de las operaciones de limpieza y conservación aunque para ello se requiera que sean superiores (o inferiores según el caso) a las obtenidas en el cálculo hidráulico.

Los distintos elementos de drenaje requieren operaciones de limpieza y mantenimiento que pueden resultar más o menos factibles en función de las condiciones de explotación de la carretera, por lo que al proyectarlos se debe tener en cuenta esta circunstancia.

Para que se produzca el funcionamiento de los elementos y sistemas de drenaje según lo previsto en esta norma y en el proyecto es necesaria la inspección, limpieza, mantenimiento y conservación de forma regular y cuando se produzcan precipitaciones extraordinarias u otras circunstancias excepcionales.

Si se detectan diferencias entre el funcionamiento real del drenaje y lo previsto en el proyecto se deben estudiar las causas y si fuera necesario definir las medidas oportunas.

Los cambios de uso del suelo y la realización de obras aguas arriba de la carretera pueden modificar la configuración de las cuencas primarias y secundarias y por tanto la escorrentía que alcanza la carretera. Ello requiere la comprobación del correcto funcionamiento del drenaje.

6.2.2 Acceso a los elementos de drenaje

Las obras de drenaje transversal (ODT) deben resultar accesibles para el personal y los equipos de limpieza. Para ello, las embocaduras deben resultar accesibles con vehículos todo terreno, si bien cuando la dimensión mínima de la ODT sea superior o igual a un metro ochenta centímetros (1,80 m) y no presente solera deprimida, basta con proporcionar este tipo de acceso a través de una de las embocaduras.

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es

Cuando así se justifique en el proyecto el acceso se puede producir a través de pozos, arquetas y otros elementos; en tales casos se deben proyectar escalas, barandillas u otros elementos.

El acceso a elementos en los que se acumulen sedimentos o que recojan vertidos accidentales, se debe proyectar para vehículos adecuados a dichas tareas.

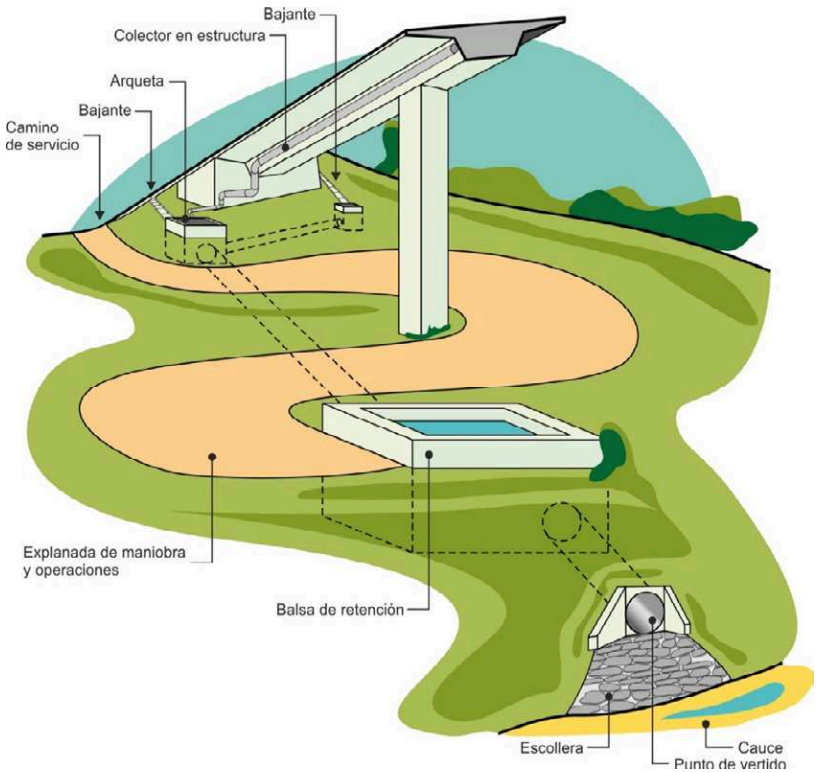


FIGURA 6.3.- EJEMPLO DE ACCESO A UNA BALSA DE RETENCIÓN

cve: BOE-A-2016-2405
Verificable en http://www.boe.es