

2.11 DRENAJE

Índice

1. Introducción.....	2
2. Obras de drenaje consideradas.....	2
2.1 Cauces naturales.....	2
2.2 Elementos generales de drenaje.....	4
3. Dimensionamiento de los elementos.....	4
3.1 Obra de drenaje transversal.....	5
3.2 Cunetas.....	6
3.2.1 Cunetas de coronación de desmonte	
3.2.2 Cunetas de coronación de terraplén	
3.2.3 Cunetas principales	
3.3 Drenaje del paso bajo nivel.....	9

1. Introducción

En el presente anejo se procede a realizar todos los cálculos referentes al dimensionamiento de las obras de drenaje perteneciente a la carretera CC-80 así como las referencias bibliográficas que se han tomado.

No se ha constatado ningún estudio ni análisis previo al proyecto actual que sirva como antecedente para la planificación del drenaje de la carretera. Es por tanto un diseño que parte totalmente de cero.

La normativa en que se basan los cálculos es la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial", según la cual el objeto de las obras de drenaje son:

- Recogida de aguas procedentes de la propia plataforma y márgenes laterales
- Evacuación de las aguas recogidas a cauces naturales, capa freática o sistemas de alcantarillado
- Restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera

Los criterios de elección será obviamente técnicos y económicos pero también hay que considerar el impacto ambiental que pueda generar, dificultad de mantenimiento, etc.

2. Obras de drenaje consideradas

2.1 Cauces naturales

En el apartado 3 del Capítulo 1 de la Instrucción 5.2-IC se definen los diferentes periodos de retorno recomendados para los diferentes tipos de obras de drenaje.

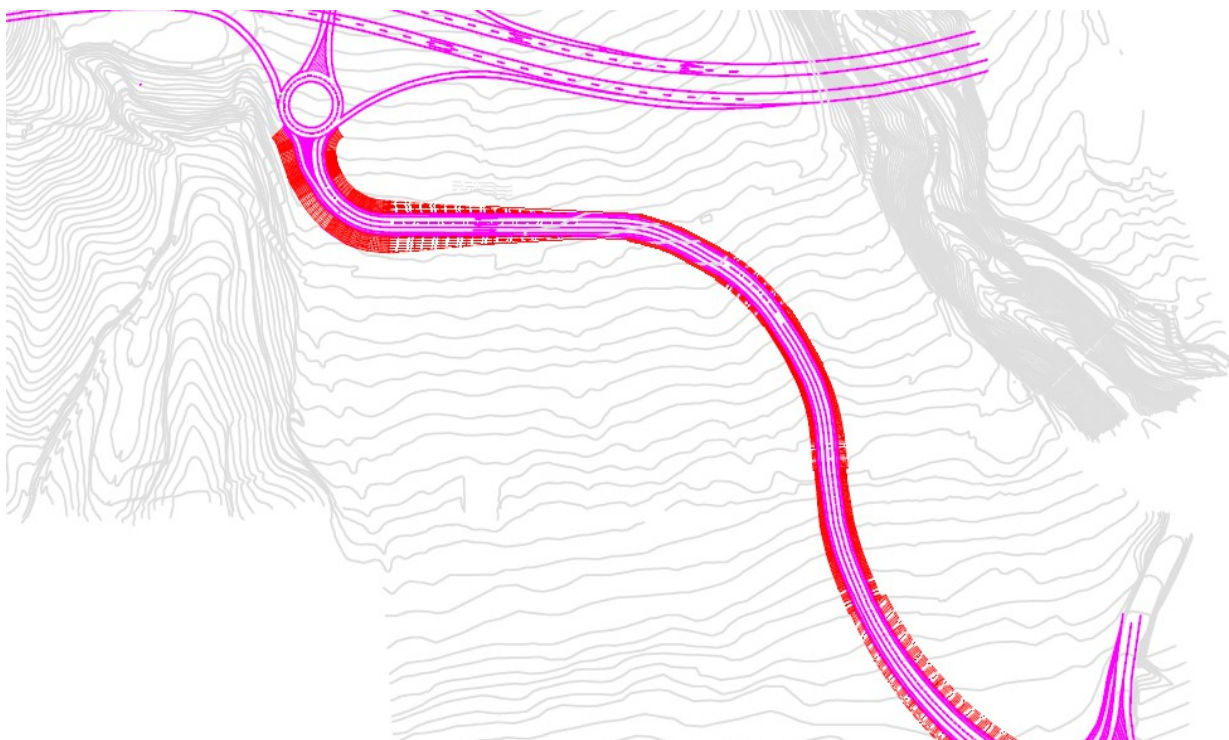
Tabla 1.2
Mínimos periodos de retorno (años)

TIPO DE ELEMENTO DE DRENAJE	IMD en la vía afectada (*)		
	Alta 2000	Media 500	Baja
Pasos inferiores con dificultades para desaguar por gravedad	50	25	
Elementos del drenaje superficial de la plataforma y márgenes	25	10	(**)
Obras de drenaje transversal	100	(***)	

El valor de la IMD toma un valor de 1200 vh/día que se puede clasificar como IMD media. Por tanto le corresponde los siguientes valores de periodo de retorno:

Pasos inferiores	25 años
Elementos de drenaje superficial	10 años
Obras de drenaje transversal	100 años (sin alterar las condiciones del cauce natural)

Para la definición de los diferentes tributarios se ha estudiado la morfología del terreno conjuntamente con la traza de la vía, determinando así los cauces naturales que pueden interceptar con la carretera.

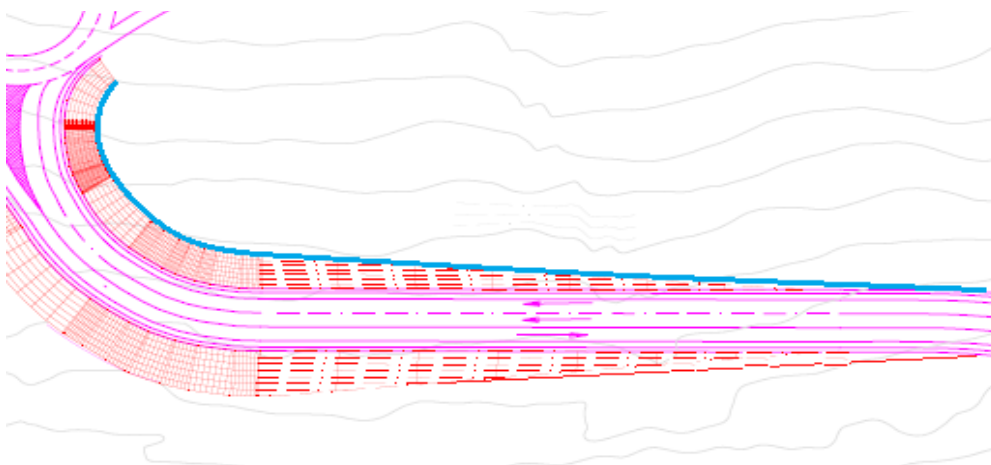


Captura del plano general del trazado de la vía junto con sus taludes correspondientes

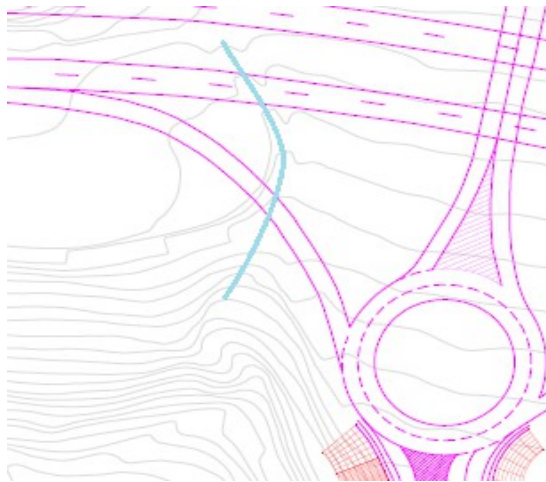
En el plano se puede observar que si bien casi todo el tramo en terraplén puede obstruir el paso del agua que discurre por la ladera, ésta irá por el margen exterior del pie del talud y seguirá su camino, no suponiendo problema alguno y descartando cualquier tipo de drenaje transversal.

No obstante sí conviene ejecutar una cuneta que recoja el agua en esa zona evitando erosionar el talud con una longitud mínima que permita llegar hasta la curva.

En el siguiente plano se detalla mejor la idea:



Por otro lado existe un pequeño cauce natural que puede generar problemas de drenaje en el ramal sur de desaceleración debido a que éste lo intercepta como se muestra en la imagen:



En color azul se representa el hipotético curso que el agua podría seguir en caso de que existiera escorrentía superficial.

Al ser un tramo situado en terraplén es necesario ejecutar una obra de drenaje transversal en dicho punto, con coordenadas

$x = -55.1$ $y = 1014.23$ $z = 101.79$

Otro problema puntual que se puede generar en relación al drenaje es en el paso bajo nivel, ya que existe un punto el cual debido a su inferior cota respecto del resto del paso puede generar acumulación de agua.

En dicho punto, de coordenadas $x = -6.28$ $y = 1001.19$ $z = 135.61$ se colocará un imbornal por el cual pasarán las aguas acumuladas evitando problemas, y las evacuará hasta el terreno adyacente.

2.2 Elementos generales de drenaje

Una vez vistos los elementos descritos, se pasará a definir las obras de drenaje genéricas que debe poseer toda carretera.

- **Cunetas de coronación de desmonte:** se ubican en la parte superior del desmonte evitando que las aguas que discurren por la topografía del terreno también lo hagan por el talud de desmonte.
Con ello se consigue un doble objetivo: evitar erosión e infiltración de agua en el talud, ocasionando graves problemas como arrastre de materiales y aliviar el caudal que recogerá la cuneta al pie de desmonte.
- **Cuneta de coronación de terraplén:** situándose en la zona más alta del mismo evita al igual que el anterior la escorrentía directa y subterránea por el talud de terraplén, y tiene una sección transversal normalmente más reducida que las cunetas anteriores.
- **Cuneta de pie de terraplén:** ya se describió en el apartado anterior, no se colocará en todo el tramo de terraplén si no solo donde se representó en la imagen correspondiente.
- **Cuneta principal:** recoge el caudal procedente de la propia calzada (gracias al bombeo del 2% que se aplica transversalmente) y del desmonte adyacente.

3. Dimensionamiento de los elementos

Los datos base para hallar todas las dimensiones que definen la geometría de las obras de drenaje se calcularon previamente en el apartado de climatología e hidrología.

3.1 Obra de drenaje transversal

Su dimensionamiento se llevará a cabo mediante la fórmula de Manning-Strickler cuya expresión se recoge en el apartado 4.2 de la Instrucción 5.2 -IC.

$$Q = V \cdot S = S \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \cdot K \cdot U$$

Siendo:

- Q : caudal de desagüe
- S : área de su sección transversal
- R: radio hidráulico
- J: pendiente de la línea de energía que al considerarse flujo constrante se puede tomar igual a la pendiente geométrica
- K: coeficiente de rugosidad que depende del tipo de terreno (tabla 4.1 de la Instrucción)

Coeficiente de rugosidad K ($m^{1/3}/s$) a utilizar en la fórmula de Manning-Strickler

En tierra desnuda:	Superficie uniforme	40-50
	Superficie irregular	30-50
En tierra:	Con ligera vegetación	25-30
	Con vegetación espesa	20-25
En roca:	Superficie uniforme	30-35
	Superficie irregular	20-30
Fondo de grava:	Cajeros de hormigón	50-60
	Cajeros encachados	30-45
Encachado		35-50
Revestimiento bituminoso		65-75
Hormigón proyectado		45-60
Tubo corrugado:	Sin pavimentar	30-40
	Pavimentado	30-50
Tubo de fibrocemento:	Sin juntas	100
	Con juntas	85
Tubo de hormigón		60-75

- U : coeficiente de conversión que depende de las unidades empleadas. Será 1 ya que las unidades empleadas son las del S.I.

La obra de drenaje transversal que se pretende construir será una tubería de fibrocemento con juntas que eviten posibles tensiones por temperatura.

En el anejo de hidrología se obtuvo un caudal total para toda la cuenca de 473.9 m³/s, que llevado al tributario que pasa e intercepta al ramal posee un valor de 2.51 m³/s.

El área del cauce tributario medido sobre mapa posee un valor aproximado de 0.13 km².

Por tanto los parámetros que se han tomado a la hora de diseñar la ODT han sido:

Caudal (m ³ /s)	Sección (m ²)	R. hidráulico (m)	Pendiente	Coeficiente K	Coeficiente U
0.76	-	-	4 %	85	1

La sección circular debe poseer un radio mínimo de 25 centímetros y una longitud mínima de 7.5 metros.

Representación de la ODT

En el apartado 5.2 de la instrucción se reflejan todas las condiciones a tener en cuenta en relación a la construcción y geometría de las aletas y embocadura de la obra de drenaje.

En cuanto a su pendiente longitudinal se ha adoptado un 4%, constante, para que se adapte lo mejor posible a la orografía del terreno.

3.2 Cunetas

3.2.1 Cunetas de coronación de desmonte

Los tiempos de retorno considerados en este caso será de 25 años según dicta la Instrucción.

Se colocarán cunetas continuas a lo largo del borde superior de los taludes de desmonte, a una distancia no inferior a 1 metro del mismo.

Por tanto deberán construirse dos cunetas de este tipo.

- La 1ª cuneta comienza en el punto $x = 139.34$; $y = 327.28$; $z = 98.6$, discurre a lo largo del talud derecho (conforme se asciende por el vial) hasta la línea de paso.
La longitud de la cuneta será de 406.7 metros
- La 2ª cuneta comienza en el punto $x = 103.95$; $y = 313.97$; $z = 97.2$, discurre a lo largo del talud izquierdo (conforme se asciende por el vial) hasta la línea de paso.
La longitud de la cuneta será de 405.4 metros

En cuanto a la sección transversal de la cuneta (así como de todas las que se construirán en el proyecto) será de triángulo isósceles invertido.

Tras medir sobre mapa, se estima que sólo 2 km² del área total de la cuenca hidrográfica de estudio produce un caudal que desembocará en la cuneta 1 y 4.5 km² del área total de la cuenca produce un caudal tal que desemboca en la cuneta 2.

Conociendo la longitud de cada una se puede hallar el caudal unitario.

La pendiente de la cuneta será del 5%, para adaptarse a la pendiente natural del terreno lo mejor posible, siempre manteniendo ese valor constante y por tanto se recomienda revestir sus paredes.

Ambas cunetas se construirán de hormigón con un coeficiente de rugosidad de 75.

Para hallar las dimensiones de la cuneta se recurre a la fórmula ya empleada de Manning-Strickler con los siguientes parámetros:

Cuneta	Caudal unitario (m ³ /s/m)	Anchura (m)	Pendiente	Coeficiente K	Coeficiente U
1	0.0288	0.5	5%	75	1
2	0.0650	0.5	5%	75	1

Sabiendo que para una sección triangular el radio hidráulico (con base b y altura h) es $b \cdot h / (2b + 4h)$, y b es 0.5 metros, tenemos los siguientes valores:

- Cuneta 1: 29 centímetros de profundidad
- Cuneta 2: 45 centímetros de profundidad

3.2.2 Cunetas de coronación de terraplén

Se colocarán cunetas continuas a lo largo del borde superior de los taludes de terraplén evacuando el agua procedente de la calzada, a una distancia de seguridad del mismo.

Por tanto deberán construirse dos cunetas de este tipo.

- La 1ª cuneta comienza en la línea de paso y discurre en un primer tramo a lo largo del talud derecho (conforme se asciende por el vial) hasta el punto $x = -39.05$; $y = 937.84$; $z = 136$. El segundo tramo se efectúa desde dicho punto a lo largo de la semicircunferencia externa de la glorieta norte I por su parte derecha. La longitud de la cuneta será de 532.5 metros
- La 2ª cuneta comienza en la línea de paso y discurre en un primer tramo a lo largo del talud izquierdo (conforme se asciende por el vial) hasta el punto $x = -70.77$; $y = 949.28$; $z = 136$. El segundo tramo se realiza desde dicho punto a lo largo de la semicircunferencia de la glorieta norte I por su parte izquierda. La longitud de la cuneta será de 533.1 metros

Para la estimación del caudal de desagüe de la calzada se recurrirá al método racional ya usado en el anejo de hidrología. En este caso la intensidad será la misma, y varía el área (en este caso será la superficie de la calzada que se encuentra en terraplén) y el coeficiente de escorrentía correspondiente al firme elegido.

El área se ha calculado teniendo en cuenta que cada pendiente transversal de la calzada debido al bombeo causará que el caudal vierta en su cuneta correspondiente.

Cuneta	Intensidad máxima (mm/h)	Área (km ²)	Coeficiente escorrentía	Caudal de desagüe (m ³ /s)
1	35.02	0.0042	0.99	0.15
2	35.02	0.0027	0.99	0.09

El umbral de escorrentía se ha tomado como 1 mm según se refleja en la Instrucción 5.2 -IC, para pavimentos bituminosos o de hormigón.

Aplicamos de nuevo la fórmula de Mannig – Strickler con los siguientes parámetros, tomando como base de la sección 0.5 metros:

Cuneta	Caudal unitario (m ³ /s/m)	Anchura (m)	Pendiente	Coefficiente K	Coefficiente U
1	0.00003	0.5	7%	75	1
2	0.00002	0.5	7%	75	1

La pendiente en este caso debe adaptarse lo mejor posible a la rasante del vial y deben estar revestidas.

- Cuneta 1: 6 centímetros de profundidad
- Cuneta 2: 4 centímetros de profundidad

3.2.3 Cunetas principales

Se colocarán cunetas continuas a lo largo del pie de los taludes de desmonte, concretamente en las bermas a una distancia mínima de 0.2 metros al talud y máxima de 0.5 para evitar solaparse con el arcén.

Por tanto deberán construirse dos cunetas de este tipo de longitudes similares a las de coronación de terraplén.

- La 1ª cuneta comienza en el punto $x = 139.34$; $y = 327.28$; $z = 88.8$, discurre a lo largo del talud derecho (conforme se asciende por el vial) hasta la línea de paso, así como la parte semicircular de la glorieta sur.
La longitud de la cuneta será de 472.1 metros
- La 2ª cuneta comienza en el punto $x = 103.95$; $y = 313.97$; $z = 88.8$, discurre a lo largo del talud izquierdo (conforme se asciende por el vial) hasta la línea de paso.
La longitud de la cuneta será de 538 metros

El área considerada para desagüar en ambas cunetas será la suma de la parte de la calzada correspondiente más la superficie de talud en desmonte, con su coeficiente de escorrentía propio.

Se tomará nuevamente el método racional para hallar dicho caudal.

El talud se considera formado por roca impermeable de pendiente superior al 3%, con un umbral de escorrentía de 3 mm.

El coeficiente de escorrentía total resulta de ponderar cada uno de forma individual por el área que comprende con respecto al total.

Cuneta	Intensidad máxima (mm/h)	Área (km ²)	Coefficiente escorrentía	Caudal de desagüe (m ³ /s)
1	35.02	0.0059	1.82	0.38
2	35.02	0.0046	2.08	0.34

Aplicamos de nuevo la fórmula de Mannig – Strickler con los siguientes parámetros, tomando como base de la sección 0.5 metros:

Cuneta	Caudal unitario (m ³ /s/m)	Anchura (m)	Pendiente	Coefficiente K	Coefficiente U
1	0.0008	0.5	7%	75	1
2	0.0007	0.5	7%	75	1

- Cuneta 1: 8 centímetros de profundidad
- Cuneta 2: 8 centímetros de profundidad

3.3 Drenaje del paso bajo nivel

Se dispondrán imbornales en el punto $x = -6.28$ $y = 1001.19$ $z = 135.61$ perteneciente al punto más bajo del paso bajo nivel de la A-7.

Ya que el tramo de vial que permite el paso bajo nivel de la A-7 posee un bombeo en toda su longitud (incluido el punto más bajo) el agua que discurra por la calzada evacuará directamente a las cunetas laterales.

Es ahí donde se producirá un problema ya que se acumulará el agua sin posibilidad de ser reconducida a otro lugar.

Por este motivo se colocarán dos imbornales con anchura cercana a 1 metro, uno a cada lado de la carretera, a la altura del punto mencionado, y una profundidad de 60 centímetros que permita evacuar sin problemas el agua hacia el terreno.

El imbornal se ejecutará con material de fundición diseñado de manera que resista el peso de los vehículos que transitan el paso bajo nivel, cuyos parámetros de cálculo se definen en la norma UNE EN 124.

Dimensionamiento de las cunetas laterales

La superficie de la carretera que vierte a cada una de las cunetas que derivan el agua hacia los imbornales está comprendida por la glorieta norte II y las dos rasantes del paso bajo nivel.

Los parámetros de diseño de las cunetas son los siguientes:

Cuneta	Intensidad máxima (mm/h)	Área (km ²)	Coefficiente escorrentía	Caudal de desagüe (m ³ /s)
1	35.02	0.0012	0.99	0.04
2	35.02	0.0012	0.99	0.04

De nuevo se aplica la fórmula de Manning – Strickler para determinar la profundidad de las cunetas triangulares cuyos parámetros son los siguientes:

Cuneta	Caudal unitario (m ³ /s/m)	Anchura (m)	Pendiente	Coefficiente K	Coefficiente U
1	0.0034	0.5	1%	75	1
2	0.0034	0.5	1%	75	1

Ambas cunetas laterales tendrán una profundidad de 15 centímetros, 50 centímetros de anchura y serán fabricadas de hormigón, no siendo necesario su revestimiento.

Dimensionamiento de los imbornales

Los siguientes planos se han obtenido de una biblioteca de plantillas para Autocad online (cad-projects) y sus dimensiones se han adaptado a este proyecto.

El tubo de PVC que evacúa el agua del interior del imbornal se dimensiona igualmente con la fórmula de Manning-Strickler, considerando el caso más desfavorable (que el imbornal esté saturado).

Tendrá una longitud de 2 metros y un diámetro mínimo de 20 centímetros, así como una profundidad de 1.20 m.

Por último se dispondrán bajantes en las caras externas de los taludes para evitar cárcavas y erosiones debidas a la escorrentía, tanto superficial como subterránea.

Éstas recogerán el agua de las cunetas de coronación, con una anchura de 30 cm y una interdistancia de 30 metros al tratarse de clima mediterráneo.

La superficie inferior de las bajantes deben ser escalonadas.

Los planos correspondientes se adjuntan en el documento Planos.