

Castilla-La Mancha



**Escuela de
Administración
Regional**

EXAMEN DE SUPUESTOS PRÁCTICOS

**CUERPO: SUPERIOR
ESPECIALIDAD: INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
ACCESO: LIBRE**

**RESOLUCIÓN DE CONVOCATORIA: 05 de diciembre de 2024
(D.O.C.M. nº 244, de 18 de diciembre de 2024)**

En Toledo, a 21 de marzo de 2026

SUPUESTO PRÁCTICO Nº1: CARRETERAS

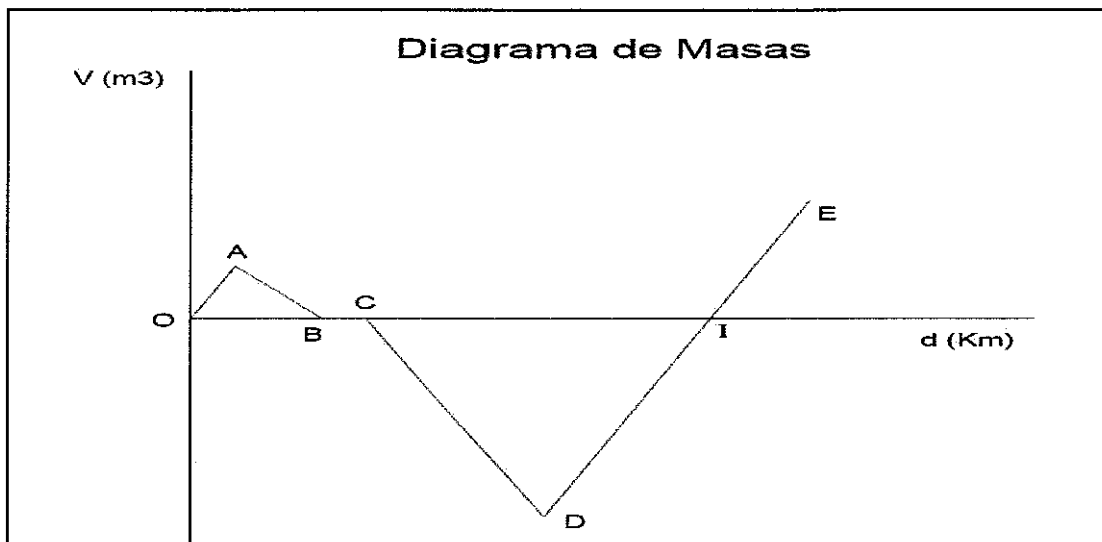
En una carretera de la red comarcal de la provincia de Ciudad Real, se van a realizar una serie de actuaciones de acondicionamiento, entre las que se incluyen, un movimiento de tierras del que conocemos su diagrama de masas, una nueva obra de drenaje transversal, la construcción de una explanada de la carretera con los materiales obtenidos de un préstamo cercano, y por último el dimensionamiento del paquete de firmes.

Resolver, justificando la respuesta, los cuatro apartados planteados en este supuesto de carreteras:

1.1. DIAGRAMA DE MASAS. MOVIMIENTO DE TIERRA.

(5 PUNTOS).

El diagrama de masas que caracteriza el movimiento de tierras del acondicionamiento de una carretera de carácter Comarcal en la provincia de Ciudad Real, con sección de diseño 7/10, con Bermas de 0,50 m y taludes de desmonte H/V = 1/1 y terraplén H/V = 3/2 tiene la forma del croquis adjunto:



Se conocen los siguientes datos:

- La realización del subtramo (OAB) exige pagar un transporte de $6.000 \text{ m}^3\text{km}$ y el punto B está a 3 Km de distancia de O y la pendiente de la recta OA es la misma que la de la recta DE.
- El movimiento de tierras representado por la recta (CD) supone mover desde el origen de este tramo 15.000 m^3 con una distancia media de transporte de 2 km.
- La distancia del punto B al punto C es 5 veces la longitud del puente que hay en dicho tramo.
- El movimiento de tierras definido mediante la recta (DE) genera $4.000 \text{ m}^3/\text{km}$ de material. Las coordenadas del punto I son (11,75 Km, 0 m^3). El exceso de material procedente de este tramo es 9.000 m^3 y será utilizado para formación de explanada, si fuera válido, o a vertedero si no fuera apto.
- El área entre la línea representada en el diagrama y una horizontal cualquiera representa el volumen en m^3 por la distancia media de acarreo en km.

Se pide:

1. Interpretar qué sucede en cada tramo del diagrama de masas, indicando qué tramos corresponden a zonas de Desmonte y zonas de Terraplén. (1,25 puntos).
2. Determinar las coordenadas de los puntos A, B, C, D, E. (d (km) , V (m³)). (1,25 puntos).
3. Delimitar las zonas donde el movimiento de tierras estará compensado. (1,25 puntos).
4. Sabiendo que en el tramo BC, existe un puente de 200 m de longitud, dar una explicación del movimiento de tierras que se realiza en este tramo para que esté representado por una línea horizontal. (1,25 puntos).

1.2. DIMENSIONAMIENTO OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL. (5 PUNTOS).

En el PK 34+050 existe un terraplén de 4 m de altura en el eje que intercepta un cauce de una cuenca con una superficie de 0,950 Km², se pide:

1. Calcular el caudal de diseño de la obra de drenaje transversal a proyectar teniendo en cuenta: (2,50 puntos).
 - Se supone que predomina el tiempo de recorrido de las aguas de dicha cuenca por una red de cauces bien definidos. Los datos geométricos de la cuenca son:
Longitud del cauce: 250 m
Pendiente media: 1,6 %
Superficie: 0,950 Km²
 - Los datos sobre precipitaciones se obtendrán de los datos facilitados de la publicación Máximas Lluvias en la España Peninsular, en el que se indica en el plano la ubicación de la obra. El periodo de retorno a considerar en el dimensionamiento será T=100 años
 - Para calcular la Intensidad de precipitación considerar que en el coeficiente Fint factor de intensidad Fa será > que Fb.
 - A los efectos de determinar el coeficiente de escorrentía, la cuenca puede considerarse homogénea, formada por un mosaico de cultivos de secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural, con un tipo de suelo de grupo B con drenaje bueno a moderado, con una pendiente constante e igual a la media de la red de cauces (1,6 %).
2. La obra de drenaje a dimensionar será un único tubo de hormigón de sección circular, justifique el diámetro mínimo de dicho tubo, suponiendo que la pendiente longitudinal del mismo coincide con la media de la red de cauces. (2,50 puntos).

1.3. DIMENSIONAMIENTO Y VOLUMEN DE EXPLANADA. (5 PUNTOS).

El resultado de los ensayos del exceso de material del diagrama de masas, tiene los valores que aparecen a continuación, y se ha comprobado la existencia de una parcela del mismo material que se podría utilizar como préstamo.

Los materiales de los desmontes del resto del tramo O-I (Intersección línea DE con Eje Horizontal), han sido clasificados como Suelos Tolerables.

Contenido en materia orgánica MO = 0,12%.

Contenido en sales solubles en agua, incluido el yeso, SS = 0,02 %

Tamaño máximo Dmax = 7 cm.

Cernido por el tamiz # 0,40 = 15%

Límite líquido LL = 20

Límite Plástico LP = 12

CBR = 19

Se pide:

1. A la vista de los resultados de los ensayos, proponer tipo de explanada a ejecutar. (2,50puntos).
2. Volumen en m³ de material necesario a extraer del préstamo de la parcela propuesta, suponiendo que se cuentan con todos los permisos de extracción necesarios y hay material suficiente. (2,50puntos).

1.4. DIMENSIONAMIENTO DE FIRME.

(5 PUNTOS)

Para el dimensionamiento del firme de la carretera mencionada se facilita los tráficos observados en la estación de aforo nº CR 125a en los últimos años, para que se pueda ver la evolución de la IMD y el porcentaje de Vehículos Pesados.

Código	2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024	
	IMD	Psd %	IMD	Psd %	IMD	Psd %	IMD	Psd %	IMD	Psd %	IMD	Psd %	IMD	Psd %
CR-125a	3.020	9,26	3.206	8,76	3.228	8,67	3.173	9,56	3.049	10,27	3.220	9,59	3.092	9,25

Con estos datos, se pide:

1. Dimensionamiento de la Sección de firme a emplear, teniendo en cuenta la explanada propuesta en el apartado anterior, y que la obra estará terminada en el año 2029. Justificar la sección elegida sabiendo que la carretera se encuentra en la Provincia de Ciudad Real y a pocos kilómetros de la Capital y que desde la Dirección General de Carreteras de la Consejería de Fomento de la JCCM se recibe la indicación de utilizar un firme semiflexible como solución de diseño. (2,50puntos).
2. Propuesta de capas de MBC en la que se dividirá el espesor de firme de la Sección elegida. (2,50puntos).

SUPUESTO PRÁCTICO Nº2: OBRAS HIDRÁULICAS

En un núcleo urbano de Toledo se va a construir un nuevo abastecimiento de agua, que captará el agua del río Cedena mediante un bombeo y una impulsión hasta llegar a un depósito existente, y también se quiere proyectar una EDAR utilizando una aireación prolongada.

Resolver, justificando la respuesta, los dos apartados planteados en este supuesto de obras hidráulicas:

2.1. ABASTECIMIENTO. IMPULSIÓN TUBERÍAS GEMELAS.

(10 PUNTOS)

El proyecto para el abastecimiento de agua a un núcleo urbano de Castilla la Mancha, consta de una captación de un río, una estación de bombeo y una impulsión mediante la que se salva un pequeño desnivel (15,25 m) existente hasta el depósito de cabecera de la red de distribución en baja.

Los datos de base del diseño de la impulsión son:

- Conducción gemela de Fundición (dos tuberías de igual diámetro en paralelo)
- Longitud: 3.500 m
- Caudal: 250 l / s
- Coeficiente de Manning $n = 0,013$ (se ha mayorado el coeficiente de seguridad para tener en cuenta las pérdidas localizadas en las conducciones)
- Bombeo durante 18 horas / día
- Rendimiento de los grupos de Bombeo: 0,80
- Precio de la Energía Eléctrica: 0,12 €/Kw h
- Costos unitarios de la Tubería:
Tubería de diámetro 400 mm, con un coste de 201,97 €/m.

Se pide:

1. Velocidad del agua en el interior de la tubería para elevar el caudal necesario. (2,00 puntos).
2. Calcular las pérdidas de carga que se tienen en la impulsión producidas por la circulación del agua en las tuberías y por el desnivel a salvar. (2,00 puntos).
3. Calcular la potencia necesaria para absorber las pérdidas de carga producidas por la circulación del agua en las tuberías y el desnivel a salvar. (2,00 puntos).
4. Coste anual de la energía necesaria para la potencia consumida. (2,00 puntos).
5. Suponiendo que el periodo de amortización de las obras es de 15 años y la tasa de actualización del 4 %. Calcular el coste Total (Tubería + Energía) en fecha de ejecución de la inversión. Considerar, que la energía se abona a años vencidos y se ha firmado un acuerdo en el que su precio es constante en el periodo de amortización. (2,00 puntos).

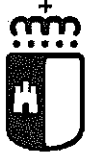
2.2. DEPURACIÓN. DIMENSIONAMIENTO ELEMENTOS DE UNA DEPURADORA.**(10 PUNTOS)**

Es necesario redactar el proyecto para la Depuración de las Aguas Residuales Urbanas de un núcleo urbano de Castilla la Mancha de 6.325 Habitantes, de los resultados de la campaña de toma de muestras del agua residual realizada se sabe que se tiene una contaminación de 270 mg/l de DBO₅, 525 mg/l DQO, 280 mg/l de S.S., 56 mg/l N y 10 mg/l P. La dotación de agua residual es 200 l/hab/día.

El sistema de depuración a proyectar es una Aireación Prolongada.

Se pide:

1. Número de Habitantes Equivalentes del municipio. **(1,50 puntos).**
2. Según la directiva del Consejo de la Comunidad Europea 91/271/CEE determinar los valores de los parámetros a exigir al agua antes del vertido a cauce sabiendo que se realiza en zona sensible. **(1,50 puntos).**
3. Según los datos de la campaña de toma de muestras que rendimientos se deben obtener para conseguir los parámetros a exigir antes del vertido a cauce. **(1,50 puntos).**
4. Dimensionar el volumen necesario del Reactor Biológico, tomando como Edad del Fango 20 días, MLSS = 4 Kg/m³ y T^º del agua residual 15^º en invierno y 23^º en verano. Para ello usar las fórmulas facilitadas que relacionan la edad del fango con el Volumen del reactor y quedarse con el Volumen máximo de los obtenidos.
Definir posibles dimensiones del reactor tipo carrusel suponiendo una profundidad útil de 4 m y un resguardo de 0,5 m. **(4,00 puntos).**
5. Comprobar que con estas dimensiones se cumple que la Carga Másica y la Carga Volúmica se encuentran entre los valores recomendados. **(1,50 puntos).**



Castilla-La Mancha



DOCUMENTACIÓN APORTADA TERCERA PRUEBA: SUPUESTOS PRÁCTICOS

**CUERPO: SUPERIOR
ESPECIALIDAD: INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
ACCESO: LIBRE**

~~RESOLUCIÓN DE CONVOCATORIA: 05 de diciembre de 2024~~
(D.O.C.M. nº 244, de 18 de diciembre de 2024)

En Toledo, a 21, de marzo de 2026

C_v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)									
	2	5	10	25	50	100	200	500		
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541		
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602		
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663		
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724		
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785		
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.460	2.831		
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892		
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953		
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014		
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067		
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128		
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189		
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.460	2.800	3.250		
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311		
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372		
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433		
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494		
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555		
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616		
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.126	3.677		
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738		
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799		
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860		

Tabla 7.1 - Cuantiles Y_T de la Ley SORT-ET max, también denominados Factores de Amplificación K_T , en el "Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" (1997).

RESUMEN DEL PROCESO OPERATIVO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS

Son dos los métodos previstos aconsejados en esta publicación para la obtención de las precipitaciones diarias máximas correspondientes a un período de retorno considerado. Para su más fácil manejo se aconseja abrir la barra de marcadores de Acrobat.

El primero de los métodos consiste en usar los planos y tablos incluidos en esta publicación, siguiendo el siguiente procedimiento:

- 1) Localizar en los planos el punto geográfico deseado con la ayuda del plano-guía
- 2) Estimar mediante las isolíneas presentadas el coeficiente de variación C_v (líneas rojas con valores inferiores a la unidad) y el valor medio \bar{P} de la máxima precipitación diaria anual (líneas moradas) \rightarrow **Azu!**
- 3) Para el período de retorno deseado T y el valor de C_v , obtener el factor de amplificación K_T mediante el uso de la tabla K_T
- 4) realizar el producto del factor de amplificación K_T por el valor medio \bar{P} de la máxima precipitación diaria anual obteniendo la precipitación diaria máxima para el período de retorno deseado P_T .

Ejemplo: precipitación diaria máxima en Albacete para un período de retorno de 25 años:

- en el mapa se obtiene $\bar{P} = 41$ (mm/día) y $C_v = 0.41$
- para $C_v = 0.41$ y $T = 25$ en la tabla se obtiene $K_{25} = 1.854$
- multiplicando se obtiene: $P_{25} = K_{25} \cdot \bar{P} = 1.854 \cdot 41 = 76.014$ (mm/día)

SERIE NORMATIVAS

NORMA 5.2-IC
de la Instrucción
de carreteras

Drenaje superficial



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO
DE INFRAESTRUCTURAS,
TRANSPORTE Y TURISMO

SECRETARÍA GENERAL
DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL
DE CARRETERAS

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.

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)	Coficiente medio de escorrentía (epígrafe 2.2.3)
A (km ²)	Área de la cuenca o superficie considerada
K_T (adimensional)	Coficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (epígrafe 2.2.5).

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).

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

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

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_d (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca (epígrafe 2.2.2.3).

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_d , tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2$$

$$K_d = 1$$

$$\text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2$$

$$K_d = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

donde:

K_d (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca

A (km²) 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:

$$F_{int} = \max(F_a, F_b)$$

donde:

F_{int} (adimensional) Factor de intensidad

F_a (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I/I_d)

F_b (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

a. Obtención de F_a

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

donde:

F_a (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I/I_d). Se representa en la figura 2.3.

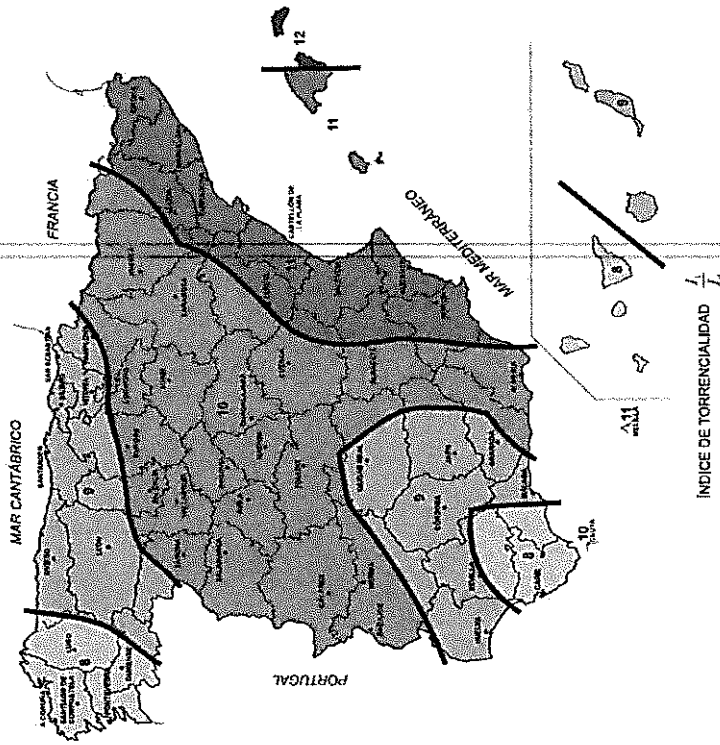


Figura 2.4 MAPA DEL ÍNDICE DE TORRENCIALIDAD (I/I_d)

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 ($t = t_c$).

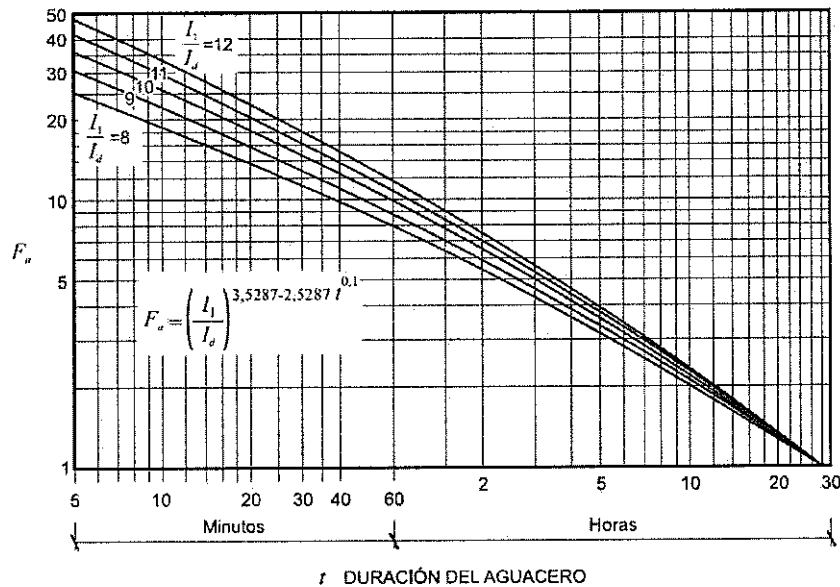


Figura 2.3 FACTOR F_a

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

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 $I(T, t_p)$ que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca.

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

$$\text{Si } P_d \cdot K_d > P_0 \quad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_d}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_d}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_d}{P_0} + 11\right)^2}$$

$$\text{Si } P_d \cdot K_d \leq P_0 \quad C = 0$$

donde:

C (adimensional) Coeficiente de escorrentía

P_d (mm) Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T considerado (epígrafe 2.2.2.2).

K_d (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).

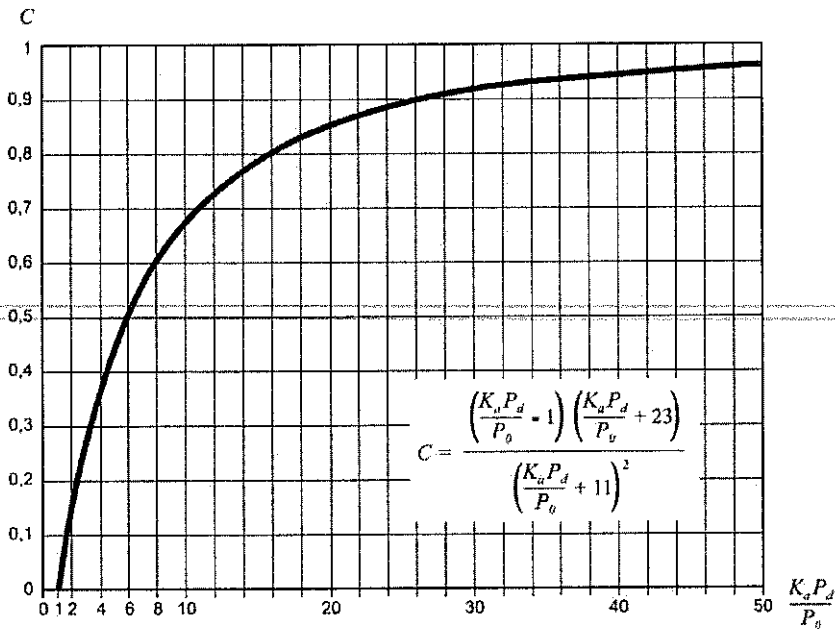


Figura 2.6 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

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:

$$P_0 = P_0' \cdot \beta$$

donde:

P_0 (mm) Umbral de escorrentía

P_0' (mm) Valor inicial del umbral de escorrentía (epígrafe 2.2.3.3).

β (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía (epígrafe 2.2.3.4).

TABLA 2.3. VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA P_0' (mm)

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	30	19	13	10

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.

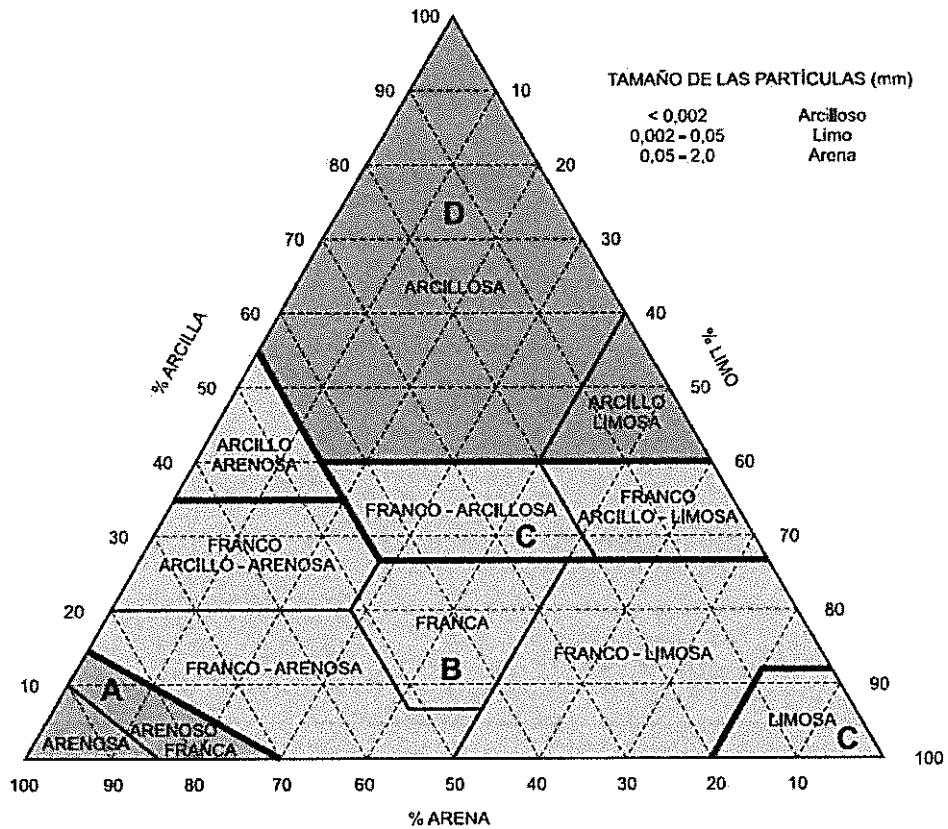


Figura 2.8 DIAGRAMA TRIANGULAR PARA DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA EN MATERIALES TIPO SUELO

- 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:

$$\beta^{DT} = (\beta_{\pi} - \Delta_{30}) \cdot F_T$$

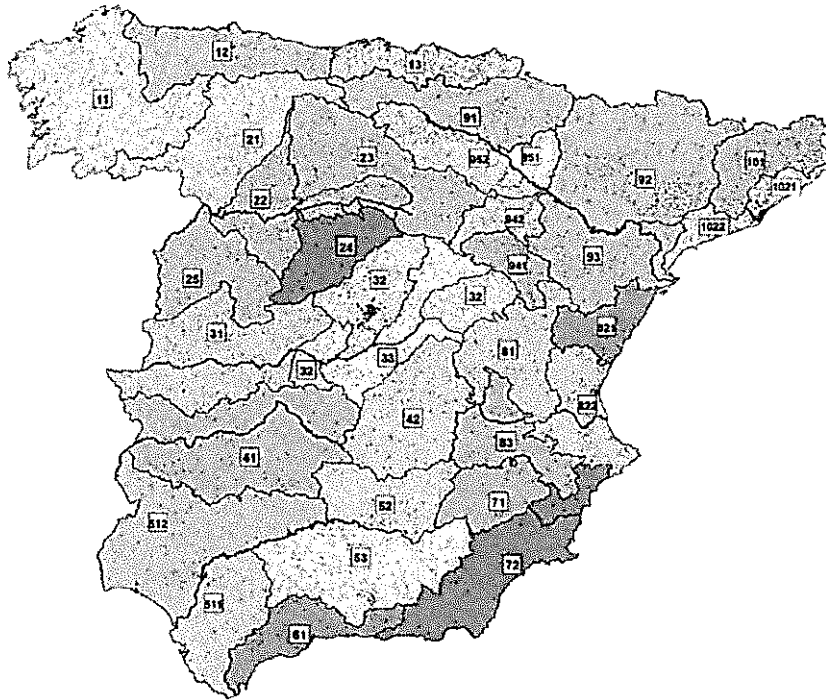


TABLA 2.5. COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA: VALORES CORRESPONDIENTES A CALIBRACIONES REGIONALES

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
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00

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:

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

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)

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

$L(m)$	$D_L(m)$
$L(m) < 3$	$D_L(m) \geq 0,6$
$3 \leq L(m) < 4$	$D_L(m) \geq 0,8$
$4 \leq L(m) < 5$	$D_L(m) \geq 1,0$
$5 \leq L(m) < 10$	$D_L(m) \geq 1,2$
$10 \leq L(m) < 15$	$D_L(m) \geq 1,5$
$L(m) \geq 15$	$D_L(m) \geq 1,8$

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

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

- 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})	Coefficiente 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.

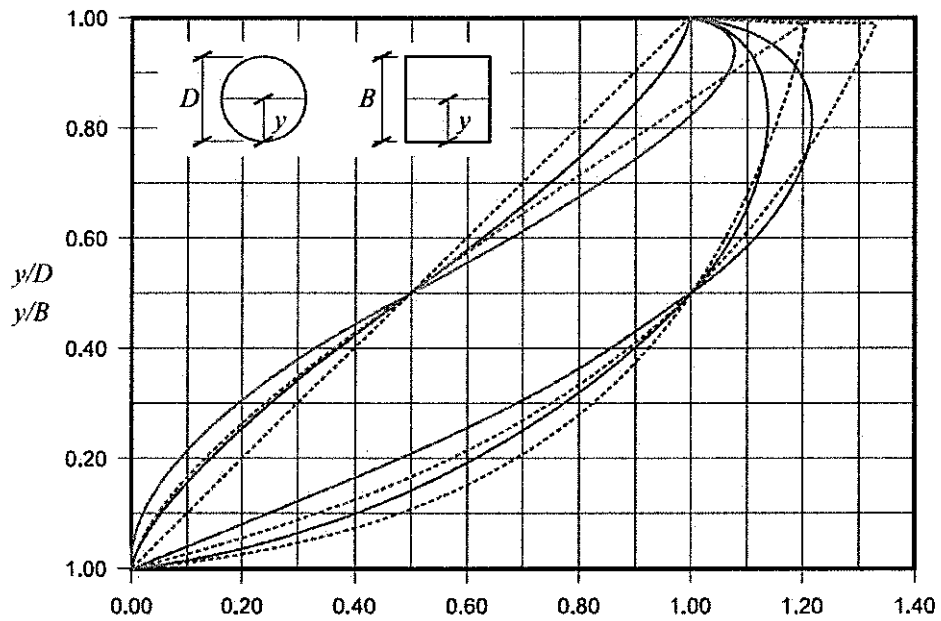
TABLA 3.1. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD n (s m^{-1/3}) A UTILIZAR EN LA FÓRMULA DE MANNING-STRICKLER PARA CONDUCTOS Y CUNETAS

Tubo de hormigón	0,012-0,017
------------------	-------------

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.



——— $Q(y)/Q(D)$ ——— $V(y)/V(D)$ ——— $A(y)/A(D)$ ——— $R_H(y)/R_H(D)$
 - - - - $Q(y)/Q(B)$ - - - - $V(y)/V(B)$ - - - - $A(y)/A(B)$ - - - - $R_H(y)/R_H(B)$

D = Diámetro de una sección circular
 B = Lado de una sección cuadrada
 y = Calado
 Q = Caudal

V = Velocidad
 A = Área
 R_H = Radio hidráulico

330.3.3 Clasificación de los materiales

Desde el punto de vista de sus características intrínsecas los materiales se clasificarán en los tipos siguientes (cualquier valor porcentual que se indique, salvo que se especifique lo contrario, se refiere a porcentaje en peso):

330.3.1.1 Suelos seleccionados

Se considerarán como tales aquellos que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al cero con dos por ciento ($MO < 0,2\%$), según UNE 103204.
- Contenido en sales solubles en agua, incluido el yeso, inferior al cero con dos por ciento ($SS < 0,2\%$), según NLT 114.
- Tamaño máximo no superior a cien milímetros ($D_{max} \leq 100 \text{ mm}$).
- Cernido por el tamiz 0,40 UNE menor o igual que el quince por ciento ($\# 0,40 \leq 15\%$) o que en caso contrario cumpla todas y cada una de las condiciones siguientes:
 - Cernido por el tamiz 2 UNE, menor del ochenta por ciento ($\# 2 < 80\%$).
 - Cernido por el tamiz 0,40 UNE, menor del setenta y cinco por ciento ($\# 0,40 < 75\%$).
 - Cernido por el tamiz 0,080 UNE inferior al veinticinco por ciento ($\# 0,080 < 25\%$).
 - Límite líquido menor de treinta ($LL < 30$), según UNE 103103.
 - Índice de plasticidad menor de diez ($IP < 10$), según UNE 103103 y UNE 103104.

330.3.1.2 Suelos adecuados

Se considerarán como tales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados cumplan las condiciones siguientes:

- Contenido en materia orgánica inferior al uno por ciento ($MO < 1\%$), según UNE 103204.
- Contenido en sales solubles, incluido el yeso, inferior al cero con dos por ciento ($SS < 0,2\%$), según NLT 114.
- Tamaño máximo no superior a cien milímetros ($D_{max} \leq 100 \text{ mm}$).
- Cernido por el tamiz 2 UNE, menor del ochenta por ciento ($\# 2 < 80\%$).
- Cernido por el tamiz 0,080 UNE inferior al treinta y cinco por ciento ($\# 0,080 < 35\%$).
- Límite líquido inferior a cuarenta ($LL < 40$), según UNE 103103.
- Si el límite líquido es superior a treinta ($LL > 30$) el índice de plasticidad será superior a cuatro ($IP > 4$), según UNE 103103 y UNE 103104.

330.3.1.3 Suelos tolerables

Se considerarán como tales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados ni adecuados, cumplen las condiciones siguientes:

- Contenido en materia orgánica inferior al dos por ciento ($MO < 2\%$), según UNE 103204.
- Contenido en yeso inferior al cinco por ciento ($yeso < 5\%$), según NLT 115.
- Contenido en otras sales solubles distintas del yeso inferior al uno por ciento ($SS < 1\%$), según NLT 114.
- Límite líquido inferior a sesenta y cinco ($LL < 65$), según UNE 103103.
- Si el límite líquido es superior a cuarenta ($LL > 40$) el índice de plasticidad será mayor del setenta y tres por ciento del valor que resulta de restar veinte al límite líquido ($IP > 0,73 (LL-20)$).
- Asiento en ensayo de colapso inferior al uno por ciento (1%), según NLT 254, para muestra remoldeada según el ensayo Próctor normal UNE 103500, y presión de ensayo de dos décimas de megapascal ($0,2 \text{ MPa}$).
- Hinchamiento libre según UNE 103601 inferior al tres por ciento (3%), para muestra remoldeada según el ensayo Próctor normal UNE 103500.

330.3.1.4 Suelos marginales

Se considerarán como tales los que no pudiendo ser clasificados como suelos seleccionados, ni adecuados, ni tampoco como suelos tolerables, por el incumplimiento de alguna de las condiciones indicadas para éstos, cumplan las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al cinco por ciento ($MO < 5\%$), según UNE 103204.
- Hinchamiento libre según UNE 103601 inferior al cinco por ciento (5%), para muestra remoldeada según el ensayo Próctor normal UNE 103500.
- Si el límite líquido es superior a noventa ($LL > 90$) el índice de plasticidad será inferior al setenta y tres por ciento del valor que resulta de restar veinte al límite líquido ($IP < 0,73 (LL-20)$).

330.3.1.5 Suelos inadecuados

Se considerarán suelos inadecuados:

- Los que no se puedan incluir en las categorías anteriores.
- Las turbas y otros suelos que contengan materiales perecederos u orgánicos tales como tocones, ramas, etc.
- Los que puedan resultar insalubres para las actividades que sobre los mismos se desarrollen.

TABLA 3. DEFLEXIÓN PATRÓN (*)

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
Deflexión patrón (10 ⁻² mm)	≤ 250	≤ 200	≤ 125

(*) Valor probable de la capacidad de soporte de la explanada, dentro del campo de variación debido a los cambios de humedad.

Con carácter general, para la capa superior utilizada en la formación de las explanadas, por razones de durabilidad y uniformidad de la capacidad estructural en toda la traza, se recomienda al ingeniero proyectista la consideración preferente de los suelos estabilizados *in situ*, con cal o con cemento, frente a una aportación directa de suelos sin tratar.

La cota de la explanada deberá quedar al menos a sesenta centímetros (60 cm) por encima del nivel más alto previsible de la capa freática donde el macizo de apoyo esté formado por suelos seleccionados; a ochenta centímetros (80 cm) donde esté formado por suelos adecuados; a cien centímetros (100 cm) donde sean tolerables, y a ciento veinte centímetros (120 cm) donde sean marginales o inadecuados. A tal fin se adoptarán medidas tales como la elevación de la cota de la explanada, la colocación de drenes subterráneos, la interposición de geotextiles o de una capa drenante, etc., asegurando además la evacuación del agua que se pueda infiltrar a través del firme de la calzada y de los arcenes.

Salvo justificación en contrario, a los efectos de la definición de las secciones de firme se unificarán las explanadas por su categoría, de tal manera que no haya tramos diferenciados en el proyecto de menos de quinientos metros (500 m).

5.2. MATERIALES PARA LA FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

En la tabla 4 se relacionan los materiales utilizables en la formación de la explanada, para los que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá incluir las prescripciones complementarias.

TABLA 4. MATERIALES PARA LA FORMACIÓN DE LAS EXPLANADAS

SÍMBOLO	DEFINICIÓN DEL MATERIAL	ARTÍCULO DEL PG.3	PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS
IN	Suelo inadecuado o Marginal	330	- Su empleo sólo será posible si se estabiliza con cal o con cemento para conseguir S-EST1 o S-EST2.
0	Suelo tolerable	330	- CBR ≥ 3 (*). - Contenido en materia orgánica < 1%. - Contenido en sulfatos solubles (SO ₃) < 1%. - Hinchamiento libre < 1%.
1	Suelo adecuado	330	- CBR ≥ 5 (*)(**).
2	Suelo seleccionado	330	- CBR ≥ 10 (*) (**).
3	Suelo seleccionado	330	- CBR ≥ 20 (*)
S-EST1 S-EST2 S-EST3	Suelo estabilizado <i>in situ</i> con cemento o con cal	512	- Espesor mínimo: 25 cm. - Espesor máximo: 30 cm.

(*) El CBR se determinará de acuerdo con las condiciones especificadas de puesta en obra, y su valor se empleará exclusivamente para la aceptación o rechazo de los materiales utilizables en las diferentes capas, de acuerdo con la figura 1.

(**) En la capa superior de las empleadas para la formación de la explanada, el suelo adecuado definido como tipo 1 deberá tener, en las condiciones de puesta en obra, un CBR ≥ 6 y el suelo seleccionado definido como tipo 2 un CBR ≥ 12. Asimismo, se exigirán esos valores mínimos de CBR cuando, respectivamente, se forme una explanada de categoría E1 sobre suelos tipo 1, o una explanada de categoría E2 sobre suelos tipo 2.

TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACION (DESIGNACIONES) O DE LA CERRA DE TIERRA SUBYACENTE (HERRAJALES, PEDRAJALES O RELLENOS (TODOPUNO))						
CATEGORIA DE EXPLANADA	SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) Y (3)	ROCA (R)	
E1 F _v ≥ 20MPa						
E2 F _v ≥ 120MPa						
E3 F _v ≥ 300MPa						

TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T2	T3	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

TABLA 1.B. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

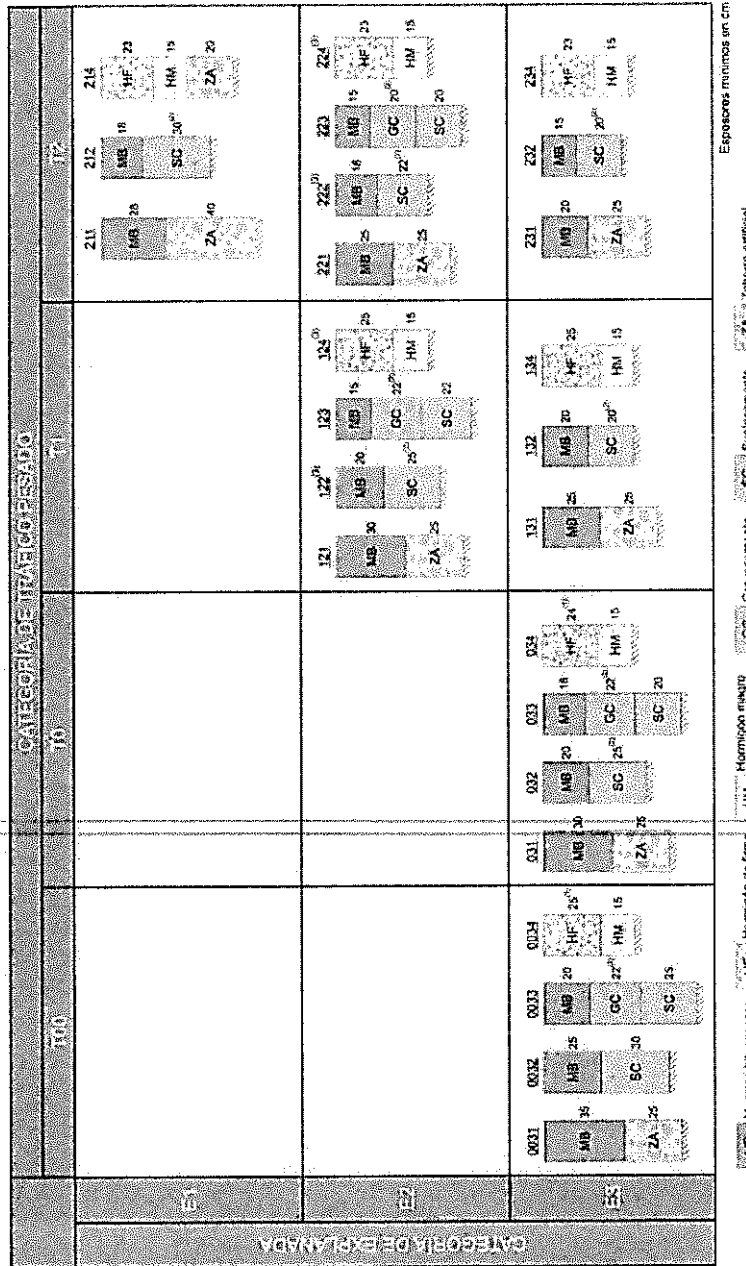


FIGURA 2.1. CATALOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2, EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
T42		T41		T32		T31	
4211	MB 5" ZA 35	4212	MB 5 SC 25	4214	HF 18 ZA 20	4231	MB 5" ZA 20
4221	MB 5" ZA 25	4222	MB 5 SC 22	4224	HF 18 ZA 20	4232	MB 5 SC 20
4231	MB 5" ZA 20	4232	MB 5 SC 20	4234	HF 18 ZA 20	4234	HF 18 ZA 20
4111	MB 10" ZA 40	4112	MB 8 SC 30	4114	HF 20 ZA 20	4131	MB 10" ZA 20
4121	MB 10" ZA 30	4122	MB 8 SC 26	4124	HF 20 ZA 20	4132	MB 8 SC 20
4131	MB 10" ZA 20	4132	MB 8 SC 20	4134	HF 20 ZA 20	4134	HF 20 ZA 20
3211	MB 18 ZA 40	3212	MB 12 SC 30	3214	HF 21 ZA 20	3231	MB 15 ZA 20
3221	MB 15 ZA 35	3222	MB 10 SC 30	3224	HF 21 ZA 20	3232	MB 10 SC 22
3231	MB 15 ZA 20	3232	MB 10 SC 22	3234	HF 21 ZA 20	3234	HF 21 ZA 20
3111	MB 20 ZA 40	3112	MB 16 SC 30	3114	HF 21 ZA 30	3131	MB 18 ZA 25
3121	MB 18 ZA 40	3122	MB 12 SC 30	3124	HF 21 ZA 25	3132	MB 12 SC 22
3131	MB 18 ZA 25	3132	MB 12 SC 22	3134	HF 21 ZA 20	3134	HF 21 ZA 20

Esposes mínimos en cm

Mezclas bituminosas
 Hormigón de firme
 Subcemento
 Zahorra artificial

(1) Estas capas bituminosas podrán ser proyectadas con mezclas bituminosas en caliente muy flexibles, gravamulsién sellada con un tratamiento superficial o mezcla bituminosa ábiera en frío sellada con un tratamiento superficial.

Nota 1: Para las categorías de tráfico pesado T3 (T31 y T32) las capas tratadas con cemento deberán prefisurarse con espaciamientos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Nota 2: En la categoría de tráfico pesado T42 con tráfico de intensidad reducida (menor que 100 vehículos/carril/día) podrá disponerse un nexo con gravilla bicapa como sustitución de los 5 cm de mezcla bituminosa.

FIGURA 2.2. CATALOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 (T31 Y T32) Y T4 (T41 Y T42), EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

TABLA 6. ESPESOR DE CAPAS DE MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA (H)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
		T00 a T1	T2 y T3	T02 y T4 (T41 y T42)
Rodadura	PA	4		
	M	3	2-3	
	F			
Intermedia	D y S	6-5		5
	D y S	5-10 ^(**)		
Base	S y G	7-15		
	MAM	7-13		

Tabla Instrucción 6.1. IC

TABLA 542.9 - TIPO DE MEZCLA EN FUNCIÓN DEL TIPO Y ESPESOR DE LA CAPA

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)
	DENOMINACIÓN. NORMA UNE-EN 13108-1(*)	
RODADURA	AC16 surf D AC16 surf S	4 – 5
	AC22 surf D AC22 surf S	> 5
INTERMEDIA	AC22 bin D AC22 bin S AC32 bin S AC 22 bin S MAM (**)	5-10
BASE	AC32 base S AC22 base G AC32 base G AC 22 base S MAM (***)	7-15
ARCENES(****)	AC16 surf D	4-6

Tabla artículo 542 PG 3

Definiciones tipos de firme norma 6.1. IC

FIRME FLEXIBLE: Firme constituido por capas granulares no tratadas y por un pavimento bituminoso de espesor inferior a 15 cm (puede ser un tratamiento superficial).

FIRME SEMIFLEXIBLE: Firme constituido por capas de mezcla bituminosa, de espesor total igual o superior a 15 cm, sobre capas granulares no tratadas.

FÓRMULAS NECESARIAS EJERCIO 2.1:

1. Cálculo de las **pérdidas de carga** se debe usar la **fórmula de Manning**:

$$\Delta H = \frac{n^2 * v^2 * L}{(R_h)^{4/3}}$$

Donde:

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional)

v = Velocidad media del fluido (m/s)

L = Longitud de la tubería en (m)

R_h = Radio hidráulico (m)

2. **Potencia necesaria** para absorber las pérdidas de carga de la conducción:

$$P = \frac{\rho * g * Q * \Delta H}{1000 * \mu}$$

Donde:

P = Potencia necesaria en Kw

ρ = Densidad del líquido que va por la tubería (Kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad 9,8 m/s²

Q = Caudal a transportar en m³/s.

ΔH = Pérdida de carga obtenida con la fórmula de Manning (m).

μ = Rendimiento de grupo de bombeo.

3. Fórmula de **Capitalización**, (pasar de una serie de anualidades iguales al final de cada año del periodo de amortización a un capital C a la fecha de la inversión), para ello, aplicar el **coeficiente o factor de actualización**:

$$\alpha = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{1}{1+r} \right)^i = \frac{(1+r)^n - 1}{r * (1+r)^n}$$

α = factor de actualización de un importe, para un número de años y una tasa de actualización.

r = Tasa de actualización en tanto por uno.

n = número de años o periodo a considerar.

FÓRMULAS Y DATOS NECESARIOS EJERCICIO 2.2:

PARÁMETROS A CUMPRIR EN REACTORES BIOLÓGICOS EN AIREACIÓN PROLONGADA

PARÁMETRO	VALOR
Edad del fango: θ_c (días)	12 - 30
Carga Másica: C_m (días ⁻¹)	0,05 - 0,10
Carga Volúmica: C_v (Kg DBO ₅ día / Volumen Reactor m ³)	0,15 - 0,40
MLSS (mg/l)	2.500 - 5.000
Producción de Fangos (Kg fangos producidos / Kg DBO ₅ día)	0,6 - 1,0
Demanda de O ₂ para metabolizar la carga de DBO ₅ (Kg O ₂ / Kg DBO ₅)	0,7
Relación Longitud Canal / Ancho Canal en reactor tipo carrusel	2 - 4
Relación Ancho Canal / Profundidad Canal	1,2 - 2,2

1. Fórmula Carga másica C_m (días⁻¹):

$$C_m = \frac{\text{Kg DBO}_5 / \text{día}}{\text{Kg de Fango}} = \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}}\right) * \text{DBO}_5 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)}{\text{MLSS} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * V_R(\text{m}^3)}$$

V_R = Volumen Reactor Bilógico

2. Fórmula Carga Volúmica C_v :

$$C_v = \frac{\text{Kg DBO}_5 / \text{día}}{V_R(\text{m}^3)}$$

3. Concentración de Fangos Activos:

$$C_{fang} = \frac{C_v}{C_m}$$

4. Edad del Fango θ_c (días):

- a) Fórmula sin influencia de T^a :

$$\theta_c (\text{días}) = \frac{\text{MLSS} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) * V_R(\text{m}^3)}{(Q_m \text{ día} * (\text{DBO}_{5 \text{ entrada}} - \text{DBO}_{5 \text{ salida}}) * n) + (Q_m \text{ día} * \text{SS}_{\text{salida}})}$$

n = Producción específica tomad (0,9 Kg MS/Kg DBO₅)

- b) Fórmula con influencia de T^a agua residual:

$$\theta_c (\text{días}) = \frac{\text{Kg de Fangos en el Reactor}}{\text{Kg de Fangos en exceso generados y extraídos por día (Px)}}$$

$$\theta_c (\text{días}) = \frac{\text{MLSS} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) * V_R(\text{m}^3)}{P_x}$$

La Fórmula P_x esta sacada de la norma alemana **ATV-DVWK-A 131** (ahora integrada en la norma DWA) y tiene en cuenta la influencia de la T^a del agua residual en la producción de fangos y tiene la siguiente expresión, donde $F_T = 1,072^{(T^a - 15)}$

$$P_x = \left[\left(0,75 - \frac{0,1 * \theta_c * F_T}{1 + 0,17 * \theta_c * F_T} \right) * \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{día}} + 0,6 * \frac{\text{Kg SS}}{\text{día}} \right]$$