

**CUERPO SUPERIOR  
FACULTATIVO  
DE I.C.C.P.  
JUNTA DE  
ANDALUCÍA  
EJERCICIO PRÁCTICO  
2009**

La Consejería de Obras Públicas y Transportes, está proyectando el acondicionamiento y mejora de la carretera A-339, de Cabra a Alcalá la Real, perteneciente a la red Básica de articulación de la Red de Carreteras de Andalucía, entre Cabra y Priego de Córdoba.

En dicho proyecto se plantea la conveniencia de proceder a una adecuación del firme de la misma así como a una mejora sensible de la red de drenaje transversal y longitudinal existentes, incrementando la estabilidad de alguno de sus taludes en desmonte.

En tal sentido, se habrá de utilizar la Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía teniendo presente que la sección-tipo de la citada carretera es 7/10.

Igualmente para el estudio y evaluación de las obras de drenaje, se empleará la Instrucción de Carreteras 5.2.I.C-“Drenaje superficial”, estimándose los caudales según el método hidrometeorológico de dicha Instrucción, para un periodo de retorno de 500 años, teniendo presente que para el cálculo de la máxima precipitación diaria se adoptará un valor medio de la máxima precipitación diaria anual de 45 mm/día y un coeficiente de variación de 0,36.

De las cuencas vertientes interceptadas por la carretera, se consideran dos cuencas cuyas características son los siguientes:

CUENCA	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	LONGITUD CAUCE (km)	DESNIVEL (m)	LONGITUD OBRA (m)	PENDIENTE OBRA (%)	TIPO	SITUACION
I	2,25	1,50	75	20	1	Tubo Hormigón	PK-3+570
II	2,70	1,70	105	15	1	Márco Hormigón	PK-7+240

El cultivo predominante en la zona es el olivar de secano, en hilera, según las curvas de nivel, pudiendo estimarse como suelos del tipo B, a los efectos de la Instrucción 5.2.I.C, con un coeficiente corrector del umbral de escorrentía de valor 2,75.

Por otra parte, la velocidad del agua en las obras de paso indicadas, no debe ser inferior a 1 m/sg., ni superior a 5 m/sg., siendo el coeficiente de rugosidad K, a utilizar en la fórmula de Manning-Strickler, de valor igual a 60 (Hormigón).

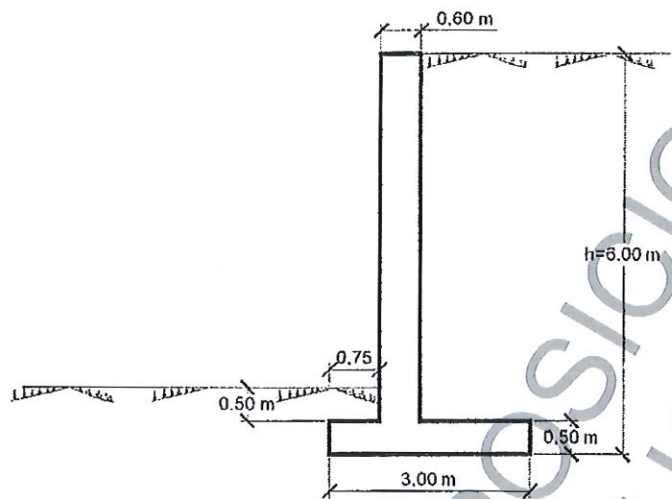
La sección mojada de las obras de paso, no deberá sobrepasar el 85% de la sección total, con objeto de reducir el riesgo de aterramientos, sin empeorar, de forma sensible, el funcionamiento hidráulico de dichas obras.

El tráfico que circula por el tramo a acondicionar se obtiene de los datos de aforo de la Estación SC-302 (PK-18+000) siendo su Intensidad Media Diaria, el pasado año 2008, de IMD (2008) = 4.471 vehículos/día, con un porcentaje de vehículos pesados del 4%.

Supondremos que la finalización de las obras proyectadas, de refuerzo y/o sustitución del firme flexible existente se producirá el año 2010, y que la tasa de crecimiento anual constante de vehículos pesados para el periodo de proyecto (20 años) es de un 4%.

Por último, en un tramo de la misma, de 60 m. de longitud, existe un muro, de hormigón armado cuya sección transversal se adjunta, que sostiene un talud de tierras, de parámetros geotécnicos dados por una densidad seca  $\gamma = 1,60 \text{ T/m}^3$ , ángulo de rozamiento interno  $\phi = 30^\circ$ , e índice de huecos  $I_h = 0,68$ , cuya estabilidad se pretende evaluar, considerando un ángulo de rozamiento entre suelo/cimiento del muro de  $35^\circ$  y una densidad del hormigón del muro, de  $2,40 \text{ T/m}^3$ .

SECCION-TRANSVERSAL MURO



Las presiones a una profundidad  $h$  vienen dadas por:

$$\sigma_{act} = \gamma \cdot h \cdot \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$\sigma_{pas} = \gamma \cdot h \cdot \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

(según RANKINE)

1. El valor aproximado de la precipitación total diaria ( $P_d$ ), correspondiente al periodo de retorno de 500 años sería:
  - a) 75,42 milímetros.
  - b) 130,14 milímetros.
  - c) 94,32 milímetros.
  - d) 80,74 milímetros.
2. ¿Cuál sería el valor aproximado del umbral de escorrentía ( $P_0$ ), a aplicar en las cuencas vertientes indicadas?
  - a) 48 milímetros.
  - b) 40 milímetros.
  - c) 44 milímetros.
  - d) 52 milímetros.
3. En el supuesto considerado, ¿se produciría escorrentía en las cuencas estudiadas?
  - a) No.
  - b) Depende del coeficiente de escorrentía.
  - c) Siempre.
  - d) Si.
4. El valor del Tiempo de Concentración en la cuenca I, es aproximadamente:
  - a) 0,8572 horas.
  - b) 0,7213 horas.
  - c) 0,5422 horas.
  - d) 1,0104 horas.
5. El valor del Tiempo de Concentración en la cuenca II, es aproximadamente:
  - a) 0,7621 horas.
  - b) 0,4275 horas.
  - c) 0,6123 horas.
  - d) 0,9342 horas.
6. ¿Cuál es la magnitud aproximada del Coeficiente de escorrentía de las cuencas vertientes?
  - a) 0,5412.
  - b) 0,1842.
  - c) 0,2608
  - d) 0,4325.

7. El valor aproximado de la Intensidad Media de Precipitación  $I_p$  de la cuenca I, es:
- 75,25 milímetros/hora.
  - 46,86 milímetros/hora.
  - 64,23 milímetros/hora.
  - 58,28 milímetros/hora.
8. El valor aproximado de la Intensidad Media de Precipitación  $I_p$  de la cuenca II, es:
- 56,51 milímetros/hora.
  - 74,24 milímetros/hora.
  - 84,18 milímetros/hora.
  - 36,42 milímetros/hora.
9. El caudal de referencia de la cuenca I, tiene un valor aproximado, dado por:
- 9,56 m<sup>3</sup>/seg.
  - 18,92 m<sup>3</sup>/seg.
  - 11,40 m<sup>3</sup>/seg.
  - 15,38 m<sup>3</sup>/seg.
10. El caudal de referencia de la cuenca II, tiene un valor aproximado, dado por:
- 10,45 m<sup>3</sup>/seg.
  - 13,26 m<sup>3</sup>/seg.
  - 16,25 m<sup>3</sup>/seg.
  - 20,32 m<sup>3</sup>/seg.
11. Si consideramos que el caudal a vehicular por la obra de paso, situada en el P.K. 7+240 (Marco de hormigón), alcanza el valor del caudal de referencia de su cuenca vertiente. ¿Qué sección de las señaladas sería la mínima que cumpliera las exigencias de velocidad del agua y sección mojada, indicadas?
- Marco de 2,00 x 1,50 m.
  - Marco de 2,00 x 2,00 m.
  - Marco de 2,00 x 2,50 m.
  - Marco de 3,00 x 1,00 m.
12. ¿Cuál será el valor aproximado del caudal máximo a evacuar por el marco de sección mínima anterior con las restricciones anteriores?
- 15,92 m<sup>3</sup>/seg.
  - 20,41 m<sup>3</sup>/seg.
  - 11,18 m<sup>3</sup>/seg.
  - 18,20 m<sup>3</sup>/seg.
13. Sobre el muro de contención indicado, el valor del empuje activo de las tierras, por metro lineal, despreciando el rozamiento entre muro y suelo es:
- 14,84 Tm.
  - 9,60 Tm.
  - 6,85 Tm.
  - 11,20 Tm.
14. La resultante de las cargas verticales que actúan sobre el cimientto por metro lineal, alcanza la magnitud de:
- 26,64 Tm.
  - 42,40 Tm.
  - 15,20 Tm.
  - 20,30 Tm.
15. las coordenadas del centro de gravedad del diagrama de fuerzas respecto del punto A, tomado como origen son:
- x = 1,50 m. ; y = 3,00 m.
  - x = 1,70 m. ; y = 2,00 m.
  - x = 1,85 m. ; y = 2,00 m.
  - x = 1,85 m. ; y = 3,00 m.

16. El coeficiente de seguridad al deslizamiento ( $F_d$ ), siendo el coeficiente de Rozamiento entre suelo y cimiento  $\mu = \text{tg } 35^\circ = 0,70$ , alcanza el valor aproximado de:
- 2,50.
  - 1,50.
  - 1,35.
  - 1,94.
17. El coeficiente de seguridad al vuelco ( $F_v$ ), tiene un valor aproximado de:
- 1,65.
  - 1,30.
  - 2,37.
  - 1,80.
18. El valor aproximado del momento estabilizador que actúa sobre el muro es:
- 45,522 T x m.
  - 32,524 T x m.
  - 27,320 T x m.
  - 62,450 T x m.
19. El tráfico equivalente correspondiente al tramo de carretera afectado tiene un valor aproximado de:
- 525.600 ejes equivalentes de 13 Tm.
  - 694.335 ejes equivalentes de 13 Tm.
  - 1.012.500 ejes equivalentes de 13 Tm.
  - 755.000 ejes equivalentes de 13 Tm.
20. La Intensidad Media Diaria de vehículos pesados, el año de apertura al tráfico, tiene un valor aproximado dado por:
- 132 vehículos pesados/día.
  - 112 vehículos pesados/día.
  - 96 vehículos pesados/día.
  - 68 vehículos pesados/día.
21. La categoría de tráfico pesado que correspondería asignar al tramo de carretera afectado es:
- T 3 B.
  - T 2.
  - T 4 A.
  - T 0.
22. El Factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados, para el periodo de proyecto, desde el año de la puesta en servicio es, aproximadamente:
- 19,45.
  - 21,30.
  - 29,80.
  - 15,42.
23. Según el artículo 542 de P.G. – 3º vigente, la capa de rodadura podría estar compuesta por:
- AC-22 Surf S – Espesor: 6 centímetros.
  - AC-22 Bin S – Espesor: 6 centímetros.
  - AC-22 Surf S – Espesor: 5 centímetros.
  - AC-22 Surf S – Espesor: 7 centímetros.
24. Para la categoría de tráfico obtenida, el tipo de material bajo la capa de rodadura del arcén, en el caso de sustitución del firme existente, sería:
- Zahorra artificial (ZA) ó Suelo cemento (SC).
  - Zahorra natural (ZN).
  - Suelo seleccionado (SS).
  - Suelo adecuado (SA).

25. Según el Anexo I de la O.C. 18 bis/08 – del Mº de Fomento-Catálogo de sistemas para protección de motoristas, indicar qué tipo de barrera habría que emplear en sustitución de la existente:

- a) BMSNA 2/100 a.
- b) BMSNA 2/120 b.
- c) BMSNA 4/100 a.
- d) BMSNC 2/100 a.

## INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS 5.2 - IC - "DRENAJE SUPERFICIAL"

### 2.2. Fórmula de cálculo (método hidrometeorológico)

El caudal de referencia Q en el punto en el que desagüe una cuenca o superficie se obtendrá mediante la fórmula.

$$Q = C \cdot A \cdot I/K$$

siendo:

- C: el coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie drenada (apartado 2.5).
- A: su área, salvo que tenga aportaciones o pérdidas importantes, tales como resurgencias o sumideros, en cuyo caso el cálculo del caudal Q deberá justificarse debidamente.
- I: la intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración (apartado 2.3).
- K: un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20 % en Q para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación. Su valor está dado por la tabla 2.1.

### 2.3. Intensidad media de precipitación

La intensidad media I (m/h) de precipitación a emplear en la estimación de caudales de referencia por métodos hidrometeorológicos se podrá obtener por medio de la siguiente fórmula, representada en la figura 2.1:

$$\frac{28^{0.1 - (I/Id)}}{28^{0.1} - 1}$$

$$(I/Id) = (I1/Id)$$

siendo:

- Id (m.n.h): la intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno (capítulo 1) considerado. Es igual a Pd/24.
- Pd (m.n.): la precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno, que podrá tomarse de los mapas contenidos en la publicación «Isolíneas de precipitaciones máximas previsibles en un día» de la Dirección General de Carreteras, o a partir de otros datos sobre lluvias, los cuales deberán proceder preferentemente del Instituto Nacional de Meteorología.
- I (m.n.h): la intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho período de retorno. El valor de la razón I/Id se podrá tomar de la figura 2.2.
- t (h): la duración del intervalo al que se refiere I, que se tomará igual al tiempo de concentración (apartado 2.4).

### 2.4. Tiempo de concentración

En el caso normal de cuencas en las que predomine el tiempo de recorrido del flujo canalizado por una red de cauces definidos, el tiempo de concentración T (h) relacionado con la intensidad media de la precipitación se podrá deducir de la fórmula

$$T = 0,3 \cdot [(L/J)^{0,75}]$$

siendo:

- L (km): la longitud del cauce principal,
- J (m/m): su pendiente media.

Si el tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno fuera relativamente apreciable, como es el caso de la plataforma de la carretera y de los márgenes que a ella vierten, la fórmula anterior no resulta aplicable. Si el recorrido del agua sobre la superficie fuera menor de 30 m, se podrá considerar que el tiempo de concentración es de 5 minutos. Este valor se podrá aumentar de 5 a 10 minutos al aumentar el recorrido del agua por la plataforma de 30 a 150 m; para márgenes se podrá hacer uso del ábaco de la figura 2.3.

### 2.5. Escorrentía

El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria Pd correspondiente al período de retorno (apartado 1.3) y el umbral de escorrentía Po a partir del cual se inicia ésta.

$$C = \frac{[(Pd/Po) - 1] \cdot [(Pd/Po) + 23]}{[(Pd/Po) + 11]^2}$$

### 4.2.1. Fórmula de Manning-Strickler

Salvo justificación en contrario, para estimar la capacidad de desagüe en elementos donde la pérdida de energía sea debida al rozamiento con cauces o conductos de paredes rugosas en régimen turbulento se utilizará la fórmula de Manning-Strickler (figura 4.1)

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

siendo:

- V: la velocidad media de la corriente.
- Q: el caudal desaguado.
- S: el área de su sección
- R = S/p su radio hidráulico, variables con el calado.
- p: el perímetro mojado.
- J: la pendiente de la línea de energía. Donde el régimen pueda considerarse uniforme, se tomará igual a la pendiente longitudinal del elemento.
- K: un coeficiente de rugosidad, dado por la tabla 4.1 salvo justificación en contrario.
- U: un coeficiente de conversión, que depende de las unidades en que se midan Q, S y R, dado por la tabla 4.2.

# LEYENDA

## PROCESO OPERATIVO DE OBTENCIÓN DE PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS

- 1) LOCALIZAR EN EL PLANO EL PUNTO GEOGRÁFICO DESEADO
- 2) ESTIMAR MEDIANTE LAS ISOLÍNEAS PRESENTADAS EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN  $C_v$  Y EL VALOR MEDIO  $\bar{P}$  DE LA MÁXIMA PRECIPITACIÓN DIARIA ANUAL
- 3) PARA EL PERIODO DE RETORNO DESEADO  $T$  Y EL VALOR DE  $C_v$ , OBTENER EL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN  $K_T$  MEDIANTE EL USO DE LA TABLA ADJUNTA
- 4) REALIZAR EL PRODUCTO DEL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN  $K_T$  POR EL VALOR MEDIO  $\bar{P}$  OBTENIÉNDOSE LA PRECIPITACIÓN DIARIA MÁXIMA PARA EL PERIODO DE RETORNO DESEADO  $P_T$ .

Ejemplo: Precipitación diaria máxima en Albacete para un periodo 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  $K_{25} = 1,854$
- $P_{25} = K_{25} \cdot \bar{P} = 1,854 \cdot 41 = 76,014$  (mm/día)

----- VALOR MEDIO DE LA PRECIPITACIÓN DIARIA MÁXIMA ( $\bar{P}$ ).  
 ----- COEFICIENTE DE VARIACIÓN ( $C_v$ ).

$C_v$	$T$	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN $K_T (T, C_v)$							
		2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541	
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602	
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663	
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724	
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785	
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831	
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892	
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953	
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014	
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067	
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128	
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189	
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250	
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311	
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372	
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433	
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494	
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555	
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616	
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677	
0.50	0.855	1.297	1.610	2.052	2.403	2.765	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	





Figura 2.2

Tabla 2.1:

Estimación inicial del umbral de escorrentía  $P_0$  (mm)

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	≥ 3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	< 3	R/N	20	14	11	8
		R	23	13	8	6
Cultivos en hileras	≥ 3	N	25	18	11	8
		R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	≥ 3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	< 3	R/N	34	21	14	12

Nota: N: denota según las curvas de nivel  
 R: denota cultivos según la línea de la máxima pendiente

Tabla 7.- Coeficiente de conversión

Q	S	R	U
m <sup>3</sup> /s	m <sup>2</sup>	m	1
l/s	dm <sup>2</sup>	dm	1.000
			464.159

Tabla 2.1.

Valores de K

Q en	A en		
	km <sup>2</sup>	ha	m <sup>2</sup>
m <sup>3</sup> /s	3	300	3.000.000
l/s	0,003	0,3	3.000

5.2.2.3. Sección

Longitud (m)	3	4	5	10	15
Mínima dimensión (m)	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5

## 3.1. INTRODUCCIÓN

Los factores de diseño del firme son las solicitaciones del tráfico, las condiciones climáticas, la capacidad de soporte del cimiento, los materiales disponibles y los aspectos económicos y medioambientales. Los dos primeros son tratados en este capítulo, el tercero es tratado en profundidad en el capítulo 4, y los dos últimos se tratan en el capítulo 9.

## 3.2. TRÁFICO

En el diseño del firme se tendrá únicamente en consideración el tráfico de vehículos pesados, el cual quedará definido mediante el par de valores dado por la categoría de tráfico pesado, de acuerdo con el apartado 3.2.1, y por el número de ejes equivalentes acumulados, o tráfico equivalente de proyecto, según el apartado 3.2.2.

La categoría de tráfico pesado se utilizará para la definición de las prescripciones técnicas sobre materiales y criterios de proyecto. El tráfico equivalente de proyecto se utilizará como parámetro de entrada en el método de dimensionamiento del firme.

En el diseño de firmes de nueva construcción y de ampliación de calzada de carreteras de la Red Principal se adoptará como período de proyecto 20 años, excepto para pavimentos de hormigón que será de 30 años. Para aquellas otras carreteras no pertenecientes a la Red Principal se podrá considerar justificadamente un período de proyecto inferior, en cualquier caso no inferior a 10 años.

### 3.2.1. Categoría de tráfico pesado

Se consideran las categorías de tráfico pesado definidas en la tabla 3.1 en función de la Intensidad Media Diaria de vehículos pesados que se prevea en el carril de proyecto en el año de apertura al tráfico (IMDPA).

Tabla 3.1. Categorías del tráfico pesado

Categoría	IMDPA
T00	$\geq 4.000$
T0	$\geq 2.000$ y $< 4.000$
T1	$\geq 800$ y $< 2.000$
T2	$\geq 200$ y $< 800$
T3A	$100$ y $< 200$
T3B	$\geq 50$ y $< 100$
T4A	$\geq 25$ y $< 50$
T4B	$< 25$

El carril de proyecto será aquél que soporte mayores cargas de tráfico, es decir, para el que se prevea un mayor tráfico de proyecto. En carreteras de calzada única, dos carriles y doble sentido de circulación se puede tomar como carril de proyecto cualquiera de los dos, si no existe un desequilibrio manifiesto de las cargas por sentido de circulación. En carreteras con más de un carril por sentido se puede tomar como carril más cargado el exterior.

En vías de nueva construcción, la IMDPA se estimará a partir de los obtenidos en otras vías del corredor, en encuestas de origen y destino, y de casos similares en el ámbito territorial considerado. En acondicionamientos y mejoras de carreteras se podrán utilizar también los aforos manuales o automáticos pertinentes.

Se tendrán en cuenta los datos del Plan General de Aforos de Andalucía, recogidos en sus informes anuales, elaborados por la Dirección General de Carreteras de la Junta de Andalucía.

En todo caso se estudiará especialmente el tráfico inducido y generado después de la puesta en servicio, que puede modificar sensiblemente las estimaciones de tráfico. Si de los estudios de tráfico pertinentes se deduce que la apertura del tramo inducirá un tráfico superior al calculado según el procedimiento descrito, se adoptará el valor del tráfico inducido.

En acondicionamientos y mejoras de trazado, si no se dispone de datos específicos de aforos, y presenta una IMDPA estimada superior a 50 es conveniente realizar estudios específicos para su determinación. En caso contrario se pueden adoptar las siguientes hipótesis:

En carreteras de zonas agrícolas (en general, carreteras con tráficos ligeros) se pueden seguir los criterios definidos en el Anejo 3 Definición del tráfico en zonas agrícolas.

En carreteras que comuniquen aglomeraciones urbanas se recomienda adoptar una IMDPA comprendida entre 20 y 50 cuando alguna de las aglomeraciones urbanas que atraviese o conecte el tramo tenga un número de habitantes igual o superior a 1.000, e inferior a 20 en caso contrario.

Si se desconoce el porcentaje de vehículos pesados se realizarán estudios específicos para su determinación. En carreteras con IMD (en ambos sentidos e incluyendo todo tipo de vehículos) inferior a 1.000, se puede optar también por adoptar la hipótesis de que dicho porcentaje es del 8%.

Si no se dispone de datos de la distribución por carriles de los vehículos pesados, se puede suponer que:

En carreteras de dos carriles y doble sentido de la circulación:

/ Si el ancho de la calzada es superior a 6 m, sobre el carril de proyecto circula la mitad del total de vehículos pesados en ambos sentidos.

/ Si el ancho de la calzada está comprendido entre 5 y 6 m, sobre el carril de proyecto circulan las tres cuartas partes del total.

/ Si el ancho de la calzada es inferior a 5 m, sobre el carril de proyecto circula la totalidad de vehículos pesados en ambos sentidos.

En carreteras de dos carriles por cada sentido de circulación, sobre el carril de proyecto circula la totalidad de vehículos pesados en el sentido considerado.

En carreteras con tres o más carriles por sentido de circulación, sin contar los carriles adicionales (carriles lentos, de aceleración o deceleración, ramales, etc.), sobre el carril de proyecto circula el 85% de la totalidad de vehículos pesados en el sentido considerado.

La estimación de la IMD de vehículos pesados en el año de apertura al tráfico partirá del año del aforo y se actualizará a la fecha de puesta en servicio del tramo. Se tomará una tasa de crecimiento dada por la media de los valores de crecimiento del tráfico pesado de los seis años anteriores. Si se desconoce fecha de puesta en servicio se puede suponer tres años desde la redacción del proyecto.

### 3.2.2. Tráfico equivalente de proyecto

Se entiende por tráfico equivalente de proyecto (TP) el número acumulado de ejes equivalentes de 13 t que se prevea que pasarán sobre el carril de proyecto durante el período de proyecto.

El tráfico de proyecto se puede obtener a partir de la siguiente expresión:

$$TP = IMD_{pa} \times CE \times 365 \times F \times yt \quad [3.1]$$

- IMDPA: Intensidad Media Diaria de vehículos pesados en el carril de proyecto en el año de apertura al tráfico.  
 CE: Coeficiente de equivalencia de los vehículos pesados en número de aplicaciones del eje equivalente de 13 t.  
 F: Factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados.  
 yt: Coeficiente de seguridad por mayoración de cargas.

En el caso de que se disponga de datos acerca de la distribución de ejes por intervalos de carga y tipos de ejes (simple, doble, triple), se calculará el valor del coeficiente de equivalencia siguiendo los criterios del Anejo 2 Cálculo del coeficiente de equivalencia. En caso contrario, se adoptarán los valores de la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Valores del coeficiente de equivalencia (CE)

Tipo de firme	CE
Firme con base bituminosa o granular	0,6
Firme con base tratada con cemento	0,8
Firme con pavimento de hormigón vibrado	1,0

En el caso de vías con tráfico especialmente agresivo, entendiéndose por tal el formado por una proporción significativa de vehículos pesados con carga media muy elevada, se calculará el valor de CE de acuerdo a lo indicado en el Anejo 2.

El factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados (F) se obtendrá sumando los incrementos acumulados de este tráfico, respecto al año de apertura al tráfico, a lo largo del período de proyecto considerado. Dependerá por tanto de la tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados y del propio período de proyecto. La tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados se tomará del correspondiente estudio de tráfico específico del proyecto.

En la tabla 3.3 se indican los factores de crecimiento para varios períodos de proyecto y tasas constantes de crecimiento anual del tráfico.

Tabla 3.3. Factor de crecimiento para distintas tasas de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados y períodos de proyecto

Período de proyecto (años)	Tasa anual de crecimiento (%)			
	2	3	4	5
10	10,9	11,5	12,0	13,2
15	17,3	18,6	20,0	23,3
20	24,3	26,9	29,8	36,8
30	40,6	47,6	56,1	79,1

En caso de no contar con estudios específicos para la estimación de tasa anual de crecimiento del tráfico pesado se puede extrapolar a partir de series históricas completas del Plan General de Aforos de Andalucía, considerando datos de al menos seis años. En ausencia de datos fiables se escogerá una tasa de crecimiento anual entre un 2 y un 4%.

El incremento de la IMD de vehículos pesados a lo largo del período de proyecto vendrá limitado, en cada caso, por la capacidad asociada a cada tramo del proyecto, de forma que a partir del momento en que la intensidad alcance el valor máximo correspondiente al tipo de vía y tramo, se considerará constantemente igual a este valor hasta el final del período de cálculo. El valor de esta capacidad, en términos de IMD, se deberá justificar convenientemente en el correspondiente estudio de tráfico.

En el caso de que no se disponga de un estudio específico, para carreteras de calzada única y doble sentido de circulación, se pueden considerar los valores de capacidad en toda la calzada señalados en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4. Máxima IMD de vehículos pesados en toda la calzada (Capacidad) por tipo de vía y tramo<sup>(1)</sup>**

Tipo de vía	Tipo de tramo		
	Llano	Ondulado	Montañoso
Red principal <sup>(2)</sup>	9.000	4.000	2.000
Red secundaria <sup>(3)</sup>	7.000	3.000	1.500
Red secundaria <sup>(4)</sup>	5.000	2.000	1.000

<sup>(1)</sup> La capacidad se ha obtenido basándose en el MANUAL DE CAPACIDAD DE CARRETERAS con las siguientes hipótesis: 50% camiones, FHP=1, k=0,10, reparto por carriles 60/40.

<sup>(2)</sup> Calzada de 7 m y arcén  $\geq$  1,5 m.

<sup>(3)</sup> Calzada de 6 m y arcén  $\geq$  0,5 m.

<sup>(4)</sup> Calzada de 5 m y sin arcén.

El coeficiente de mayoración de las cargas ( $\gamma_t$ ) se determinará en función de la categoría de tráfico pesado de acuerdo con la tabla 3.5.

**Tabla 3.5. Coeficiente de mayoración de las cargas**

Categoría de tráfico pesado	$\gamma_t$
T00 a T1	1,20
T2 y T3	1,10
T4	1,00

En el Anejo 5 se presenta un ejemplo de cálculo del tráfico de proyecto con tasas anuales de crecimiento constante y variable, en el cual se incluye la determinación del valor de CE a partir de la distribución de ejes por intervalos de cargas y de la tasa de crecimiento anual del tráfico.

### 3.3. CLIMA

En el diseño del firme se tendrán en cuenta las zonas térmica y pluviométrica que correspondan a la situación geográfica de la carretera objeto del proyecto.

**OPOSICIONES AL CUERPO SUPERIOR FACULTATIVO DE INGENIERÍA  
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA**

**RESOLUCIÓN EXAMEN 2009**

**SUPUESTO PRÁCTICO 1**

La Consejería de Obras Públicas y Transportes, está proyectando el acondicionamiento y mejora de la carretera A-339, de Cabra a Alcalá la Real, perteneciente a la red Básica de articulación de la Red de Carreteras de Andalucía, entre Cabra y Priego de Córdoba.

En dicho proyecto se plantea la conveniencia de proceder a una adecuación del firme de la misma, así como a una mejora sensible de la red de drenaje transversal y longitudinal existentes, incrementando la estabilidad de alguno de sus taludes en desmonte.

En tal sentido, se habrá de utilizar la Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía teniendo presente que la sección-tipo de la citada carretera es 7/10.

Igualmente, para el estudio y evaluación de las obras de drenaje, se empleará la Instrucción de Carreteras 5.2.I.C—"Drenaje superficial", estimándose los caudales según el método hidrometeorológico de dicha Instrucción, para un periodo de retorno de 500 años, teniendo presente que para el cálculo de la máxima precipitación diaria se adoptará un valor medio de la máxima precipitación diaria anual de 45 mm/día y un coeficiente de variación de 0,36,

De las cuencas vertientes interceptadas por la carretera, se consideran dos cuencas cuyas características son los siguientes:

CUENCA	SUPERFICIE (km <sup>2</sup> )	LONGITUD CAUCE	DESNIVEL (m)	LONGITUD OBRA (m)	PENDIENTE OBRA (%)	TIPO	SITUACION
I	2,25	1,50	75	20	1	Tubo Hormigón	PK-3+570
II	2,70	1,70	105	15	1	Marco Hormigón	PK-7+240

**El cultivo predominante en la zona es el olivar de secano, en hilera, según las curvas de nivel, pudiendo estimarse como suelos del tipo B, a los efectos de la Instrucción 5.2-I.C, con un coeficiente corrector del umbral de escorrentía de valor 2,75.**

**Por otra parte, la velocidad del agua en las obras de paso indicadas, no debe ser inferior a 1 m/s, ni superior a 5 m/s, siendo el coeficiente de rugosidad K, a utilizar en la fórmula de Manning-Strickler, de valor igual a 60 (Hormigón).**

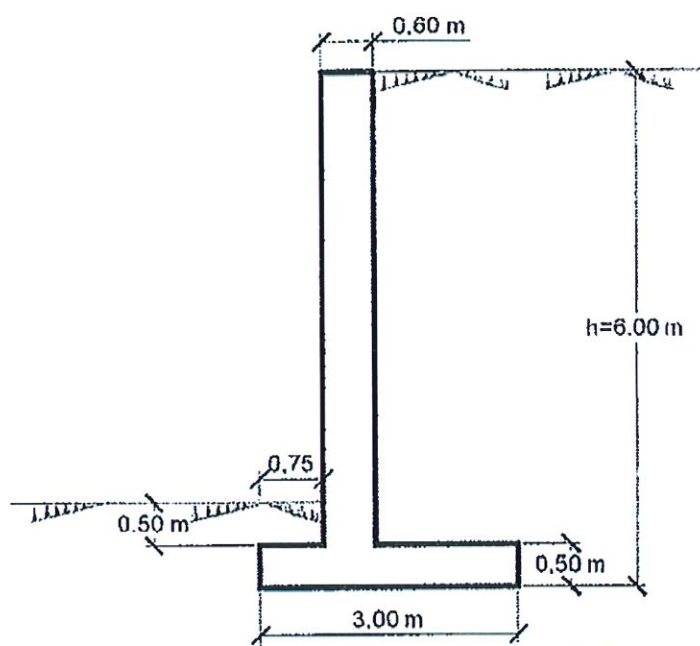
**La sección mojada de las obras de paso, no deberá sobrepasar el 85% de la sección total, con objeto de reducir el riesgo de atarramientos, sin empeorar, de forma sensible, el funcionamiento hidráulico de dichas obras.**

**El tráfico que circula por el tramo a acondicionar se obtiene de los datos de aforo de la Estación SC-302 (PK-18+000) siendo su Intensidad Media Diaria, el pasado año 2008, de IMD (2008) = 4.471 vehículos/día, con un porcentaje de vehículos pesados del 4%.**

**Supondremos que la finalización de las obras proyectadas, de refuerzo y/o sustitución del firme flexible existente se producirá el año 2010, y que la tasa de crecimiento anual constante de vehículos pesados para el periodo de proyecto (20 años) es de un 4%.**

**Por último, en un tramo de la misma, de 60 m. de longitud, existe un muro, de hormigón armado cuya sección transversal se adjunta, que sostiene un talud de tierras, de parámetros geotécnicos dados por una densidad seca  $\gamma = 1,60 \text{ T/ m}^3$ , ángulo de rozamiento interno  $\Phi = 30^\circ$ , e índice de huecos  $I_h = 0,68$ , cuya estabilidad se pretende evaluar, considerando un ángulo de rozamiento entre suelo/ cimiento del muro de  $35^\circ$  y una densidad del hormigón del muro, de  $2,40 \text{ T/m}^3$ .**

### SECCION-TRANSVERSAL MURO



Las presiones a una profundidad "h" vienen dadas por:

$$\sigma_{act} = \gamma \cdot h \cdot \frac{1 - \operatorname{sen} \varnothing}{1 + \operatorname{sen} \varnothing}$$

$$\sigma_{pas} = \gamma \cdot h \cdot \frac{1 + \operatorname{sen} \varnothing}{1 - \operatorname{sen} \varnothing}$$

(según RANKINE)

PREPARACION  
JUNTA DE AN  
WWW.OPOSICIONES



**PREGUNTAS CASO PRÁCTICO Nº1:**

**1. El valor aproximado de la precipitación total diaria (Pd), correspondiente al periodo de retorno de 500 años sería:**

- a) 75,42 milímetros.
- b) 130,14 milímetros.
- c) 94,32 milímetros.
- d) 80,74 milímetros.

Dentro del formulario que se entrega junto con el cuestionario, tomamos los datos necesarios:

- Según se indica en el enunciado, la máxima precipitación diaria anual es de 45 mm/día
- Igualmente, por el enunciado sabemos que  $C_v=0,36$
- Según el formulario "Proceso operativo de abstención de Precipitaciones Diarias Máximas", con  $T=500$  años y  $K_t=2,892$  se tendría que:

$$P_{500} = \bar{P} \cdot K_{500} = 45 \cdot 2,892 = 130,14 \text{ mm/día}$$

Por lo tanto, la respuesta correcta sería la b).

**2. ¿Cuál sería el valor aproximado del umbral de escorrentía (Po), a aplicar en las cuencas vertientes indicadas?**

- a) 48 milímetros.
- b) 40 milímetros.
- c) 44 milímetros.
- d) 52 milímetros.

Para determinar el umbral de escorrentía  $P_o$ , se necesita conocer el tipo de suelo, los usos (cultivos) del mismo, la pendiente media de la zona y el coeficiente corrector.

Salvo la pendiente media de la cuenca, todos los demás parámetros son datos. Si se aproxima la pendiente media de la cuenca por la del cauce se tiene que:

$$J_I = \frac{75}{1.500} = 5\%$$
$$J_{II} = \frac{105}{1.700} = 6,18\%$$

Con cultivos según las curvas de nivel y pendiente  $\geq 3\%$ ;  $P_o=16$  mm

Si aplicamos el factor corrector del enunciado 2,75, se tiene  $P_o=44$  mm. En consecuencia, la respuesta correcta sería la c).

Tabla 2.1:

Estimación inicial del umbral de escorrentía  $P_o$  (mm)

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	$\geq 3$	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	8
	$< 3$	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	$\geq 3$	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	$< 3$	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	$\geq 3$	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	$< 3$	R/N	34	21	14	12

Nota: N: denota según las curvas de nivel

R: denota cultivos según la línea de la máxima pendiente

**3. En el supuesto considerado, ¿se produciría escorrentía en las cuencas estudiadas?**

- a) No.
- b) Depende del coeficiente de escorrentía.
- c) Siempre.
- d) Sí.

Que pueda producirse fenómeno de escorrentía depende de que el cociente  $P_d/P_o$  sea mayor de 1. En caso contrario, el suelo es capaz de retener toda la precipitación y no se produce el escurrimiento del agua. En nuestro caso, el cociente es mayor de 1, luego la respuesta a) sería incorrecta.

La respuesta b) carece de sentido, en tanto que el coeficiente de escorrentía depende del factor  $P_d/P_o$ .

Finalmente, tanto c) como d) podrían ser correctas, salvo por el hecho de que en las condiciones del problema, el coeficiente corrector lo que introduce es el efecto de la variación de la humedad del suelo según la región. Por tanto, podemos suponer que, aunque  $P_d/P_o > 1$ , si el suelo estuviese lo suficientemente seco, podría no producirse escorrentía y por ello la respuesta correcta sería la d).

**4. El valor del Tiempo de Concentración en la cuenca 1, es aproximadamente:**

- a) 0,8572 horas.
- b) 0,7213 horas.
- c) 0,5422 horas.
- d) 1,0104 horas.

Atendiendo a la formulación aportada en el enunciado se tiene que:

$$T = 0,3 \cdot \left[ \frac{L}{J^{0,25}} \right]^{0,76}$$

Tiendo,  $L=1,5$  Km y  $J_I=0,05$ , entonces:

$$T = 0,3 \cdot \left[ \frac{1,5}{0,05^{0,25}} \right]^{0,76} = 0,7213 \text{ h}$$

Por tanto, la respuesta correcta sería la b).

**NOTA:** La formulación relativa al tiempo de retención está disponible en el apartado 2.2.2.5 de la vigente Norma 5.2-IC. Drenaje Superficial (Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero).

**5. El valor del Tiempo de Concentración en la cuenca II, es aproximadamente:**

- a) 0,7621 horas.
- b) 0,4275 horas.
- c) 0,6123 horas.
- d) 0,9342 horas.

Análogamente a lo calculado en la pregunta 4, tiendo,  $L=1,7$  Km y  $J_{II}=0,0618$ , entonces:

$$T = 0,3 \cdot \left[ \frac{L}{j_{0,25}} \right]^{0,76} = 0,3 \cdot \left[ \frac{1,7}{0,0618^{0,25}} \right]^{0,76} = 0,7620$$

Por tanto, la respuesta correcta sería la a).

**6. ¿Cuál es la magnitud aproximada del Coeficiente de escorrentía de las cuencas vertientes?**

- a) **0,5412.**
- b) **0,1842.**
- c) **0,2608**
- d) **0,4325.**

Considerando que:

$$\frac{Pd}{Po} = \frac{130,14}{44} = 2,9577$$

Se tendría lo siguiente:

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

Donde  $K_A$  (adimensional) es un factor reductor de la precipitación por área de la cuenca (epígrafe 2.2.2.3 de la 5.2-IC). En este caso será considerado como 1. Por lo tanto, sustituyendo se tiene que:

$$C = \frac{\left( \frac{Pd \cdot K_A}{Po} - 1 \right) \cdot \left( \frac{Pd \cdot K_A}{Po} + 23 \right)}{\left( \frac{Pd \cdot K_A}{Po} + 11 \right)^2} = \frac{50,8174}{194,8173} = 0,2608$$

Luego la respuesta correcta es la c).

**7. El valor aproximado de la Intensidad Media de Precipitación de la cuenca I, es:**

- a) 75,25 milímetros/hora.
- b) 46,86 milímetros /hora.
- c) 64,23 milímetros/hora.
- d) 58,28 milímetros hora.

El formulario aportado con el enunciado indica que:

$$\frac{It}{Id} = \left(\frac{I1}{Id}\right)^{\frac{28^{0,1-t^{0,1}}}{28^{0,1}-1}}$$

Para la cuenca I tenemos que:

$I1/Id=9$  (formulario Fig. 2.2)

$t_r=0,7213$

$Id=Pd/24=130,14/24=5,4225$

$$It_I = 5,4225 \cdot 9^{\frac{28^{0,1-0,7213^{0,1}}}{28^{0,1}-1}} = 58,34 \text{ mm/h}$$

Luego la respuesta correcta por similitud sería la d). Por lo tanto, tomaremos a partir de ahora  $It_r=58,28$  mm/h para el resto del problema.

**8. El valor aproximado de la Intensidad Media de Precipitación I, de la cuenca II, es:**

- a) 56,51 milímetros/hora.
- b) 74,24 milímetros /hora.
- c) 84,18 milímetros /hora.
- d) 36,42 milímetros/hora.

De manera análoga a la pregunta 7:

$$It_{II} = 5,4225 \cdot 9^{\frac{28^{0,1-0,7620^{0,1}}}{28^{0,1}-1}} = 56,64 \text{ mm/h}$$

Por similitud elegiremos la respuesta a) (la variación en los decimales se debe a redondeos y a la elección del coeficiente  $I1/Id$ ). En adelante, se considerará  $It_{II}=56,51$  mm/h.

**9. El caudal de referencia de la cuenca I, tiene un valor aproximado, dado por:**

- a) 9,56 m<sup>3</sup>/seg.
- b) 18,92 m<sup>3</sup>/seg.
- c) 11,40 m<sup>3</sup>/seg.
- d) 15,38 m<sup>3</sup>/seg.

El método hidrometeorológico que se empleará en la resolución de este ejercicio es el método racional. Así, considerando K=3, el caudal de referencia será:

$$Q_r = \frac{C \cdot A \cdot It}{K} = \frac{0,2608 \cdot 2,25 \cdot 58,28}{3} = 11,40 \text{ m}^3/\text{s}$$

Siendo por lo tanto la respuesta correcta la c).

**NOTA:** La nueva Norma 5.2-IC. Drenaje Superficial (Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero), permite el uso del método racional únicamente en cuencas con área de máximo 50 km<sup>2</sup>. A continuación, se recoge el diagrama de flujo para la elección del método de cálculo de caudales:

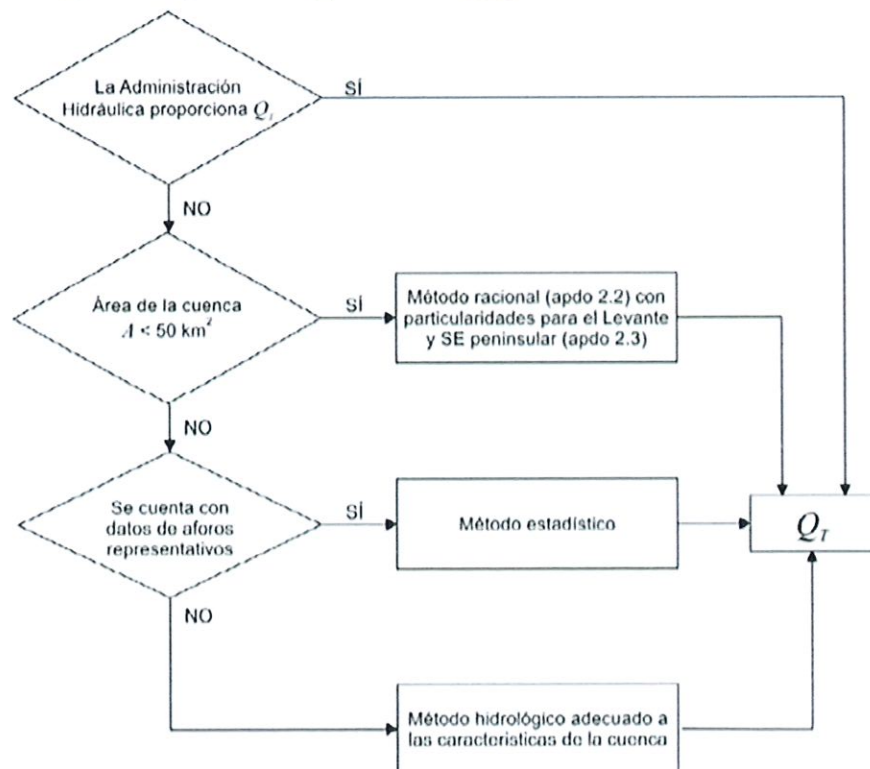


FIGURA 2.1.- DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO DE CAUDALES

**NOTA:** La formulación actual recogida en la instrucción 5.2 para el cálculo de caudales es la siguiente:

$$Q = \frac{I(T,tc) \cdot C \cdot A \cdot Kt}{3,6}$$

Siendo,

- $Q_t$  (m<sup>3</sup>/s): Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T
- $I(T,tc)$  (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado T para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración  $t_c$ .
- C (adimensional): Coeficiente medio de escorrentía.
- A (Km<sup>2</sup>): Área de la cuenca o superficie considerada.
- Kt (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

**10. El caudal de referencia de la cuenca II, tiene un valor aproximado, dado por:**

- a) 10,45 m<sup>3</sup>/seg.
- b) 13,26 m<sup>3</sup>/seg.
- c) 16,25 m<sup>3</sup>/seg.
- d) 20,32 m<sup>3</sup>/seg.

De manera análoga a la pregunta anterior:

$$Q_{II} = \frac{C \cdot A \cdot It}{K} = \frac{0,2608 \cdot 2,70 \cdot 56,51}{3} = 13,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luego la respuesta correcta sería la b).

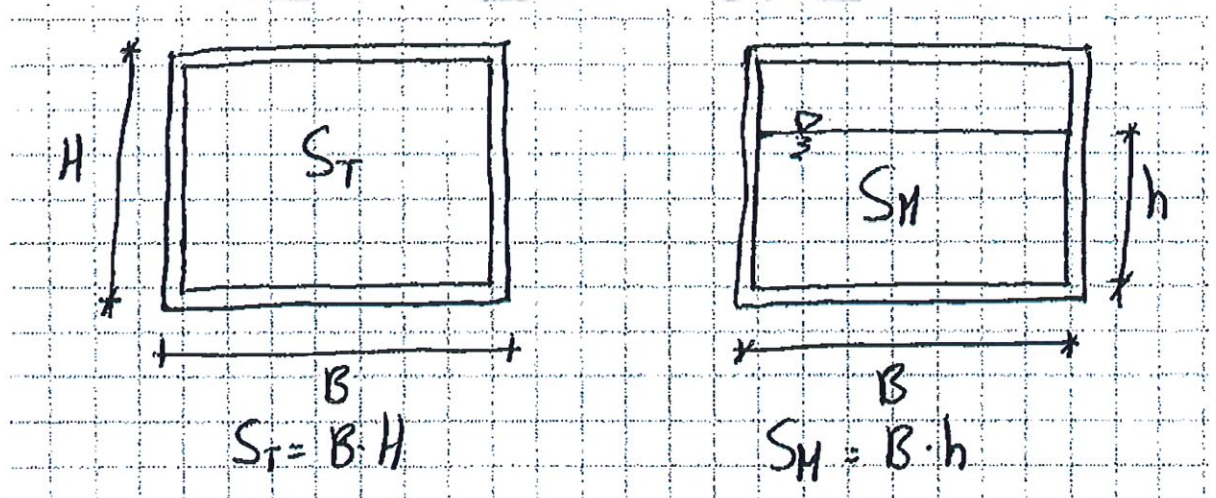
**11. Si consideramos que el caudal a vehicular por la obra de paso, situada en el P.K. 7+240 (Marco de hormigón), alcanza el valor del caudal de referencia de su cuenca vertiente. ¿Qué sección de las señaladas sería la mínima que cumpliera las exigencias de velocidad del agua y sección mojada, indicadas?**

- Marco de 2,00 x 1,50 m.
- Marco de 2,00 x 2,00 m.
- Marco de 2,00 x 2,50 m.
- Marco de 3,00 x 1,00 m.

Para resolver esta cuestión podemos proceder de dos formas:

- Considerar el 85 % de cada sección con velocidad máxima (5 m/s) y determinar la mínima sección que supera el caudal a desaguar.
- Calcular realmente la sección necesaria y ver cuál es la menor de las dadas que cumple el requisito.

En nuestro caso se resolverá de ambas maneras. A continuación, se tiene un esquema gráfico de la situación a analizar:



Luego si  $S_H = 0,85 \cdot S_T$ , entonces se tendría que  $S_H = B \cdot 0,85 \cdot H$

Una vez determinado lo anterior, se deben probar todas las secciones con velocidad máxima para comprobar cuál es la que cumple:

- $Q_a = 2 \cdot 0,85 \cdot 1,5 \cdot 5 = 12,75 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_b = 2 \cdot 0,85 \cdot 2 \cdot 5 = 17 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_c = 2 \cdot 0,85 \cdot 2,5 \cdot 5 = 21,25 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_d = 3 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 5 = 12,75 \text{ m}^3/\text{s}$



Luego la mínima sección capaz de desaguar 13,26 m<sup>3</sup>/s es la b) si se produjese su funcionamiento a velocidad máxima.

Esta resolución desde el punto de vista de la hidráulica no es exacta, dado que se obvian las pérdidas. Por lo tanto, a continuación, se verá la resolución por el segundo de los métodos propuestos al principio de este apartado:

$$Q = S_H \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}} \cdot K$$

Según el enunciado K es igual a 60 y J es igual a 0.01 m/m. Se debe calcular por tanto S<sub>H</sub> y R<sub>H</sub>:

$$S_H = 2 \cdot h \quad (\text{primero probaremos con marcos de 2 m de base})$$

$$P_H = 2 + 2h$$

$$R_H = \frac{2h}{2 + 2h} = \frac{h}{1 + h}$$

Sustituyendo:

$$13,26 = 2h \cdot \left(\frac{h}{1+h}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0,01^{\frac{1}{2}} \cdot 60$$

$$1,105 = h \cdot \left(\frac{h}{1+h}\right)^{\frac{2}{3}}$$

A través de iteraciones podemos llegar a la siguiente conclusión:

Valor de h	Valor en la Ecuación	
0,85 · 1,5 = 1,275	0,867	Marco no suficiente
0,85 · 2 = 1,7	1,24	Marco suficiente
1,5	1,067	
1,6	1,158	
1,55	1,112	
1,54	1,106	

Aceptamos que el calado resultante para evacuar 13,26 m<sup>3</sup>/s es de 1,54 m y el marco mínimo con base de 2 m que cumple es el de la opción b).

Asimismo, puede comprobarse que el marco de la opción d) no cumple.

**12. ¿Cuál será el valor aproximado del caudal máximo a evacuar por el marco de sección mínima anterior con las restricciones anteriores?**

- a) 15,92 m<sup>3</sup>/seg.
- b) 20,41 m<sup>3</sup>/seg.
- c) 11,18 m<sup>3</sup>/seg.
- d) 18,20 m<sup>3</sup>/seg.

Esta pregunta puede resultar un tanto ambigua por su formulación. Por tanto, se considerará que se refiere al caudal máximo que se podría evacuar con el marco solución del apartado anterior sin superar una velocidad de 5 m/s.

Para ello, el calado máximo aceptable sería el siguiente:

$$h = 0,85 \cdot 2 = 1,7$$

Luego:

$$Q = 2 \cdot 1,7 \cdot \left( \frac{1,7}{1 + 1,7} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0,01^{\frac{1}{2}} \cdot 60 = 14,99 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con una velocidad de:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{14,99}{2 \cdot 1,7} = 4,41 \text{ m/s}$$

Como vemos, no coincide con ninguna de las soluciones propuestas debido a lo ambiguo del enunciado. En consecuencia, se tomará la opción a) como válida por ser la más próxima al resultado obtenido.

**13. Sobre el muro de contención indicado, el valor del empuje activo de las tierras, por metro lineal, despreciando el rozamiento entre muro y suelo es:**

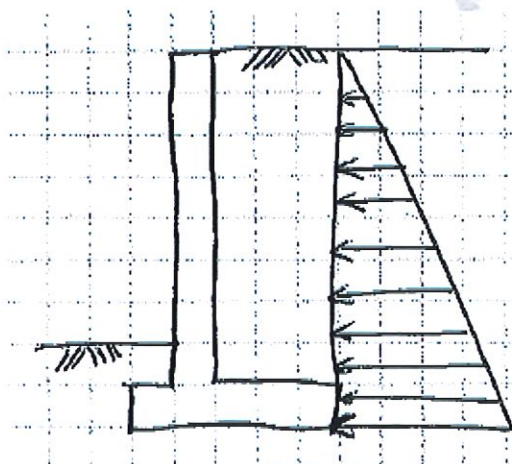
- a) 14,84 Tm.
- b) 9,60 Tm.
- c) 6,85 Tm.
- d) 11,20 Tm.

Lo primero que se debe hacer es calcular el valor de las constantes:

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} = \frac{0,5}{1,5} = 0,33$$

$$K_p = \frac{1 + \operatorname{sen}\phi}{1 - \operatorname{sen}\phi} = \frac{1,5}{0,5} = 0,3$$

El valor del empuje activo se producirá a 2/3 de la profundidad máxima, y sigue el siguiente esquema y formulación:



$$\sigma_{\max} = \gamma \cdot h_{\max} \cdot K_a$$

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot K_a \cdot \gamma$$

Por lo tanto, sustituyendo se obtiene que:

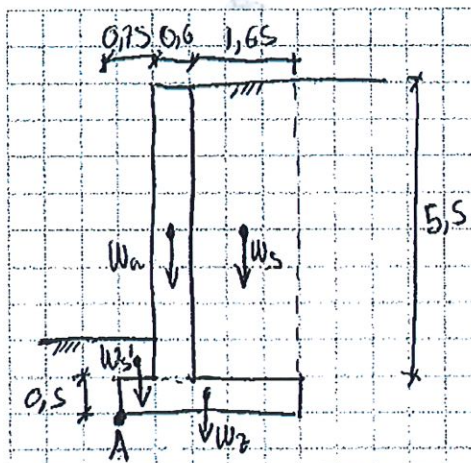
$$E_a = \frac{1}{2} \cdot 6^2 \cdot 0,33 \cdot 1,6 = 9,60 \text{ Tn/m}$$

Siendo por ello la respuesta correcta la b).

**14. La resultante de las cargas verticales que actúan sobre el cimiento por metro lineal, alcanza la magnitud de:**

- a) 26,64 Tm.
- b) 42,40 Tm.
- c) 15,20 Tm.
- d) 20,30 Tm.

Para responder a esta pregunta se deben analizar todas las fuerzas verticales actuantes. Asimismo, deberán asociarse coordenadas que nos servirán para responder a la presente cuestión.



Las coordenadas de aplicación de cada fuerza son las siguientes:

$$W_{s'}(0,375 ; 0,25)$$

$$W_s(2,175 ; 3,25)$$

$$W_a(1,05 ; 3,25)$$

$$W_z(1,5 ; 0,25)$$

Atendiendo a esas coordenadas y resolviendo:

$$W_{s'} = 1,6 \frac{Tn}{m^3} \cdot (0,75 \cdot 0,5)m^2 = 0,60 Tn/m$$

$$W_s = 1,6 \frac{Tn}{m^3} \cdot (1,65 \cdot 5,5)m^2 = 14,52 Tn/m$$

$$W_a = 2,4 \frac{Tn}{m^3} \cdot (5,5 \cdot 0,6)m^2 = 7,92 Tn/m$$

$$W_z = 2,4 \frac{Tn}{m^3} \cdot (0,5 \cdot 3)m^2 = 3,6 Tn/m$$

$$W_T = W_{s'} + W_s + W_a + W_z = 26,64 Tn/m$$

Siendo por tanto la respuesta correcta la a).

**15. las coordenadas del centro de gravedad del diagrama de fuerzas respecto del punto A, tomado como origen son:**

a)  $x = 1,50 \text{ m} ; y = 3,00 \text{ m}.$

b)  $x = 1,70 \text{ m} ; y = 2,00 \text{ m}$

c)  $x = 1,85 \text{ m} ; y = 2,00 \text{ m}.$

d)  $x = 1,85 \text{ m} ; y = 3,00 \text{ m}.$

Con las coordenadas calculadas en la pregunta anterior, junto con las del empuje activo:

$E_a(X_a; 2)$  luego  $\bar{y} = 2$

$$\bar{x} = \frac{W_s' \cdot x_s' + W_s \cdot x_s + W_a \cdot x_a + W_z \cdot x_z}{W_s' \cdot W_s \cdot W_a \cdot W_z}$$

$$\bar{x} = \frac{0,375 \cdot 0,6 + 2,175 \cdot 14,52 + 1,05 \cdot 7,92 + 1,5 \cdot 3,6}{26,64}$$

$$\bar{x} = 1,7087$$

Luego la respuesta correcta sería la b).

**NOTA:** En los cálculos de estabilidad de muros de contención, la contribución del empuje pasivo suele despreciarse puesto que es difícil cuantificar cómo se moviliza, de este modo se estaría realizando un cálculo del lado de la seguridad.

**16. El coeficiente de seguridad al deslizamiento ( $F_d$ ), siendo el coeficiente de Rozamiento entre suelo y cimiento  $p = \text{tg } 35^\circ = 0,70$ , alcanza el valor aproximado de:**

- a) 2,50
- b) 1,50
- c) 1,35
- d) 1,94

El  $F_{SD}$  (factor de seguridad) será el cociente entre las fuerzas estabilizadoras (rozamiento) y las desestabilizadoras (empuje):

$$F_{SD} = \frac{W_T \cdot \mu}{E_a} = \frac{26,64 \cdot 0,70}{9,60} = 1,94$$

Luego la respuesta correcta es la d).

**17. El coeficiente de seguridad al vuelco ( $F_v$ ), tiene un valor aproximado de:**

- a) 1,65
- b) 1,30
- c) 2,37
- d) 1,80

De manera análoga, se tiene lo siguiente:

$$F_{sv} = \frac{M_{estabilizador}}{M_{desestabilizador}}$$

Siendo:

$$M_{estabilizador} = W_T \cdot \bar{x} = 26,64 \cdot 1,7 = 45,28 \text{ Tn} \cdot \text{m/m}$$

$$M_{desestabilizador} = E_a \cdot \bar{y} = 9,60 \cdot 2 = 19,2 \text{ Tn} \cdot \text{m/m}$$

Luego:

$$F_{sv} = \frac{M_{est}}{M_{des}} = \frac{45,28}{19,2} = 2,36$$

Por tanto, la respuesta correcta es la c).

**18. El valor aproximado del momento estabilizador que actúa sobre el muro es:**

- a) 45,522 T x m
- b) 32,524 T x m.
- c) 27,320 T x m.
- d) 62,450 T x m.

Tal y como se ha calculado en el apartado anterior, la respuesta correcta sería la a).

Cabe destacar que la ligera diferencia en los valores obtenidos en las preguntas 17 y 18, se debe a que en la respuesta que se dio en el examen no se consideró la contribución del tacón de terreno que hay justo en la puntera del muro.

**19. El tráfico equivalente correspondiente al tramo de carretera afectado tiene un valor aproximado de:**

- a) 525.600 ejes equivalentes de 13 Tm.**
- b) 694.335 ejes equivalentes de 13 Tm.**
- c) 1.012.500 ejes equivalentes de 13 Tm.**
- d) 755.000 ejes equivalentes de 13 Tm.**

Para realizar esta pregunta, se empleará la expresión de la ICAFIR (incluida en el formulario):

$$TP = IMD_{PA} \cdot CE \cdot 365 \cdot F \cdot \gamma_t$$

Lo primero que se ha de calcular es la IMD de pesados sobre el carril de proyecto el año de la puesta en servicio:

$$IMD_{2008} = 4.471 \rightarrow IMD_{2010} = 4.471 \cdot (1 + 0,04)^2 = 4.835,83$$

Suponiendo que en 2010 se mantiene el porcentaje de pesados, y puesto que es una carretera convencional con ancho superior a 6 m, se puede estimar que sobre el carril de proyecto se tendrá:

$$IMD_{PA\ 2010} = IMD_{2010} \cdot 4\% \cdot 50\% = 96,717$$

Por otro lado, el resto de coeficientes están tabulados en la ICAFIR y se incluyen en el formulario del examen:

CE=0,6 (Por ser un firme flexible)

F=29,8 (20 años de periodo de proyecto, 4% de crecimiento)

$\gamma_t=1,10$  (Ya que la  $IMD_{PA}$  corresponde con una T3B)

Luego:

$$TP = 96,717 \cdot 0,6 \cdot 365 \cdot 29,8 \cdot 1,10 = 694.312$$

Siendo por ello la respuesta correcta la b). (La diferencia se debe a los redondeos).

**20. La Intensidad Media Diaria de vehículos pesados, el año de apertura al tráfico, tiene un valor aproximado dado por:**

- a) 132 vehículos pesados/día.
- b) 112 vehículos pesados/día.
- c) 96 vehículos pesados/día.
- d) 68 vehículos pesados/ día.

Tal y como se ha visto en la pregunta anterior,  $96,17 \cong 97$  vp/día, luego la respuesta correcta sería la c).

**21. La categoría de tráfico pesado que correspondería asignar al tramo de carretera afectado es:**

- a) T 3 B
- b) T 2
- c) T 4 A.
- d) T 0.

Se ha calculado en la pregunta 19, en concreto, con una  $IMD_{PA}=96$  se tiene una categoría de tráfico T3B, siendo la respuesta correcta la a).

**22. El Factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados, para el periodo de proyecto, desde el año de la puesta en servicio es, aproximadamente:**

- a) 19,45
- b) 21,30
- c) 29,80
- d) 15,42

Acudiendo a la tabla 3.3 de la ICAFIR, se observa que la opción correcta para este caso sería la c), dado que se tiene una tasa de crecimiento anual del 4% a 20 años.

**Tabla 3.3. Factor de crecimiento para distintas tasas de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados y periodos de proyecto**

Periodo de proyecto (años)	Tasa anual de crecimiento (%)			
	2	3	4	5
10	10,9	11,5	12,0	13,2
15	17,3	18,6	20,0	23,3
20	24,3	26,9	29,8	36,8
30	40,6	47,6	55,1	79,1



**23. Según el artículo 542 de P.G. — 3 vigente, la capa de rodadura podría estar compuesta por:**

- a) AC-22 Surf S — Espesor: 6 centímetros.**
- b) AC-22 Bin S — Espesor: 6 centímetros.**
- c) AC-22 Surf S — Espesor: 5 centímetros.**
- d) AC-22 Surf S — Espesor: 7 centímetros.**

El PG-3 en su artículo 542 indica que las mezclas bituminosas en capa de rodadura AC 22 Surf D o S (correspondientes con las antiguas denominaciones D20 y S20), tendrán que extenderse en capas con espesor mayor de 5 cm. Por ello, las respuestas a y d son correctas.

**NOTA:** Esta pregunta fue finalmente anulada.

**24. Para la categoría de tráfico obtenida, el tipo de material bajo la capa de rodadura del arcén, en el caso de sustitución del firme existente, sería:**

- a) Zahorra artificial (ZA) ó Suelo cemento (SC).**
- b) Zahorra natural (ZN).**
- c) Suelo seleccionado (SS).**
- d) Suelo adecuado (SA).**

Según la tabla 8.1 y la figura 8.1 de la ICAFIR, para la categoría T3B, con independencia del tipo de base (granular o hidráulica), el arcén se formará prolongando la capa de rodadura de la calzada sobre una zapa de zahorra artificial (ZA) o suelocemento (SC).

Nótese además que los arcenes tienen anchura de 1,5 m (sección tipo  $7/10=1,5+2\times 3,5+1,5$ ), por tanto, al ser mayor de 1,25 m se aplicaría la tabla 8.1 y la respuesta correcta sería la a).

**Tabla 8.1. Secciones estructurales de firme con pavimento bituminoso para arcenes de anchura superior a 1,25 m**

Categoría de tráfico	Tipo de base del firme en calzada	Sección de firme en arcén		
		Pavimento bituminoso	Base no bituminosa	Subbase
T00	Base granular	Espesor $\geq$ 12 cm Prolongación de la capa de rodadura de la calzada	ZA	ZA
	Base hidráulica	Espesor $\geq$ 10 cm Prolongación de la capa de rodadura de la calzada	SC	ZA
T0 – T1	Base granular	Espesor $\geq$ 10 cm Prolongación de la capa de rodadura de la calzada	ZA	Z o SS
	Base hidráulica	Espesor $\geq$ 8 cm Prolongación de la capa de rodadura de la calzada	SC	Z o SS
T2 – T4	Base granular o hidráulica	Prolongación de la capa de rodadura de la calzada	ZA ó SC	Z ó SS

**NOTAS COMPLEMENTARIAS:**

Cuando la capa de rodadura de la calzada sea drenante o discontinua en caliente, se prolongarán sobre el arcén las capas de rodadura e intermedia del firme de la calzada.

El pavimento bituminoso de los arcenes, salvo que sea prolongación del de la calzada, no incluirá en ningún caso mezclas gruesas (G) o de alto módulo (AM).

En todos los casos la zahorra artificial (ZA) se utilizará con una granulometría por debajo del centro del huso especificado en cada caso.

El suelocemento (SC) en arcén se prefisurará transversalmente en fresco cada 4 m, y en su caso, será del mismo tipo que el utilizado en calzada.

El suelo seleccionado (SS) será de los tipos 3 ó 4.

En todos los casos el espesor de la subbase será el necesario para alcanzar el plano de explanada.

Con tráfico T2 la base del firme del arcén se realizará con el mismo material utilizado en la base del firme de la calzada.

**25. Según el Anexo I de la O.C. 18 bis/08 — del Ministerio de Fomento-Catálogo de sistemas para protección de motoristas, indicar qué tipo de barrera habría que emplear en sustitución de la existente:**

- a) BMSNA 2/100 a.
- b) BMSNA 2/120 b.
- c) BMSNA 4/100 a.
- d) BMSNC 2/100 a.

Según la OC 18 bis/08 no hay barreras con soportes (postes) para motociclistas con ancho de 100 mm, sino que todos tienen postes de 120 mm de ancho.

Por ello, la única denominación posible es la BMSNA2/120b, correspondiente a una barrera con separadores metálica simple, con separación entre postes de 2 m y anchura de los mismos de 120 mm. El código "b" significa que es el segundo modelo de tales características que se inscribe en el catálogo.

La respuesta correcta sería la b).

**NOTA:** La O.C. 18 bis/08 fue derogada por la actualmente vigente Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de Sistemas De Contención De Vehículos. En esta norma se dedica el apartado 8 al "Empleo de los sistemas para protección de motociclistas". Recomendamos su estudio ya que cualquier pregunta relativa a los sistemas de contención de las carreteras estará actualizado al contenido de esta.