

GUÍA RÁPIDA CARRETERAS

Básicamente, los problemas del ejercicio práctico de carreteras se pueden agrupar en 5 tipos fundamentalmente:

1. Capacidad
2. Firmes nuevos
3. Rehabilitación de firmes
4. Drenaje
5. Sistemas de contención
6. Análisis Multicriterio (se ha añadido recientemente en diversos bloques)

Además, hay otros 3 tipos que podrían ser objeto de examen, aunque su presencia en los exámenes de los últimos años ha sido puntual o incluso nula. Estos son:

7. Movimiento de tierras
8. Señalización
9. Trazado

Por lo general, un problema de examen englobará más de un tipo de problema de los mencionados (por ejemplo, es común que aparezca un problema que incluya la rehabilitación de un firme, y una posterior mejora del sistema de drenaje transversal de la carretera; o como en el caso del examen del 2016, un firme nuevo y la disposición del correspondiente sistema de contención).

1. CAPACIDAD

Son 2 las herramientas o normas necesarias generalmente para resolver este tipo de problemas o apartados:

- Norma 3.1- IC de Trazado, Orden FOM/273/2016
- HCM 2010 (Highway Capacity Manual 2010, del Transportation Research Board)
- Anexo 2 de la NS 5/2014 *sobre prescripciones y recomendaciones técnicas para la realización de estudios de tráfico*

El objetivo del cálculo de la capacidad es comprobar que al final del periodo de proyecto, el **nivel de servicio** cumple con lo recogido en la **Tabla 7.1** de la Norma **3.1-IC**.

OPOSICIONES JUNTA
WWW.OPOSICIONES-CAMINOS-ANDALUCIA.ES

TABLA 7.1
DIMENSIONES DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

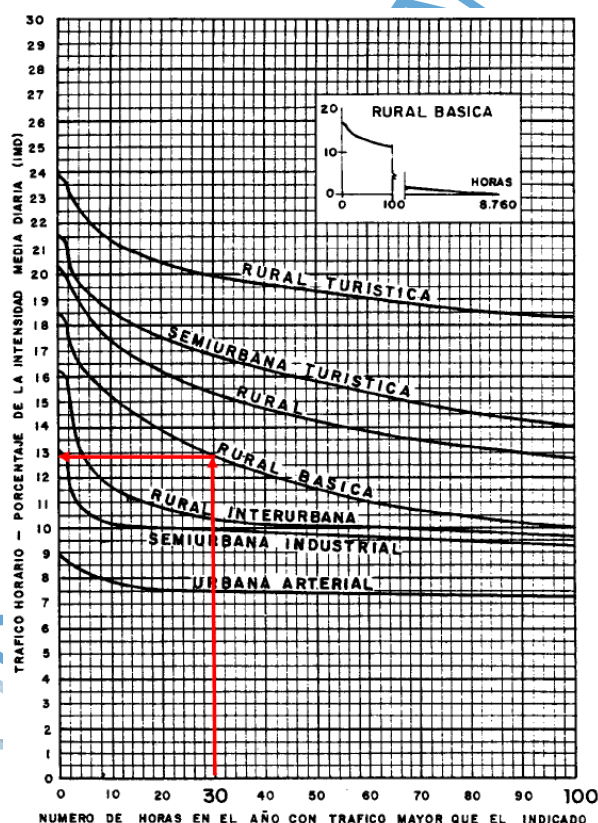
CLASE DE CARRETERA	VELOCIDAD DE PROYECTO (V _p) (km/h)	ANCHO (m)				NIVEL DE SERVICIO MÍNIMO EN LA HORA DE PROYECTO DEL AÑO HORIZONTE
		CARRILES	ARCENES		BERMAS (MÍNIMO)	
			INTERIOR / IZQUIERDO	EXTERIOR / DERECHO		
Autopista y autovia	140, 130 y 120	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	C
	110 y 100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
Carretera multicarril	100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	0,50 / 1,00	1,50 / 2,50	1,00	E
	50 y 40	3,25 a 3,50	0,50 / 1,00	1,00 / 1,50	0,50	E
Carretera convencional	100	3,50	2,50		1,00	D
	90 y 80	3,50	1,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50		0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00		0,50	E
Vía colectora - distribuidora y ramal de enlace de sentido único	100	3,50	1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	E
	50 y 40	3,50	0,50 / 1,00	1,50 / 2,50	1,00	E
Ramal de enlace de doble sentido	100	3,50	2,50		1,00	D
	90 y 80	3,50	2,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	2,50		1,00	E
	50 y 40	3,50	1,50 / 2,50		1,00	E
Vía de servicio de sentido único	90 y 80	3,50	1,00	1,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00	1,00 / 1,50	0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00	1,00	0,50	E
Vía de servicio de doble sentido	90 y 80	3,50	1,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50		0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00		0,50	E

Si los ramales de enlace, los ramales de transferencia, las vías colectoras - distribuidoras, las vías de servicio y las vías laterales solo tuviesen un carril su ancho será de cuatro metros (4,00 m) y, en curvas, tres metros y cincuenta centímetros (3,50 m) más el sobreancho correspondiente (epígrafe 7.3.5) con un valor mínimo de cuatro metros (≥ 4,00 m).

El **año horizonte**, en el cual hay que realizar dicha comprobación, según la norma de trazado se sitúa **20 años después de la entrada en servicio** de la carretera. Para dicho año, habrá que establecer cuál es la Intensidad en la **hora de proyecto**, que la Norma 3.1-IC la sitúa entre la **30** y la **150** hora más cargada del año (se usa la I_{30} en general).

Hay que entender el significado de **Intensidad de Servicio**: para un determinado nivel de servicio, es el máximo número de vehículos que pueden atravesar por unidad de tiempo una sección de carretera, de forma que no se sobrepase dicho nivel de servicio.

Por tanto, habrá que comprobar que la Intensidad en la hora de proyecto (corregida por una serie de factores que vamos a ver) no supera la Intensidad de Servicio correspondiente. Si no nos diesen como dato del ejercicio la Intensidad horaria, su estimación se llevará a cabo según el gráfico siguiente, que relaciona la IMD con la intensidad horaria.



Normalmente la intensidad de la hora 30 varía entre el 11 y el 17% de la IMD en la mayoría de las carreteras. Si en el enunciado no dicen otra cosa, elegir rural básica o rural interurbana, que son las más parecidas a las carreteras interurbanas de la Red de Carreteras del Estado.

Ejemplo: la intensidad de la hora 30 en una rural básica, según este ábaco, es de 13 % de la IMD de la vía. Es decir, en una carretera con una IMD de 10.000 veh/día, la intensidad de la hora 30 peor del año será de $0,13 \cdot 10.000 = 1.300$ veh/hora.

Se va a duplicar la superficie de un polígono industrial cercano. Se espera que las nuevas nave estén completamente ocupadas en 2010. Los estudios de tráfico realizados esperan que la ampliación de este polígono produzca en la autovía un incremento de la IMD de 4.850 veh, de los cuales 810 serán pesados.

Para afrontar el crecimiento del tráfico, se planea la construcción de un tercer carril en la calzada derecha, actuación que podría ponerse en servicio en el año 2010. ¿Cuál será la intensidad horaria de la hora 30 en este año?

En primer lugar, se determinan las intensidades medias diarias por calzada de vehículos y de vehículos pesados para 2010, para lo que haremos la hipótesis de un reparto entre sentidos de 50/50.

$$IMD_{2010} = IMD_{2006} \cdot 1,024 + IM_{Dpol} = 26.636 \cdot 1,024 + 4.850 = 28.832 + 4.850 = 33.682 \text{ veh/día}$$

$$IMD \text{ calzada } 2010 = 16.841 \text{ (veh/día) / calzada}$$

$$IMD_{vp} \text{ } 2010 = 28.832 \cdot 0,10 + 810 = 2.883 + 810 = 3.693 \text{ vp/día}$$

$$IMD_{vp} \text{ calzada } 2010 = 1.847 \text{ (vp/día) / calzada}$$

$$\text{Porcentaje de vehículos pesados en 2010} = 10,97 \%$$

La intensidad horaria de la hora 30 es del 17% de la IMD según el enunciado, por lo que haciendo la hipótesis de que se puede proyectar esa proporción hacia 2010 hallamos:

$$I_{2010} \text{ calzada hora } 30 = 16.841 \cdot 0,17 = 2.863 \text{ (veh/h) / calzada}$$

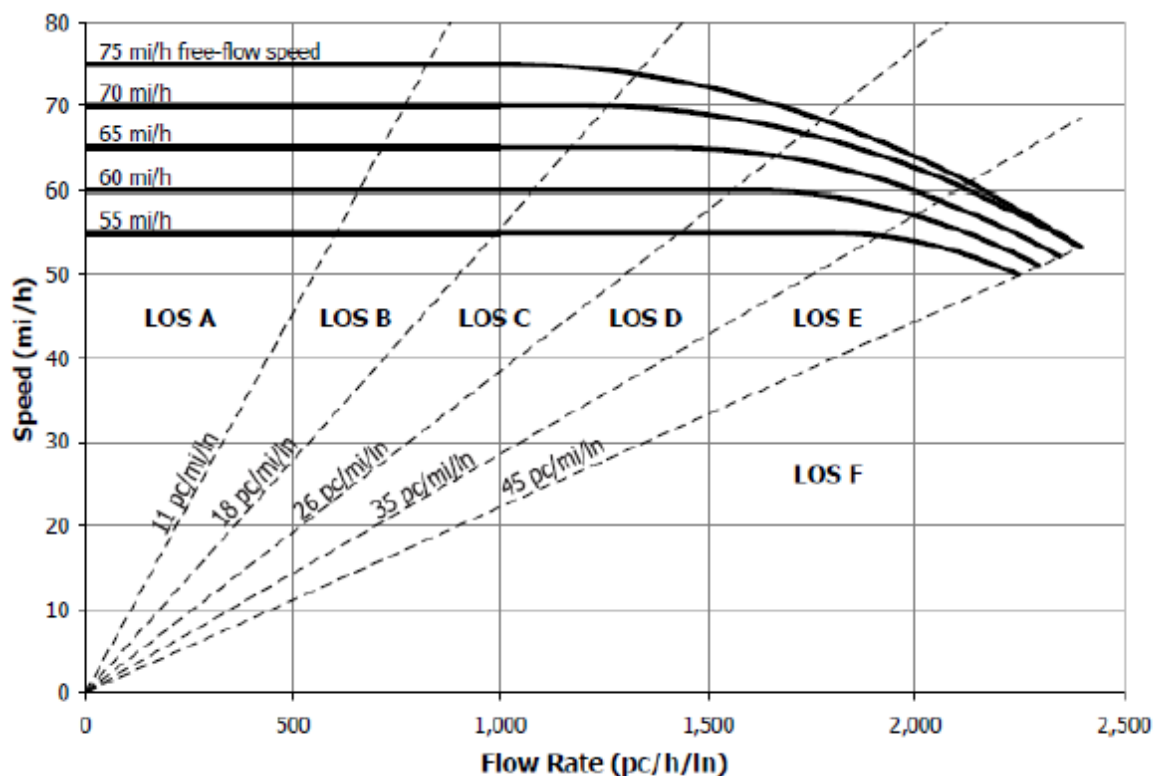
CALCULO CAPACIDAD AUTOPISTAS, AUTOVÍAS, VÍAS DE DOBLE CALZADA

Utilizaremos el Manual de Capacidad de 2010 y lo complementamos con el ejemplo que viene recogido en el examen de ICCP 2007 (ver enunciado en la colección de exámenes)

Capacidad en condiciones ideales

Para la comprobación del nivel de servicio, el Manual de Capacidad de 2010 establece los límites de las intensidades de servicio para cada nivel de servicio dado una velocidad libre, según la siguiente tabla. En ella las intensidades se expresan en **vehículos ligeros/hora/carril**, y responden a unas condiciones ideales con carriles de anchura mínima de 12 *pies* (3,65 m), arcén derecho de anchura mínima de 6 *pies* (1,80 m), no existencia de vehículos pesados y conductores habituados al recorrido.

Velocidad libre	Niveles de servicio e intensidad ideal por carril				
	A	B	C	D	E
75 mi/h (121 km/h)	820 Veh.lig./h/c	1.310 Veh.lig./h/c	1.750 Veh.lig./h/c	2.110 Veh.lig./h/c	2.400 Veh.lig./h/c
70 mi/h (113 km/h)	770 Veh.lig./h/c	1.250 Veh.lig./h/c	1.690 Veh.lig./h/c	2.080 Veh.lig./h/c	2.400 Veh.lig./h/c
65 mi/h (105 km/h)	710 Veh.lig./h/c	1.170 Veh.lig./h/c	1.630 Veh.lig./h/c	2.030 Veh.lig./h/c	2.350 Veh.lig./h/c
60 mi/h (97 km/h)	660 Veh.lig./h/c	1.080 Veh.lig./h/c	1.560 Veh.lig./h/c	2.010 Veh.lig./h/c	2.300 Veh.lig./h/c
55 mi/h (89 km/h)	600 Veh.lig./h/c	990 Veh.lig./h/c	1.430 Veh.lig./h/c	1.900 Veh.lig./h/c	2.250 Veh.lig./h/c



Anchura arcén	Carriles en la calzada			
	2	3	4	5
≥6 pies (1,8 m)	0,0 mi/h	0,0 mi/h	0,0 mi/h	0,0 mi/h
5 pies (1,5 m)	0,6 mi/h (1,0 km/h)	0,4 mi/h (0,6 km/h)	0,2 mi/h (0,3 km/h)	0,1 mi/h (0,2 km/h)
4 pies (1,2)	1,2 mi/h (1,9 km/h)	0,8 mi/h (1,3 km/h)	0,4 mi/h (0,6 km/h)	0,2 mi/h (0,3 km/h)
3 pies (0,9 m)	1,8 mi/h (2,9 km/h)	1,2 mi/h (1,9 km/h)	0,6 mi/h (1,0 km/h)	0,3 mi/h (0,5 km/h)
2 pies (0,6 m)	2,4 mi/h (3,9 km/h)	1,6 mi/h (2,6 km/h)	0,8 mi/h (1,3 km/h)	0,4 mi/h (0,6 km/h)
1 pies (0,3 m)	3,0 mi/h (4,8 km/h)	2,0 mi/h (3,2 km/h)	1,0 mi/h (1,6 km/h)	0,5 mi/h (0,8 km/h)
0 pies	3,6 mi/h (5,8 km/h)	2,4 mi/h (3,9 km/h)	1,2 mi/h (1,9 km/h)	0,6 mi/h (1,0 km/h)

- ✚ Ajuste por densidad de entradas y salidas a la autovía, tanto en las 3 millas anteriores como en las 3 millas posteriores a la sección considerada: **(TRD)**

Nº entradas o salidas/ (3+3 millas)	1/6 mi	2/6 mi	3/6 mi	4/6 mi
Ajuste	0,7 mi/h (1,2 km/h)	1,3 mi/h (2,1 km/h)	1,8 mi/h (2,9 km/h)	2,3 mi/h (3,7 km/h)

5/6 mi	6/6 mi	7/6 mi	8/6 mi
2,8 mi/h (4,4 km/h)	3,2 mi/h (5,2 km/h)	3,7 mi/h (5,9 km/h)	4,1 mi/h (6,6 km/h)

Una vez determinada la velocidad libre se obtendrá la intensidad ideal mediante el uso de los gráficos anteriores.

Vemos esta teoría aplicada en el EXAMEN ICCP 2007: VER ENUNCIADO EN LA COLECCIÓN DE EXÁMENES

El enunciado nos dice que despreciamos la influencia de la anchura del carril, distancia a obstáculos (anchura arcén derecho) y separación de enlaces), por lo que la velocidad libre sería $FFS = 75,4 \text{ millas/hora} \times 1,609 = 121 \text{ km/h}$

Si hiciéramos el cálculo preciso tendríamos que considerar:

- El factor de ajuste por anchura de carril, f_{LW} , con un carril de 3,5 m lo tomaremos igual a 1,9 mi/h.
- El factor de ajuste por anchura del arcén, f_{LC} , con un arcén de 2,5 m y dos carriles por calzada, lo tomaremos igual a 0 mi/h.

Velocidad libre	Niveles de servicio e intensidad ideal por carril				
	A	B	C	D	E
75 mi/h (121 km/h)	820 veh/h/c	1.310 veh/h/c	1.750 veh/h/c	2.110 veh/h/c	2.400 veh/h/c
70 mi/h (113 km/h)	770 veh/h/c	1.250 veh/h/c	1.690 veh/h/c	2.080 veh/h/c	2.400 veh/h/c
65 mi/h (105 km/h)	710 veh/h/c	1.170 veh/h/c	1.630 veh/h/c	2.030 veh/h/c	2.350 veh/h/c
60 mi/h (97 km/h)	660 veh/h/c	1.080 veh/h/c	1.560 veh/h/c	2.010 veh/h/c	2.300 veh/h/c
55 mi/h (89 km/h)	600 veh/h/c	990 veh/h/c	1.430 veh/h/c	1.900 veh/h/c	2.250 veh/h/c

Esta intensidad ideal debemos corregirla para adaptarla a las condiciones reales por la experiencia de los conductores, presencia de vehículos pesados, rampas, etc.

Capacidad en condiciones reales

Para obtener la capacidad en condiciones reales se han de realizar una serie de ajustes según lo indicado en la siguiente fórmula.

$$C \text{ (veh/h)} = C \text{ ideal (veh lig / h / carril)} \cdot N \cdot PHF \cdot fHV \cdot fP$$

Donde:

- C ideal: Capacidad ideal de un carril de la autovía, a la velocidad libre estimada.
- N: número de carriles.
- PHF: Factor de hora punta considerado.
- fHV: Factor corrector de vehículos pesados, en función de su proporción y del tipo de terreno o longitud e inclinación de las rampas y pendientes.
- fP: Factor corrector en función de la familiaridad de los conductores con la autovía.

Ajuste por factor de hora punta (PHF)

El Manual de Capacidad 2010 introduce el PHF (Peak Hour Factor o factor de hora punta) para tener en cuenta las variaciones de flujo dentro de una hora, ya que el pico de capacidad de 15 minutos no se puede mantener en una hora completa.

En autovías, el factor de hora punta oscila entre 0,85 y 0,98. Los valores bajos son típicos de condiciones de bajo tráfico. Los valores altos son propios de autovías urbanas y suburbanas en hora punta.

En el caso de pendientes, el conocimiento es limitado. Si la pendiente no es prolongada, no hará falta el freno motor. En este caso los pesados pueden ser tratados como en un terreno llano. Sin embargo, si la pendiente es fuerte, los pesados engranan marchas bajas para evitar embalsarse, por lo que reducen la velocidad. El Manual de Capacidad da estos factores de equivalencia de camiones y autobuses para pendientes.

Downgrade (%)	Length of Grade (mi)	Proportion of Trucks and Buses			
		5%	10%	15%	≥ 20%
<4	All	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	2.0	2.0	2.0	1.5
>5-6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	5.5	4.0	4.0	3.0
>6	≤4	1.5	1.5	1.5	1.5
	>4	7.5	6.0	5.5	4.5

En el caso de vehículos de recreo (autocaravanas), el manual de capacidad indica que para cualquier pendiente deben ser tratados como en terreno llano, esto es, con un **factor de equivalencia de 1,2**.

Ajuste de la experiencia de conductores fp

La capacidad ideal se ha estimado teniendo en cuenta que los usuarios son conductores habituales de la autovía. Sin embargo, los usuarios no acostumbrados a transitar por la infraestructura la usan menos eficientemente, reduciendo su capacidad. El factor de reducción se puede estimar entre 0,85 y 1,00 para la mayor parte de los casos.

Utilizando estos factores en la fórmula indicada anteriormente obtenemos la capacidad real (también llamada intensidad real)

Esta fórmula será, como no puede ser de otra manera, la que se utilice para determinar la intensidad máxima para determinado nivel de servicio. Se indica aquí:

$$I_{\text{nivel servicio (veh/h)}} = I_{\text{ideal nivel de servicio (veh lig / h / carril)}} \cdot N \cdot PHF \cdot f_{HV} \cdot f_P$$

Upgrade (%)	Length (mi)	Proportion of Trucks and Buses								
		2%	4%	5%	6%	8%	10%	15%	20%	≥ 25%
≤2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
>2-3	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.75-1.00	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>1.00-1.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>1.50	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
>3-4	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	>0.50-0.75	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.75-1.00	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	>1.00-1.50	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	>1.50	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
>4-5	0.00-0.25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.50	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.50-0.75	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	>0.75-1.00	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	>1.00	5.0	4.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0
>5-6	0.00-0.25	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	>0.25-0.30	4.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	>0.30-0.50	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	>0.50-0.75	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	>0.75-1.00	5.5	5.0	4.5	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	>1.00	6.0	5.0	5.0	4.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
>6	0.00-0.25	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	1.0
	>0.25-0.30	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	>0.30-0.50	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	>0.50-0.75	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0
	>0.75-1.00	6.0	5.5	5.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5
	>1.00	7.0	6.0	5.5	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	4.0

Note: Interpolation for percentage of trucks and buses is recommended to the nearest 0.1.

En este caso, con una proporción de camiones cercana al 10 %, rampa del 3 %, y suponiendo una rampa de más de 1 milla, vemos que el factor de equivalencia sería de 2,0.

Con lo cual, el factor de ajuste sería:

$$f_{HV} = 1 / [1 + 0,1097 \times (2,0 - 1)] = 0,901$$

Dado que este ha sido obtenido con datos más precisos (inclinación de la rampa individual), lo tomaremos para un cálculo más preciso de la capacidad.

- Factor de ajuste por la experiencia de los conductores (f_P). El manual de capacidad establece que es adecuado tomar entre 0,85 y 1,00 en la mayor parte de los casos. A falta de otros datos, lo tomaremos igual 0,95.

Por lo tanto, la capacidad real (o intensidad real) para este nivel de servicio, es decir, corregida por los factores de punta, vehículos pesados y experiencia de los conductores será:

$$I = 1.750 \cdot 0,98 \cdot 0,901 \cdot 0,95 = 1.468 \text{ vehículos/hora/carril}$$

$$2.962 = 2.863 \cdot (1 + 0,02)^n$$

Comprobamos que en el año $n = 2$, esto es 2012, se alcanzará el límite entre el nivel de servicio C y el D.

OPOSICIONES JUNTA
www.oposiciones-caminos-andalucia.es

CALCULO CAPACIDAD CARRETERAS DE CALZADA UNICA Y DOS CARRILES

Utilizamos en este caso el Manual de Capacidad de 2000 ya que en el improbable caso de que se tuviera que utilizar, esta aplicación es mucho más intuitiva.

Clases de carreteras convencionales

Las carreteras de calzada única con dos carriles y doble sentido de circulación constituyen la mayor parte de las redes de carreteras. Se puede distinguir entre:

- **Clase I:** carreteras convencionales que forman parte de las redes primarias, es decir aquellas que tienen una función principal de MOVILIDAD y registran altas velocidades
- **Clase II:** carreteras que forman parte de las redes locales y cuya función principal es la ACCESIBILIDAD

Nos vamos a centrar en las carreteras Clase I, ya que son las que pueden pertenecer a la RCE y las que son objeto de examen.

En este tipo de carreteras, para calcular los niveles de servicio, se tienen en cuenta dos criterios: la velocidad media del recorrido **VM**, y la proporción de tiempo que un vehículo pasa siguiendo a otros, **PTS**.

Al estudiar la capacidad e intensidades de servicio en este tipo de vías, se tiene en cuenta la capacidad conjunta de los 2 sentidos de circulación. En condiciones ideales, la capacidad de estas carreteras es como máximo de **3.200 veh/hora**, siempre que no se sobrepase de los 1.700 veh/hora por sentido.

Condiciones ideales

- Carril de 3,60 m y arcenes de 1,80 m
- Sin accesos a las propiedades colindantes
- Terreno llano (rampas <2%)
- Trafico formado exclusivamente por coches
- Sin prohibiciones de adelantamiento
- Reparto de tráfico total entre sentidos: 50%-50%

B.6 Cálculo de la velocidad media

B.6.1 Velocidad libre de los coches

La velocidad libre (VL) en la carretera es la velocidad media que llevarían los coches si los conductores no estuvieran influidos por la presencia de los demás vehículos; se considera que esta situación se produce si la intensidad del tráfico es menor de 200 coches/h. Para conocerla puede medirse la velocidad de los coches en la carretera, o en otra de características similares. Si no puede medirse la velocidad libre, se puede estimar partiendo de una velocidad libre básica (VLB), que sería la velocidad libre en una carretera en condiciones ideales. A esta velocidad básica se le aplican unas correcciones para tener en cuenta las características reales de la vía. Como velocidad libre básica puede tomarse la específica de la vía, o la velocidad máxima autorizada si fuera menor que ella. La velocidad libre sería:

$$VL = VLB - f_a - f_o - f_c \quad [B.4]$$

siendo

f_a : factor de corrección por anchura de carril

f_o : factor de corrección por anchura de arcén

f_c : factor de corrección por accesos.

TABLA B.4
Corrección por anchura del carril

Anchura (m)	Corrección (km/h)
$\geq 2,7 < 3,0$	3,5
$\geq 3,0 < 3,3$	1,7
$\geq 3,3 < 3,6$	0,7
$\geq 3,6$	0,0

TABLA B.5
Corrección por anchura del arcén

Anchura(m)	Corrección(km/h)
$\geq 0,0 < 0,6$	6,8
$\geq 0,6 < 1,2$	4,2
$\geq 1,2 < 1,8$	2,1
$\geq 1,8$	0,0

TABLA B.6
Corrección por accesos

Accesos por km	Corrección (km/h)
0	0,0
6	4,0
12	8,0
18	12,0
≥ 24	16,0

B.6.3 Cálculo de la velocidad media de los coches

Conocida la velocidad libre (VL) y la intensidad equivalente (I_q), se calcula la velocidad media (VM)

$$VM = VL - 0,0125 \cdot I_q - f_{pa} \quad [B.13]$$

donde f_{pa} es un factor de corrección por el efecto de las prohibiciones de adelantamiento, que se obtiene en la tabla B.9.

B.6 Determinación del nivel de servicio

Para determinar el nivel de servicio en las carreteras de la clase **I** hay que tener en cuenta tanto la proporción del tiempo siguiendo a otro vehículo como la velocidad media de los coches. Por tanto tienen que cumplirse las dos condiciones que figuran en la tabla B.10. En cambio, en las carreteras de clase **II** sólo es necesario tener en cuenta la proporción del tiempo siguiendo a otro vehículo, con los límites establecidos en la tabla B.11.

Se alcanzará el nivel F si la intensidad a la entrada del tramo sobrepasa su capacidad. Para determinar si esto ocurre se compara la intensidad equivalente obtenida al calcular la proporción del tiempo siguiendo a un vehículo, con la máxima capacidad (en coches/h). Esta capacidad depende de la distribución del tráfico total entre los dos sentidos. Sea x% el porcentaje de tráfico en el sentido más cargado. La capacidad de la suma de los dos sentidos (en coches/h) será

$$C = 3\,200 \text{ coches/h si } x < 53\%$$

$$C = 170\,000/x \text{ coches/h si } x > 53\%$$

[B.14]

TABLA B.9
Corrección por prohibiciones del adelantamiento

Intensidad (coches/h)	% con prohibición de adelantar					
	0	20	40	60	80	100
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	1.0	2.3	3.8	4.2	5.6
400	0.0	2.7	4.3	5.7	6.3	7.3
600	0.0	2.5	3.8	4.9	5.5	6.2
800	0.0	2.2	3.1	3.9	4.3	4.9
1 000	0.0	1.8	2.5	3.2	3.6	4.2
1 200	0.0	1.3	2.0	2.6	3.0	3.4
1 400	0.0	0.9	1.4	1.9	2.3	2.7
1 600	0.0	0.9	1.3	1.7	2.1	2.4
1 800	0.0	0.8	1.1	1.6	1.8	2.1
2 000	0.0	0.8	1.0	1.4	1.6	1.8
2 200	0.0	0.8	1.0	1.4	1.5	1.7
2 400	0.0	0.8	1.0	1.3	1.5	1.7
2 600	0.0	0.8	1.0	1.3	1.4	1.6
2 800	0.0	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4
3 000	0.0	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3
3 200	0.0	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1

TABLA B.10
Niveles de servicio en las carreteras convencionales de calzada única con dos carriles de la clase **I**

Nivel de servicio	% tiempo siguiendo	Velocidad media(km/h)
A	≤ 35	> 90
B	> 35 ≤ 50	> 80 ≤ 90
C	> 50 ≤ 65	> 70 ≤ 80
D	> 65 ≤ 80	< 60 < 70
E	> 80	≤ 60

EJEMPLO: Ver Problema ITOP 2008

2. FIRMES NUEVOS

Las herramientas o normas necesarias generalmente para resolver este tipo de problemas o apartados:

- Norma 6.1–IC Secciones de firme. (ORDEN FOM 3460/2003) modificada por la OC 1/2023
- Artículos del PG-3 relativos a firmes (510, 513, 530, 531, 542, 543, 544, 545, 550 y 551, fundamentalmente). El artículo 544 se ha incluido mediante la OC 3/2019 sobre Mezclas Bituminosas tipo SMA y el artículo 545 se ha incluido mediante la OC 3/2022 sobre Mezclas Bituminosas tipo AUTL para capas de rodadura.
- Nota de servicio 5/2006 “sobre explanaciones y capas de firme tratadas con cemento”
- Orden Circular 4/2023 Procedimiento para la justificación de precios en la Dirección General de Carreteras y base de precios de apoyo

Cálculo de la categoría de tráfico pesado (Apartado 4 norma 6.1-IC)

El **dato fundamental** para calcular una sección de firme nuevo es la **categoría de tráfico pesado**.

Se calcula mediante la IMDp (intensidad media diaria de vehículos pesados) en el carril de proyecto **en el año de puesta en servicio** (OJO: no año horizonte). El cálculo de la IMDp se realiza a través de la IMD de la carretera y del % de pesados. Hay que tener en cuenta lo siguiente:

- El **período de proyecto y construcción** para el cálculo del año de puesta en servicio. Si en el enunciado no se dice nada, se pueden justificar un mínimo de 4-5 años (para redactar el proyecto, licitar y ejecutar las obras). Para ello se pueden emplear estimaciones que consideran un crecimiento acumulativo i año en año: $IMD_n = IMD_0 * (1+i)^n$
- La IMD siempre corresponde a la carretera, salvo que se especifique otra cosa.

Debemos pasar a tráfico en el carril de proyecto. Para ello:

- Si no nos dicen otra cosa, se puede suponer un **reparto 50/50** entre sentidos.
- Si se trata de una autovía:
 - De **2 carriles por sentido**: el **100 %** de los pesados va por el carril derecho (el de proyecto).
 - De **3 carriles por sentido**: el **85 %** de los pesados va por el carril derecho (el de proyecto).

De manera:

- ❖ Tráfico **T1** necesita de explanadas tipo **E2 o E3**. Si no fuera así, la elección de la categoría de explanada tendría que integrarse en **el estudio técnico-económico del conjunto de explanada + firme**. No obstante, esto sería raro en un ejercicio de examen, pues el problema se complicaría al dispararse el número de opciones. No obstante, se puede justificar el empleo de **materiales estabilizados con cal o con cemento en la capa superior de la explanada**, pues así se mejora la durabilidad y la uniformidad, de acuerdo con la propia 6.1 IC.

Es común que en el enunciado se nos proporcione **características granulométricas**, de composición y plasticidad de los materiales disponibles para formar la EXPLANADA. En esos casos hemos de acudir al PG-3 (Art 330 y Art 512) y una vez clasificados acudir a la Tabla 4 de la 6.1-IC para determinar el tipo de explanada que se puede formar.

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.

Clasificación de los suelos aptos para formar Terraplenes (Art. 330 PG-3)

Conglomerante	Propiedades		S-EST1	S-EST2	S-EST3
Cal	Granulometría	Pasa # 80mm	100%		-
		Pasa # 63mm	≥15%		-
	Composición química	Mat. Orgánica	<2%	<1%	-
		Sulfatos solubles	<0,7%		-
	Plasticidad	IP	≥12	≥12 y ≤40%	-
Cemento	Granulometría	Pasa # 80mm	100%		
		Pasa # 2mm	≥20%		
		Pasa # 63mm	<50%		<35%
	Composición química	Mat. Orgánica	<2%	<1%	
		sulfatos solubles	<0,7%		
	Plasticidad	LL	-	≤40%	
		IP	≤15%		

Y ya por último, una vez establecido el tipo de explanada necesaria (E1, E2, E3) y clasificados los tipos de suelos que tenemos, se procede a la **formación de la explanada** según la FIGURA 1 del Apartado 5 de la Norma 6.1-IC

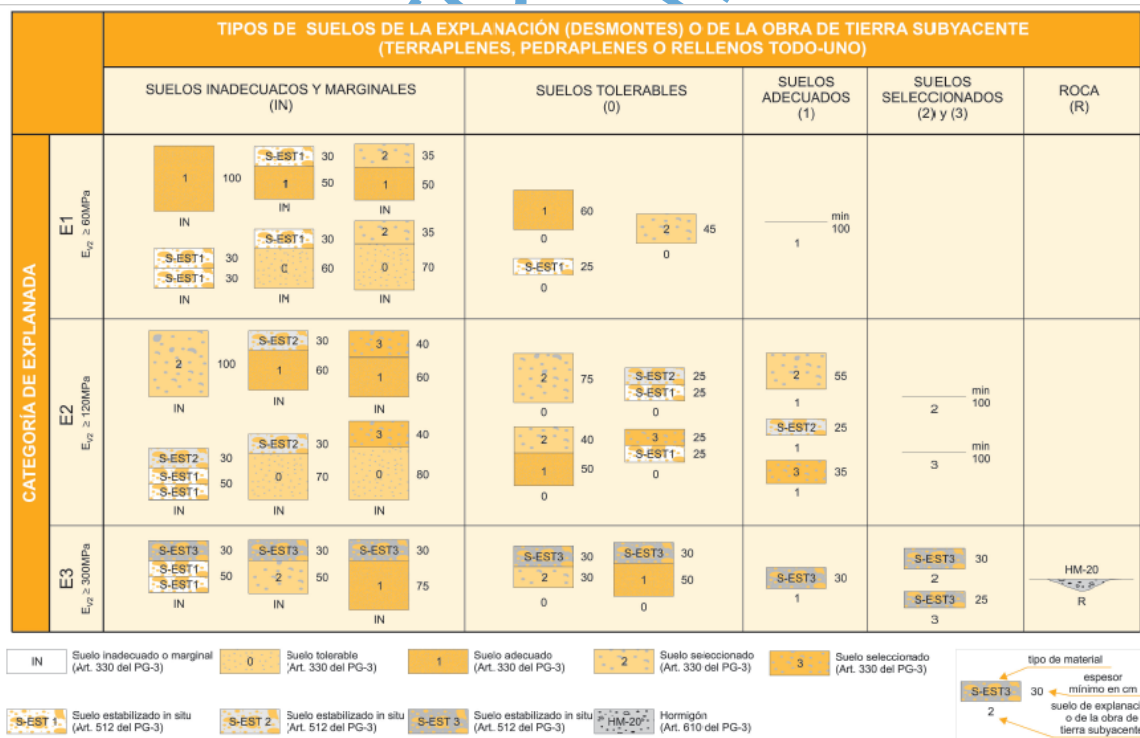


FIGURA 1. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

Elección del firme (Apartado 5 norma 6.1-IC)

		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO											
		T31			T32			T41			T42		
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	3111 MB 20 ZA 40	3112 MB 15 SC 30	3114 HF 21 ZA 30	3211 MB 18 ZA 40	3212 MB 12 SC 30	3214 HF 21 ZA 20	4111 MB 10 ⁽¹⁾ ZA 40	4112 MB 8 SC 30	4114 HF 20 ZA 20	4211 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 35	4212 MB 5 SC 25	4214 HF 18 ZA 20
	E2	3121 MB 16 ZA 40	3122 MB 12 SC 30	3124 HF 21 ZA 25	3221 MB 15 ZA 35	3222 MB 10 SC 30	3224 HF 21 ZA 20	4121 MB 10 ⁽¹⁾ ZA 30	4122 MB 8 SC 25	4124 HF 20	4221 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 25	4222 MB 5 SC 22	4224 HF 18
	E3	3131 MB 16 ZA 25	3132 MB 12 SC 22	3134 HF 21 ZA 20	3231 MB 15 ZA 20	3232 MB 10 SC 22	3234 HF 21	4131 MB 10 ⁽¹⁾ ZA 20	4132 MB 8 SC 20	4134 HF 20	4231 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 20	4232 MB 5 SC 20	4234 HF 18

MB Mezclas bituminosas
 HF Hormigón de firme
 SC Suelocemento
 ZA Zahorra artificial

Espesores mínimos en cm

(1) Estas capas bituminosas podrán ser proyectadas con mezclas bituminosas en caliente muy flexibles, gravaemulsión sellada con un tratamiento superficial o mezcla bituminosa abierta 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 tráficos de intensidad reducida (menor que 100 vehículos/carril/día) podrá disponerse un riego con gravilla bicapa como sustitución de los 5 cm de mezcla bituminosa.

FIGURA 2.2. CATÁLOGO 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

Una vez elegida la sección de firme a disponer, habrá que desglosar las mezclas bituminosas en las distintas capas (rodadura, intermedia y base), para lo que es imprescindible el uso de la tabla 6 y del apartado 6.2.1.2 de capas de rodadura.

Es importante destacar que esta tabla 6 y el resto del contenido del subapartado 6.2.1.1 ha sido sustituida por la OC 1/2023 por lo que es la que hay que utilizar a partir de ahora (ver ejercicio ITOP OEP 2020).

Siempre recordando que en las secciones en las que haya más de una capa de mezcla bituminosa el espesor de la capa inferior será mayor o igual al espesor de las superiores.



límites superiores de los espesores de capas intermedia y de base respectivamente en uno y dos centímetros siempre que se trate de mezclas AC (D,S o MAM).

Para categorías de tráfico pesado T00 a T31, en secciones en las que sean esperables problemas de reflexión de juntas o fisuras de las capas inferiores o en zonas frías sometidas a actividades frecuentes de vialidad invernal, se priorizará el empleo de mezclas tipo BBTM A o SMA frente a las mezclas de tipo PA o BBTM B.

¿Cuándo se usan mezclas drenantes?

- En carreteras sin problemas de nieve o hielo (no emplear con altitud superior a 1.200 m)
- Con accesos pavimentados (evita contaminación de finos).
- Con IMD mayor o igual a 5.000 veh/día.
- Con régimen de lluvia que favorezca su limpieza: **mapa de zonas de España lluviosa y poco lluviosa**. En zonas poco lluviosas se puede emplear en tramos con poca pendiente longitudinal (<1,5 %) cuando el régimen de precipitación es corto pero intenso.
- También en autopistas y autovías urbanas y periurbanas, con IMD>10.000 veh/día, previas justificación, y si el clima, trazado y tráfico los aconsejan.

La nomenclatura de las distintas mezclas ha cambiado en la actualización del PG-3 y la OC 1/2023 actualiza la nomenclatura de la Norma 6.1 - IC. Como ejemplo, de acuerdo con la UNE-EN 13108-1, las nuevas denominaciones, comparadas con las anteriores, se recogen en la siguiente tabla:

TIPO DE MEZCLA A UTILIZAR EN FUNCIÓN DEL TIPO Y ESPESOR DE LA CAPA			
TIPO DE CAPA	ESPESOR (cm)	TIPO DE MEZCLA	
		Denominación UNE-EN 13108-1(*)	Denominación anterior
RODADURA	4 – 5	AC16 surf D AC16 surf S	D12 S12
	> 5	AC22 surf D AC22 surf S	D20 S20
INTERMEDIA	5-10	AC22 bin D	D20
		AC22 bin S	S20
		AC32 bin S	S25
		AC 22 bin S MAM (**)	MAM(**)
BASE	7-15	AC32 base S	S25
		AC22 base G	G20
		AC32 base G	G25
		AC 22 base S MAM (***)	MAM(***)
ARCENES(****)	4-6	AC16 surf D	D12

Sin embargo, es importante también destacar que las normas UNE-EN 13108-2 (ver 543.3 del PG-3) y UNE-EN 13108-7 (ver 543.3 del PG-3) han modificado la designación

SECCIÓN 232 (Rodadura D)			
Calzada		Arcén	
6 cm	D-12 Rodadura		
	Riego Adherencia		Riego Imprimación
9 cm	S-20 Intermedia		
	Riego Adherencia+curado		
20 cm	Suelocemento	29 cm	Zahorra Artificial

EJEMPLO: Ver Problema **ICCP 2016 y 2015**

TAMBIÉN: Ver Problema **ICCP 2009** (más complejo y con cálculo de precio del firme)

OPOSICIONES JUNTA
www.oposiciones-caminos-andalucia.es

3. REHABILITACIÓN DE FIRMES

Las herramientas o normas necesarias generalmente para resolver este tipo de problemas o apartados:

- Norma 6.3–IC Secciones de firme. (ORDEN FOM 3460/2003).
- Artículos del PG-3 relativos a firmes (510, 513, 530, 531, 542, 543, 544, 545, 550 y 551, fundamentalmente). El artículo 544 se ha incluido mediante la OC 3/2019 sobre Mezclas Bituminosas tipo SMA y el artículo 545 se ha incluido mediante la OC 3/2022 sobre Mezclas Bituminosas tipo AUTL para capas de rodadura.

En primer lugar, hay que distinguir los diferentes tipos de firme, ya que en función del tipo habrá que entrar en distintas Tablas:

- **Flexibles:** Formados por **capas granulares no tratadas y menos de 15 cm de materiales bituminosos**.
- **Semiflexibles:** Formados por **capas granulares no tratadas y 15 o más cm de materiales bituminosos**.
- **Semirrígidos:** Formados por materiales bituminosos en cualquier espesor sobre una o más **capas tratadas con conglomerantes** hidráulicos o puzolánicos, con un **espesor conjunto igual o superior a 18 cm** y con un comportamiento que garantice todavía una contribución significativa a la resistencia estructural del conjunto del firme.
- **Rígidos:** Firmes con **pavimento de hormigón**

Categoría de tráfico pesado (Apartado 5.3 norma 6.3-IC)

El cálculo se llevará a cabo igual que en el caso de dimensionamientos de firmes nuevos. Las categorías de tráfico pesado serán:

Serán tramos homogéneos los que sean iguales en:

- ✓ **Número de carriles** por calzada.
- ✓ **Sección estructural del firme** (naturaleza y espesor de las capas).
- ✓ Fecha en que se realizó la última actuación de tipo estructural sobre el firme, esto es, sin tener en cuenta las de tipo superficial (lechadas, riegos de gravilla, mezclas bituminosas $e < 4$ cm) ni reparaciones localizadas.
- ✓ **Categoría de tráfico pesado**.
- ✓ **Comportamiento uniforme**, en función de la inspección visual, deflexiones, calicatas, ensayos, etc.
- ✓ **Longitud de los tramos**: mínima 100 m, normalmente entre 200 m y 1000 m.

Lo normal es que la tramificación será un dato del problema, por ejemplo, examen ICCP 2014 (a través del deflectograma) y ICCP 2008 (tabla en el anexo I con las deflexiones por tramos homogéneos).

ACTUACIONES DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL (Artículo 7.2 6.3-IC)

- **Eliminación parcial y reposición o SOLUCIÓN TIPO**: a estudiar siempre en secciones semiflexibles, semirrígidas y en las flexibles con $e > 10$ cm. La NS 3/2011 nos dice que será la primera opción a considerar para la rehabilitación estructural. Además, será la más adecuada cuando que tenga que mantenerse la **rasante** por limitaciones de gálibo (paso bajo estructuras, túneles, etc.) o por otros motivos (travesías, intersecciones, barreras de seguridad, etc.). Asimismo, para pavimentos **sobre estructuras** para no sobrecargarlas innecesariamente.
- **Recrecimiento** (mediante MB u hormigón): La solución de **recrecimiento** tiene la ventaja de un **menor perjuicio para los usuarios** (cortes menos prolongados). Se puso de moda en la época de bonanza, pero con la crisis económica hay que justificar que se trataría de la “Solución más eficiente” tal y como la define el Apartado 6 de la NS 3/2011.
- **Combinación** de los dos anteriores, o **SOLUCIÓN TIPO AMPLIADA**: La **eliminación parcial y reposición del firme**, seguida de un recrecimiento de espesor limitado (capa de rodadura en toda la anchura de la calzada), suele ser la más indicada cuando **un carril** requiere una rehabilitación más importante el resto (situación muy habitual en autovías, donde se deteriora más el carril derecho).
- **Reconstrucción** del firme: normalmente, solo en zonas singulares.

Sin importar la solución adoptada es conveniente mencionar en el examen, que Previo a cualquier rehabilitación estructural habrá que realizar:

- **Saneo** de blandones y zonas singulares
- **Sellado** de grietas (reflejadas o de otro origen no estructural) (Apartado 9.4 de la 6.3-IC)

GUÍA PARA EL ESTUDIO DE LAS DEFLEXIONES EN FIRMES DE PAVIMENTO BITUMINOSO (Anejo 3 de la 6.3-IC):

La deflexión se puede definir como la Recuperación elástica de la superficie de un firme, al tomarse su medida mediante la viga Benkelman, siguiendo el método de recuperación y en las condiciones indicadas en la norma NLT-356 (eje 13 t), con 20º C, y mínimo valor de rigidez de la explanada (en estado húmedo). Hay que distinguir entre:

- **Deflexión patrón** = puntual del equipo de medida corregida a Viga Benkelman, por humedad y por temperatura. Tomada como máximo cada 20 m.
- **Dk = deflexión característica** = $m + 2 \cdot s$ (m es la media de las d puntuales sin corregir y s la desviación típica). Se refiere a un tramo.
- **Dc = deflexión de cálculo** = $C_{vb} \cdot C_h \cdot C_t \cdot D_k$ (deflexión característica, corregida a viga Benkelman, por humedad y por temperatura). Se refiere a un tramo.

Consideraciones al usar las mediciones de las deflexiones:

- Se medirán preferentemente, con máxima humedad en la explanada. Evitar medidas en periodos muy secos.
- Nunca con temperaturas menores a 5º C (evitar firme helado) o mayores a 30 º C (espesor de MB ≥ 10 cm) o 40 º C (espesor de MB < 10 cm)
- Atención a la nota de servicio de 20 de abril de 2009: Factores de corrección para los curvímetros y los deflectómetros de impacto de 1,00

Corrección por humedad, Ch: En general, las deflexiones se deben medir en la época de máxima humedad de la explanada. En caso contrario, a las deflexiones se les debe aplicar el factor Ch. Para ello, se deben distinguir **2 tipos de explanada**:

- **A:** Suelos estabilizados S-EST2 y S-EST1, seleccionados y adecuados.
- **B:** Suelos tolerables, marginales e inadecuados. Y **2 tipos de condiciones de drenaje**:
 - **1:** Buenas condiciones de drenaje.
 - **2:** Malas condiciones de drenaje.

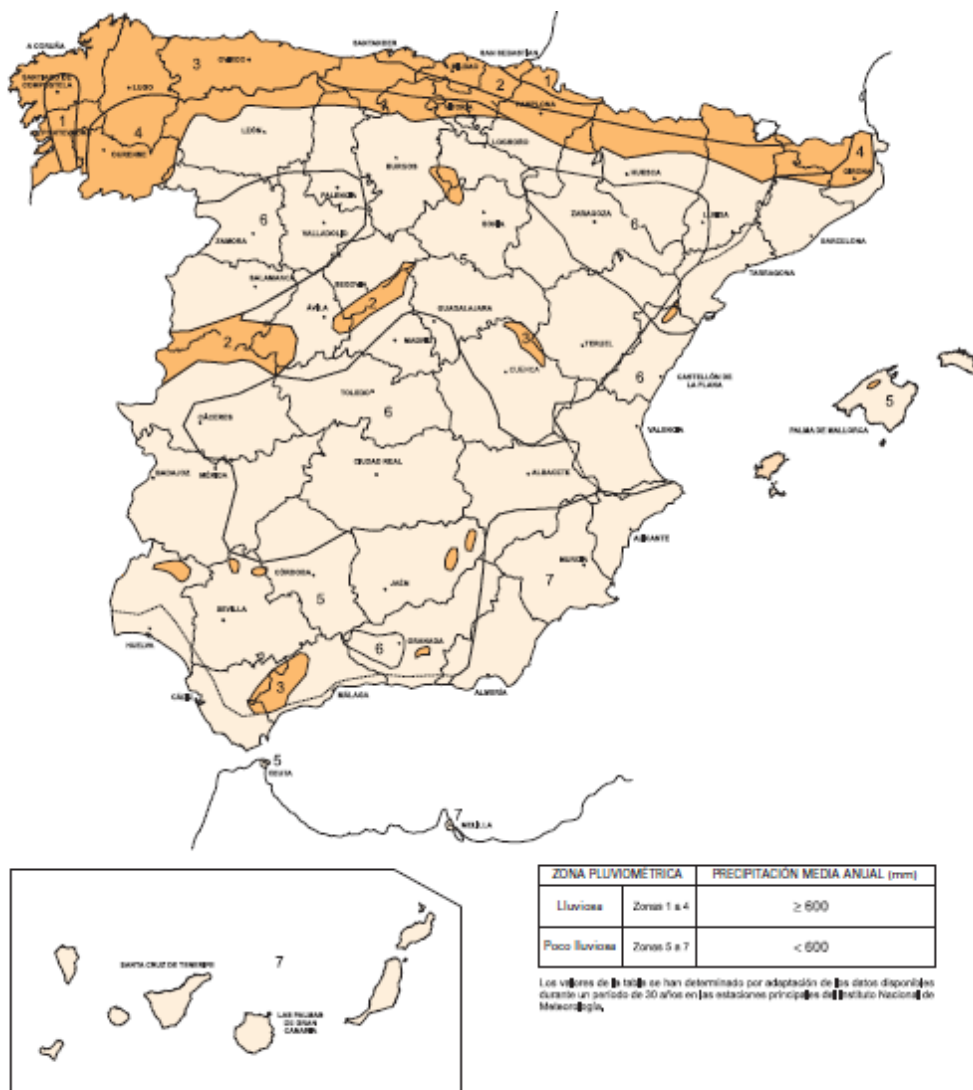


FIGURA 4. ZONAS CON NIVEL DE PRECIPITACIÓN ANUAL SEMEJANTE

Corrección por la temperatura del pavimento, C_t : La deflexión patrón se referirá a una temperatura del pavimento igual a 20 °C. Cuando el espesor de las **mezclas bituminosas** es **10 cm o más**, hay que aplicar un coeficiente de corrección C_t por temperatura, en función de la existente en el pavimento en el momento de la medición, Para ello se deben aplicar las expresiones de la **tabla 15**.

TABLA 15. COEFICIENTE CORRECTOR DE LA TEMPERATURA C_t

FIRMES CON PAVIMENTO POCO FISURADO Y ESPESOR DE MB ≥ 10 cm	FIRMES CON PAVIMENTO MUY FISURADO	FIRMES FLEXIBLES CON ESPESOR DE MB < 10 cm, O FIRMES TOTALMENTE FISURADOS
$C_t = \frac{200}{3t + 140}$	$C_t = \frac{2t + 160}{3t + 140}$	$C_t = 1$

EJEMPLO: Ver Problema ICCP 2008.

REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE FIRMES QUE TENGAN PAVIMENTO BITUMINOSO

1º. Obtener las **deflexiones patrón** (puntuales corregidas: a Viga Benkelman, por humedad y por temperatura).

2º. Comparar las **deflexiones patrón** en medidas **puntuales** con las **Tablas 2**, para ver si existe un tramo singular (problemas con origen en la explanada), donde es preciso sanear la explanada y reconstruir el firme.

TABLA 2. UMBRALES DEL VALOR PUNTUAL DE LA DEFLEXIÓN PATRÓN (10^{-2} mm) PARA LOS QUE SE CONSIDERA QUE EL AGOTAMIENTO ESTRUCTURAL AFECTA A LA EXPLANADA

2.A – FIRMES FLEXIBLES Y SEMIFLEXIBLES

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
T00	T0	T1	T2	T3	T4
100	125	150	200	250 (*)	300 (*)

(*) Excepto en antiguas carreteras que actualmente son vías de servicio de autopistas y autovías interurbanas, cuyo umbral será 200.

2.B – FIRMES SEMIRRÍGIDOS

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T00 y T0	T1 y T2	T3 y T4
75	100	125 (**)

(**) Excepto en antiguas carreteras que actualmente son vías de servicio de autopistas y autovías interurbanas, cuyo umbral será 100.

*****Zonas singulares***:** Falta de capacidad estructural que afecta a la explanada o tiene su origen en ella:

- Donde haya **blandones** (detectados visualmente).
- Donde la deflexión patrón supere Tabla 2

En cuanto a su **longitud**:

- Si **$L > 100$ m**: Estudio especial (9.9 de 6.3 IC)
- Si **$L < 100$ m**: Demolición y saneo (9.2.2 de 6.3 IC) **Estos tramos se tratan aparte**

3º. Comparar las deflexiones **patrón** en medidas **puntuales** con las **Tablas 3**, para ver si es necesaria la rehabilitación estructural

5.C – ESPESOR (*) (cm) DE RECRECIMIENTO CON MEZCLA BITUMINOSA CON SUBDIVISIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4

DEFLEXIÓN DE CÁLCULO (d_e) (10^{-2} mm)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO(**)			
	T31	T32	T41	T42
60-80	6	ZONA DE ACTUACIÓN PREVENTIVA		
80-100	8	5		
100-125	10	8	6	5
125-150	12	10 ^(***)	8 ^(***)	6 ^(***)
150-200	15	12 ^(***)	10 ^(***)	8 ^(***)
> 200	ZONA DE ESTUDIO ESPECIAL			

(*) Valor mínimo en cualquier punto de la sección transversal del carril de proyecto.

(**) Estas subcategorías no podrán utilizarse en el caso de las antiguas carreteras convertidas en vías de servicio no agrícolas de autopistas o autovías interurbanas, salvo que las características del tráfico lo justifiquen y con autorización expresa de la Dirección General de Carreteras.

(***) Ver apartado 9.7.

OJO!!!! No olvidar que de nuevo el **espesor de nueva mezcla** (el obtenido de la tabla 5) + **0,75** veces el espesor de las capas antiguas **no fisuradas** debe cumplir con los **mínimos de la tabla 4**.

REHABILITACIÓN SUPERFICIAL DE FIRMES

Adherencia neumático-pavimento: (Criterio aproximado: CRT>50 es adecuado; CRT<45 prioridad de rehabilitación; CRT<35 inadecuado)

Solo se podrá realizar un tratamiento superficial para la mejora de adherencia si se dispone de un adecuado perfil longitudinal y transversal (regularidad superficial), y de una suficiente capacidad estructural del firme, con los siguientes criterios:

- Para T00 y T0 o con IMD por calzada > 10.000 veh/día: Se debe proyectar un MBDC (microaglomerados en caliente)
- En los demás casos: Se puede optar MBDC (microaglomerados en caliente) o LB (lechadas bituminosas=microaglomerados en frío). Para T32 y T4, opcionalmente podrán utilizarse riegos con gravilla, siempre que no tengan la función de vías de servicio no agrícola de autopistas y autovías, en cuyo caso se utilizarán lechadas bituminosas. (No obstante, el artículo 540 del PG-3 tras la orden FOM/2523/2014 permite aplicar lechadas para categoría T0).
- En pavimentos de hormigón, tratamientos de microfresado, ranurado, o técnicas con aportación de material, previa aprobación de la DGC.
- Con el fin de mejorar la seguridad y la comodidad en tiempo de lluvia, podrán utilizarse mezclas drenantes, y siempre que las características climáticas, de trazado y de tráfico lo aconsejen, especialmente en zonas urbanas y periurbanas con alta intensidad de tráfico (IMD ≥ 10.000 vehículos/día).

4. DRENAJE

Las herramientas o normas necesarias generalmente para resolver este tipo de problemas o apartados:

- **Norma 5.2-IC** drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. (ORDEN FOM 298/2016).

En primer lugar, se debe establecer el periodo de retorno. Para ello se aplicará el punto 1.3.2 de la norma 5.2 IC.

- 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 = 100 años**) que resulte compatible con los criterios sobre el particular de la Administración Hidráulica competente. Generalmente las Confederaciones Hidrográficas piden utilizar un periodo de retorno de 500 años. De acuerdo con el enunciado podríamos justificar que lo lógico es que nos pidan utilizar ese periodo de retorno. Vamos a utilizar **T=500 años**

A continuación, hay que determinar el método de cálculo a emplear, para lo que emplearemos el diagrama de flujo de la Norma 5.2-IC.

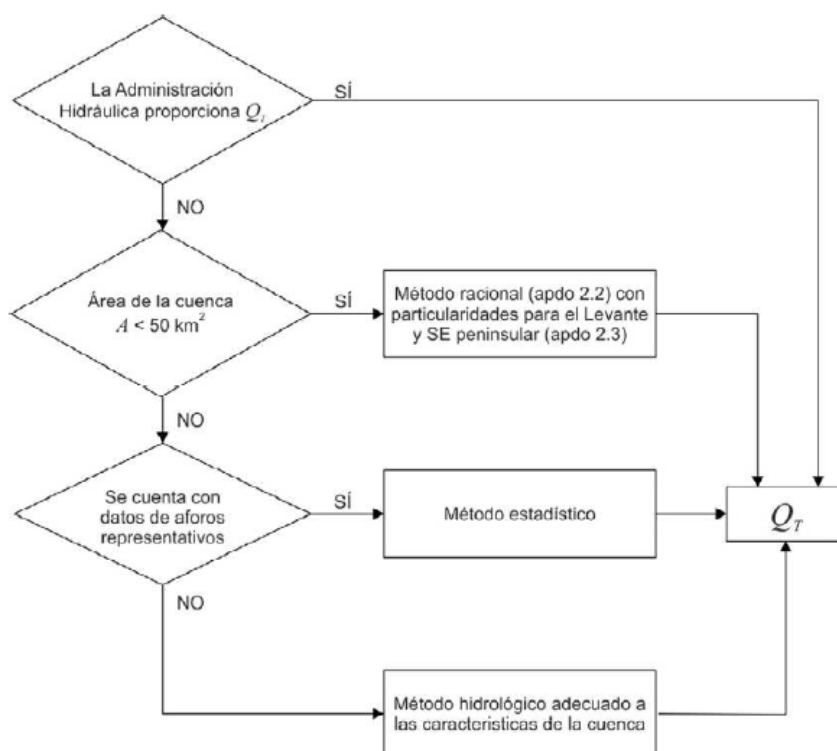


FIGURA 2.1.- DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO DE CAUDALES

4.1 MÉTODO RACIONAL

El **caudal máximo anual QT**, 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:

- QT (m3/s) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.
- I (T, tc) (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado
- T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración tc, de la cuenca.
- C (adimensional) Coeficiente medio de escurrimiento de la cuenca o superficie considerada.
- A (km2) Área de la cuenca o superficie considerada
- Kt (adimensional) Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

La fórmula anterior es válida para cuencas homogéneas. Más adelante se verá la formula generalizada para cuencas heterogéneas.

Cuando las obras se ubiquen en el Levante y Sureste peninsular, se debe proceder según se especifica con el procedimiento de cálculo para las cuencas pequeñas del Levante y Sureste peninsular

A. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

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.

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

Donde:

- I (T, t) (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t.
- Id (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T.
- Fint (adimensional) Factor de intensidad.

Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca

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

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

$$K_A = 1$$

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

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

Donde:

- K_A (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca
- A (km²) Área de la cuenca.

Factor de intensidad (Fint)

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:

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

Donde:

- F_{int} (adimensional): Factor de intensidad
- F_a (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d)
- F_b (adimensional): Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

a) Obtención de F_a

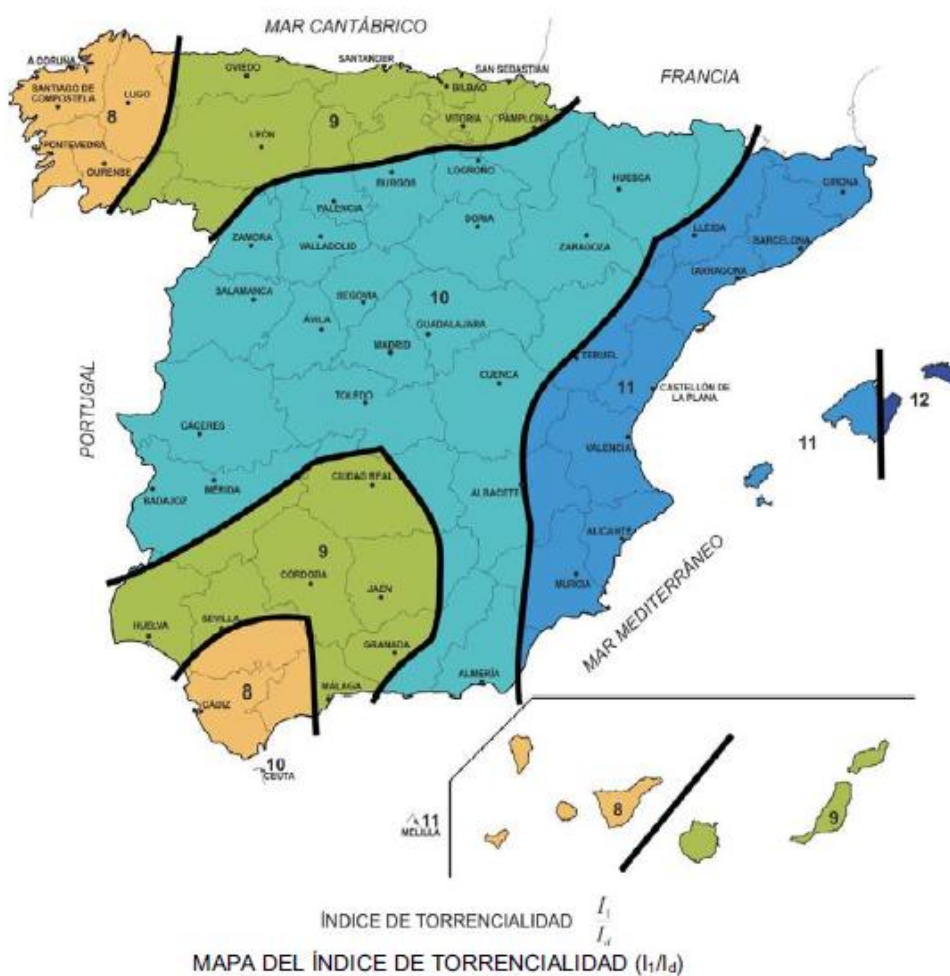
$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 t^{0,1}}$$

Donde:

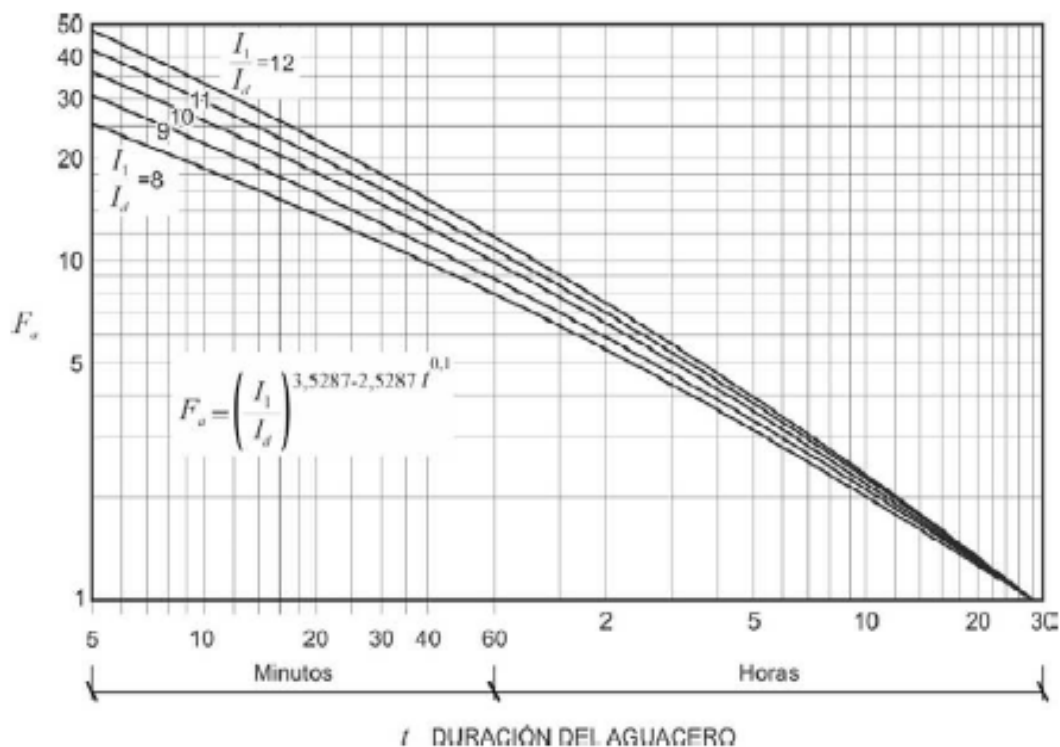
- F_a (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d). Se representa en la figura siguiente.

- 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 que se muestra más adelante.
- 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 ($t = t_c$).



Siempre se puede entrar directamente en la Figura 2.3 de la Norma 5.2 si **NO** tuviésemos **TIEMPO**, o bien para comprobar que no nos hemos equivocado haciendo los cálculos.

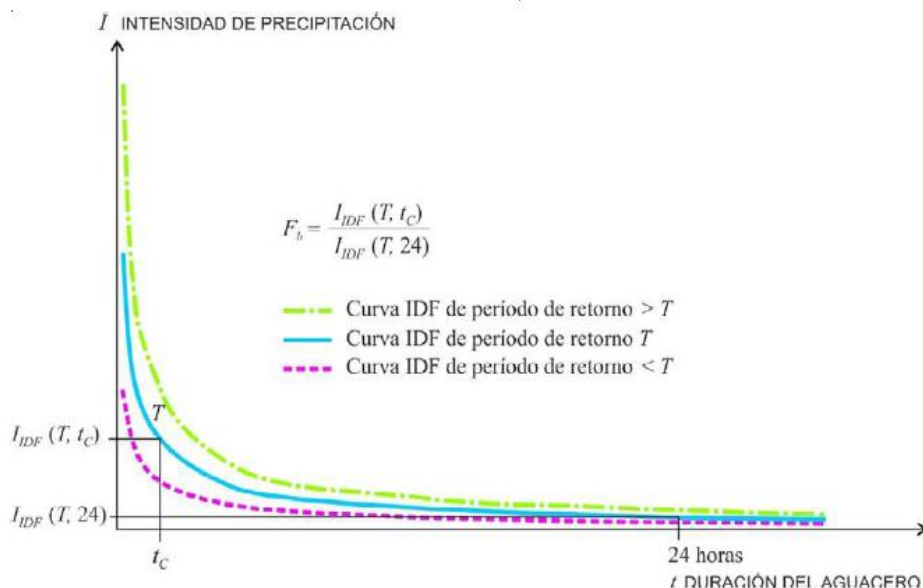


b) Obtención de F_b

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

Donde:

- F_b (adimensional): Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.
- $I_{IDF}(T, t_c)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y al tiempo de concentración t_c , obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo de la figura siguiente.
- $I_{IDF}(T, 24)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas ($t = 24$ h), obtenido a través de curvas IDF de la figura siguiente.
- k_b (adimensional) Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar $k_b = 1,13$



Tiempo de concentración:

- Para cuencas principales:

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

Donde:

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

En aquellas cuencas principales de pequeño tamaño en las que el tiempo de recorrido en **flujo difuso** sobre el terreno sea apreciable respecto al tiempo de recorrido total no será de aplicación la fórmula anterior, debiendo aplicarse las indicaciones que se proporcionan a continuación para cuencas secundarias.

Se considera que se produce esta circunstancia cuando el tiempo de concentración calculado mediante la fórmula anterior sea inferior a 0,25 horas, **$t_c \leq 0,25$ h.**

B. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía C , define la parte de la precipitación de intensidad I (T , t_c) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. El coeficiente de escorrentía C , se obtendrá mediante la siguiente fórmula, representada gráficamente en la figura que se muestra a continuación:

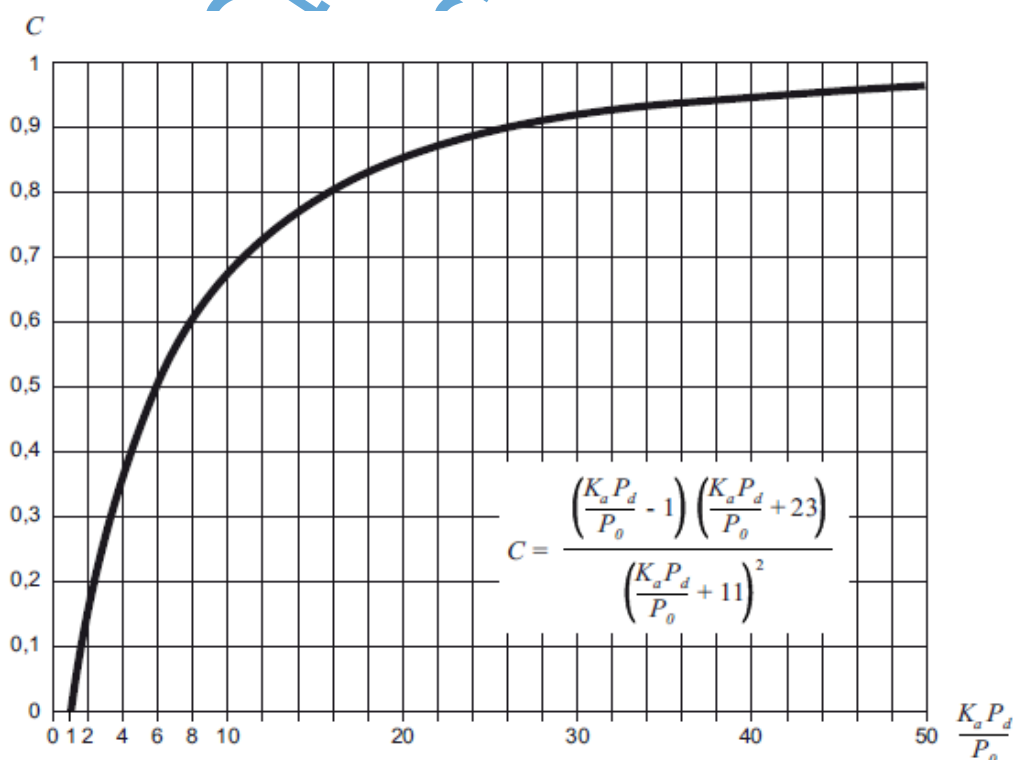
$$\text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 \quad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1 \right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23 \right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11 \right)^2}$$

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

Donde:

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

Al igual que antes, se puede entrar directamente en la Figura 2.6 de la Norma 5.2 si **NO** **tuviésemos TIEMPO**, o bien para comprobar que no nos hemos equivocado haciendo los cálculos.



Umbral de escorrentía

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

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

Donde:

- P_0 (mm) Umbral de escorrentía
- P_0^i (mm) Valor inicial del umbral de escorrentía.
- β (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

Valor inicial del umbral de escorrentía

El valor inicial del umbral de escorrentía P_0^i , bien:

- Es un dato del problema
- Nos proporcionan series de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, en los que se obtenga directamente el valor de P_0^i para una determinada localización geográfica.
- Tablas 2.3 de la Norma 5.2-IC



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

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

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

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

C. ÁREA DE LA CUENCA

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

El caso más general, de cuencas heterogéneas, se debe resolver mediante su división en áreas parciales de superficie A_i , que puedan considerarse homogéneas respecto a los factores señalados, cuyos coeficientes de escorrentía C_i , e intensidades de precipitación $I(T, t_c)_i$, se calculan por separado

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

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

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

- Q_T (m³/s) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca.
- Q_{10} (m³/s) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno de diez años en el punto de desagüe de la cuenca, calculado mediante el método racional. Salvo justificación del proyecto, el valor del coeficiente corrector del umbral de escorrentía a adoptar en el cálculo se debe corresponder con el valor medio β_m , sin efectuar correcciones asociadas al nivel de confianza del ajuste estadístico utilizado.
- Φ (adimensional) Coeficiente propio de la región y del período de retorno considerado de la tabla siguiente.
- λ (adimensional) Exponente propio de la región y del período de retorno considerado de la tabla siguiente.

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

4.3. 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 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} (m³/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} (m²): Área de la sección transversal del conducto
- R_H (m): Radio hidráulico
- S (m²): Área de la sección transversal ocupada por la corriente
- p (m): Perímetro mojado
- n (s/m^{1/3}): Coeficiente de rugosidad de Manning, dependiente del tipo de material del elemento lineal. Salvo justificación en contrario, se deben tomar los valores de la primera tabla que se muestra a continuación.
- Q_P (m³/s): Caudal de proyecto del elemento de drenaje
- V_P (m/s): Velocidad media de la corriente para el caudal de proyecto
- S_P (m²): 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 segunda tabla que se muestra a continuación, en función del material del que está constituido

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

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

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.

4. Trasladar el obstáculo a otra zona donde resulte menos probable que el vehículo impacte con él (v.g.: situarlo a mayor distancia del borde de la calzada o disponerlo en un tramo recto en vez de en una alineación curva).
5. Disminuir la severidad del impacto contra el obstáculo disponiendo una estructura soporte eficaz para la seguridad pasiva (v.g.: elementos soporte con fusible estructural), entendiendo por tales aquellos elementos que satisfacen los requisitos de la norma UNE EN 12767, siempre que la caída del elemento no pueda provocar daños adicionales a terceros.

3. DETERMINAR SI EL RIESGO ES MUY GRAVE, GRAVE O NORMAL según el apartado 2.2. (ATENCIÓN DISTANCIAS A OBSTÁCULO O DESNIVEL) (Apartado 2.2, tabla 1)

TABLA 1. DISTANCIA (m) DEL BORDE EXTERIOR DE LA MARCA VIAL A UN OBSTÁCULO O DESNIVEL, POR DEBAJO DE LA CUAL SE CONSIDERA QUE EXISTE RIESGO DE ACCIDENTE, SEGÚN LA GRAVEDAD DEL MISMO.

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE ALINEACIÓN	TALUD ⁽¹⁾ TRANSVERSAL DEL MARGEN ⁽²⁾ Horizontal:Vertical	RIESGO DE ACCIDENTE	
			GRAVE O MUY GRAVE	NORMAL
CARRETERAS DE CALZADA ÚNICA	Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1 500 m	> 8:1	7,5	4,5
		8:1 a 5:1	9	6
		< 5:1	12	8
	Lado exterior de una curva de radio < 1 500 m	> 8:1	12	10
		8:1 a 5:1	14	12
		< 5:1	16	14
CARRETERAS CON CALZADAS SEPARADAS	Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1 500 m	> 8:1	10	6
		8:1 a 5:1	12	8
		< 5:1	14	10
	Lado exterior de una curva de radio < 1 500 m	> 8:1	12	10
		8:1 a 5:1	14	12
		< 5:1	16	14

⁽¹⁾: en todo el texto de estas recomendaciones los taludes transversales del margen se expresan mediante la relación "horizontal:vertical".

⁽²⁾: entre el borde exterior de la marca vial y el obstáculo o desnivel. Los valores indicados corresponden a una pendiente transversal, es decir, donde la cota del margen disminuya al alejarse de la calzada; para el caso opuesto (rampa transversal) se emplearán los límites dados para un talud transversal > 8:1. La rampa transversal podrá incluir una cuneta, siempre que sus taludes sean más tendidos que 5:1. En todo caso los cambios de inclinación transversal se suavizarán, particularmente para valores < 5:1.

Esta tabla es fundamental para determinar si el obstáculo o desnivel son un riesgo, si los obstáculos están a **mayor distancia** de los valores de la tabla, **NO** constituyen un **RIESGO**.

4. ELEGIR EL NIVEL DE CONTENCIÓN DEL SISTEMA (Apartado 4.1, tabla 6)

La IMD o IMD_p según lo establecido en el apartado 4.1, se refieren a IMD e IMD_p por sentido y para el año de puesta en servicio.

TABLA 6. SELECCIÓN DEL NIVEL DE CONTENCIÓN RECOMENDADO PARA SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS, SEGÚN EL RIESGO DE ACCIDENTE.

RIESGO DE ACCIDENTE ^(*)	IMD e IMD _p POR SENTIDO	NIVEL DE CONTENCIÓN RECOMENDADO	
		BARRERAS	PRETILES
MUY GRAVE	IMD _p ≥ 5000	H3 – H4b	H4b
	5000 > IMD _p ≥ 2000	H2 – H3	H4b
	IMD _p < 2000	H2	H3
GRAVE	IMD ≥ 10000	H1 – H2	H3
	IMD _p ≥ 2000	H2	H3
	400 ≤ IMD _p < 2000	H1	H2
	IMD _p < 400	N2 – H1	H1 – H2
NORMAL	IMD _p ≥ 2000	H1	H1 – H2
	400 ≤ IMD _p < 2000	N2 – H1	H1
	IMD _p < 400	N2	N2 – H1
	IMD _p < 50 y V _p ≤ 80 km/h	N1 – N2	N2

^(*) Definición del riesgo de accidente según Apartado 2.2 "Criterios de instalación" del Capítulo 2.

TABLA 2. CLASES Y NIVELES DE CONTENCIÓN PARA SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS (UNE-EN 1317).

CLASE DE CONTENCIÓN	NIVEL DE CONTENCIÓN
Normal	N1
	N2
Alta	H1
	H2
	H3
Muy alta	H4a
	H4b

5. ESTABLECER LA DEFLEXIÓN DINÁMICA O LA ANCHURA DE TRABAJO MÁXIMAS DEL SISTEMA (Ó MODIFICAR LA POSICIÓN DEL OBSTÁCULO O DESNIVEL² diseño de la carretera) (Apartado 4.2)

6. ANÁLISIS MULTICRITERIO (VALORACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS)

En los últimos años se ha añadido como parte de algunas preguntas de examen. Esta metodología de análisis es típica de los Estudios Informativos.

Mi recomendación para resolver este tipo de problemas es el uso de la información complementaria que se os entrega donde se incluyen ejemplos de proyectos reales o resoluciones de ejercicios anteriores.

Para la realización del proceso de análisis multicriterio se deben seguir los siguientes pasos:

1. Definir los objetivos que van a establecer la diferencia entre las actuaciones.
2. Dentro de estos objetivos identificar unos indicadores de evaluación (o subcriterios) a los que se les permita dar una calificación numérica en una escala de 0 a 10 (siendo 10 el valor más favorable).
3. Definir unos criterios de ponderación tanto de los indicadores (subcriterios) como de cada uno de los objetivos.
4. Elaboración de la tabla (matriz) de alternativas en la que se comparen las diferentes opciones propuestas de manera que la de mayor puntuación sería la alternativa seleccionada.

Yendo a un caso concreto, como objetivos, a falta de que el enunciado nos los indique, propondría los siguientes: funcional, territorial, ambiental y económico.

- **Objetivo Funcional:** La Sociedad espera que la actuación que se realice sea la que ofrezca el mejor Servicio al usuario de la Carretera.
- **Objetivo Territorial:** La Sociedad espera que la actuación que se realice actúe de forma óptima sobre la ordenación del territorio en que se encuadra.
- **Objetivo Ambiental:** La Sociedad espera que la actuación que se realice provoque el mínimo impacto sobre el medio.
- **Objetivo Económico:** La Sociedad espera que la actuación que se realice posea la mayor rentabilidad económica.

Como hemos dicho, es preciso definir los pesos a utilizar para cada uno de los objetivos en función del mayor o menor interés o expectativa social. Dado que en esta asignación de pesos es donde más interviene la subjetividad del evaluador, en casos complejos, se hace necesario un estudio de sensibilidad, aunque para no complicar las cosas podemos tomar una **ponderación que ha sido usualmente aceptada en Estudios Informativos:**

- **Objetivo Funcional: 0,2**

los subcriterios (indicadores) utilizados y multiplicando por los pesos obtendremos la puntuación final de este objetivo.

Esta puntuación se debe multiplicar por el peso correspondiente de cada objetivo y sumar a los valores obtenidos en cada objetivo.

La puntuación total más alta nos dará la alternativa a seleccionar.

IMPORTANTE: No hay objetivos únicos, ni subcriterios únicos - Se pueden crear nuevos que los consideremos más oportunos por lo que la respuesta no es única y lo importante es tener criterio y hacerlo fácil para la resolución.

EJEMPLO: Ver Problema ICCP 2020

OPOSICIONES JUNTA
WWW.OPOSICIONES-CAMINOS-ANDALUCIA.ES