

ANEJO N° 20.

ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL

ÍNDICE

1	OBJETO	1
2	ACCIDENTABILIDAD	1
3	TRAZADO	2
3.1	CONDICIONANTES DEL TRAZADO	2
3.2	CRITERIOS DE DISEÑO	2
3.3	JUSTIFICACIÓN DE LOS TRAZADOS Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO	5
4	SEÑALIZACIÓN.....	10
4.1	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.....	10
4.2	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	10
4.3	SEÑALIZACIÓN DE OBRA.....	11
4.4	CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA.....	11
5	BALIZAMIENTO	12
5.1	CAPTAFAROS	12
5.2	HITOS DE ARISTA	12
5.3	CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA.....	12
6	DEFENSAS	13
6.1	CONSIDERACIONES PREVIAS	13
6.2	CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN.....	14
6.3	ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN.....	14
6.4	CUMPLIMIENTO DE LA OC 35/2014.....	19
7	SEGURIDAD EN LA FASE DE OBRAS	20

1 OBJETO

El objeto del presente documento es realizar un estudio de Seguridad Vial del “*Proyecto del vial de conexión de la carretera BI-633 con la BI-2636 de Markina a Etxebarria*”, analizando todos los factores que influyen en la seguridad de una carretera. Se concibe por tanto como una auditoria de los trabajos realizados por los distintos equipos redactores del proyecto, comprobando si se han atendido las normas y recomendaciones relativas a la seguridad vial en cada uno de estos aspectos.

En los apartados que se incluyen a continuación se comentan los siguientes aspectos que se han tenido en cuenta en el análisis:

- Respecto a la seguridad del usuario:
 - Trazado: velocidad específica, longitud mínima y máxima de alineaciones rectas, radios de curvatura, valores de los peraltes, desarrollo de las curvas, percepción de éstas y consistencia del trazado., inclinación y longitud de rasantes, acuerdos verticales, etc.
 - Ordenación de accesos, enlaces e intersecciones.
 - Señalización.
 - Balizamiento.
 - Sistemas de contención.
 - Tipo de pavimento.
 - Sistemas de drenaje superficial y subterráneo.
 - Iluminación.
 - Seguridad de ciclistas y peatones.
- Respecto a la seguridad en fase de obras (independiente de las medidas recogidas en el correspondiente Estudio de Seguridad y Salud):
 - Señalización de obra para dar continuidad al tráfico durante la ejecución de las obras.

2 ACCIDENTABILIDAD

Al tratarse de un tramo de carretera nueva, no es posible realizar este análisis del número de accidentes ocurridos en los últimos años, ni en el tronco de la nueva vía ni en las dos glorietsas, ya que se trata de elementos nuevos que se integran en carreteras existentes.

3 TRAZADO

3.1 CONDICIONANTES DEL TRAZADO

A la hora de evaluar las diferentes alternativas de trazado estudiadas se tuvieron en cuenta una serie de condicionantes de diversa índole que sirvieron para encajar la solución que ha servido de base con ajustes mínimos para el desarrollo del presente **Proyecto de Construcción**.

Se describen a continuación dichos condicionantes de forma que sirvan de base para analizar los conflictos con algún o algunos de estos condicionantes y, la influencia que han tenido en la solución adoptada.

- Se trata de un nuevo tramo de carretera que conecta dos existentes, por lo que se proyectan dos nuevas glorietas que hasta la fecha no existían.
- El nuevo trazado, tiene un túnel de 340 metros de longitud.
- Por último, se debe garantizar que el tráfico se mantiene durante la ejecución de las obras.

3.2 CRITERIOS DE DISEÑO

3.2.1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se exponen los principales criterios de diseño del trazado geométrico que se han considerado en la definición del trazado del presente proyecto.

3.2.2 NORMATIVA APLICADA

En la redacción del proyecto se han tenido en cuenta las indicaciones contenidas en la Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1 – IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras, publicada en el BOE núm.55 de viernes 4 de marzo de 2016 “Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-I.C.” (Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero del Ministerio de Fomento).

En algunos aspectos se han tenido también en consideración los criterios de los Servicios Técnicos del Departamento de Obras Públicas y Transportes de la Diputación Foral de Bizkaia.

3.2.3 VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad de Proyecto del trazado propuesto es de 60 km/h, al tratarse de una carretera tipo C-60, que según la definición de los grupos indicados en la Norma de Trazado 3.1-IC, está incluida en el Grupo 3.

Y la velocidad de los ramales de acceso a las glorietas en las que finaliza la variante, es de 40 km/h.

3.2.4 DISTANCIA DE VISIBILIDAD

En este apartado se analizarán la distancia de visibilidad de parada, cuyos listados están adjunto en el Anejo nº6 de Trazado, así como la distancia de cruce disponible en cada una de las intersecciones proyectadas.

Visibilidad de parada

La visibilidad de parada es la distancia que existe entre un vehículo y un obstáculo situado en su trayectoria, de modo que viéndolo el conductor tenga distancia suficiente para detenerse según su velocidad de recorrido y el trazado de la carretera. Esta distancia se mide a lo largo del carril.

Se ha analizado la visibilidad de parada para ambos sentidos de circulación, considerando tanto el borde derecho de la calzada como el izquierdo. Para ello, las premisas de partida han sido las indicadas en la Instrucción 3.1-IC:

- Altura del obstáculo: 0,50 m
- Punto de vista del conductor: Altura de 1,10 m; y distancia del borde izquierdo del carril de 1,50 m.

La distancia de parada necesaria que ha de tenerse en cruces, es la siguiente:

$$Dp = \frac{V * tp}{3,6} + \frac{V^2}{254 * (f_l + i)}$$

Donde:

Dp = Distancia de parada (m)

V = Velocidad de la vía que se atraviesa

tp = tiempo de percepción y reacción del conductor que se estima en 2 segundos.

i (%) = inclinación de la rasante

Visibilidad de adelantamiento

En este caso, no se permite el adelantamiento en ningún tramo de la variante.

Visibilidad de cruce

Se define como distancia de cruce a la distancia que puede recorrer un vehículo sobre una vía durante el tiempo que otro lo emplea en realizar un movimiento de cruce de la vía (total o parcialmente).

Los accesos que hay, en los cuales se analiza esta visibilidad, están en las vías próximas a las glorietas, donde la velocidad de circulación está limitada a 40km/h. En todos ellos, los vehículos que principalmente los utilicen serán turismos, ya que se trata de accesos a viviendas, pero en un caso, el acceso será empleado exclusivamente por vehículos de emergencia (se ha dispuesto una señal para así indicarlo).

$$Dc = \frac{V * t_c}{3,6}$$

Donde:

Dc = Distancia de cruce (m)

V = Velocidad de la vía que se atraviesa

tc = tiempo que se tarda en realizar la maniobra de cruce (segundos), que depende del tipo de vehículo que se considere (en este todas las intersecciones serán turismos, excepto en una donde únicamente pueden acceder vehículos de emergencia), del tipo de intersección (carece de carriles centrales de almacenamiento y espera), y del tiempo de percepción y reacción del conductor que se estima en 2 segundos.

3.2.5 TRAZADO EN PLANTA

Rectas

La longitud de las alineaciones rectas deberá estar comprendida entre los valores mínimo y máximo fijados en el Apartado 4.2 de la Norma 3.1-I.C.

$$L_{min-s} = 1,39 * V_p$$

$$L_{min-o} = 2,78 * V_p$$

$$L_{max} = 16,70 * V_p$$

Siendo:

L_{min-s} = Longitud mínima de rectas en “S” (m)

L_{min-o} = Longitud mínima de rectas en “O” (m)

L_{max} = Longitud máxima de rectas (m)

V_p = Velocidad de proyecto (km/h)

Puesto que se trata de una carretera tipo C-60, resultan las siguientes longitudes:

	C-60
L_{min-s}	83
L_{min-o}	167
L_{max}	1.002

Curvas circulares

Los radios de curvas circulares deberán ser mayores o iguales al fijado a continuación para una carretera tipo C-60. No debiendo sobrepasar los valores admisibles del rozamiento transversal movilizado. Y el peralte será para esta curva el máximo fijado en la siguiente tabla:

	C-60
Radio $_{min}$	130
Peralte $_{máx}$	7%

Peraltes y pendientes transversales

En el Artículo 4.3.3 de la Instrucción 3.1-I.C se especifican los valores de los peraltes asociados a cada radio según el criterio indicado a continuación, que para una carretera C-60 del Grupo 3 son:

$50 \leq R < 350$	$p = 7\%$
$350 \leq R < 2.500$	$p = 7 - 6,65 * (1-350/R)^{1,9} \%$
$2.500 \leq R < 3.500$	$p = 2,0\%$
$3.500 \leq R$	Bombeo

Desarrollo mínimo

De acuerdo con la Norma 3.1-I.C. se considerarían admisibles valores de desarrollo angular por encima de 6 gonios, y preferiblemente superiores a 20 gonios (Art. 4.4.5).

Excepcionalmente, la Norma admite desarrollos inferiores a 6 gonios, hasta 2 gonios, cuando la unión entre dos rectas se raíces sin clotoides (Art. 4.4.8).

Percepción visual

Para que una curva sea percibida fácilmente por el conductor, se deben dar dos condiciones, tal y como está indicado en el artículo 4.4.3.3. de la Instrucción 3.1-IC:

- Que la variación del acimut entre los extremos de la clotoide sea mayor o igual a un dieciochoavo de radián ($\geq 1/18$ radianes).
- Que el retranqueo de la curva circular sea mayor o igual a cincuenta centímetros ($\geq 50\text{cm}$).

Además, se procurará además que la variación de acimut entre los extremos de la clotoide sea mayor o igual a la quinta parte del ángulo de giro entre las alineaciones rectas consecutivas entre las que se inserta la clotoide.

Consistencia del trazado en planta

Esta comprobación debe llevarse a cabo en carreteras convencionales que discurren por terreno llano u ondulado.

Para ello, se considera aceptable que la consistencia de un elemento sea menor o igual 180 gon/km. Estando definida la misma como la diferencia en valor absoluto de la tasa de cambio de curvatura de un elemento (CCRI) y la tasa de cambio de curvatura global, que depende por tanto de la media ponderada de los elementos consecutivos excluidas las curvas (CCRs).

3.2.6 TRAZADO EN ALZADO

Inclinación de las rasantes

En principio deberán respetarse las inclinaciones máximas fijadas para una carretera C-60, en el Artículo 5.2.1 de la Norma 3.1-I.C.

	C-60
I máxima	6%
I excepcional	8%

El valor mínimo no podrá ser inferior al 0,5%. Y en caso de que se trate de un sitio donde haya posibilidad de hielo, la línea de máxima pendiente no será mayor al 10%.

Longitud de rasantes

Se cumplirán las limitaciones establecidas en el Artículo 5.2.1 de la Norma 3.1-I.C.

No se dispondrán rampas ni pendientes con la inclinación máxima de longitud superior a 3.000 metros. Por otra parte, el tiempo de recorrido de cada rampa o pendiente deberá ser de al menos 10 segundos entre vértices. Esta condición da lugar a las siguientes longitudes mínimas:

	C-60
L _{min} (m)	167
L _{máx} (m)	3.000

Parámetro y longitud de los acuerdos verticales

La longitud del acuerdo en metros deberá ser superior a la velocidad de proyecto en km/h.

Los parámetros de las curvas de acuerdo deberán ser superiores a los mínimos fijados en el Artículo 5.3.2 de la Norma 3.1-I.C. los valores mínimos de Kv para tener visibilidad de parada se recogen en la siguiente tabla (no se incluyen los valores mínimos para la visibilidad de adelantamiento ya que en la variante proyectada no se permite el adelantamiento en ningún tramo).

	C-60. Kv (m) de Parada
Acuerdos convexos	800
Acuerdos cóncavos	1.650

Además, si se adopta un acuerdo vertical Kv superior a 5.000 metros, será necesario confirmar que el diseño del drenaje de la carretera es adecuado para poder evacuar el agua.

Longitud del acuerdo vertical

De cara a tener una adecuada percepción visual, la longitud del acuerdo vertical deberá ser mayor o igual a la velocidad de proyecto, que es 60km/h.

3.2.7 COORDINACIÓN ENTRE PLANTA Y ALZADO

Se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

- Los puntos de tangencia de todo acuerdo vertical, en coincidencia con una curva circular, estarán situados dentro de la clotoide en planta y lo más próximos al punto de radio infinito.
- En este caso, como la velocidad de proyecto es de 60 km/h, se deberá comprobar que se cumple la condición $K_v=100 \cdot R(m) / p (\%)$. Y si no fuera así, el cociente $K_v(m) / R(m)$, debe ser menor a 6.

Se evitarán en todos los casos las siguientes situaciones:

- Alineación única en planta (recta o curva) que contenga un acuerdo vertical cóncavo o un acuerdo vertical convexo cortos.
- Acuerdo convexo en coincidencia con un punto de inflexión en planta.
- Alineación recta en planta con acuerdos convexo y cóncavo consecutivos.
- Alineación recta seguida de curva en planta en correspondencia con acuerdos convexo y cóncavo.
- Alineación curva, de desarrollo corto, que contenga un acuerdo vertical cóncavo corto.
- Conjunto de alineaciones en planta en que se puedan percibir dos acuerdos verticales cóncavos o dos acuerdos verticales convexos simultáneamente.

Por tratarse de una carretera de calzadas separadas deberían evitarse también las situaciones siguientes:

- Acuerdo cóncavo en coincidencia con un punto de inflexión en planta.
- Acuerdo corto entre pendientes largas dentro de una misma alineación en planta.
- Rasantes uniformes entre acuerdos consecutivos del mismo signo dentro de una misma alineación en planta.
- Curvas en planta cortas dentro de un acuerdo vertical largo.

3.2.8 SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal estará constituida por una calzada de dos carriles, uno para cada sentido de circulación. Las dimensiones de los diferentes elementos estarán de acuerdo con las prescripciones del Artículo 7.3.1 de la Norma 3.1-I.C.

Las dimensiones mínimas indicadas en a Norma son:

	Ancho de carriles (m)	Ancho de arcenes (m)	Ancho mínimo de bermas (m)
Carretera con $V_p=60\text{km/h}$	3,5	1,00 / 1,50	0,75

3.3 JUSTIFICACIÓN DE LOS TRAZADOS Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO

Dentro del presente proyecto se han definido varios ejes de trazado, analizándose en este apartado el eje de trazado 21, que corresponde al eje de la nueva variante proyectada.

3.3.1 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD

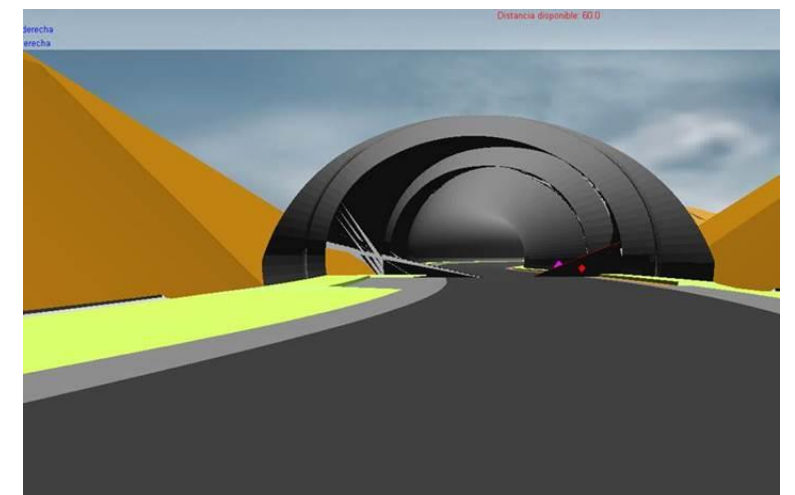
Visibilidad de parada

Al analizar los listados de visibilidad obtenidos, se ha comprobado en todos los puntos la distancia de visibilidad de parada disponible es igual a la necesaria, por lo que no hay incumplimiento normativo.

En el despeje situado en la margen derecha de la variante antes de la boca oeste del túnel, se detendrán vehículos de emergencia. Puesto que tendrán que reducir la velocidad para poder acceder a este punto, y posteriormente deberán volver a la vía, se ha comprobado en este punto que se dispone de visibilidad de parada. Con una velocidad de circulación de 60km/h, considerando que el tiempo de percepción y reacción es de 2 segundos, que la inclinación de la rasante en este punto es del 2,5% y considerando el coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado para esta velocidad, resulta que la distancia de parada es de 67 metros. En este punto, se dispone de esta distancia de parada, por lo que no hay incumplimiento normativo.

En los cruces existentes, se ha comprobado que existe distancia de parada para aquellos movimientos que están permitidos y para las velocidades de circulación en cada caso, por lo que tampoco hay incumplimiento normativo.

En los listados de visibilidad de la calzada descendente, hay un tramo comprendido entre los pp.kk. 0+805 y 0+760 donde parece que no hay visibilidad para la velocidad de 60km/h. En realidad, sí que hay visibilidad, ya que el problema se debe a una representación inexacta del programa Istram de los cambios de sección dentro del túnel, concretamente entre el cambio de sección entre túnel y el falso túnel, ya que tal y como se observa en la imagen adjunta, se crea un triángulo inexistente. Es por ello, que se considera que hay visibilidad adecuada en el túnel y por tanto no hay incumplimiento normativo.



Y por último, se ha analizado la visibilidad de parada en el paso de peatones proyectado en la carretera BI-2636, la cual se trata de una carretera C-50, por lo que se analizará esta distancia con una velocidad de circulación de 50km/h. Para esta velocidad de circulación, suponiendo como en casos anteriores que el tiempo de percepción y reacción es de 2 segundos, que el trazado en este punto tiene una pendiente longitudinal menor al 1%, y considerando el coeficiente de rozamiento longitudinal movilizad para esta velocidad, resulta que la distancia de parada es de 51 metros, disponiéndose hacia el sur de esta distancia de visibilidad por lo que se garantiza la parada del vehículo en caso de ver a un peatón. Sentido contrario, se sale de la glorieta a una velocidad menor a estos 50 kilómetros por hora, por lo que realizando el mismo cálculo con una velocidad de circulación de 20km/h, se necesitarían del orden de 15 metros para poder parar ante la presencia de un peatón, distancia que existe. Además, se ha proyectado un despeje entre esta salida y el paso de peatones que garantiza una adecuada visibilidad. Se concluye por tanto que en este paso de peatones, no hay incumplimiento normativo.

Distancia de adelantamiento

Para una velocidad de 60 km/h se necesitarían 245 metros como mínimo para realizar la maniobra de adelantamiento en condiciones de seguridad. El tramo de variante situado al oeste del túnel, tiene una longitud de 380 metros entre la boca del túnel y el final de la isleta deflectora, y puesto que se deberían dejar entre estas secciones y el punto donde se prohíbe el adelantamiento 100 metros, la longitud a lo largo de la cual se podría adelantar es de 180 metros, menor a los 245 metros indicados, es por ello, que no se permite el adelantamiento a lo largo de esta longitud.

A no permitirse el adelantamiento, no hay incumplimiento normativo.

Visibilidad de cruce

Se ha analizado la visibilidad de cruce en las intersecciones y accesos proyectados, siendo los dos casos más significativos los indicados en el siguiente apartado. En el primero de ellos, intersección situada en la margen derecha del vial que desde la glorieta oeste se dirige a Markina, dado el incumplimiento de la distancia de cruce (100m) se ha prohibido el giro a la izquierda para que no haya incumplimiento de la normativa.

3.3.2 TRAZADO EN PLANTA

Existen dos casos en los que se ha repuesto un acceso a una distancia muy próxima de las dos glorietas proyectadas, habiendo sido lo ideal que dichas distancias fueras mayores:

- En la glorieta oeste, el camino repuesto se sitúa en el ramal que se dirige a Markina-Xemein.

En este caso, se ha analizado su mejor disposición desde el punto de vista de la seguridad vial, ya que entre esta alternativa o la de crear un nuevo pinchazo en la glorieta, se consideró más ventajosa la opción proyectada.

En esta intersección, la distancia de visibilidad de parada según la formulación ya indicada es de 36 metros, y la distancia de cruce (considerando como tipología de vehículo a los turismos) es de 100 metros. Puesto que no existe distancia de cruce suficiente para asegurar el giro a la izquierda, se ha prohibido dicha maniobra, es decir, no hay distancia que asegure la visibilidad para los vehículos que con origen Markina-Xemein, se encuentren con uno parado en el tronco de la vía principal con intención de girar a la izquierda, o con un vehículo que está realizando este movimiento de giro a la izquierda desde la vía secundaria.

- En el caso de la glorieta este, el acceso próximo se sitúa en la propia variante antes de llegar a la glorieta, en la margen norte, estando previsto que este acceso sea únicamente empleado por vehículos de emergencia (existiendo señalización vertical que así lo indica en las dos entradas a este camino).

En esta intersección, la distancia de visibilidad según la formulación ya indicada es también de 36 metros, y la distancia de cruce (considerando como tipología de vehículo a los vehículos especiales) de 168 metros.

Además, como en el caso anterior, únicamente se permiten los giros a la derecha, ya que el eje de la vía dispone de un cebreado que impide el giro a la izquierda.

Se ha comprobado en este caso que hay visibilidad suficiente para que los vehículos de emergencia que giran a la derecha sean advertidos adecuadamente por los que salen de la glorieta tras ellos. Y de igual modo, que los que desde el camino pretenden incorporarse a la variante, pueden ver adecuadamente si se aproxima un vehículo desde la glorieta este.

Rectas

En el trazado del eje de la variante no se ha proyectado ningún tramo recto, por lo que no hay incumplimiento normativo en este tipo de trazado.

Curvas circulares

En la variante de Markina se han definido 4 curvas de radios comprendidos entre 155 y 300 metros:

P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Radio mínimo 3.1-IC (m)	Radio (m)
0+000	0+159	159	130	280
0+280	0+323	43		300
0+445	0+666	221		300
0+780	Entronque con la glorieta	115		155

Puesto que para una curva inscrita en una carretera tipo C-60, el valor del radio mínimo admisible es de 130 metros y todos los radios adoptados son mayores a éste, se concluye que no hay incumplimiento normativo.

Peraltes y pendientes transversales

Los peraltes proyectados en las curvas definidas anteriormente, son los siguientes:

P.K. inicial	P.K. final	Radio (m)	Peralte máximo 3.1-IC (%)	Peralte (%)
0+000	0+159	280	7%	7%
0+280	0+323	300		7%
0+445	0+666	300		7%
0+780	Entronque con la glorieta	155		2%

En las tres primeras curvas, los peraltes son adecuados a los radios de curvatura proyectado. En la última curva, de longitud mínima, el peralte se ha tenido que ajustar para realizar el entronque con la glorieta, por lo que excluyendo este punto, no hay incumplimiento normativo.

Desarrollo mínimo

Respecto al desarrollo mínimo correspondiente a una curva, debe analizarse el **ángulo que forman dos rectas consecutivas** unidas entre sí. En el trazado proyectado no existen rectas sino que las curvas están enlazadas entre sí mediante clotoides, por lo que se analiza el ángulo que forman entre sí las clotoides enlazadas, siendo en las curvas proyectadas siempre mayor a 16 gonios.

P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Variación mínima de acimut (Ω) entre sus extremos (3.1-IC)	Variación de acimut (Ω) entre sus extremos
0+000	0+159	159	20gon y excepcional 6gon	43
0+280	0+323	43		16
0+445	0+666	221		54
0+780	Entronque con la glorieta	115		47

La variación mínima de acimut tiene que ser según la normativa vigente mayor a 20 gonios aunque excepcionalmente se admiten valores comprendidos entre 6 y 20 gonios. Tal y como se observa en la tabla anterior, en todas las alineaciones curvas se supera el valor mínimo excepcional establecido, siendo

únicamente en un caso este valor inferior a 20 gonios (pero siempre mayor al valor excepcional). Es por ello que en este caso tampoco hay incumplimiento normativo.

Percepción visual

La percepción visual está definida a partir de la variación de acimut entre los extremos de la clotoide, y del retranqueo de la curva, aunque además se debería procurar que la variación de acimut entre los extremos de la clotoide sea mayor o igual a la quinta parte del ángulo de giro entre las alineaciones rectas consecutivas entre las que se inserta la clotoide.

Atendiendo al primer criterio, resulta que la variación de acimut entre los extremos de la clotoide de una curva es la indicada a continuación:

P.K. inicial	P.K. final	Radio (m)	Variación mínima de acimut (Ω) entre sus extremos (3.1-IC)	Variación de acimut (Ω) entre sus extremos de la clotoide de entrada	Variación de acimut (Ω) entre sus extremos de la clotoide de salida
0+000	0+159	280	> 1/18 radian (3,54 gonios)	-	7
0+280	0+323	300		7	6
0+445	0+666	300		6	7
0+780	Entronque con la glorieta	155		11	-

Es decir, siempre es mayor a un dieciochoavo (1/18) de radián, por lo que no hay incumplimiento normativo.

Atendiendo al retranqueo de la curva circular, se comprobarán las dos condiciones que se indican en la instrucción vigente.

P.K. inicial	P.K. final	Radio (m)	Retranqueo de la curva circular (3.1-IC)	Retranqueo de percepción visual $A_{min}=R/3$ (m)	Retranqueo de percepción visual (cm) $A_{min}=(12 \cdot R^{1/3})^{1/4}$
0+000	0+159	280	50 cm	93	127
0+280	0+323	300		100	134
0+445	0+666	300		100	134
0+780	Entronque con la glorieta	155		52	82

En todas las curvas, se cumple que el retranqueo es efectivamente mayor o igual a 50cm, por lo que no hay incumplimiento normativo.

Por último, se indica en la Instrucción que es recomendable que la variación de acimut entre los extremos de la clotoide sea mayor o igual a la quinta parte del ángulo de giro entre las alineaciones rectas consecutivas entre las que se inserta la clotoide:

P.K. inicial	P.K. final	Radio (m)	1/5 Ω de la Variación de acimut (3.1-IC) $A_{min}=R*(\pi*\Omega/500)^{(1/2)}$	Variación de acimut (Ω) entre los extremos de la clotoide
0+000	0+159	280	146	43
0+280	0+323	300	95	16
0+445	0+666	300	175	54
0+780	Entronque con la glorieta	155	84	47

En este caso, no llegan a alcanzar los valores deseados, pero como se trata de una recomendación, no hay incumplimiento normativo.

3.3.3 TRAZADO EN ALZADO

En el apartado 3.2.5 de este Anejo, se definían los parámetros mínimos o máximos, según proceda, que debían considerarse en el trazado en alzado, que eran los relativos a las inclinaciones máximas, longitud de rasantes, valores de los parámetros Kv para acuerdos cóncavos y convexos y longitud del acuerdo vertical.

Inclinación de las rasantes

En el trazado proyectado las inclinaciones de las rampas o pendientes proyectadas están comprendidas entre el 1% y el 3,5%.

P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Inclinación máxima Inclinación/excepcional 3.1-IC (%)	i (%)
0+000	0+262	262	6% / 8%	3,475%
0+262	0+828	566		2,500%
0+828	Entronque con la glorieta	2		0,965%

Para una curva C-60 la inclinación máxima puede llegar a tener una pendiente del 6%, y de manera excepcional del 8%. En este caso, las inclinaciones son siempre menores al 6%, por lo que no hay incumplimiento normativo.

Esta carretera es posible que tenga formaciones de placas de hielo en la calzada, por lo que se debe comprobar que la **línea de máxima pendiente** no supere el 10%:

P.K. inicial	P.K. final	i (%)	Inclinación de la línea de máxima pendiente 3.1-IC (%)	Máximo peralte en el tramo (%)	Inclinación máxima pendiente (%)
0+000	0+262	3,475%	10%	7,0%	7,8%
0+262	0+828	2,500%		7,0%	7,4%
0+828	Entronque con la glorieta	0,965%		2,0%	2,2%

En cada uno de los tramos con la pendiente definida, se han considerado las secciones donde el peralte es mayor para estar siempre en el caso más desfavorable.

No se supera en ningún punto el valor máximo del 10%, y por tanto no hay incumplimiento normativo.

Longitud de rasantes

Las longitudes de los tramos en pendiente quedan reflejados en la siguiente tabla:

P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Longitud mínima y máxima 3.1-IC (m)
0+000	0+262	262	167 / 3.000
0+262	0+828	566	
0+828	Entronque con la glorieta	2	

En ningún caso se supera el valor máximo admisible en rampa o pendiente de tener una longitud superior a 3 kilómetros, y respecto a la longitud mínima, tampoco esta longitud es menor a la indicada de 167m. El tramo final tiene una longitud menor, porque el trazado ya finaliza en la glorieta este proyectada. Según esto, no hay incumplimiento normativo.

Valor del acuerdo vertical

En cuanto a los valores de los **parámetros Kv** proyectados para acuerdos cóncavos o convexos, teniendo en cuenta la visibilidad de parada (en este caso no se considera la de adelantamiento porque está prohibida esta maniobra), resultan los siguientes valores:

P.K.	Kv mín. parada. Acuerdo convexo 3.1-IC (m)	Kv mín. parada. Acuerdo cóncavo 3.1-IC (m)	Acuerdo	Kv (m)
0+262	800	1.650	Convexo	3.500
0+828			Cóncavo	2.020

Esto significa, que en ambos casos los valores de los acuerdos adoptados son siempre mayores a los mínimos que establece la Norma, lo que significa que no hay incumplimiento normativo.

Longitud del acuerdo vertical

Por último, las longitudes de los acuerdos verticales son las siguientes:

P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Longitud mínima del acuerdo vertical 3.1-IC (m)
0+000	0+262	262	60
0+262	0+828	566	
0+828	Entronque con la glorieta	2	

En todos los acuerdos proyectados, la longitud del acuerdo es mayor a 60 metros, excepto en el tramo final, donde es menor porque el trazado ya finaliza en la glorieta este proyectada. Según esto, no hay incumplimiento normativo.

3.3.4 COORDINACIÓN ENTRE PLANTA Y ALZADO

Las **dos condiciones** que era necesario comprobar en este caso eran las siguientes:

- Los puntos de tangencia de todo acuerdo vertical, en coincidencia con una curva circular, estarán situados dentro de la clotoide en planta y lo más próximos al punto de radio infinito.
- En este caso, como la velocidad de proyecto es de 60 km/h, se deberá comprobar que se cumple la condición $K_v=100 \cdot R(m) / p (\%)$. Y si no fuera así, el cociente $K_v(m) / R(m)$, que debe ser menor a 6.

Puesto que como ya se ha visto, en la variante no hay tramos rectos, necesariamente los dos puntos de tangencia de los acuerdos verticales coincidirán con una curva circular. Se ha analizado por tanto en ambos casos donde se sitúa el punto de tangencia, si en la clotoide o en la curva:

P.K. Acuerdo	Kv (m)	Ubicación del punto de tangencia
0+262	3.500	Clotoide
0+828	2.020	Radio 155m

El acuerdo convexo coincide en planta con un clotoide, por lo que se considera adecuada esta circunstancia. En cambio, en el acuerdo cóncavo, el punto de tangencia coincide con el tramo curvo (no con la clotoide), debiéndose en este caso comprobar la siguiente condición:

P.K. Acuerdo	Kv (m)	Radio (m)	Peralte (%)	$K_v=100 \cdot R/p$ 3.1-IC	$K_v/R > 6$ 3.1-IC
0+828	2.020	155	2%	No se cumple	Sí se cumple

Se comprueba que se cumple con la segunda de las recomendaciones que determina la Instrucción, que la relación entre el acuerdo y el radio sea mayor a 6.

Es por ello que se concluye que en el acuerdo convexo no hay incumplimiento normativo. Y que en el acuerdo cóncavo, el desajuste que existe es más estético que funcional y que además resulta inapreciable, tal y como se muestra en las imágenes adjuntas en el Anejo nº6 de Trazado.

Además de estas dos condiciones, se indicaba en el apartado 3.2.6 que debían evitarse una serie de situaciones:

1. **Alineación única en planta (recta o curva) que contenga un acuerdo vertical cóncavo o un acuerdo vertical convexo cortos ($L < 1,5V_p$)**

La longitud del acuerdo convexo es de 209 metros, por lo que es mayor a 1,5 veces la velocidad de proyecto, pero en el caso del acuerdo cóncavo, la longitud es menor lo cual se debe a que la variante finaliza en este punto en el entronque con la glorieta, es por ello que la ubicación del acuerdo convexo en es adecuada, y la del acuerdo cóncavo se considera que también, dado que finaliza el trazado.

2. **Acuerdo convexo en coincidencia con un punto de inflexión en planta**

En este caso, el único acuerdo convexo donde se da esta circunstancia, es el sito en el p.k. 0+262, donde el parámetro del acuerdo es de 3.500m. Antes del acuerdo la inclinación es del 3,475% y después del 2,5%, por lo que la diferencia de inclinaciones es del 0,975%.

Esto significa que la variación del acuerdo es prácticamente imperceptible y no se genera ninguna pérdida de trazado.

3. **Alineación recta en planta con acuerdos convexo y cóncavo consecutivos ($d < 3,0V_p$)**

No hay alineaciones rectas en este trazado, por lo que se analiza esta situación.

4. **Alineación recta seguida de curva en planta en correspondencia con acuerdos convexo y cóncavo ($d < 3,0V_p$)**

No hay alineaciones rectas en este trazado, por lo que se analiza esta situación.

5. Alineación curva, de desarrollo corto, que contenga un acuerdo vertical cóncavo corto ($L < 1,5V_p$)

Aunque una alineación curva coincide con un acuerdo vertical cóncavo de longitud corta, el desarrollo de la curva no es corto, por lo que no se da esta circunstancia en ningún punto del trazado.

6. Conjunto de alineaciones en planta en que se puedan percibir dos acuerdos verticales cóncavos o dos acuerdos verticales convexos simultáneamente en $D < 800m$ y giro $< 45^\circ$

No se da esta circunstancia en ningún punto del trazado.

7. Acuerdo cóncavo en coincidencia con un punto de inflexión en planta.

No se da esta circunstancia en ningún punto del trazado.

8. Acuerdo corto entre pendientes largas dentro de una misma alineación en planta.

No se da esta circunstancia en ningún punto del trazado.

9. Rasantes uniformes entre acuerdos consecutivos del mismo signo dentro de una misma alineación en planta.

La ubicación de estas rasantes entre acuerdos consecutivos es adecuada.

10. Curvas en planta cortas dentro de un acuerdo vertical largo

Hay una curva donde se da esta circunstancia, es la situada entre los pp.kk. 0+280 – 0+323.

Tras el análisis de la representación gráfica, se ha concluido que no se generan desajustes estéticos o estos son muy poco apreciables.

3.3.5 SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal adoptada en el tronco de la variante ha sido la siguiente:

	Ancho Carril (m)	Ancho Arcén (m)	Ancho Berma (m)
Norma 3.1-IC	3,5	1,0 / 1,5	0,75
Variante	3,5	1,5	0,75

Según esto, no hay incumplimiento normativo.

4 SEÑALIZACIÓN

4.1 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

Se define como señalización horizontal o marcas viales, las líneas o figuras aplicadas sobre el pavimento para separación y delimitación de carriles de circulación, las bandas continuas de prohibición de adelantamiento, las bandas de separación de arcén y calzada y cualquier otro tipo de líneas, palabras o símbolos realizados sobre el pavimento que sirvan para regular el tráfico de vehículos y peatones.

Las funciones específicas para las que se diseña la señalización horizontal son las siguientes:

- Delimitar carriles de circulación
- Separar sentidos de circulación
- Indicar el borde la calzada
- Delimitar zonas excluidas a la circulación regular de vehículos
- Reglamentar la circulación, especialmente el adelantamiento, la parada y el estacionamiento
- Completar o precisar el significado de señales verticales y semáforos
- Repetir o recordar una señal vertical
- Permitir los movimientos indicados
- Anunciar, guiar y orientar a los usuarios

La señalización horizontal tiene por objeto, además del indicado en el apartado anterior, ser un complemento de la señalización vertical e informar al usuario, evitando titubeos en el momento de realizar cualquier variación en su régimen normal de conducción, consiguiéndose de ese modo una circulación más segura.

Para el diseño de la señalización horizontal se ha seguido básicamente la Orden de 16 de julio de 1987, por la que se aprueba la norma 8.2-I.C. “Marcas viales” de la instrucción de carreteras (BOE núm. 185, de 4 de agosto de 1987, con corrección de errores en BOE núm. 233, de 29 de septiembre de 1987).

4.2 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Se define como señalización vertical al conjunto de señales situadas en los márgenes de la carretera que tienen como objeto transmitir información a los usuarios de los posibles peligros, ordenar la circulación en base a la normativa vigente, recordar o acotar prescripciones del Reglamento General de Circulación y proporcionar información de los itinerarios y puntos de desviación que es posible tomar.

Con el fin de aumentar la sencillez y claridad de señalización, se empleará el mínimo número de señales que permitan al conductor tomar las medidas o efectuar las maniobras necesarias con comodidad, evitando cargarle con señales cuyo mensaje sea evidente.

Para proyectar la señalización vertical se ha tenido en cuenta la señalización horizontal, con el objeto de que estén perfectamente coordinadas y no haya incoherencias ni contradicciones entre las mismas.

Para el diseño y emplazamiento de la señalización vertical a disponer se ha seguido la siguiente normativa y bibliografía especializada:

- Orden FOM /534/2014 por la que se aprueba la norma 8.1-I.C. “Señalización vertical” de la Instrucción de carreteras.
- Normas de Señalización del Catálogo de señales de circulación del Ministerio de Obras Públicas y Transportes de la Dirección General de carreteras (MOPT, junio de 1992).

En los planos de planta, se han dibujado las señales y carteles en el punto donde éstos deben instalarse, figurando en los planos de detalle las dimensiones de los mismos.

Las características de los materiales a emplear están definidas en los artículos correspondientes del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y en los planos de detalle.

4.3 SEÑALIZACIÓN DE OBRA

La Norma 8.3.IC desarrolla las medidas que deberán adoptarse en cada ocasión, para efectuar la señalización de las obras que se ejecuten en las carreteras y que de alguna forma dificulten la libre circulación de vehículos por ellas.

Distingue tres conceptos básicos, el tipo de carretera, los distintos grados de ocupación de la misma y la duración de la obra, estudiando los diferentes casos que se pueden producir combinando los dos primeros conceptos básicos indicados y matizando que las obras deben ser fijas, por lo que la señalización de obras móviles no está contemplada en la citada norma.

Además, se tiene en cuenta lo establecido en el Manual de Ejemplos de Señalización de Obras Fijas, del Ministerio de Fomento, y en la norma 8.1.IC “Señalización vertical”, en especial, en relación al apartado 7.1, donde se establece la distancia de visibilidad geométrica mínima a una señal para una limitación de velocidad dada, así como las distancias entre señales sucesivas para una reducción de velocidad.

4.4 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

La señalización horizontal se ha diseñado conforme a la normativa vigente, lo que se considera adecuada.

La señalización vertical, también se ha diseñado tomando como base la Norma 8.1-IC, aunque existen algunos puntos donde no ha sido posible su cumplimiento:

- Señales de advertencia de intersección giratoria P-4: Excepto en un caso, donde sí se ha colocado esta señal a 200 metros de la glorieta oeste según se circula por la nueva variante proyectada, en el resto de casos no ha sido posible disponer estas señales a 150 – 200 metros de la sección donde se sitúa la glorieta. Aun así, se han dispuesto con antelación suficiente para que el conductor visualice la señal y sepa que se aproxima a una intersección tipo giratoria.
- Separación entre señales: Para que dos señales dispuestas de manera consecutiva sean perfectamente visibles y perceptibles por el conductor, lo ideal es que dichas señales estén distanciadas entre sí 50 metros, pero mantener esta distancia no ha sido posible en algún caso, por lo que se han colocado a la mayor distancia posible según el espacio disponible. En todos los casos se garantiza que las señales son visibles, ya que en la peor situación, que es a la salida de Markina-Xemein sentido glorieta oeste, y con una velocidad de 40km/h el tiempo del que dispone el conductor para visualizar dos señales distantes entre sí del orden de 20 metros, es de 2 segundos, es decir, coincide con el tiempo de precepción y reacción que determina la Norma 8.1-IC, por lo que se considera adecuado.

Aún a pesar de estos mínimos incumplimientos, desde el punto de vista de la seguridad vial se considera que la señalización propuesta es adecuada, pues advierte al usuario con suficiente antelación al usuario.

5 BALIZAMIENTO

Se han considerado dentro de este concepto los siguientes tipos de elementos:

- Balizamiento visual, que hace resaltar claramente el trazado de la ruta y atrae la atención de los conductores sobre el borde del arcén o la situación de las barreras de protección, en especial de noche y en condiciones de escasa visibilidad. Aquí se incluyen:
 - Los captafaros o elementos verticales con pintura reflectante, fijados a las barreras de seguridad.
- Balizamiento numérico que tiene por misión informar al conductor acerca de la posición en que se encuentra dentro de la carretera y que está constituida por:
 - Hitos de arista

5.1 CAPTAFAROS

Son un complemento de las marcas viales y tienen como finalidad el alertar, guiar e informar al usuario de la carretera. De los dos tipos de captafaros que existen, los empotrados en las barreras de seguridad y los situados sobre la superficie de los pavimentos, únicamente se proyectarán en la carretera aquellos que están empotrados en barreras de seguridad, ya que al tratarse de un tramo iluminado, no se considera necesaria la disposición de captafaros sobre el pavimento en las isletas de las glorietas.

Estos captafaros empotrados en las barreras de seguridad, estarán distanciados 8 metros en situaciones normales, y 4 metros en tramos de protección especial como por ejemplo, curvas de radio reducido, zonas donde existen pretilles, paso por estructuras, etc.

Las zonas donde la barrera quede retranqueada del arcén, como es el caso de los despejes para visibilidad (tramo situado entre la boca este del túnel y la glorieta este), no se dispondrán captafaros en dicha barrera, debido a que podrían dar una información errónea del ancho de la plataforma. En estos casos la plataforma quedará únicamente balizada mediante hitos de arista.

5.2 HITOS DE ARISTA

Se define como hito de arista un poste dotado de uno o varios elementos reflexivos que se coloca verticalmente en la margen de la plataforma de una carretera para balizar los bordes de la carretera durante las horas nocturnas o de escasa visibilidad, y que además cuentan con definición de hectómetro.

En el tronco de la carretera se colocarán hitos de arista tipo I por tratarse esta variante de una carretera convencional de calzada única. Se emplearán hitos anclados sobre el suelo o anclados sobre barrera de metálica, según lo que esté proyectado en la margen de la carretera.

Las características de estos hitos están definidas en la OC 309/1990 CyE, de 15 de enero, sobre hitos de arista.

5.3 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

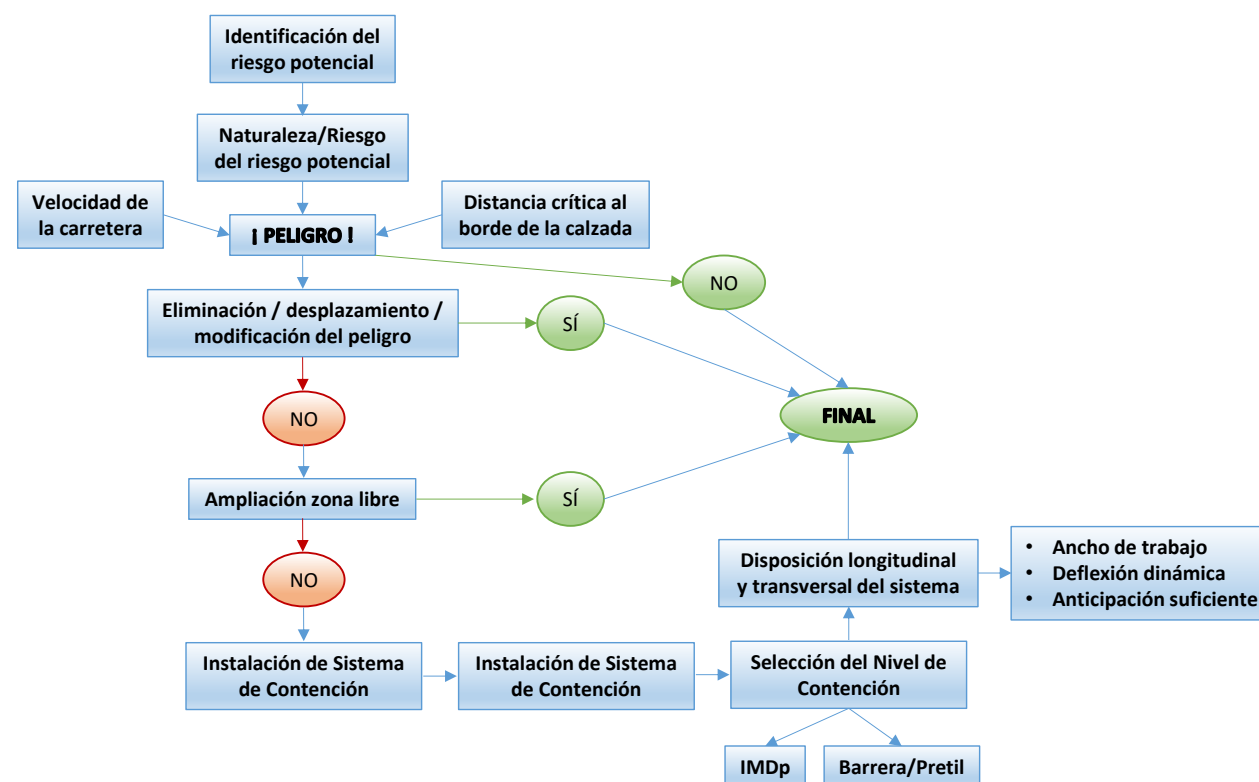
Los captafaros dispuestos en las barreras, las balizas cilíndricas y los hitos de arista, se han definido e instalado según la normativa de aplicación, y desde el punto de vista de la seguridad vial se consideran adecuados, por lo que no hay incumplimiento normativo.

6 DEFENSAS

Una parte importante de la seguridad que ofrece al conductor las características técnicas de una carretera, reside en los elementos e instalaciones de protección, como dispositivos que, en caso de accidente o emergencia, impidan al vehículo salirse fuera de la calzada y le ayuden a reducir las consecuencias negativas en una situación de peligro.

Para la determinación de los tramos en los que debe instalarse barrera de seguridad y qué tipo colocar, se han seguido las recomendaciones establecidas en el anejo de la O.C. 35/2014 sobre “Criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos” del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

La secuencia de decisiones para evaluar la seguridad de una carretera frente a un accidente con salida de calzada se indica en el esquema siguiente:



Como puede observarse, la implantación de un sistema de contención sólo debe acometerse cuando no sean factibles ni técnica ni económicamente las otras medidas (eliminación, desplazamiento o modificación del peligro y aumento del ancho de la zona libre).

La metodología utilizada responde al orden lógico de establecer en primer lugar el nivel de peligrosidad de los diferentes tramos, para poder establecer dónde es necesario barrera de seguridad y el nivel de contención de la misma.

6.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

Las barreras de seguridad y los pretiles, como sistemas de contención de vehículos, son elementos de las carreteras cuya función es mitigar las consecuencias de un accidente de circulación por salida de vía, haciéndolas más predecibles y menos graves, pero no evitan que el mismo se produzca ni están exentas de algún tipo de riesgo para los ocupantes del vehículo.

Para lograr un buen funcionamiento del diseño de la carretera habrá que realizar el análisis de los márgenes de la plataforma e identificar los obstáculos, desniveles o situaciones de potencial riesgo de accidente por salida de vía, entre los que se encuentran en el tramo proyectado, al menos, los siguientes:

- Estructuras de pasos superiores.
- Obstáculos situados en las márgenes, como báculos de iluminación, postes de Paneles de Mensaje Variable (PMV), semáforos, báculos de cámara DOMOS, Estación ETD (estación de toma de datos de tráfico), y postes SOS.
- Túnel
- Terraplenes con alturas superiores a 3 metros taludes inferiores a 3H:1V
- Desmontes con taludes inferiores a 2H:1V

Una vez identificadas las situaciones potenciales de riesgo, y tal y como se señalaba en el esquema anterior, se plantearán soluciones alternativas, que serán preferibles a la instalación de una barrera de seguridad o un pretel:

- Ampliar la plataforma o la sección transversal cuando el terreno sea llano y el coste de expropiación bajo.
- Eliminar el obstáculo o desnivel.
- Diseñar de nuevo el elemento que suponga un obstáculo o desnivel de modo que resulte franqueable en condiciones de seguridad.
- Trasladar el obstáculo a otra zona donde resulte menos probable el impacto.
- Disminuir la severidad del impacto contra el obstáculo disponiendo una estructura soporte eficaz para la seguridad pasiva (p.e.: fusible estructural), siempre y cuando satisfaga los requisitos de la norma UNE EN 12767.

6.2 CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN

La instalación de sistemas de contención está justificada en las zonas en las que se detecte la probabilidad de que se produzca un accidente normal, grave o muy grave y haya que descartar las soluciones alternativas indicadas anteriormente por no ser posibles técnica o económicamente viables.

La **clasificación del riesgo de accidente** es la reflejada en la O.C. 35/2014, y además en dicha Orden Circular se indica también en función del riesgo de accidente, la distancia mínima del borde de la calzada a un obstáculo o zona peligrosa por debajo de la cual se justifica colocar un sistema de contención. Según esto, estas son las zonas consideradas donde puede haber riesgo de accidente.

- Riesgo de accidente **grave**:
 - en las zonas que coinciden con **estructuras y obras de paso**. Esto se debe a que se trata de zonas donde pueden darse caídas desde estructuras y obras de paso con altura superior a 2 metros, caídas desde muros de sostenimiento en una carretera en terreno accidentado como es el caso. (apartado b.3-3 del punto 2.2 “Criterios de instalación” de la O.C.).
 - en el túnel, ya que el choque de un vehículo contra él puede producir daños graves en un elemento estructural apartado b.3-13 del punto 2.2 “Criterios de instalación” de la O.C.)
 - en las zonas que donde se han dispuesto postes contra los que si colisiona un vehículo puede haber caída de objetos de gran masa sobre la calzada, estos son por tanto las secciones donde se han colocado **Paneles de Mensaje Variable** (apartado b.3-1 del punto 2.2 “Criterios de instalación” de la O.C.).

Aún a pesar de que el riesgo de accidente está asociado a la velocidad de la carretera, y ésta debería ser mayor a 60 km/h para que los riesgos definidos sean considerados como graves, se ha adoptado este tipo de riesgo porque al tratarse de un vial nuevo y con un trazado óptimo, puede ser que los conductores no respeten esta señalización y circulen a una velocidad mayor a la permitida, de este modo, se está siempre del lado de la seguridad.
- Riesgo de accidente **normal**:
 - Desmontes con taludes 1,5H:1V situados una distancia inferior a 8 metros, desde el borde la línea blanca del arcén.
 - Terraplenes con taludes 1,5H:1V o terraplenes cuya altura puede superar los 3 metros.
 - En las secciones donde hay obstáculos cuyo diámetro es mayor a 15 cm: báculos de la cámara DOMOS, báculo del semáforo doble rojo situado donde se dispone la barrera, báculos del semáforo rojo-ámbar-verde, estación de tráfico ETD y postes SOS.
 - Báculos de iluminación sin fusible estructural.

En todos estos casos se hace referencia al apartado c.3 del punto 2.2 “Criterios de instalación” de la O.C.).

Como en el caso anterior, el riesgo de accidente normal está asociado en este caso a una velocidad mayor a la de circulación en el nuevo vial proyectado. Aún a pesar de ello, y tal y como se ha indicado anteriormente, puede ser que los conductores circulen a una velocidad mayor a la permitida, por lo que al disponer los sistemas de contención en estos casos, se está siempre del lado de la seguridad.

Una vez localizados los tramos en los que es o se estima necesario disponer de un sistema de contención, y definido el riesgo del hipotético accidente, los factores y características a considerar para el diseño de los sistemas de contención óptimos para cada situación de riesgo serán los siguientes:

- Tipo de vía.
- Ancho de berma.
- Distancia al obstáculo o desnivel.
- IMD total y de vehículos pesados.
- Clase y nivel de contención, según la norma UNE EN 1317 (ver tabla 2).
- Anchura de trabajo (tabla 5 de la O.C. 35/2014) y su deflexión dinámica.
- Geometría y funcionalidad (ver figura 3 de la O.C. 35/2014).
 - Simples o aptas para el choque por uno de sus lados.
 - Dobles o aptas para el choque por ambos lados.
- Índice de severidad de impacto, definido en la norma UNE EN 1317 (tabla 4 de la O.C. 35/2014). Este aspecto no está reflejado en la Orden Circular, por lo que no hay normativa que obligue a cumplir un determinado índice de severidad de impacto determinado.

6.3 ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN

Tal como queda justificado en el Anejo correspondiente, las barreras / pretils que se emplearán en este tramo de variante los siguientes niveles de contención:

Riesgo de Accidente	Elemento a proteger	IMDp (veh.pes/día)	Sistema de contención	Nivel de Contención mínimo exigido
Grave	Pasos Superiores	< 400	Pretil	H1 - H2
	Túnel	< 400	Barrera hormigón	N2 – H1
	PMV	< 400	Barrera metálica	

Riesgo de Accidente	Elemento a proteger	IMDp (veh.pes/día)	Sistema de contención	Nivel de Contención mínimo exigido
Normal	Desmontes de talud 1,5H:1V	< 400	Barrera metálica	N2
	Terraplenes de altura superior a 3m o de talud 1,5H:1V			
	Obstáculos de Ø > a 15cm			
	Báculos sin fusible estructural			

Hasta ahora, se han identificado:

- Las secciones donde es necesaria la disposición de barreras.
- El riesgo de accidente para cada caso.
- El Nivel de Contención mínimo necesario para cada tipo de riesgo de accidente.

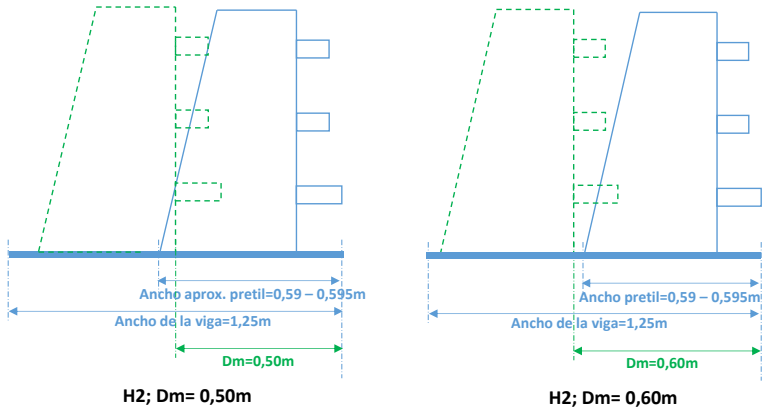
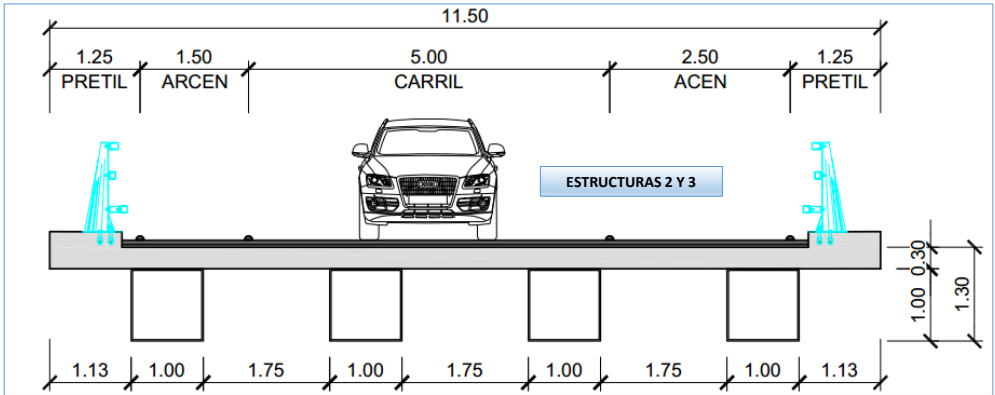
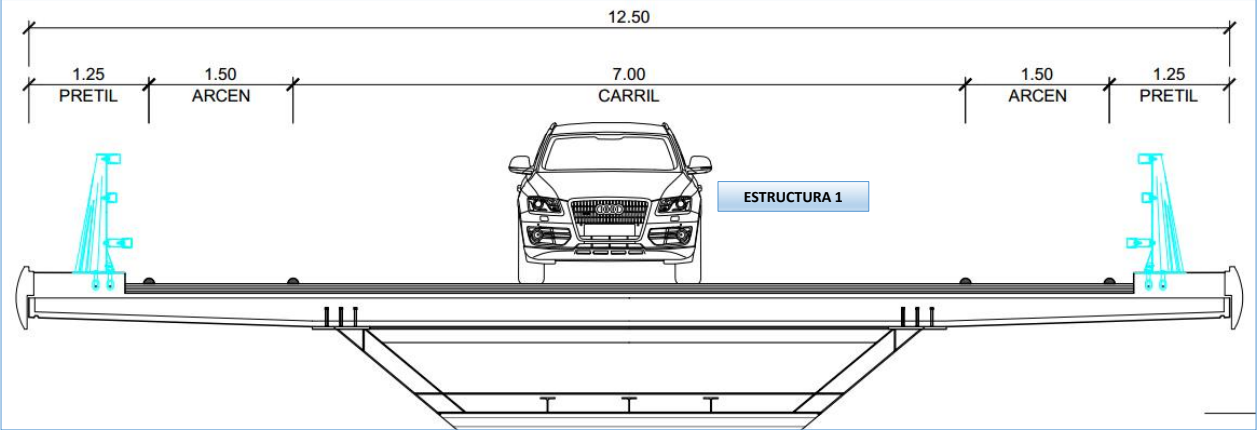
En función de estos condicionantes y teniendo en cuenta la anchura disponible en los márgenes de la vía, se identificarán a continuación los sistemas de contención a disponer en cada caso. Para ello, será necesario conocer la distancia del obstáculo o desnivel a la barrera/pretil y buscar aquella que disponga del ancho de trabajo/deflexión dinámica adecuada.

6.3.1 DEFENSAS CON NIVEL DE CONTENCIÓN H2

En el caso de las **estructuras**, que deberán estar protegidas mediante pretils, las posibilidades son que el nivel de contención sea H1 o H2, pero pretils con nivel de contención H1 no se han encontrado en el mercado con marcado CE, razón por la cual se definen directamente **pretils con un Nivel de Contención H2**.

En los 3 pasos superiores, el espacio diseñado para que apoye el pretil y éste puede trabajar en caso de impacto, es de 1,25cm, por lo que las características de los pretils que se dispongan deberán ser las siguientes:

- Sistema de contención: Pretil
- Nivel de Contención: H2
- Ancho de trabajo: $W \leq W3$
- Deflexión dinámica $Dm \leq 0,6m$
- Índice de Severidad: B



Existen en el mercado dos pretils que cumplen con estas características, y tras contacto con las empresas suministradoras, se ha confirmado:

- En el caso del pretil de menor deflexión dinámica éste puede volar fuera de la viga proyectada, siempre que se garantice que la anchura de la ésta, sobre la que apoya, sea mayor o igual a 0,54 metros, condición que se cumple ya que apoyaría sobre una superficie de 1,25m. Esto se debe a que el ensayo a partir del cual se ha otorgado el certificado CE se ha realizado con una viga de

0,54m. En cualquier caso, la viga proyectada tiene anchura suficiente para que no sea necesario que vuele el pretil fuera de la estructura.

- En el caso del pretil de mayor deflexión dinámica, se ha comprobado con el ensayo que ha dotado al pretil de marcado CE, que es necesario que tras el pretil existan 10cm para que éste apoye, pero que puede volar tras los mismos. Esta condición también se cumple pues tras el pretil diseñado hay más de 0,60m. En cualquier caso, la viga proyectada tiene anchura suficiente para que no sea necesario que vuele el pretil fuera de la estructura.

Estos sistemas se han ensayado con unas longitudes determinadas, menores en algún caso a las longitudes a lo largo de las cuales se propone su colocación. Aún a pesar de esto, ya que estarán unidos a otros sistemas de contención con las transiciones ensayadas, y no trabajarán por tanto de forma aislada, podrán disminuirse estas longitudes (según apartado 6.1 “*disposición longitudinal*” de la OC 35/2014), por lo que se propone su colocación exclusivamente sobre la estructura.

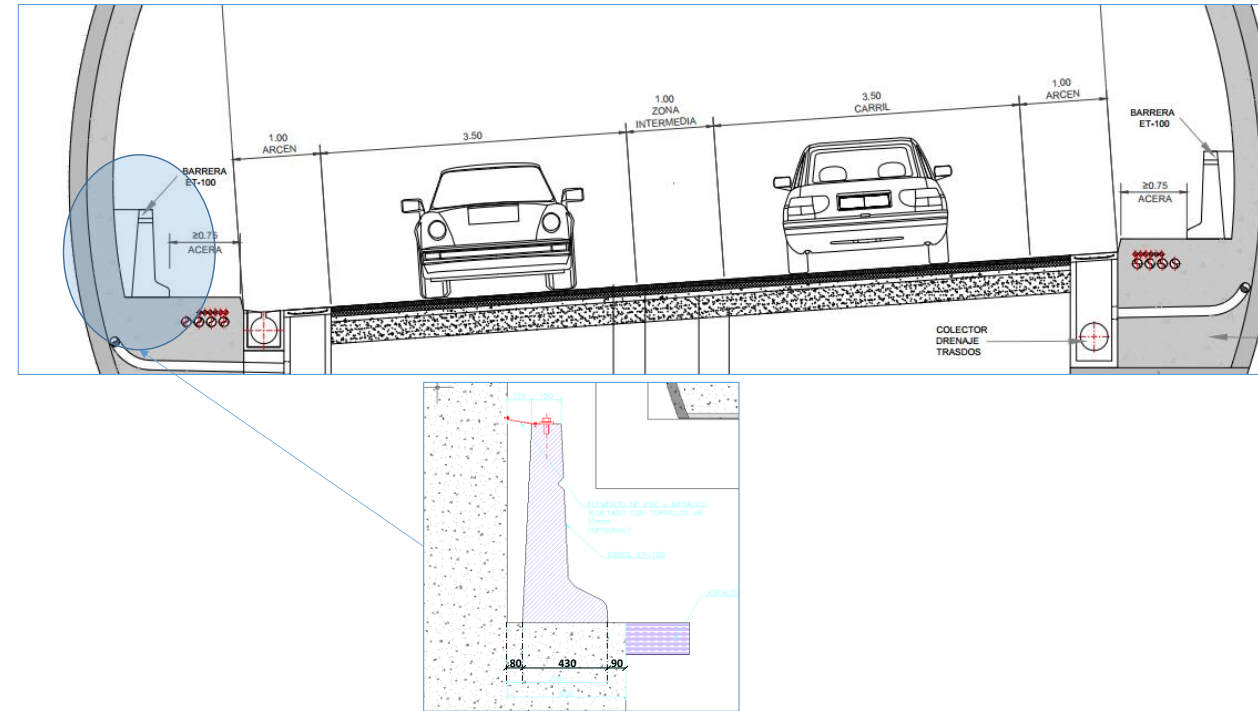
Por último, es necesario indicar que la altura de la acera sobre la que apoya el pretil debería ser menor a 7cm. Aun a pesar de esto, se da el caso en uno de los pretils con marcado CE que existen en el mercado, que se ha ensayado con una altura de 10cm, por lo que se da por válida la misma, ya que el marcado CE se ha obtenido con ensayos realizados para dicha altura de bordillo. Esta consulta se ha realizado a la casa del fabricante y ha confirmado la altura de este bordillo.

6.3.2 BARRERAS DE HORMIGÓN CON NIVEL DE CONTENCIÓN H2

La **protección en el muro del túnel**, necesita como se ha indicado en la tabla anterior, un nivel de contención N2 o H1. Aún a pesar de esto, dado que el sistema de contención que se disponga en este tramo de túnel ha de cumplir unas condiciones muy específicas, se ha optado por disponer una barrera de hormigón con marcado CE cuyo uso es exclusivo para bordes laterales de túneles, galerías o muros, y cuyo **Nivel de Contención es H2**.

Se trata de una barrera prefabricada de las siguientes características:

- Sistema de contención: Barrera de hormigón prefabricada
- Nivel de Contención: H2
- Ancho de trabajo: $W = W1$
- Deflexión dinámica $Dm = 0,1m$
- Índice de Severidad: C



Se ha dispuesto la barrera de hormigón a una cierta distancia de la pared del túnel, según indicaciones del fabricante, para asegurar que cuenta con ancho de trabajo suficiente, y dado el espacio del arcén y de la acera, se da tiempo suficiente al vehículo que por alguna razón de salga de la calzada a retornar a ésta antes de colisionar contra el sistema de contención.

6.3.3 BARRERAS METÁLICAS CON NIVEL DE CONTENCIÓN N2

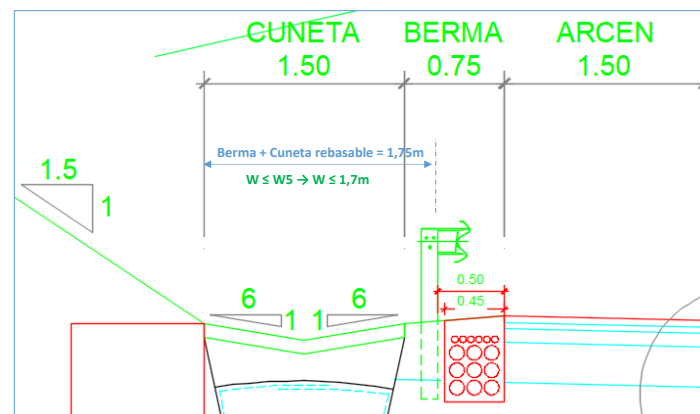
Las **barreras que protegen el resto de obstáculos** pueden ser en el caso de la protección de Paneles de Mensaje Variable, N2 o H1. Y en el caso de la protección de resto de elementos N2.

Con objeto de uniformizar y que las barreras metálicas que se dispongan en el resto del trazado sean las mismas, lo que abaratará costes finales y permitirá que la ejecución de las barreras sea continua, se propone colocar allí donde sea necesario **barreras con Nivel de Contención N2**.

Tramo situado al oeste del túnel:

En todos los tramos donde se propone colocar esta barrera al oeste del túnel, la sección es similar en cuanto a espacio disponible para la colocación del sistema de contención, ya que tras el arcén, la berma tiene una anchura de 0,75 m; tras ésta una cuneta rebasable de 1,50 m de ancho; y finalmente tras dicha cuneta se dispondría el obstáculo (ya sean báculos, postes, o terreno que suponga un obstáculo). Esto quiere decir que el espacio disponible hasta el obstáculo es de 2,25 metros.

Puesto que es necesario disponer canalizaciones a lo largo del tronco de la variante y estas canalizaciones se dispondrán junto a la calzada, la barrera deberá disponerse tras ésta, por lo que el espacio disponible tras la misma será menor al indicado anteriormente, observándose en el gráfico adjunto que dicho espacio es de 1,75m.



El hecho de estar por tanto la barrera más alejada del borde de arcén, mejora la seguridad vial del tramo, ya que en caso de posible salida de vía de un vehículo, éste tendrá algo de margen de maniobra y podrá volver a su carril antes de colisionar contra la barrera.

Las características de las barreras que se instalen, tendrán las siguientes características:

- Sistema de contención: Barrera metálica
- Nivel de Contención: N2
- Ancho de trabajo: $W \leq W5$
- Deflexión dinámica $Dm \leq 1,7m$
- Índice de Severidad: A

Tramo situado al este del túnel:

En la margen derecha, tras la salida del túnel por el este, la sección tipo es diferente al caso anterior en la margen derecha, ya que, tras el arcén de 1,5 metros y la berma de 0,75 metros, existe otra berma de despeje de ancho 5,25 metros más la misma cuneta pisable de 1,5 m, es decir, existe un espacio tras la línea blanca exterior de calzada de 9 metros. Esto significa, que al tratarse de una carretera de calzada única donde el radio de la curva en la que se encuentra inscrito este tramo es superior a 1.500 metros, y la distancia al obstáculo (el desmonte existente) es mayor a 9 metros, no es necesario disponer protección. Este despeje, se ha dotado para que no sea necesaria la protección del desmonte junto a la calzada para poder garantizar la distancia de visibilidad. Además, puesto que la distancia que media entre barreras es ligeramente superior a los 50 metros, no es necesario que ambos sistemas de contención se unan.

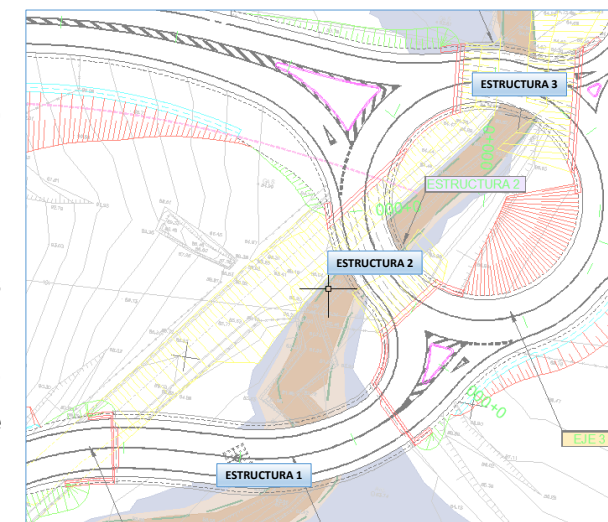
En la margen contraria, la barrera que se disponga será la misma que la definida el tramo situado al oeste del túnel.

6.3.4 BARRERAS METÁLICAS CON NIVEL DE CONTENCIÓN H1

Independientemente de los niveles de contención definidos para la protección de obstáculos o desniveles, resulta que con objeto de garantizar la rigidez en la unión de pretil – barrera, es necesario que el nivel de contención de la barrera sea de un grado inferior a la del pretil.

Si los pretils proyectados cuentan con un nivel de contención H2, es necesario por tanto que las barreras con las que conecte (con las que las transiciones deberán ser adecuadas ya que la longitud de los pretils es menor a la ensayada, tal y como ha quedado justificado anteriormente) tengan un nivel de contención H1.

Es decir, **en las continuaciones de las protecciones de los pretils** situados en las tres estructuras, independientemente del tipo de riesgo y de la IMD, se dispondrán **barreras metálicas con Nivel de Contención H1**.



Conexión del tronco de la variante con la rotonda este, con las estructuras 2 y 3:

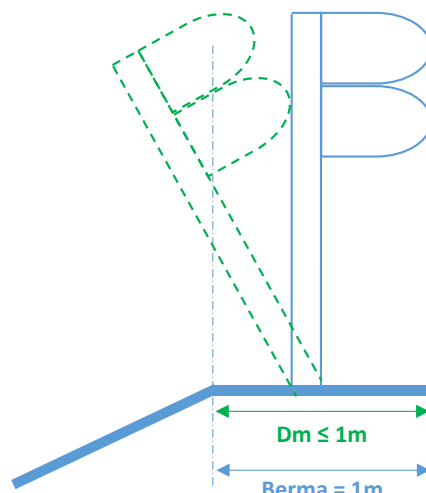
En la glorieta este, existen dos estructuras (la 2 y la 3), cuya prolongación se realizará como se ha indicado con barrera de nivel de contención H1.

En este caso, el final de la variante tiene un arcén y berma de anchos respectivamente de 1,5 y 1 metro:

- En el caso de la margen derecha, tras esta berma existe otra berma de anchura variable entre 4,5 y 7 metros que llega a desaparecer en el punto donde se inicia la estructura del paso superior. En la zona intermedia, tras esta berma variable existe un terraplén de talud 1,5H:1V.
- Y en el caso de la margen izquierda, tras la berma se sitúa el terraplén que constituye un obstáculo, de mismo talud que el de la margen contraria.

En ambos casos, se dispondrá la misma barrera, sabiendo que el espacio disponible de berma, entre el borde del arcén y el desnivel que supone el terraplén, es de 1 metro, y cuyas características son las siguientes:

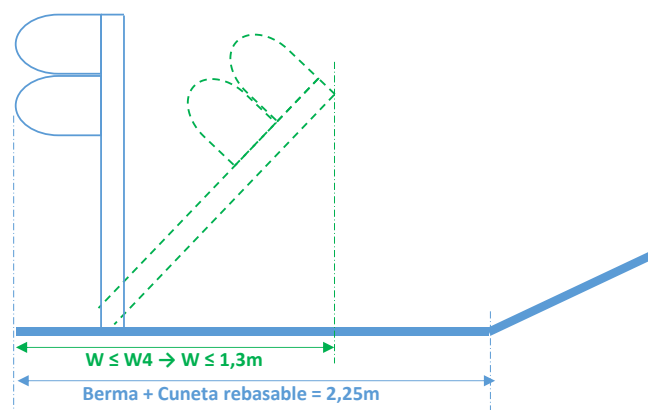
- Sistema de contención: Barrera metálica
- Nivel de Contención: H1
- Ancho de trabajo: $W \leq W4$
- Deflexión dinámica $Dm \leq 1,0m$
- Índice de Severidad: A



Conexión por el este con el pretil de la estructura 1:

La continuación de la barrera desde esta estructura 1 hacia la carretera BI-2636, tiene una sección formada por una berma de 0,75 metros + una cuneta pisable de 1,5 metros de anchura, es decir, como en casos anteriores hay un espacio tras el arcén de 2,25 metros. Esta es la anchura máxima de trabajo de la que podrá disponer la barrera que se instale para impedir que el vehículo colisione contra el obstáculo que supone el desmonte.

La barrera que sería necesario instalar en este caso, es menos estricta que la anterior, pues permite tener mayores anchos de trabajo y mayores deflexiones dinámicas. Pero dado que por uniformidad y por abaratar costes, se ha considerado adecuado que con el mismo nivel de contención se dispongan las mismas barreras, es por ello, que se instalará la indicada en el caso anterior:



- Sistema de contención: Barrera metálica
- Nivel de Contención: H1
- Ancho de trabajo: $W \leq W4$
- Deflexión dinámica $Dm \leq 1,0m$
- Índice de Severidad: A

Conexión por el oeste con el pretil de la estructura 1 + Parte interna del anillo interior de la glorieta este que no es estructura + Continuación de la estructura 3 hacia la carretera BI-2636

En estos tres casos, se dispone únicamente de una berma de 0,75 metros de ancho, y tras ella, excluyendo una zona con despeje, bien un terraplén, bien un desmonte.

Las características de la barrera que se dispondrán en estas zonas serán las siguientes:

- Sistema de contención: Barrera metálica
- Nivel de Contención: H1
- Ancho de trabajo: $W \leq W2$
- Deflexión dinámica $Dm \leq 0,7m$
- Índice de Severidad: A

6.3.5 BARRERAS MIXTAS CON NIVEL DE CONTENCIÓN N2

Se ha definido un camino paralelo a la variante por su margen norte, entre la glorieta oeste y el túnel, cuyo objeto es dar continuidad a un camino peatonal de titularidad municipal y habilitar el acceso rodado a los puntos singulares (pozos y ventosas) de una reposición de la red de abastecimiento del CABB y a dos parcelas particulares. El tráfico de vehículos será por tanto muy reducido, limitándose a las labores de mantenimiento del CABB y al acceso a parcelas.

El tramo del camino situado junto a la glorieta, está separado de ésta por un cunetón que desde la cota del camino llega a tener una profundidad que supera los 3 metros, estando separado del inicio del talud una distancia que varía entre 35cm a la altura del p.k. 0+090 de este eje 19, y 1 metro a la altura del p.k. 0+070.



En el tramo paralelo a la variante, este camino está a una cota superior a la de la carretera, distanciado del talud del desmonte de la variante (terraplén para el camino) del orden de 4-5 metros, y siendo en este caso la altura del talud superior siempre a los 3 metros.



Dadas estas alturas importantes de terraplén del camino, y puesto que en la cota inferior se encuentra una vía pública, se propone la disposición de un sistema de contención, aunque se trate de un camino donde

la velocidad de circulación es menor a los 80km/h, velocidad que determina la OC 35/2014 como límite para que se considere un riesgo de accidente normal con terraplenes de alturas superiores a 3 metros.

Puesto que se considera adecuada la disposición de barrera de protección, se ha optado por disponer de una mixta (madera + metal), ya que como se ha indicado tendrá un carácter rural con poco tráfico de vehículos.

Barreras mixtas con nivel de contención N2 y marcado CE hay varias en el mercado, siendo la de menor ancho de trabajo de 1 metro y la de mayor ancho de trabajo de 1,5 metros. En la zona donde el camino se sitúa a la altura de la glorieta, hay aproximadamente unos 20 metros de longitud (entre los pp.kk. 0+080 y 0+100), donde la distancia desde el borde del camino hasta el borde del inicio del terraplén del cunetón es menor a 1 metro, es por ello que se opta por elegir la barrera mixta con menor deflexión dinámica, aun sabiendo que la anchura disponible es menor a ésta deflexión.

Puesto que, como ya se ha indicado, no es necesaria la disposición de barreras en este camino, que las barreras están ensayadas a una velocidad mayor a la que realmente circularán los vehículos que lo hagan por esta zona, puesto que el número de vehículos circulantes será mínimo en el camino, y puesto que ante no poner nada o bien disponer las barreras mixtas citadas, se considera más adecuado la disposición de este sistema de contención, que tendrá las siguientes características:

- Sistema de contención: Barrera mixta
- Nivel de Contención: N2
- Ancho de trabajo: $W \leq W4$
- Deflexión dinámica $Dm \leq 1,0m$
- Índice de Severidad: A

6.3.6 SISTEMAS PARA LA PROTECCIÓN DE MOTORISTAS

Las barreras para protección de motoristas permitirán que en caso de caída de éstos las consecuencias de los potenciales accidentes sean menores que si no existieran, y puesto que no existen obstáculos tras las barreras.

Según la OC 35/2014 será necesaria la disposición de estos sistemas de contención cuando para vías de velocidad mayor o igual a 60 km/h se tenga en carreteras convencionales con arcén igual a 1,5 metros, curvas de radio menor a 250 metros.

Puesto que esta circunstancia no se da en ningún tramo, y se trata de una zona que se considere peligrosa desde el punto de vista de la seguridad vial, dada su accidentabilidad, no se propone la disposición de estos sistemas de contención en el tramo proyectado.

6.4 CUMPLIMIENTO DE LA OC 35/2014

En todos los casos, se cumple con la Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención, ya que todas las defensas proyectadas disponen de deflexión dinámica necesaria o ancho de trabajo necesario.

Además, todas ellas cuentan con la **longitud de anticipación necesaria**, siempre que no terminen en un acceso o intersección.

Su **disposición transversal** también es adecuada, ya que se colocarán a borde arcén cuando sea posible; aunque en el tronco de la variante están algo más separadas ya que existe una canalización subterránea adosada al arcén. En este caso, al tener que situarse la barrera tras dicha canalización, se mejora la seguridad vial del tramo, pues en caso de salida de vía de un vehículo tiene algo de margen de maniobra para volver nuevamente a su carril antes de colisionar contra la barrera metálica proyectada.

La **altura** a la que se han proyectado las defensas, será definida en cada caso por su ficha técnica que es la que certifica el marcado CE.

Se colocarán **perpendicularmente** a la carretera, excepto en los tramos donde se proyectan hacia el exterior de la margen a razón de una inclinación de 1/20.

La **cimentación** de las barreras metálicas y pretilas, será también la que esté definida en la ficha técnica que certifica su marcado CE.

Todas las barreras estarán abatidas con **abatimientos** de 12 o 4 metros de longitud, según su ubicación.

Y, por último, las **transacciones** entre barreras estarán adecuadamente conectadas. Así como la **rigidez** de las mismas, pues entre dos sistemas de contención consecutivos con distinto nivel de contención, la diferencia entre dichos niveles es siempre de un grado, nunca mayor. Este es el caso de las barreras adosadas a los pretilas, que aunque podrían tener un nivel de contención N2, se han proyectado con nivel de contención H1 para que la transición entre estas barreras y los pretilas (de nivel de contención H2), sea tan solo de un grado de diferencia.

7 SEGURIDAD EN LA FASE DE OBRAS

Durante la ejecución de las obras, se ha diferenciado entre las actuaciones de trazado nuevo, donde no hay interferencia con el existente, y las actuaciones que mejoran la carretera actual donde se ha planteado trabajar primero en un carril, dando paso alternativo mediante semáforos o personal de obra por el carril de circulación contrario, y después por el otro carril.

Para la señalización de los tramos donde se coexiste con la circulación de tráfico, se ha seguido el Manual de Ejemplos de Señalización de Obras Públicas, editado por el Ministerio de Fomento, con la particularidad de que en este caso la velocidad a la que actualmente está limitado este tramo de la BI-630 es de 50km/h y se propone limitar la velocidad en la zona de obras a 30km/h. Esto implica que las distancias que deben mediar entre señales de tráfico de obra, serán menores que las definidas en dicho manual, ya que en el mismo se parte de una velocidad de circulación de la vía de 100 km/h.

Asimismo por tanto una velocidad de partida de 100km/h, el tiempo que tardaría un vehículo en recorrer los 50 metros de distancia que propone el manual entre señales consecutivas en esta zona de obra es de 1,8 segundos. Aplicando este tiempo a la velocidad de partida de nuestra carretera, que es de 50km/h, resulta que la distancia a la que podrían colocarse dos señales de obra consecutivas es de 25 metros.

Siguiendo esta metodología, se ha planteado por tanto la misma señalización de obra que la indicada en el Manual, pero con una distancia entre señales menor, y atendiendo a lo indicado. Es por ello, que no hay incumplimiento normativo.