

ANEJO Nº 18.

ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL

ÍNDICE

1	OBJETO	3	6	ELEMENTOS DE CONTENCIÓN	23
2	ACCIDENTABILIDAD	3	6.1	CONSIDERACIONES PREVIAS	23
2.1	ACCIDENTALIDAD GENERAL DEL TRAMO	3	6.2	CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN	24
2.2	ANÁLISIS DE LOS ACCIDENTES OCURRIDOS	6	6.3	ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN	24
2.3	ÍNDICES DE PELIGROSIDAD	7	6.4	ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN	25
3	TRAZADO	9	6.4.1	Defensas con nivel de contención H2	25
3.1	CONDICIONANTES DEL TRAZADO	9	6.4.2	Defensas con nivel de contención H1	26
3.2	CRITERIOS DE DISEÑO	9	6.4.3	Defensas con nivel de contención N2	27
3.2.1	Introducción	9	6.4.4	Cumplimiento de la OC 35/2014	27
3.2.2	Normativa aplicada	9	7	SEGURIDAD EN LA FASE DE OBRAS	28
3.2.3	Velocidad de diseño	10			
3.2.4	Distancias de visibilidad	10			
3.2.5	Trazado en planta	10			
3.2.6	Trazado en alzado	11			
3.2.7	Coordinación de los trazados en planta y alzado	12			
3.2.8	Sección transversal	12			
3.3	JUSTIFICACIÓN DE LOS TRAZADOS Y CUMPLIMIENTO NORMATIVO	12			
3.3.1	Distancias de visibilidad	13			
3.3.2	Trazado en planta	13			
3.3.3	Trazado en alzado	16			
3.3.4	Coordinación de los trazados en planta y alzado	17			
3.3.5	Sección transversal	19			
4	SEÑALIZACIÓN	19			
4.1	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	19			
4.2	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	19			
4.3	SEÑALIZACIÓN DE OBRA	20			
4.4	CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA	20			
5	BALIZAMIENTO	21			
5.1	CAPTAFAROS	21			
5.2	HITOS KILOMÉTRICOS	22			
5.3	HITOS DE ARISTA	22			
5.4	PANELES DIRECCIONALES	22			
5.5	CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA	22			

1 OBJETO

El objeto del presente documento es realizar un estudio de Seguridad Vial del “Proyecto de acondicionamiento, ensanche y rectificación de trazado de la carretera BI-630. Tramo La Escrita – El Callejo”, 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: No se ha analizado este aspecto ya que no hay iluminación nueva en la vía.
 - 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

2.1 ACCIDENTALIDAD GENERAL DEL TRAMO

Al tratarse de un tramo de carretera en servicio, existen datos de accidentabilidad que se analizan en este Anejo con objeto de conocer qué tipo de accidentes se producen, dónde tienen lugar, debido a qué causa, etc., y poder estimar si con la solución propuesta se solucionan los actuales problemas que en principio son causantes de los accidentes.

Se han analizados los accidentes con y sin víctimas registrados en el período 2011-2019 entre los pp.kk. 49+000 y 54+500, que es el tramo de la BI-630 objeto de proyecto. Observándose que en este tramo y período se han contabilizado 27 accidentes, de lo que 17 son sin víctimas (63%) y 10 con víctimas (37%).

AÑO	ACCIDENTES CON VÍCTIMAS	ACCIDENTES SIN VÍCTIMAS	ACCIDENTES MORTALES	TOTAL ACCIDENTES
2011	0	2	0	2
2012	1	0	0	1
2013	2	3	0	5
2014	0	0	0	0
2015	0	3	0	3
2016	2	1	0	3
2017	2	2	0	4
2018	2	3	0	5
2019	1	3	0	4
TOTAL	10	17	0	27

Tabla nº 1: Histórico de accidentes en la carretera BI-630

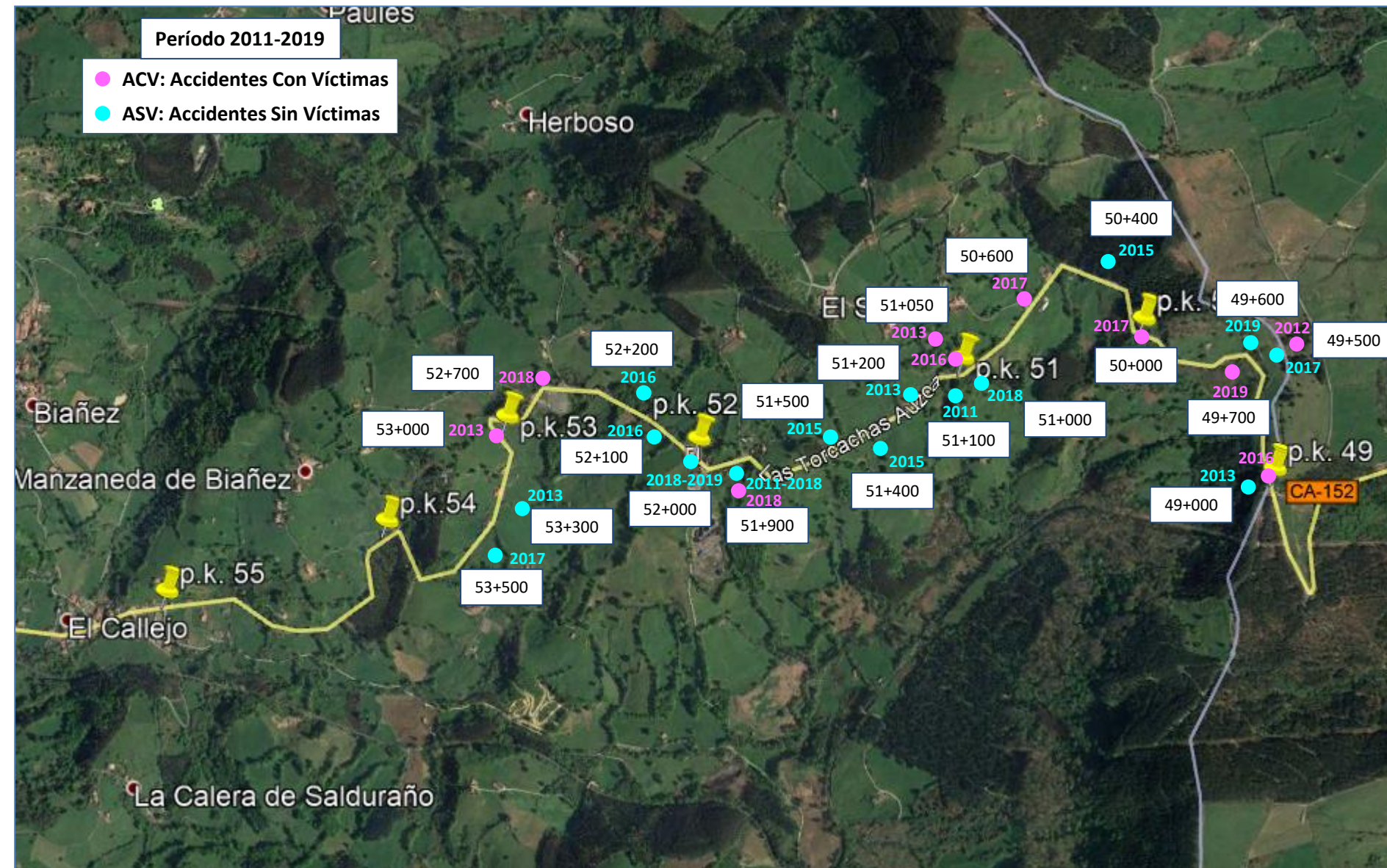
Tras el análisis de los accidentes registrados, se han observado algunas incongruencias en cuanto a su ubicación que han requerido una modificación de la base de datos de partida. Estos son los casos modificados:

P.K. REAL	LUGAR REAL	FECHA	COMENTARIO
49+500	Curva	07/08/2012	Este accidente figura como ocurrido en recta, pero puesto que este p.k. coincide con una curva, se ha modificado en la base de datos el lugar donde el accidente ha ocurrido
49+500	Curva	12/05/2017	Este accidente no tiene ubicación en cuanto al lugar donde se ha producido, por lo que se ha añadido a la base de datos que ha tenido lugar en una curva, que es donde se ubica este p.k.

P.K. REAL	LUGAR REAL	FECHA	COMENTARIO
50+600	Intersección	15/07/2017	Este accidente figura como ocurrido en el p.k. 50+500, pero en realidad ha tenido lugar en el p.k. 50+600 pues según la descripción se ha producido en la intersección la T situada en este punto. Según esto, también se ha cambiado su ubicación, pues ponía que tenía lugar en una recta cuando en realidad es en una intersección (situada en una recta)
51+100	Recta	18/02/2011	Este accidente no tiene ubicación en cuanto al lugar donde se ha producido, por lo que se ha añadido a la base de datos que ha tenido lugar en una recta, que es donde se ubica este p.k. En cuando a su luminosidad, este campo no aparece en la base de datos, pero dada la hora y fecha del accidente se ha incluido como ocurrido durante la noche
51+050	Intersección	26/05/2013	Este accidente figura como ocurrido en el p.k. 51+100, pero en realidad ha tenido lugar en el p.k. 51+050 pues según la descripción se ha producido en la intersección situada en este punto que además coincide con una curva. Según esto, también se ha cambiado su ubicación, pues no se incluía en la base de datos este campo, y se ha añadido intersección (situada en una curva)
51+050	Curva	19/06/2016	Este accidente figura como ocurrido en el p.k. 51+100, pero en realidad ha tenido lugar en el p.k. 51+050 pues según la descripción se ha producido en una curva
51+400	Recta	02/12/2015	Este accidente no tiene ubicación en cuanto al lugar donde se ha producido, por lo que se ha añadido a la base de datos que ha tenido lugar en una recta, que es donde se ubica este p.k.
51+500	Recta	05/04/2015	Este accidente no tiene ubicación en cuanto al lugar donde se ha producido, por lo que se ha añadido a la base de datos que ha tenido lugar en una recta, que es donde se ubica este p.k.
51+900	Intersección	31/03/2011	Este accidente no tiene ubicación en cuanto al lugar donde se ha producido, por lo que se ha añadido a la base de datos ha tenido lugar en intersección, ya que así lo indica en la descripción del accidente. En cuando a su luminosidad, este campo no aparece en la base de datos, pero dada la hora y fecha del accidente se ha incluido como ocurrido durante la noche
50+900	Curva	06/06/2018	Este accidente figura como ocurrido en el p.k. 52+000, pero en realidad ha tenido lugar en el p.k. 51+900 pues según la descripción se ha producido en una curva
51+000	Recta	07/09/2018	Este accidente no tiene ubicación en cuanto al lugar donde se ha producido, por lo que se ha añadido a la base de datos que ha tenido lugar en una recta, que es donde se ubica este p.k.
52+200	Recta	11/03/2016	Este accidente no tiene ubicación en cuanto al lugar donde se ha producido, por lo que se ha añadido a la base de datos que ha tenido lugar en una recta, que es donde se ubica este p.k.
53+300	Recta	15/01/2013	Este accidente no tiene ubicación en cuanto al lugar donde se ha producido, por lo que se ha añadido a la base de datos que ha tenido lugar en una recta, que es donde se ubica este p.k.
53+500	Recta	05/05/2017	Este accidente no tiene ubicación en cuanto al lugar donde se ha producido, por lo que se ha añadido a la base de datos que ha tenido lugar en una recta, que es donde se ubica este p.k.

La ubicación real de estos accidentes se adjunta en la siguiente imagen, observándose que el tramo que más accidentes registra es el comprendido entre los pp.kk. 51 y 52. En este kilómetro se concentran 15 accidentes (con y sin víctimas) respecto del total de accidentes registrados en el período de análisis, lo que supone el 56% de la accidentalidad total. Curiosamente es el tramo con la recta más larga de todo el trazado, lo que hace suponer que los vehículos aumenten su velocidad en él y tengan lugar los alcances, salidas de vía, colisiones y atropellos a animales registrados.

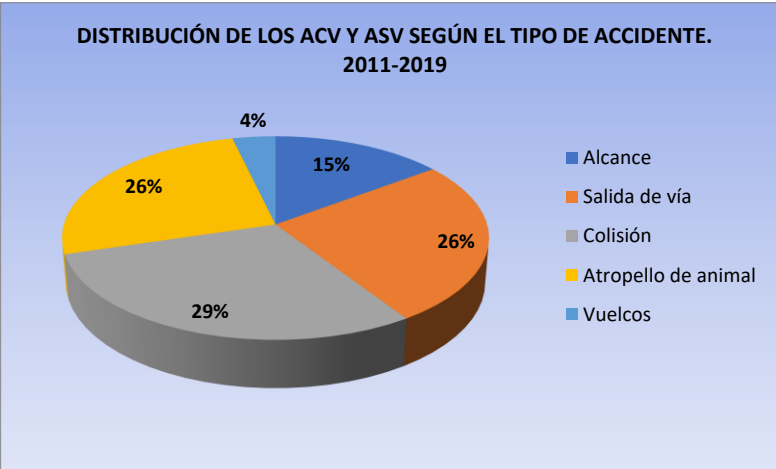
Tabla nº 2: Análisis y cambios realizados en la base de datos de accidentes



2.2 ANÁLISIS DE LOS ACCIDENTES OCURRIDOS

Además, se analiza a continuación los accidentes ocurridos en función del tipo de accidente, del factor concurrente, de la luminosidad, estado de la superficie y factor atmosférico:

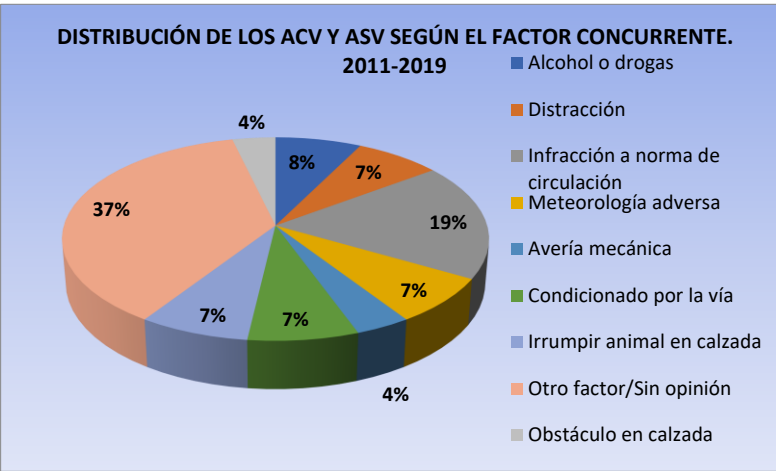
Tipo de Accidente	ACV y ASV
Alcance	4
Salida de vía	7
Colisión	8
Atropello de animal	7
Vuelcos	1
TOTAL	27



La mayor parte de los accidentes ocurridos son colisiones entre éstos, aunque este porcentaje es muy similar a los accidentes ocurridos por salida de vía y por atropellos a animales, ya que respectivamente suponen estos tres grupos el 29%, 26% y 26%.

Do los accidentes por salida de vía ocurridos, está especificado que se ha producido caída del vehículo por el terraplén. Lo que da idea de la peligrosidad de esta circunstancia en esta carretera.

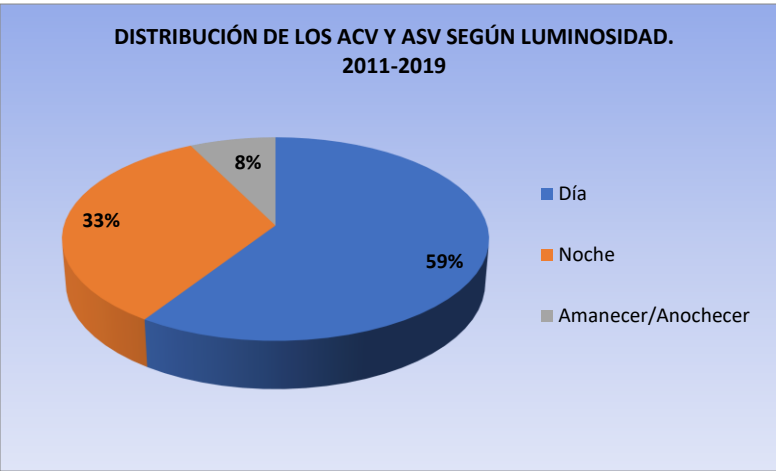
Factor concurrente	ACV y ASV
Alcohol o drogas	2
Distracción	2
Infracción a norma de circulación	5
Meteorología adversa	2
Avería mecánica	1
Condicionado por la vía	2
Irrumpir animal en calzada	2
Otro factor/Sin opinión	10
Obstáculo en calzada	1
TOTAL	27



Excluyendo los accidentes de los que no se dispone información, más de la mitad de los accidentes se producen debido al factor humano, ya sea por circular bajos los efectos el alcohol, por hacerlo distraídamente o por infringir las normas de circulación. Y el resto por factores ajenos al conductor, como

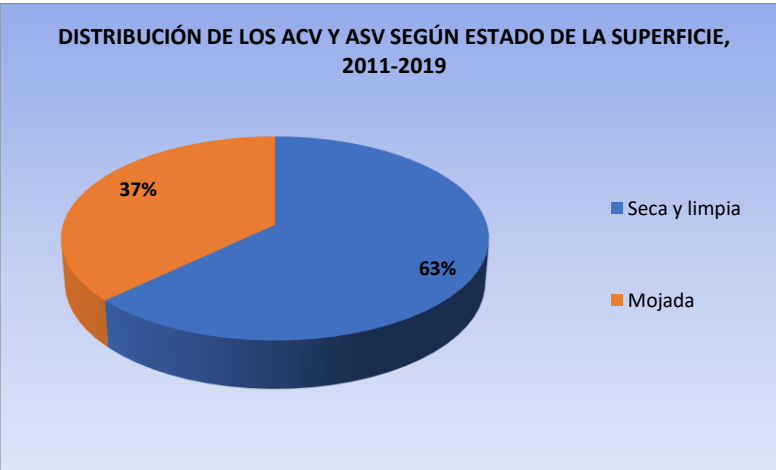
es una meteorología adversa, avería mecánica del vehículo, estado inadecuado de la vía, porque irrumpe un animal en calzada o existía un obstáculo en la calzada.

Luminosidad	ACV y ASV
Día	16
Noche	9
Amanecer/Anochecer	2
TOTAL	27



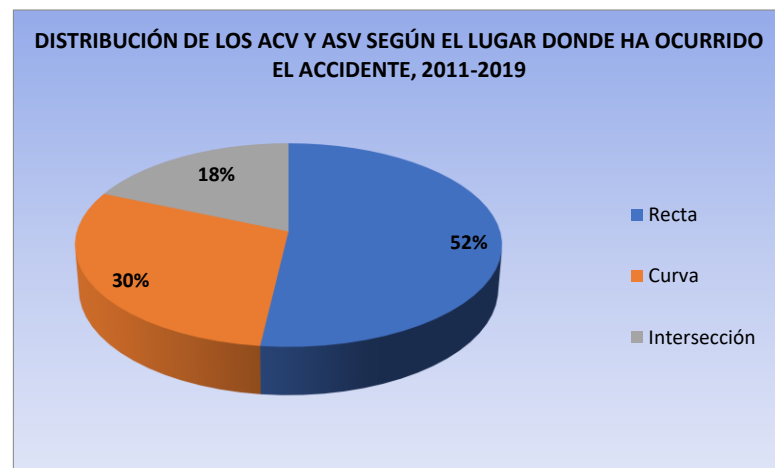
La mayor parte de los accidentes (más de la mitad de los ocurridos) han tenido lugar de día, aunque un porcentaje nada despreciable (una tercera parte) ha tenido también lugar durante la noche.

Estado superficie	ACV y ASV
Seca y limpia	17
Mojada	10
TOTAL	27



Con la información disponible se ha analizado también el estado de la superficie en el momento del accidente, que está directamente relacionado con la meteorología que hacía en ese momento. Según este análisis, con lluvia y por tanto con una superficie mojada tienen el 37% de los accidentes, es decir, no es el porcentaje mayoritario, pero sí es un porcentaje importante y representativo.

Estado superficie	ACV y ASV
Recta	14
Curva	8
Intersección	5
TOTAL	27



Y por último, y considerando las rectificaciones realizadas en cuanto a la ubicación exacta de los accidentes, se observa que algo más de la mitad de los accidentes tienen lugar en tramos rectos, e siguen los accidentes ocurridos en rectas y por último y con menor porcentaje los que han tenido lugar en intersecciones.

2.3 ÍNDICES DE PELIGROSIDAD

Se define Índice de Peligrosidad (IP) como el número de accidentes con víctimas por cada cien millones de vehículos-kilómetro que circulan por ella en un año. Su expresión matemática es la siguiente:

$$IP = \frac{ACV * 10^8}{365 * IMD * Longitud(km)}$$

Ya que se disponen de datos de accidentes con víctimas de los últimos años y también del tráfico circulante, se indican a continuación los Índices de Peligrosidad en la carretera y tramo objeto de estudio para cada año de análisis:

La Escrita - El Callejo	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ACV	2	0	0	2	2	2	1
ASV	3	0	3	1	2	3	3
IMD (estación 65-A)	2.180	2.130	2.098	1.986	1.982	1.980	1.880
Long. La Escrita-El Callejo (km)	5,5						
IP (La Escrita - El Callejo)	46	0	0	50	50	50	26

Para poder saber si estos datos son altos o bajos en comparación con los Índices de Peligrosidad de la propia carretera BI-630, se ha recurrido a dos fuentes que han permitido conocer dicho índice en la carretera objeto de estudio:

- Anuarios Estadístico de Accidentes de Tráfico, editados por el Gobierno Vasco Bizkaia (tantas ediciones como años considerados).
- Evolución del tráfico en las carreteras de Bizkaia, editado por la Diputación Foral de Bizkaia (tantas ediciones como años considerados).

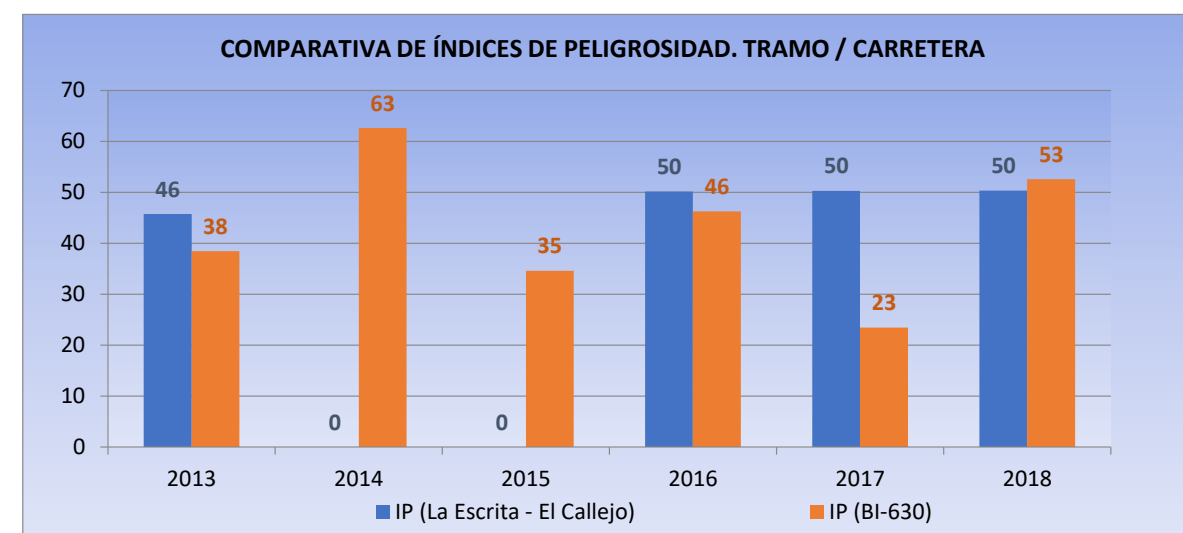
Con esto, se ha podido disponer de la accidentabilidad global de la carretera, así como de la IMD de cada una de las estaciones de aforo situadas en ella (62-A; 62-C; 63-A; 64-A; 65-A; 65-B). Según esto, para poder obtener la IMD global de la carretera, se ha calculado la IMD promedio teniendo en cuenta la longitud en kilómetros en la que se encuentra ubicada cada estación de aforo.

BI-630	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019*
ACV	7	11	6	8	4	9	-
ASV	10	6	11	7	13	8	-
IMD	2.142	2.066	2.042	2.034	2.006	2.013	1.954
Longitud BI-630 (km)	23,3						
IP (BI-630)	38	63	35	46	23	53	-

*: No hay datos de accidentes de tráfico publicados en el momento de la redacción del presente Proyecto.

Exceptuando los años donde en el tramo de La Escrita – El Callejo no se han producido accidentes con víctimas (2014 y 2015), y sin contar el año 2019 por no estar publicados los datos de accidentes de la BI-630 (no está publicado el Anuario Estadístico de Accidentes de Tráfico, editado por el Gobierno Vasco), en el resto de años el Índice de Peligrosidad del tramo de estudio es mayor al Índice de Peligrosidad de la propia carretera, observándose este hecho de manera gráfica en la imagen adjunta.

Esto significa que se trata de un tramo donde la peligrosidad es algo normalmente mayor a la del resto de la carretera, quedando justificada por tanto la necesidad de actuar en él.



Por último, y con objeto de no comparar los Índices de Peligrosidad del tramo objeto de estudio únicamente con la carretera BI-630, se ha considerado el tramo siguiente de la BI-630 (El Callejo – La Cadena)¹, dos vías convencionales más de características similares a la de análisis, y que son las carreteras BI-3713 (accesos a Larrabetzu) y BI-3726 (Lezama a Gaztelumendi), así como con las carreteras situadas en el Territorio Histórico de Bizkaia. Se incluye por tanto a continuación el cálculo de los Índices de Peligrosidad de estas vías, de la red del T.H. de Bizkaia, y su comparativa con la carretera BI-630 y con el tramo de esta carretera comprendido entre La Escrita y El Callejo.

El Callejo - La Cadena	2013	2014	2015	2016	2017
IP (La Escrita - El Callejo)	0	30	31	31	32

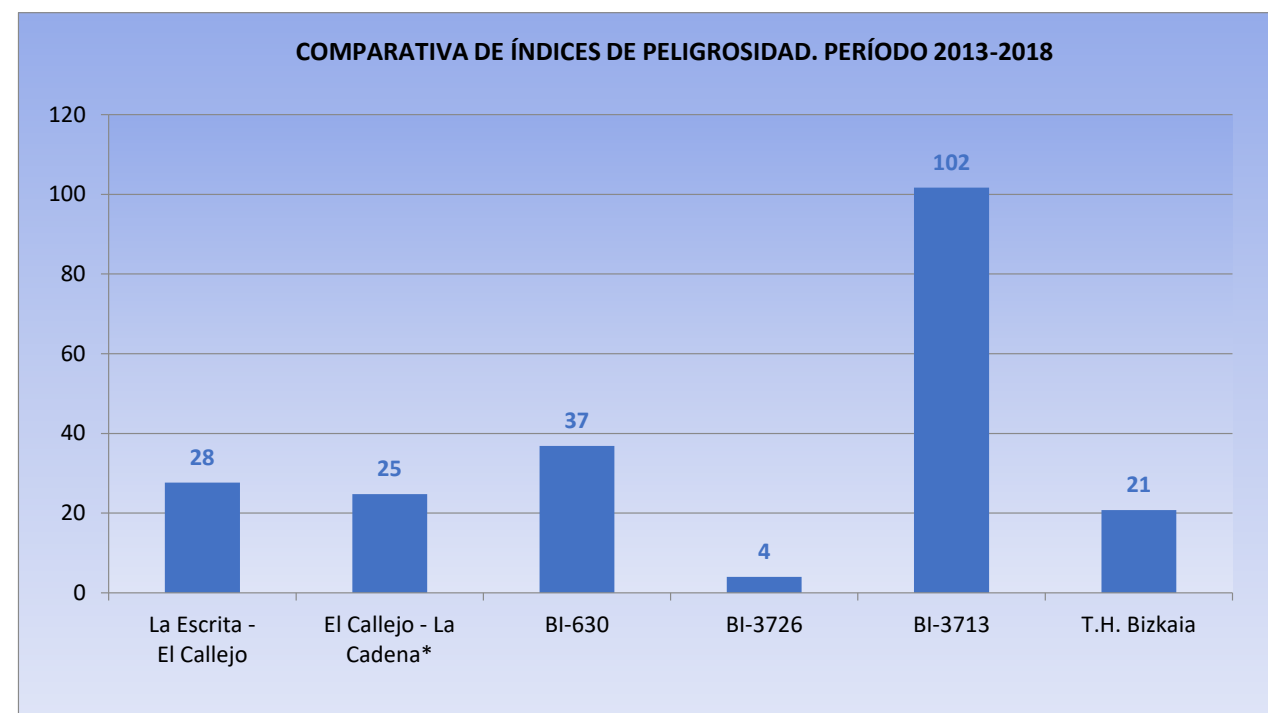
BI-3726	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ACV	0	1	0	0	0	0	-
IMD (estación 118-C)	1.442	1.477	1.388	1.360	1.306	1.291	1.263
Long. BI-3726 (km)	7,1						
IP (BI-3726)	0	26	0	0	0	0	-

BI-3713	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ACV	0	0	1	1	2	4	-
IMD (estación 119-B)	2.316	2.412	2.301	2.273	2.003	1.888	1.911
Long. BI-3713 (km)	1,4						
IP (BI-3713)	0	0	85	86	195	415	-

T.H. Bizkaia	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ACV	1.069	1.049	1.053	1.140	1.162	1.191	-
IMD (veh/día medio)	9.336	9.388	9.482	9.733	9.914	10.136	10.198
Long. Red Foral (km)	1.299,9						
IP (Red Foral)	24	24	23	25	25	25	-

Considerando el Índice de Peligrosidad del período completo en el período 2013-2018, ya que aún no está publicado el Anuario Estadístico de Accidentes del año 2019, y tomando los datos facilitados para el tramo el Callejo – La Cadena, que han sido directamente facilitados por la Diputación Foral de Bizkaia, resultan los siguientes índices de peligrosidad:

2013-2018	La Escrita - El Callejo	El Callejo - La Cadena	BI-630	BI-3726	BI-3713	T.H. Bizkaia
ACV	8	Período 2013-2017	45	1	8	6.664
IMD (veh/día medio)	2.059		2.050	1.377	2.199	9.665
Lonitud (km)	5,5		23,3	7,1	1,4	1.299,9
IP	28	25	37	4	102	21



(*): Corresponde al período 2013-2017

Se observa que considerando el período completo de análisis, los Índices de Peligrosidad de los tramos comprendidos entre la Escrita y El Callejo y entre El Callejo y La Cadena son algo menores a los de la BI-630, pero mayores a los de la Red situada en el Territorio Histórico de Bizkaia. La razón de que sean menores a la BI-630 es porque en este período, durante dos años (2014 y 2015) el tramo La Escrita el Callejo y durante el año 2013 en el tramo de El Callejo – La Cadena² no se han registrado accidentes,

Tras su comparación con otras carreteras que podrían asemejarse a la BI-630, resulta que en un caso el índice de peligrosidad es mayor y en otro menor, por lo que no se puede sacar un patrón común.

¹ Los valores de los Índices de Peligrosidad de este tramo de la BI-630 han sido facilitados por la Diputación Foral de Bizkaia

² Además, en este caso se considera un año menos en el análisis.

En definitiva, y como se indicaba anteriormente, tanto el tramo de La Escrita – El Callejo, como el de El Callejo – La Cadena, se **trata de tramos donde la peligrosidad es mayor a la del Territorio Histórico de Bizkaia, por lo que queda justificada la necesidad de actuar.**

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 una rectificación trazado, donde se debe aprovechar lo máximo posible el trazado existente; donde se deben mantener determinados puntos de paso como son accesos a viviendas o a paradas de autobús; y donde el entronque con el origen y el final está definido.
- Se trata de una orografía muy accidentada.
- La margen de la calzada en el primer kilómetro de recorrido está inscrita en un espacio natural protegido. Es el Área de Armañón que está declarado como Parque Natural. En este tramo no se rectifica el trazado, pero sí se revisan otros elementos como son el drenaje y el equipamiento de la carretera.
- Existen muros de contención en el lado valle del actual trazado con algunas problemáticas asociadas.
- 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. Así por ejemplo, teniendo en cuenta los condicionantes técnicos indicados anteriormente, y siguiendo indicaciones del Plan Territorial Sectorial de Bizkaia, la rectificación de la carretera ha diseñado con los estándares propios de una carretera tipo C-60.

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.

3.2.4 DISTANCIAS 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.

Distancia de adelantamiento

Se define como distancia de adelantamiento a la distancia que necesita un vehículo para adelantar a otro que circula a menos velocidad, y en presencia de un tercero que circula en sentido contrario. Esta distancia se mide como la anterior a lo largo del carril.

Para poder realizar la maniobra de adelantamiento en condiciones de seguridad, para una velocidad de 60 km/h, se debe garantizar que se dispone de 245 metros con visibilidad suficiente.

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).

Se ha calculado la distancia de cruce necesaria en cada una de las intersecciones existentes en el tramo:

$$Dc = V \cdot t_c / 3,6 = 108,626 \text{ metros donde:}$$

Dc = Distancia de cruce (m)

V = Velocidad de la vía que se atraviesa (60 km/h)

t_c = tiempo que se tarda en realizar la maniobra de cruce (segundos), que depende del tipo de vehículo que se considere, que en este caso será un turismo ya que las intersecciones dan acceso a viviendas particulares, 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.

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

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

$$L_{max} = 16,7 \cdot V_p$$

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. Aún a pesar de que el nuevo trazado diseñado para la carretera BI-630 cumple esta premisa parcialmente, ya que discurre también por terreno accidentado, se ha propuesto comprobar esta consistencia.

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 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)	166
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. Dichos valores mínimos se recogen en la siguiente tabla, tanto el valor de Kv para tener visibilidad de parada y como el Kv para tener visibilidad de adelantamiento.

	C-60. Kv (m) de Parada	C-60. Kv (m) de Adelantamiento
Acuerdos convexos	800	1.200
Acuerdos cóncavos	1.650	3.600

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 DE LOS TRAZADOS EN 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 $K_v(m) / R(m)$, que 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 propuestas para una carretera convencional son:

	Ancho de carriles (m)	Ancho de arcenes (m)	Ancho mínimo de bermas (m)
Carretera convencional 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 un total de 2 ejes de trazado, analizándose en este apartado el trazado definido por el eje 2 que corresponde al nuevo proyectado

- Eje 1 (BI-630 actual), reproduce en planta y alzado el eje existente.
- Eje 2 (BI-630 rectificadora) es el que define la planta y el alzado de la nueva carretera 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.

Distancia de adelantamiento

En todos los tramos donde se permite el adelantamiento se disponen de los 245 metros necesarios para realizar esta maniobra en condiciones de seguridad, por lo que no hay incumplimiento normativo.

Visibilidad de cruce

En todas las intersecciones, se cumple esta distancia, aunque en algunos casos sea a través de los pretilos situados en las estructuras. Puesto que la altura del vehículo es mayor que la del pretil, y que éste no es un elemento opaco al 100%, se ha considerado que sí se dispone de visibilidad de cruce en estos casos. Es decir, no hay incumplimiento de normativa.

3.3.2 TRAZADO EN PLANTA

En el apartado 3.2.4 de este Anejo, se definían los parámetros mínimos o máximos, según proceda, que debían considerarse en el trazado en planta, que eran los relativos a la longitud mínima y máxima de recta, al radio mínimo y los peraltes adoptados, al desarrollo mínimo de la curva circular y a la percepción visual.

Rectas

Las longitudes de las rectas proyectadas varían entre los 235 metros y los 29 metros.

P.K. inicial	P.K. final	Longitud mín. / máx. (m) 3.1-IC	Longitud de recta (m)
2+000	2+029	83 / 1.002	29
2+329	2+396		67
2+526	2+726		200
3+144	3+379		235
3+959	3+998		39
4+545	4+708		163
4+860	4+915		55
5+341	5+416		75
5+904	5+964		60

En los casos sombreados, la longitud de la recta es menor a la limitada, por lo que se analiza a continuación la coordinación entre curvas consecutivas, de modo que en caso de que haya coordinación se asuma que no habría incumplimiento normativo. Para ello se analiza el radio de la curva de entrada y de salida y se compara con la figura 4.5 de la Instrucción, analizando si los valores se encuentran dentro de la zona denominada “zona de valores adecuados”.

P.K. inicial	P.K. final	Radio de entrada / salida	Radio de salida / entrada	Zona valores adecuados
2+089	2+456	185	260	SI
2+456	2+785	260	260	SI
2+785	2+945	260	195	SI
2+945	3+079	195	290	SI
3+079	3+3440	290	260	SI
3+3440	3+868	260	200	SI
3+868	4+058	200	260	SI
4+058	4+769	260	260	SI
4+769	4+965	260	180	SI
4+965	5+209	180	200	SI

Se observa por tanto que esta coordinación es adecuada, por lo que no hay incumplimiento normativo.

Curvas circulares

En el trazado proyectado se han definido 13 curvas de radios comprendidos entre 150 y 290 metros:

P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Radio mínimo 3.1-IC (m)	Radio (m)
2+089	2+269	180	130	185
2+456	2+466	9		260
2+786	2+833	47		260
2+945	2+965	20		195
3+079	3+081	2		290
3+439	3+753	314		260
3+868	3+904	36		200
4+058	4+485	400		260
4+768	4+800	32		260
4+965	5+104	139		180
5+209	5+286	77		200
5+471	5+683	212		220
5+793	5+849	56		150

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

En todas las curvas definidas anteriormente, el **peralte** proyectado es del 7%, y en las rectas se ha proyectado con un bombeo del 2%.

P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Peralte máximo 3.1-IC (%)	Peralte (%)
2+089	2+269	180	7%	7%
2+456	2+466	9		7%
2+786	2+833	47		7%
2+945	2+965	20		7%
3+079	3+081	2		7%
3+439	3+753	314		7%
3+868	3+904	36		7%
4+058	4+485	400		7%
4+768	4+800	32		7%
4+965	5+104	139		7%
5+209	5+286	77		7%
5+471	5+683	212		7%
5+793	5+849	56		7%

Los valores de los peraltes proyectados están dentro de los parámetros indicados en la normativa vigente para una carretera tipo C-60, por lo que se concluye que 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, que en las curvas proyectadas es siempre mayor a 17 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
2+089	2+269	180	20gon y excepcional 6gon	82
2+456	2+466	9		17
2+786	2+833	47		17
2+945	2+965	20		
3+079	3+081	2		63
3+439	3+753	314		
3+868	3+904	36		120
4+058	4+485	400		23
4+768	4+800	32		25
4+965	5+104	139		
5+209	5+286	77		30
5+471	5+683	212		
5+793	5+849	56		

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 dos casos 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
2+089	2+269	185	> 1/18 radianes (3,54 gonios)	10	10
2+456	2+466	260		8	7
2+786	2+833	260		8	7
2+945	2+965	195		9	9
3+079	3+081	290		7	7
3+439	3+753	260		8	8
3+868	3+904	200		9	8
4+058	4+485	260		8	8
4+768	4+800	260		8	7
4+965	5+104	180		9	9
5+209	5+286	200		9	9
5+471	5+683	220		8	8
5+793	5+849	150		11	12

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 (cm)
2+089	2+269	185	50 cm	62
2+456	2+466	260		87
2+786	2+833	260		87
2+945	2+965	195		65
3+079	3+081	290		97
3+439	3+753	260		87
3+868	3+904	200		67
4+058	4+485	260		87
4+768	4+800	260		87
4+965	5+104	180		60
5+209	5+286	200		67
5+471	5+683	220		73
5+793	5+849	150		50

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)	Variación de acimut entre los extremos de la clotoide
2+089	2+269	185	133	82
2+456	2+466	260	85	17
2+786	2+833	260	85	17
2+945	2+965	195	64	17
3+079	3+081	290	95	17
3+439	3+753	260	164	63
3+868	3+904	200	126	63
4+058	4+485	260	226	120
4+768	4+800	260	99	23
4+965	5+104	180	71	25
5+209	5+286	200	79	25
5+471	5+683	220	96	30
5+793	5+849	150	65	30

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

Consistencia del trazado en planta

Los valores de la consistencia en planta de los elementos unitarios proyectados, son los siguientes:

P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Consistencia al trazado CCRi-CCRs (3.1-IC)	Tasa de cambio de curvatura CCRi-CCRs
2+089	2+269	180	CCRi-CCRs ≤180 gon/km	59
2+456	2+466	9		85
2+786	2+833	47		60
2+945	2+965	20		26
3+079	3+081	2		106
3+439	3+753	314		6
3+868	3+904	36		19
4+058	4+485	400		1
4+768	4+800	32		69
4+965	5+104	139		63
5+209	5+286	77		8
5+471	5+683	212		23
5+793	5+849	56		69

En todas las curvas, la diferencia entre la tasa de cambio de curvatura de un elemento y la tasa de cambio de curvatura global, que depende de la media ponderada de las tasas de elementos consecutivos, es siempre menor a la máxima establecida por la Instrucción vigente, de 180 gonios/kilómetro, por lo que no hay incumplimiento de normativa.

Además de lo indicado, los parámetros y longitudes de las clotoideas cumplen con las limitaciones indicadas en la Norma relativas a la comodidad en la conducción: variación de la aceleración centrífuga y por transición al peralte; y relativas a la ayuda en la conducción (limitaciones por condiciones de percepción visual de la curva).

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 3,8% y el 7,5%.

P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Inclinación máxima / Inclinación excepcional (%) 3.1-IC	i (%)
2+000	2+072	72	6% / 8%	4,8
2+072	2+240	168		5,85
2+240	3+347	1107		4,8
3+347	3+648	301		5,2
3+648	3+887	239		3,8
3+887	4+286	399		4,9
4+286	4+553	267		7,35
4+553	4+788	235		4,25
4+788	5+371	583		7,5
5+371	5+964	593		4,85

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%, excepto en un tramo de 267 metros, donde excepcionalmente se ha llegado a superar una inclinación del 7%, pero en ningún caso superior al valor establecido por la norma. Es por ello, 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	Longitud (m)	i (%)	Inclinación de la línea de máxima pendiente	i máxima pendiente
4+336	4+486	150	7,35	10%	10,15
4+962	5+106	144	7,5		10,26

Se superan en estos dos puntos el valor máximo del 10%, es por ello que esta situación se ha tenido en cuenta y se ha señalado el tramo como peligroso por pendiente del 7%.

Además, en ambos casos, estas pendientes en sentido ascendente, se encuentran antes de estructuras que además coinciden con tramos curvos, razón por la cual se ha considerado oportuno señalarlo para que el conductor tome conciencia del tramo en pendiente por el que va a discurrir.

Longitud de rasantes

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

P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Longitud mínima y máxima (m) 3.1-IC
2+000	2+072	72	166 / 3.000
2+072	2+240	168	
2+240	3+347	1107	
3+347	3+648	301	
3+648	3+887	239	
3+887	4+286	399	
4+286	4+553	267	
4+553	4+788	235	
4+788	5+371	583	
5+371	5+964	593	

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 166m. El tramo inicial considera el punto desde que empieza a rectificarse el trazado, comenzando éste es una 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 tanto la visibilidad de parada como la de adelantamiento, resulta que el mínimo valor proyectado para los acuerdos convexos es de 3.000m y para los acuerdos cóncavos del orden de 3.300m.

P.K.	Kv mín. parada/adelantamiento	Kv mín. parada/adelantamiento	Acuerdo	Kv (m)
2+073	800 / 1.200	1.650 / 3.600	Convexo	7.619
2+241			Cóncavo	8.571
3+347			Convexo	20.000
3+648			Cóncavo	6.428
3+887			Convexo	9.090
4+286			Convexo	4.899
4+553			Cóncavo	3.226
4+788			Convexo	3.077
5+372			Cóncavo	3.396

Esto significa, que en el caso de los acuerdos convexos los valores Kv adoptados son siempre mayores a los mínimos que establece la Norma, mientras que en los acuerdos cóncavos hay dos puntos donde el valor de Kv es menor al definido por la Norma para tener visibilidad de adelantamiento. Estas dos zonas coinciden con la salida de los tableros de las dos últimas estructuras, pasando en el primer caso de una rasante que tiene inclinación del 7,35% a otra con inclinación del 4,25%; y en el segundo de una rasante del 7,5% a otra del 4,85%.

Este incumplimiento se refiere a la visibilidad de adelantamiento, no a la de parada, por lo que se prohibido el adelantamiento a lo largo de ambos acuerdos cóncavos.

Además de esto, hay 5 puntos donde el valor del acuerdo vertical es superior a 5.000 metros. En ellos se ha analizado adecuadamente el drenaje para comprobar que la evacuación de agua es correcta.

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 de acuerdo vertical (m) 3.1-IC
2+000	2+072	72	60
2+072	2+240	168	
2+240	3+347	1107	
3+347	3+648	301	
3+648	3+887	239	
3+887	4+286	399	
4+286	4+553	267	
4+553	4+788	235	
4+788	5+371	583	
5+371	5+964	593	

En todos los acuerdos proyectados, la longitud del acuerdo es mayor a 60 metros, por lo que no hay incumplimiento normativo.

3.3.4 COORDINACIÓN DE LOS TRAZADOS EN 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 $Kv=100 \cdot R(m) / p(\%)$. Y si no fuera así, el cociente $Kv(m) / R(m)$, que debe ser menor a 6.

Es por ello, que en primer lugar se ha comprobado si hay algún punto donde el acuerdo vertical coincida con una curva circular, y si es así, se ha comprobado la ubicación del punto de tangencia, ya que lo ideal que es estén situado en la clotoide en planta:

P.K. pto acuerdo	P.K. pto tangencia	Kv (m)	Radio (m)	Ubiación del punto de tangencia
2+073	2+033	7.619	185	Situado en clotoide
	2+113			Situado en tramo curvo
2+241	2+196	8.571	185	Situado en tramo curvo
	2+286			Situado en clotoide
3+347	3+307	20.000	-	No coincide con curva circular
	3+387		260	Situado en clotoide
3+648	3+603	6.428	260	Situado en tramo curvo
	3+693			Situado en tramo curvo
3+887	3+837	9.090	200	Situado en clotoide
	3+937			Situado en clotoide
4+286	4+226	4.899	260	Situado en tramo curvo
	4+346			Situado en tramo curvo
4+553	4+503	3.226	260	Situado en clotoide
	4+603		-	No coincide con curva circular
4+788	4+738	3.077	260	Situado en clotoide
	4+838			Situado en clotoide
5+372	5,327	3.396	200	Situado en clotoide
	5+417		220	Situado en clotoide

Se observa que hay 6 puntos donde el punto de tangencia del acuerdo vertical coincide con el tramo curvo y no con la clotoide, por lo que en estos puntos se comprobará la siguiente condición:

P.K. pto acuerdo	P.K. pto tangencia	Kv (m)	Radio (m)	Peralte (%)	Kv=100*R/p 3.1-IC	Kv/R > 6 3.1-IC
2+073	2+113	7.619	185	7%	No se cumple	Si se cumple
2+241	2+196	8.571	185	7%	No se cumple	Si se cumple
3+648	3+603	6.428	260	7%	No se cumple	Si se cumple
3+648	3+693	6.428	260	7%	No se cumple	Si se cumple
4+286	4+226	4.899	260	7%	No se cumple	Si se cumple
4+286	4+346	4.899	260	7%	No se cumple	Si se cumple

Como se observa, al analizar los 6 puntos críticos identificados inicialmente, 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 estos puntos el desajuste 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:

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

La ubicación de estos acuerdos en alineaciones únicas es adecuada.

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. 3+347, donde el parámetro del acuerdo es de 20.000m. Antes del acuerdo la inclinación es del 4,8%, y después del 5,2%, por lo que la diferencia de inclinaciones es del 0,4%.

Esto significa que la variación del acuerdo es prácticamente imperceptible y no se genera ninguna pérdida de trazado, tal y como muestra la imagen adjunta en el Anejo nº6 de Trazado

Alineación recta en planta con acuerdos convexo y cóncavo consecutivos (d<3,0Vp)

La ubicación de acuerdos consecutivos en alineaciones rectas es adecuada.

Alineación recta seguida de curva en planta en correspondencia con acuerdos convexo y cóncavo (d<3,0Vp)

La ubicación de acuerdos consecutivos en alineaciones recta/curva es adecuada.

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

No se da esta circunstancia en ningún punto del trazado.

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°

No se da esta circunstancia en ningún punto del trazado.

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

Se han identificado 3 puntos donde se da esta circunstancia, coincidiendo estos puntos con los acuerdos situados en los pp.kk. 4+553 (en un punto de tangencia) y 5+371 (en los dos puntos de tangencia).

Tras el análisis de la representación gráfica adjunta en el Anejo nº6 de Trazado, se ha concluido que no se generan desajustes estéticos o estos son muy poco apreciables.

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

La ubicación de estos acuerdos en alineaciones es adecuada.

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.

Curvas en planta cortas dentro de un acuerdo vertical largo

Hay dos curvas donde se da esta circunstancia, son las situadas entre los pp.kk. 3+868 – 3+904 y entre los pp.kk. 4+768 – 4+800.

Tras el análisis de la representación gráfica adjunta en el Anejo nº6 de Trazado, se ha concluido que no se generan desajustes estéticos o estos son muy poco apreciables.

3.3.5 SECCIÓN TRANSVERSAL

La sección transversal adoptada 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
BI-630	3,5*	1	1,1**
*: Más sobrecanchos en estructuras			
**: De 1,5m en estructuras			

Según esto, no hay incumplimiento normativo.

En el caso de la conexión con el tramo siguiente en el Callejo, al tratarse de la carretera existente ha sido necesario reducir las dimensiones para poder unirse adecuadamente a dicha vía.

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 con prioridad P-1. Siempre que ha sido posible, se han colocado estas señales a 150m de la intersección que advierten, pero hay ocho casos donde por existencia de otras intersecciones a menos de 150 metros con la siguiente, esto no ha sido posible. En estos casos, se ha colocado la señal P-1 lo más distancia posible de la intersección que advierte, pero antes de la siguiente, de modo que no se confunda al conductor. Además, en algún otro caso, por la orografía del terreno se ha tenido que acercar la señal a la intersección que advierte, estando por tanto situada a menos de 150 metros de ésta.

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.

4.5 PASOS DE PEATONES

Se han previsto apartaderos para las paradas del autobús, de modo que al detenerse éste no interrumpa la fluida circulación de los vehículos. En estos puntos, por continuidad peatonal y con el objeto de proteger a los peatones como usuarios vulnerables que necesitan cruzar la vía, se han proyectado pasos de peatones.

De los cinco pasos de peatones proyectados, en tan solo uno situado en la zona urbana de “Las Torcachas”, p.k. 3+677, se ha previsto colocar un semáforo que cuente con pulsador para los peatones, de modo que cuando éstos deseen cruzar la carretera, pulsen dicho pulsador para que cambie el semáforo a fase roja y puedan realizar el cruce en condiciones de seguridad. Este semáforo estará advertido mediante la señal vertical P-3 y las señales S-13 de indicación dispuestas en el propio paso de peatones, las cuales contarán además con leds luminosos de modo que sean más visibles para el resto de usuarios.

El resto de pasos de peatones están señalizados con la señal P-20 y no se dispondrá en ellos semáforo. Esto se debe a que no se encuentran en zonas tan urbanizadas como “Las Torcachas” y no se ha considerado esta opción, dado el número de viajeros que usarán estos pasos y dada la IMD de la carretera.

Por último, en los cinco pasos de peatones se ha previsto colocar captafaros en los extremos de marcas viales blancas de los pasos de peatones, tal y como queda definido en los planos de detalle. De esta manera, al acercarse el vehículo durante la noche, además de ver las señales P-20 o P-3 y S-13 que

avertir y señalizan del paso de peatones, éste será más visible al visualizar el conductor sobre el propio pavimento estos elementos luminosos, lo que le hará ser más consciente del punto que atraviesa.

La razón de considerar suficiente esta señalización en los pasos de peatones y no iluminarlos, es porque según los datos de accidentes incluidos en el punto 2 de este documento, **ninguno de los 27 accidentes con víctimas ocurridos en el tramo de estudio en el período considerado ha consistido en un atropello a un peatón.**

Además, de estos accidentes, 9 de ellos han tenido lugar durante la noche, y de estos 9, 5 han sido atropellos a animales, por lo que queda analizar los 4 accidentes nocturno restantes que no son atropellos a animales:

- Uno ha tenido lugar en una recta porque el conductor conducía bajo la influencia del alcohol;
- Otro ha sido una salida de vía en una curva por conducir de manera distraída;
- En otro, un vehículo ha colisionado contra un obstáculo porque la calzada estaba mojada;
- Y el último, ha ocurrido en una intersección por la infracción de un conductor respecto de las normas de circulación.

Por todo esto, se considera suficiente la señalización propuesta en los pasos de peatones.

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.
 - Los captafaros “ojos de gato”, fijados en los pasos de peatones proyectados.
 - Paneles direccionales situados en curvas.
- 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 kilométricos
 - 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. En el tramo objeto del estudio se proyectan dos tipos de captafaros:

- *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 pretilas, paso por estructuras, etc.

Las zonas donde la barrera quede retranqueada del arcén, como es el caso de los despejes para visibilidad, 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.
- *Captafaros situados sobre la superficie del pavimento en los pasos de peatones* tal y como queda detallado en los planos de detalle correspondientes. Estos captafaros estarán pegados mediante adhesivo y tienen los elementos reflexivos encima de él. El color de reflexión será amarillo enfrente al vehículo que se dirige al paso de peatones y blanco sentido.

5.2 HITOS KILOMÉTRICOS

En el presente proyecto, la kilometración de la carretera variará a partir del p.k. 50+140, que es cuando comienza a rectificarse el trazado. Es por ello, que se colocarán nuevos hitos kilométricos para los pp.kk. 51+000; 52+000; 53+000 y 54+000.

5.3 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 la BI-630 de una carretera convencional de calzada única. Se emplearán hitos anclados sobre el suelo, anclados sobre barrera de metálica o pretil, según lo que esté proyectado en la margen de la carretera.

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

5.4 PANELES DIRECCIONALES

Con objeto de mejorar la información facilitada al usuario de la carretera en relación a la peligrosidad de las curvas situadas en la carretera BI-630, tanto en el tramo inicial donde no se rectifica el trazado como en el siguiente donde sí se rectifica, se dispondrán a la entrada de dichas curvas unos paneles direccionales, con franjas en blanco y azul oscuro, que indicarán la peligrosidad en función de la reducción de velocidad que se tenga que efectuar.

La separación de los paneles será aproximadamente de $R/10$, siendo R el radio de la curva, de modo que el conductor que la recorra siempre vea como mínimo 3 paneles. Las dimensiones de éstos serán de 1,60 m de anchura y 0,40 m de altura, pues existe en los lugares donde se propone su colocación espacio suficiente para ellos.

En el tramo inicial donde no se rectifica el trazado, la diferencia de velocidad entre la de aproximación y la de circulación de la curva es menor a 15 km/h, de modo que aun no siendo necesaria la disposición de este tipo de balizamiento, se propone la colocación de paneles direccionales en las curvas donde actualmente existen, aumentando su número hasta que como mínimo haya 3 paneles por sentido y éstos además sean visibles por el conductor que se aproxima a la curva.

5.5 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

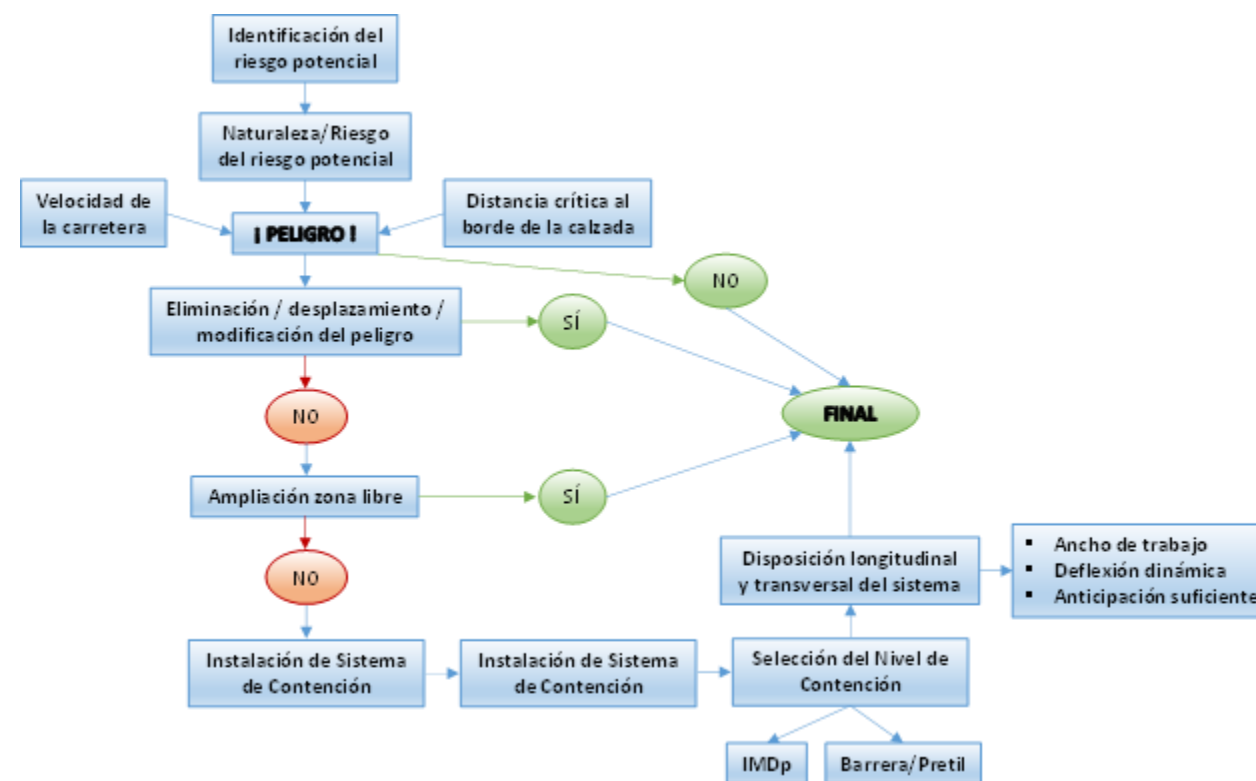
Los captafaros dispuestos en las barreras, los hitos kilométricos y los paneles direccionales propuestos se han definido e instalado según la normativa de aplicación, y desde el punto de vista de la seguridad vial se consideran adecuados, por lo que no hay incumplimiento normativo.

6 ELEMENTOS DE CONTENCIÓN

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 Fomento.

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 pretils, 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.
- Zonas que coinciden desniveles situados en el tramo inicial del proyecto, donde han proyectado durmientes.
- Zonas que coinciden con muros de sostenimiento.
- Zonas que coinciden con muros de contención y pasos de fauna.
- Terraplenes en tramo donde no se rectifica el trazado.
- Terraplenes en tramo donde sí se rectifica el trazado

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 pretil:

- 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 los siguientes casos:

- 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.
- Zonas cuya protección ha sido incluida entre las medidas correctoras derivadas de la Declaración de Impacto Ambiental.

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, obras de paso y muros de sostenimiento, de contención y pasos de fauna**. 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 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 el riesgo sea considerado como grave, se ha adoptado este tipo de riesgo porque tras la visita a campo realizada, se observó que los vehículos que circulaban por esta carretera, y dado que se conocía muy bien la trayectoria de la misma, lo hacía a una velocidad mayor a 60 km/h. De este modo, se está según esta consideración del lado de la seguridad.

- Riesgo de accidente **normal** en los tramos con **terraplenes de altura superior a 3 metros o talud inferior a 5H:1V** (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 de la BI-630 (tanto en el tramo inicial donde no se rectifica el trazado, como en el siguiente donde sí se rectifica y donde se ha proyectado con una velocidad de proyecto de 60km/h). Aún a pesar de ello, y puesto que se ha determinado en el Anejo de Seguridad Vial que se trata de un tramo de accidentabilidad elevada, donde el Índice de Peligrosidad es normalmente mayor en este tramo al Índice de Peligrosidad de la carretera BI-630, se ha considerado el apartado c.5 del punto 2.2 “Criterios de instalación” de la O.C., donde se indica que deben disponerse sistemas de contención en emplazamientos con elevada accidentabilidad.

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).
- 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.
- 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.

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 carretera de la BI-630, tanto en el tramo inicial donde no se modifica el trazado pero sí se adecúan los sistemas de contención, como en el resto del tramo donde al rectificar el trazado hace necesaria la disposición de defensas nuevas tendrán 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	H2
	Desniveles situados en los tramos donde se han proyectado durmientes a lo largo de la carretera donde no se rectifica el trazado	< 400	Pretil	H2
	Muros de sostenimiento	< 400	Barrera	H1
	Muros de contención y pasos de fauna	< 400	Barrera	H1

RIESGO DE ACCIDENTE	ELEMENTO A PROTEGER	IMDP (VEH.PES/DÍA)	SISTEMA DE CONTENCIÓN	NIVEL DE CONTENCIÓN MÍNIMO EXIGIDO
Normal	Terraplenes en tramo donde no se rectifica el trazado	< 400	Barrera	H1
	Terraplenes en tramo donde sí se rectifica el trazado	< 400	Barrera	N2

6.4 ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN

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.

6.4.1 DEFENSAS CON NIVEL DE CONTENCIÓN H2

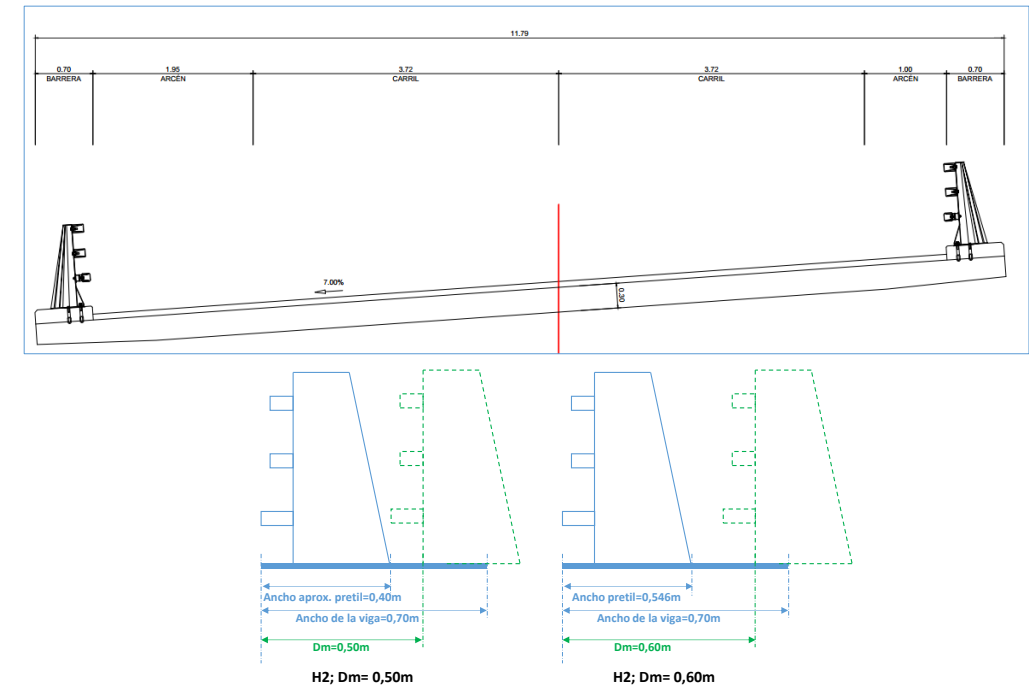
Tanto en el tramo inicial donde no se rectifica el trazado, como en el siguiente donde sí, hay zonas donde se han proyectado muros y estructuras donde es necesaria la disposición de **pretils**. Como se ha analizado anteriormente, suponen un **riesgo de accidente grave** y es necesaria una defensa con **nivel de contención H2**.

Pasos superiores

En los pasos superiores, el espacio diseñado para que apoye el pretil y éste puede trabajar en caso de impacto, es de 70cm, 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, ya que tras contacto con las empresas suministradoras, se ha confirmado:

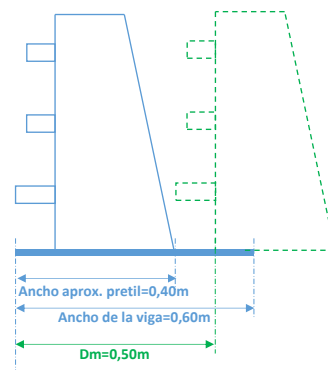
- En el caso del pretil de menor deflexión dinámica éste puede volar fuera de la viga proyectada, siempre que se garantice que la anchura de la ésta, sobre la que apoya, sea mayor o igual a 0,54 metros, condición que se cumple ya que apoyaría sobre una superficie de 0,70m. Esto se debe a que el ensayo a partir del cual se ha otorgado el certificado CE se ha realizado con una viga de 0,54m.
- En 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 apoya, pero que puede volar tras los mismos. Esta condición también se cumple pues tras el pretil diseñado hay 154cm.

Durmientes proyectados en el tramo donde no se rectifica el trazado

En este tramo de 1 kilómetro donde no se rectifica el trazado, se han de adecuar los sistemas de contención. Es por ello que se han proyectado durmientes donde no es posible la disposición de barreras metálicas, y es en estos durmientes donde se instalarán los siguientes pretils, que además quedan definidos en el documento nº2 planos.

Puesto que es necesario que dichos pretils tengan un nivel de contención H2 (dado el tráfico de vehículos pesados circulante y que el riesgo de accidente adoptado es grave), y puesto que el ancho de los durmientes proyectados sobre los que apoyan los pretils es de 60 cm las características que éstos deben cumplir, han de ser las siguientes:

- Sistema de contención: Pretil
- Nivel de Contención: H2
- Ancho de trabajo: W3 = 1,0m
- Deflexión dinámica Dm = 0,5m
- Índice de Severidad: B



Existe un pretil que cumple con estas características, y que tras contacto con la empresa suministradora, ha confirmado que efectivamente el pretil 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 pues se han proyectado vigas de 0,60 metros de anchura. 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.

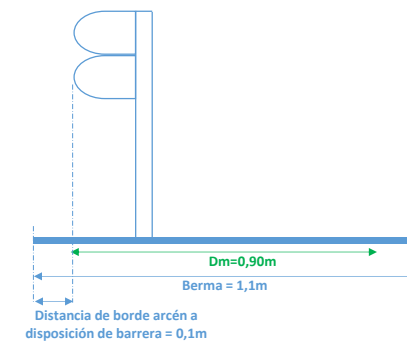
6.4.2 DEFENSAS CON NIVEL DE CONTENCIÓN H1

Barreras colocadas en los tramos que coinciden con los muros de contención; pasos de fauna y muros de sostenimiento

En este tramo donde sí se rectifica el trazado, se han proyectado muros de contención y sostenimiento tras la berma de 1,10 metros, así como algún paso de fauna. En esta zona, se ha considerado un riesgo de accidente grave, y para una intensidad de tráfico de vehículos pesados inferior a 400veh/h, bastaría con una barrera con nivel de contención N2 o H1. Se ha optado por la de mayor nivel de contención (H1), dado el desnivel existente, que tendrá las siguientes características

- Sistema de contención: Barrera metálica
- Nivel de Contención: H1
- Ancho de trabajo: $W \leq W5$
- Deflexión dinámica $Dm \leq 1,1m$
- Índice de Severidad: A

Se han encontrado en el mercado empresas que suministran barreras metálicas con marcado CE con estas características, y la elección de una u otra estará condicionada por el coste. Es por ello que se ha seleccionado una, de cara a realizar una valoración económica, que tiene una **deflexión dinámica de 0,90 metros** y un **ancho de trabajo de W3**, de modo que se colocará a 10 centímetros del arcén para que tras la barrera quede un espacio algo mayor a la deflexión dinámica, de 1,00 metro libre. De esta manera, se da un cierto margen al vehículo que en caso de que realice una maniobra de salida de vía, tenga algo más de tiempo para rectificar su trayectoria y volver a la carretera, antes de colisionar contra la barrera metálica.



Terraplenes

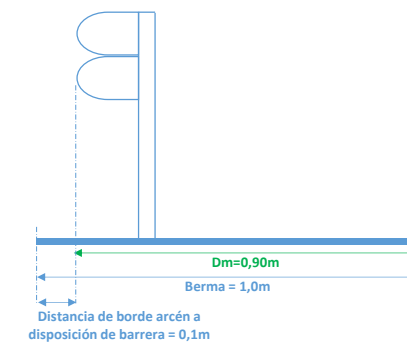
Dada la IMD de la carretera y puesto que el riesgo de accidente adoptado es normal, bastaría con una barrera con nivel de contención N2.

En el caso de que exista un pretil, cuyo nivel de contención ya se ha visto que es H2, y haya que unir la barrera metálica con el pretil, se dispondrá de una con un nivel de contención mayor al mínimo exigido, para que haya así una transición adecuada entre ambos sistemas. Esta es la razón de que en algunos tramos de la carretera se hayan proyectados barreras con nivel de contención H1. Esto ocurre tanto en el tramo inicial, donde no se rectifica el trazado, como en el tramo siguiente donde sí se rectifica.

En el caso del tramo donde no se rectifica el trazado se ha comprobado que la berma es en todo el tramo donde no hay pretil de 1 metro, por lo que las características de la barrera que se coloque serán las siguientes:

- Sistema de contención: Barrera metálica
- Nivel de Contención: H1
- Ancho de trabajo: $W \leq W5$
- Deflexión dinámica $Dm \leq 1,0m$
- Índice de Severidad: A

La elección del sistema de contención, dependerá de la deflexión dinámica que se desee dejar tras la barrera. Se ha seleccionado una, de cara a realizar una valoración económica, que tiene una **deflexión dinámica de 0,90 metros** y un **ancho de trabajo de W3**, de modo que se colocará a 10 centímetros del arcén para que tras la barrera quede el espacio de la deflexión dinámica de 0,90 metros libres. De esta manera, se da un cierto margen al vehículo



que en caso de que realice una maniobra de salida de vía, tenga algo más de tiempo para rectificar su trayectoria y volver a la carretera, antes de colisionar contra la barrera metálica.

En el tramo siguiente, donde sí se rectifica el trazado, la berma es de 1,10m, lo que admite barreras con el mismo nivel de contención pero con una mayor deflexión dinámica:

- Sistema de contención: Barrera metálica
- Nivel de Contención: H1
- Ancho de trabajo: $W \leq W5$
- Deflexión dinámica $Dm \leq 1,1m$
- Índice de Severidad: A

Se colocarán las mismas barreras metálicas que las proyectadas para la protección de muros de contención, sostenimiento y pasos de fauna, es decir con una **deflexión dinámica de 0,90 metros** y un **ancho de trabajo de W3**, de modo que se colocará a 10 centímetros del arcén para que tras la barrera quede un espacio algo mayor a la deflexión dinámica, de 1,00 metro libre.

Barreras para la protección de motoristas

En la curva de 185 metros de radio y 180 metros de longitud, situada entre los pp.kk. 2+089 y 2+269, es necesario colocar un sistema para la protección de motoristas. En esta zona, se ha proyectado una estructura donde se dispondrá un pretil con Nivel de Contención H2, y por consideraciones de rigidez entre dos sistemas de contención consecutivos, se ha dispuesto antes y después del pretil una barrera metálica con nivel contención H1. Esta barrera será en el caso de esta curva de protección de motoristas. En el pretil no se ha proyectado ya que no existen pretils con marcado CE que cumplan estas funciones.

Dado que la berma es de 1,1m, se debe garantizar que la deflexión dinámica de la barrera tenga este desplazamiento, por lo que las características de la barrera que se proyecten serán las siguientes:

- Sistema de contención: Barrera metálica para la protección de motoristas
- Nivel de Contención: H1
- Ancho de trabajo: $W \leq W5$
- Deflexión dinámica $Dm \leq 1,1m$
- Índice de Severidad: A

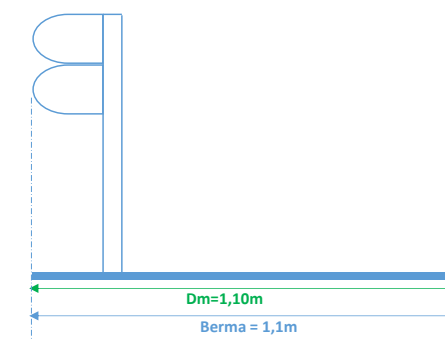
6.4.3 DEFENSAS CON NIVEL DE CONTENCIÓN N2

Terraplenes / Desmontes

Los desmontes que tengan una inclinación menor a 3H;1V y los terraplenes con inclinación inferior a 5H;1V se protegerán dado que se ha considerado un riesgo de accidente normal. Las barreras que se han seleccionado para protegerlos, tendrán en cuenta el ancho de berma de 1,10m.

Es por ello, que las características son:

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



Como en los casos anteriores, la elección del sistema de contención dependerá de la deflexión dinámica que se desee dejar tras la barrera y del coste económico de la barrera. Se ha seleccionado una, de cara a realizar una valoración económica, que tiene una **deflexión dinámica de 1,10** y un **ancho de trabajo de W4**, de modo que se colocará junto al arcén y quedará libre tras éste la berma de 1,10 metros.

Cuando necesario dejar berma adicional por despeje, ésta se colocará tras el mismo, quedando estas secciones definidas en el plano de planta de las defensas incluido en el Documento N°2 Planos.

6.4.4 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, no hay obstáculos que proteger, pero sí desniveles.

Además, todas ellas cuentan con la **longitud de anticipación necesaria**, que en caso de que sea una prolongación de la barrera se ha adoptado 100 metros más el abatimiento, y en caso de que haya sido posible abatirlas hacia el exterior con inclinación 1/20, ha sido de 36 metros más abatimiento.

Su **disposición transversal** también es adecuada, ya que se colocarán a borde arcén cuando sea posible; distanciados de éste 10cm cuando haya suficiente espacio para ello, lo que permite que los vehículos en caso de que se salgan momentáneamente de la vía, tengan tiempo para rectificar y volver al tronco de la carretera antes de colisionar contra la barrera; y tras la berma de despeje de visibilidad, necesaria para

poder tener visibilidad a una velocidad de 60km/h. En estos casos, si la separación de la barrera respecto del borde de arcén es mayor a 10cm, no se colocarán captafaros en las mismas, y quedará balizada la carretera como ocurre en el resto únicamente por los hitos de arista.

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 pretiles, será también la que esté definida en la ficha técnica que certifica su marcado CE.

Todas las barreras estarán abatidas con **abatimientos** de 12 metros de longitud.

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.

Las **barreras para protección de motoristas** es necesario que se dispongan en radios menores a 200 metros de las carreteras convencionales con arcén menor a 1,5 metros y con velocidad mayor o igual a 60 km/h. Esta circunstancia se da en cuatro curvas, situadas en el entorno de los pp.kk. 2+100, 2+950, 5+000, y 5+800 donde los radios de las curvas son respectivamente de 185m, 195m, 180m y 150m.

En la primera curva, de 185 metros de radio y 180 metros de longitud, situada entre los pp.kk. 2+089 y 2+269, se ha proyectado una estructura donde se dispondrá un pretil con Nivel de Contención H2, y por consideraciones de rigidez entre dos sistemas de contención consecutivos, se ha dispuesto antes y después del pretil una barrera metálica con nivel contención H1. Esta barrera deberá ser de protección de motoristas en la alineación exterior. En el pretil no se ha proyectado ya que no existen pretiles con marcado CE que cumplan estas funciones. En la segunda curva, de 195 metros de radio y 20 metros de longitud, situada entre los pp.kk. 2+945 y 2+965 se ha proyectado la barrera para protección de motoristas con una longitud algo mayor a los 20 metros en los que estrictamente sería necesario. En la tercera curva, de 180 metros de radio y 139 metros de longitud, situada entre los pp.kk. 4+965 y 5+104, se ha proyectado también la colocación de este sistema de contención, excepto en la zona que coincide con la intercesión de la margen izquierda. Finalmente, en la última curva, de 105 metros de radio y 56 metros de longitud, situada entre los pp.kk. 5+793 y 5+849 no se ha proyectado barrera ya que se trata de una zona que coincide con un acceso, y con la antigua carretera, la cual se demolerá y revegetará. Como consecuencia de esto es más seguro que si se sale un motociclista discurra por la zona a nivel revegetada que colisione contra una barrera

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.