

Anejo N°3: TRAZADO GEOMÉTRICO

AUTOR: Manuel Martínez Sánchez

TUTOR: Álvaro Cuadrado Tarodo

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN	3
2.NORMATIVA	3
3.SITUACIÓN ACTUAL	4
4.CRITERIOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO	4
4.1 Clasificación de las carreteras.	4
4.2 Concepto de tramo urbano y periurbano de una carretera.....	5
4.3 Visibilidad.	5
4.4 Curvas circulares.	5
4.5 Curvas de acuerdo.....	7
4.6 Bombeo y peralte.....	12
4.6 Trazado en alzado.	13
4.6.1 Inclinação de la rasante.	13
4.6.2 Acuerdos verticales.	14
4.6.2.1. Condiciones de visibilidad.....	14
4.6.2.2 Acuerdos verticales por consideraciones de percepción visual.	15
4.6.2.3 Longitudes de las curvas de acuerdo vertical.	16
4.8 Sección transversal.....	20
4.8.1 Vías de servicio.	20
4.8.2 Carriles de cambio de velocidad y de trenzado.	22
4.8 Transición del ancho de carriles y arcenes.....	24
4.9 Conexiones.....	26
4.10. Diseño de la glorieta.....	28

1.INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como finalidad, por una parte, describir las características geométricas del trazado proyectado para las vías de servicio de la N-332 entre el P.k. 192 y el P.k. 195 y por otra, la conexión con la glorieta situada en uno de los nudos de enlace con la Autovía A-7.

2.NORMATIVA

Para el diseño geométrico del nuevo trazado de viales y glorieta se han tenido en cuenta las siguientes normativas:

1. Norma 3.1 IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras (Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero).
2. Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.
3. Orden, de 16 de diciembre de 1997 por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios.
4. Orden Circular 32/2012 Guía de nudos Viarios.

3.SITUACIÓN ACTUAL



Imagen1.Ortofotografía del tramo de carretera a analizar. (Fuente: Google maps)

4.CRITERIOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1 Clasificación de las carreteras.

La carretera nacional N-332 existente es una carretera convencional que pertenece al Grupo 3 y puede catalogarse como C-80, ya que presenta radios en muchos tramos de su recorrido inferiores a 350 metros (tabla 3 del apartado 3.1.2.3. de la Norma 3.1 IC Trazado).

Con relación a las nuevas vías de servicio proyectadas, también pertenecen al Grupo 3 y se han catalogado de tipo C-40 ya que ha sido necesario diseñar curvas con radios menores a 85 metros (tabla 3 del apartado 3.1.2.3. de la Norma 3.1 IC Trazado).

Esta clasificación nos servirá para definir características geométricas de los nuevos trazados como radios mínimos, bombeos, peraltes, parámetros de clotoides, transiciones, etc.

4.2 Concepto de tramo urbano y periurbano de una carretera.

Esta clasificación va a condicionar el diseño de las distancias de algunos tramos entre conexiones de los nuevos trazados proyectados. Se explicará en apartados posteriores.

Según el apartado 2.6 de la Norma 3.1. IC Trazado, se definen los siguientes conceptos aplicables a cualquier clase de carretera:

- “ • *Tramo periurbano de una carretera (o abreviadamente carretera periurbana) es aquel cuya zona de dominio público es colindante por una margen con suelos clasificados por el planeamiento vigente como urbanizados (según Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de suelo o normativa que la sustituya). A estos efectos, también tendrán la consideración de periurbano los tramos de cuatro kilómetros (4 km) anteriores y posteriores a un tramo urbano de la misma carretera cuando este tenga una longitud superior a un kilómetro (> 1 km)...*”

En este caso, el tramo de la carretera nacional afectada por los nuevos trazados se considera como **periurbano** ya que se encuentra dentro de los 4 km posteriores a los municipios de Ontara y Gata de Gorgos (ambos con tramos urbanos superiores a 1 km).

4.3 Visibilidad.

Según la Norma 3.1 IC Trazado:

“...en cualquier punto de la carretera el conductor de un vehículo deberá tener una visibilidad que dependerá de la forma, dimensiones y la disposición de los elementos del trazado...”

Se tendrá en cuenta la visibilidad de parada para calcular la longitud efectiva del carril de trenzado.

4.4 Curvas circulares.

Para el diseño de las curvas, se van a seguir, siempre que las condiciones del entorno lo hagan viable, los criterios del apartado 4.3 de la Norma 3.1 IC Trazado.

En la siguiente tabla se incluyen los radios mínimos y peraltes máximos correspondientes a diferentes velocidades de proyecto (V_p):

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	8,00	–	–	–	–
130	850	8,00	–	–	–	–
120	–	–	700	8,00	–	–
110	–	–	550	8,00	–	–
100	–	–	450	8,00	–	–
90	–	–	350	8,00	350	7,00
80	–	–	250	8,00	265	7,00
70	–	–	–	–	190	7,00
60	–	–	–	–	130	7,00
50	–	–	–	–	85	7,00
40	–	–	–	–	50	7,00

Tabla 1. Relación Velocidad de Proyecto-Radio Mínimo-Peralte Máximo. Fuente: Tabla 4.4 Norma 3.1. IC Trazado.

En nuestro caso, hemos utilizado en todas las curvas de las vías de servicio y transiciones entre carriles de cambio de velocidad y vías de servicio valores superiores o iguales a 50 metros y peraltes máximos de 7 m.

1) Vías de servicio:

	VIAL 1-NORTE		
CURVA	C-1	C-2	C-3
P.K. INICIO	1+761,01	1+850,11	1+921,01
P.K. FINAL	1+804,01	1+862,87	1+936,95
RADIO (m)	55	50	50

2) Conexiones:

	VIAL 1-NORTE		VIAL 2-SUR			
CURVA	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9
P.K. INICIO	0+204,34	0+232,00	0+500,18	0+527,82	1+545,23	1+572,86
P.K. FINAL	0+211,90	0+242,00	0+507,72	0+537,82	1+552,76	1+582,86
RADIO (m)	125	70	53	80	53	80

4.5 Curvas de acuerdo.

Según el apartado 4.4 “Curvas de acuerdo” de la Norma 3.1 IC “Trazado”:

“...Para curvas circulares de radio menor que cinco mil metros (< 5 000 m) en carreteras de los Grupos 1 y 2 y para curvas circulares de radio menor que dos mil quinientos metros (< 2 500 m) en carreteras del Grupo 3, será necesario utilizar curvas de acuerdo, mientras que para curvas circulares de radios mayores o iguales que los indicados no será necesario utilizarlas. Las excepciones para ángulos de giro pequeños se incluyen en el epígrafe 4.4.8....”.

Como en el diseño de los trazados se tienen radios inferiores a 2500 metros, será necesario utilizar curvas de acuerdo.

Los valores mínimos de los parámetros son los siguientes:

- 1) Por condiciones de aceleración centrífuga (caso unión clotoide-recta-curva circular):

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{R_o \cdot V_e}{46,656 \cdot J} \cdot \left[\frac{V_e^2}{R_o} - 1,27 \cdot P_o \right]}$$

$$L_{\min} = \frac{V_e}{46,656 \cdot J} \cdot \left[\frac{V_e^2}{R_o} - 1,27 \cdot P_o \right]$$

donde:

- V_e = velocidad específica de la curva circular asociada de radio menor (km/h). $V_e=40\text{Km/h}$

- J = Variación de la aceleración centrífuga (m/s³). Como la velocidad específica son 40 Km/h,
J_{max}=0,7
- R0 = Radio de la curva asociada (m).
- P0 = Peralte con su signo de la curva asociada (%)

2) Por transición de peralte.

$$L_{\min} = \frac{|p_f - p_i|}{\nabla_{ip}} \cdot B \cdot k \quad A_{\min} = \sqrt{R \cdot B \cdot k \cdot \frac{|p_f - p_i|}{\nabla_{ip}}}$$

donde:

- Lmin = Longitud mínima transición de peralte (m).
- Pf = Peralte final con su signo. (%).
- Pi = Peralte inicial con su signo al inicio de la clotoide (%).
- ∇_{ip} = Gradiente de la pendiente transversal del borde que experimenta la mayor variación longitudinal de la calzada respecto al eje de la misma (%).
- B = Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m). **B= 5 m**
- k = Factor de ajuste en función del número de carriles que giran:
 - **k= 1,00** si gira un carril
 - k= 0,75 si giran dos carriles
 - k= 0,67 si giran tres o más carriles

3) Por condiciones de visibilidad.

Se aplica la siguiente fórmula para radios menores de 972 metros:

$$L_{\min} = 2 \cdot \sqrt{3 \cdot R_0} \Rightarrow A_{\min} = (12 \cdot R_0^3)^{1/4}$$

- Lmin = Longitud
- R0 = Radio de la curva circular

Se procurará también:

- L_{min} = Longitud (m).
- R_0 = Radio de la curva asociada (m).
- Ω = Ángulo de giro entre alineaciones rectas (gon).

En la página siguiente se muestra una tabla con los valores de diseño de los parámetros de las clotoides, así como los valores mínimos de los mismos en función de cada uno de los criterios mencionados anteriormente.

En los tramos de transición entre carriles de cambio de velocidad y vías de servicio o viceversa, se seguirán los criterios establecidos en el apartado 7.5 de la Norma 3.1-IC Trazado, por lo que no se han podido cumplir algunos de los parámetros mínimos anteriores.

PARÁMETROS MÍNIMOS Y DE DISEÑO DE LAS CLOTOIDES											
	TIPO ALINEACIÓN	P.K. INICIO	P.K. FINAL	A (m)	L (m)	Amin (Condic.1)	Lmin (Condic.1)	Amin (Condic. 2)	Lmin (Condic.2)	Amin (Condic. 3)	Lmin (Condic.3)
VIAL 1-NORTE											
CONEXIÓN CARRIL CAMBIO DE VELOCIDAD CON VÍA DE SERVICIO											
CLOTOIDE 1	Rec-Clot-Curv	0+194,34	0+204,34	35,36	10,00	39,63	12,57	69,58	38,73	37,80	11,43
CLOTOIDE 2	Curv-Clot-Clot ("en S")	0+211,90	0+221,90	28,28	10,00	39,63	12,57	69,58	38,73	37,80	11,43
CLOTOIDE 3	Clot-Clot-Curv	0+222,00	0+232,00	26,46	10,00	41,74	24,88	45,04	28,98	28,28	11,43
CLOTOIDE 4	Curv-Clot-Rec	0+242,00	0+252,00	26,46	10,00	41,74	24,88	45,04	28,98	28,28	11,43
ENLACE CON GLORIETA											
CLOTOIDE 5	Rec-Clot-Curv	1+705,29	1+751,29	50,30	46,00	47,71	32,52	37,59	25,69	39,64	28,57
CLOTOIDE 6	Curv-Clot-Clot (en "S")	1+761,01	1+804,01	48,63	43,00	47,71	32,52	37,59	25,69	39,64	28,57
CLOTOIDE 7	Clot-Clot-Curv (en "S")	1+804,01	1+850,11	47,96	46,00	42,84	45,88	29,60	21,91	37,80	28,57
CLOTOIDE 8	Curv-Clot-Rec	1+862,87	1+908,87	47,96	46,00	42,84	45,88	29,60	21,91	37,80	28,57
VIAL 2-SUR											
CONEXIÓN CARRIL DE TRENZADO-CARRIL CAMBIO DE VELOCIDAD CON VÍA DE SERVICIO											
CLOTOIDE 9	Rec-Clot-Curv	0+490,18	0+500,18	23,02	10,00	42,36	33,86	36,56	25,22	24,61	11,43
CLOTOIDE 10	Clot-Clot-Curv	0+507,72	0+517,82	28,28	10,00	42,36	33,86	36,56	25,22	24,61	11,43
CLOTOIDE 11	Clot-Clot-Curv	0+517,82	0+527,82	28,28	10,00	41,36	21,38	49,79	30,98	30,24	11,43
CLOTOIDE 12	Rec-Clot-Curv	0+527,82	0+537,82	28,28	10,00	41,36	21,38	49,79	30,98	30,24	11,43

PARÁMETROS MÍNIMOS Y DE DISEÑO DE LAS CLOTOIDES											
	TIPO ALINEACIÓN	P.K. INICIO	P.K. FINAL	A (m)	L (m)	Amin (Condic.1)	Lmin (Condic.1)	Amin (Condic. 2)	Lmin (Condic.2)	Amin (Condic. 3)	Lmin (Condic.3)
VIAL 2-SUR											
CONEXIÓN CARRIL CAMBIO DE VELOCIDAD CON VÍA DE SERVICIO											
CLOTOIDE 13	Rec-Clot-Curv	1+535,25	1+545,23	23,02	10,00	42,36	33,86	36,56	25,22	24,61	11,43
CLOTOIDE 14	Clot-Clot-Curv	1+250,08	1+260,08	28,28	10,00	42,36	33,86	36,56	25,22	24,61	11,43
CLOTOIDE 15	Clot-Clot-Curv	1+260,08	1+270,18	28,28	10,00	41,36	21,38	49,79	30,98	30,24	11,43
CLOTOIDE 16	Rec-Clot-Curv	1+277,72	1+287,72	28,28	10,00	41,36	21,38	49,79	30,98	30,24	11,43

Tabla 2. Valores mínimos y de diseño de los parámetros de las clotoides. Fuente: Elaboración propia.

Como se ve en la tabla, los parámetros de las clotoides y sus longitudes de acuerdo cumplen con los mínimos valores exigidos por la Norma de Instrucción

3.1. IC vigente excepto en los tramos de transiciones de los carriles de cambio de velocidad con las vías de servicio.

4.6 Bombeo y peralte.

Según el apartado 4.7 de la Norma 3.1 IC Trazado:

“Se diseñará bombeo y no peralte, en las curvas circulares de radio superior a siete mil quinientos metros (> 7 500 m) en las carreteras de los Grupos 1 y 2 y de radio superior a tres mil quinientos metros (> 3 500 m) en las carreteras del Grupo 3”.

En este caso, **habrá que diseñar bombeo y peralte** (excepto en los tramos donde se diseñen las transiciones entre los carriles de cambio de velocidad y vías de servicio donde sólo se tendrá en cuenta el bombeo por ser la longitud de dichos tramos muy pequeñas).

En lo que respecta al eje de giro de la sección transversal, se tomará el borde interior de la calzada.

Con relación al desvanecimiento del bombeo y transición del peralte se seguirán los criterios del apartado 4.7.2 de la citada norma.

Los valores del bombeo y peralte resultantes se muestran en la siguiente tabla:

	ALINEACIÓN	P.K INICIO	P.K. FINAL	BOMBEO	PERALTE
	VIAL 1-NORTE				
TRAMO 1	RECTA	0+000	0+194,34	-2%	NO
TRAMO 2	CLOTOIDE	0+194,34	0+204,34	-2%	NO
TRAMO 3	CURVA	0+204,34	0+211,90	-2%	NO
TRAMO 4	CLOTOIDE	0+211,90	0+221,90	-2%	NO
TRAMO 5	CLOTOIDE	0+221,90	0+232,00	-2%	NO
TRAMO 6	CURVA	0+232,00	0+242,00	-2%	NO
TRAMO 7	CLOTOIDE	0+242,00	0+252,00	-2%	NO
TRAMO 8	RECTA	0+252,00	1+705,29	-2%	NO
TRAMO 9	CLOTOIDE	1+705,29	1+751,29	TRANSICIÓN (-2 al-7%)	
TRAMO 10	CURVA	1+751,29	1+761,01	PERALTE (-7%)	
TRAMO 11	CLOTOIDE	1+761,01	1+804,01	TRANSICIÓN (-7/0%)	
TRAMO 12	CLOTOIDE	1+804,01	1+850,11	TRANSICIÓN (0/+7%)	
TRAMO 13	CURVA	1+850,11	1+862,87	PERALTE (+7%)	
TRAMO 14	CLOTOIDE	1+862,87	1+908,87	TRANSICIÓN (+7/-2%)	

TRAMO 15	RECTA	1+908,87	1+921,01	-2%	NO
TRAMO 16	CURVA	1+921,01	1+936,95	-2%	NO
VIAL 2-SUR					
TRAMO 17	RECTA	0+000	0+185,05	-2%	NO
TRAMO 18	CLOTOIDE	0+185,05	0+195,05	-2%	NO
TRAMO 19	CURVA	0+195,05	0+205,05	-2%	NO
TRAMO 20	CLOTOIDE	0+205,05	0+215,05	-2%	NO
TRAMO 21	CLOTOIDE	0+215,05	0+225,15	-2%	NO
TRAMO 22	CURVA	0+225,15	0+232,68	-2%	NO
TRAMO 23	CLOTOIDE	0+232,68	0+242,68	-2%	NO
TRAMO 24	RECTA	0+242,68	1+230,08	-2%	NO
TRAMO 25	CLOTOIDE	1+230,08	1+240,08	-2%	NO
TRAMO 26	CURVA	1+240,08	1+250,08	-2%	NO
TRAMO 27	CLOTOIDE	1+250,08	1+260,08	-2%	NO
TRAMO 28	CLOTOIDE	1+260,08	1+270,18	-2%	NO
	ALINEACIÓN	P.K INICIO	P.K. FINAL	BOMBEO	PERALTE
VIAL 2-SUR					
TRAMO 29	CURVA	1+270,18	1+277,72	-2%	NO
TRAMO 30	CLOTOIDE	1+277,72	1+287,72	-2%	NO
TRAMO 31	RECTA	1+287,72	1+777,90	-2%	NO

Tabla 3. Valores de bombeo y peralte para cada una de los elementos del trazado. Fuente: Elaboración propia.

4.6 Trazado en alzado.

Las condiciones mínimas de sus parámetros se cumplirán en la manera de lo posible y en función de los condicionantes del entorno del tramo (edificaciones, accesos, instalaciones existentes, etc.).

4.6.1 Inclinación de la rasante.

Los valores máximos de inclinación de la rasante en rampas y pendientes de carreteras convencionales son los siguientes:

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	INCLINACIÓN MÁXIMA (%)	INCLINACIÓN EXCEPCIONAL (%)
100	4	5
90 y 80	5	7
70 y 60	6	8
50 y 40	7	10

Tabla 4. Valores de las inclinaciones de la rasante. Fuente: Norma 3.1. IC Trazado.

Cumplimos con los máximos exigidos (ver perfil longitudinal).

Por otra parte, no se deberán disponer ni rampas ni pendientes, salvo justificación en contrario, cuyo tiempo de recorrido a la velocidad de proyecto (V_p), sea inferior a diez segundos. En nuestro **caso la distancia deberá ser mayor que 111 metros** (medida entre vértices consecutivos). Ver planos.

Con relación a la pendiente mínima, en todos los tramos es superior al 0,5% y en casos excepcionales al 0,2% ya que se ha tenido que ajustar la rasante en la mayor parte de sus trazados al terreno existente debido a las edificaciones anexas.

4.6.2 Acuerdos verticales.

4.6.2.1. Condiciones de visibilidad.

Los parámetros mínimos de las curvas de acuerdo vertical para disponer de visibilidad de parada son los siguientes:

GRUPO	VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
		K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento	K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento
1	140	22 000	—	10 300	—
	130	16 000	—	8 600	—
2	120	11 000	—	7 100	—
	110	7 600	—	5 900	—
	100	5 200	7 100	4 800	7 800
	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
3	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
	70	1 400	2 000	2 300	4 400
	60	800	1 200	1 650	3 600
	50	450	650	1 160	3 000
	40	250	300	760	2 400

Tabla 5. Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada de cualquier clase de carretera y de visibilidad de adelantamiento en carreteras convencionales. Fuente: Tabla 5.3 de la Norma 3.1 IC Trazado.

4.6.2.2 Acuerdos verticales por consideraciones de percepción visual.

Utilizaremos el siguiente valor:

$$L \geq V_p$$

Como la velocidad de proyecto es de 40 km/h, la longitud de los acuerdos deberá ser como mínimo de 40 metros.

Si la longitud de la curva de acuerdo vertical obtenida para el valor del parámetro tomado de la Tabla 6, es inferior a V_p , se determinará el valor de K_v por la condición:

$$K_v \geq \frac{V_p}{\theta}$$

donde:

- L = Longitud de la curva de acuerdo (m)
- Vp = Velocidad de proyecto (km/h)
- Ø = Valor absoluto de la diferencia algebraica de las inclinaciones de las rasantes en tanto por uno:
| i2-i1|

4.6.2.3 Longitudes de las curvas de acuerdo vertical.

Seguiremos los valores mínimos indicados en las tablas siguientes (Norma 3.1 IC Trazado):

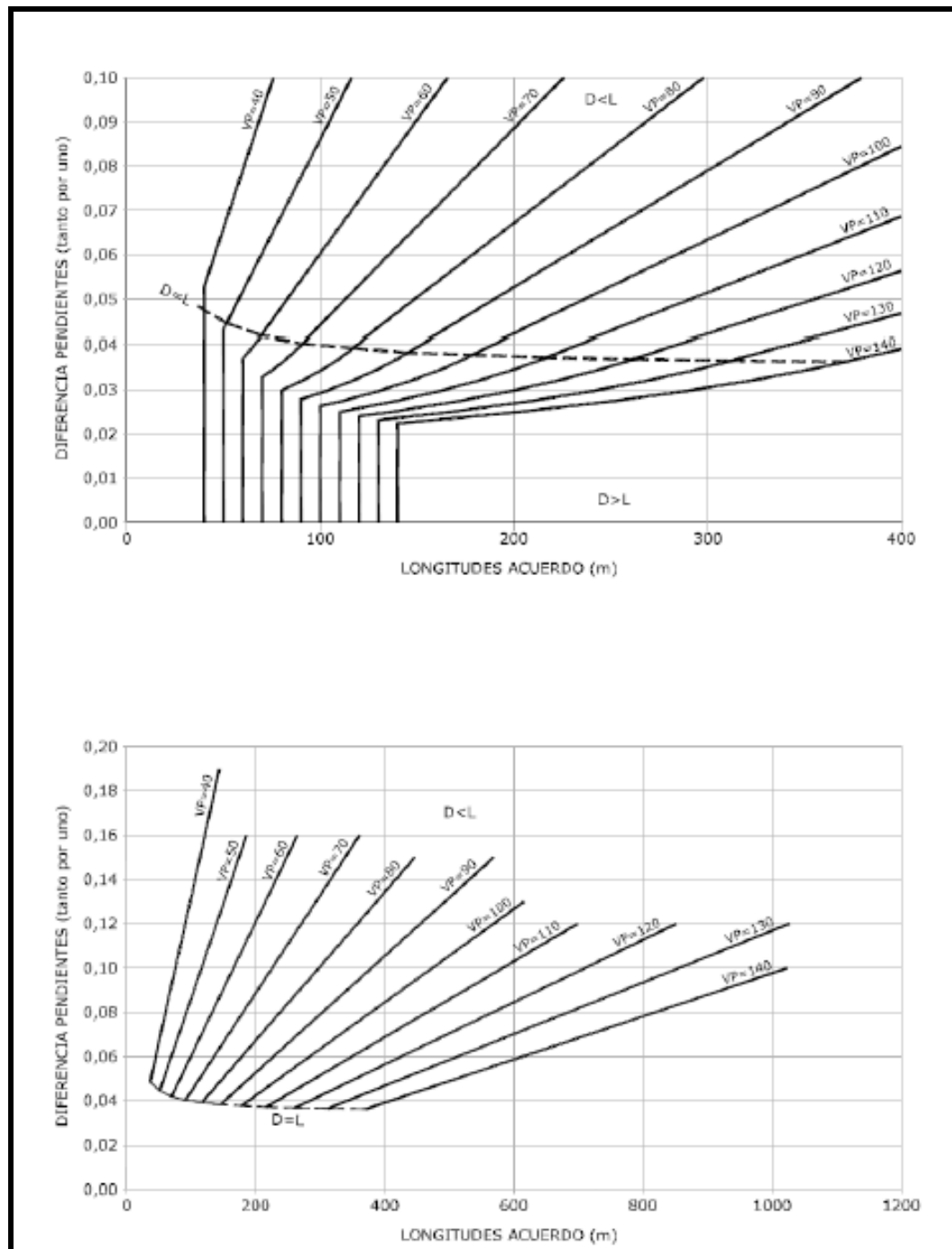


Figura 2. Longitudes de las curvas de acuerdo vertical-cóncavo. Fuente: Figura 5.2. Norma 3.1. IC Trazado.

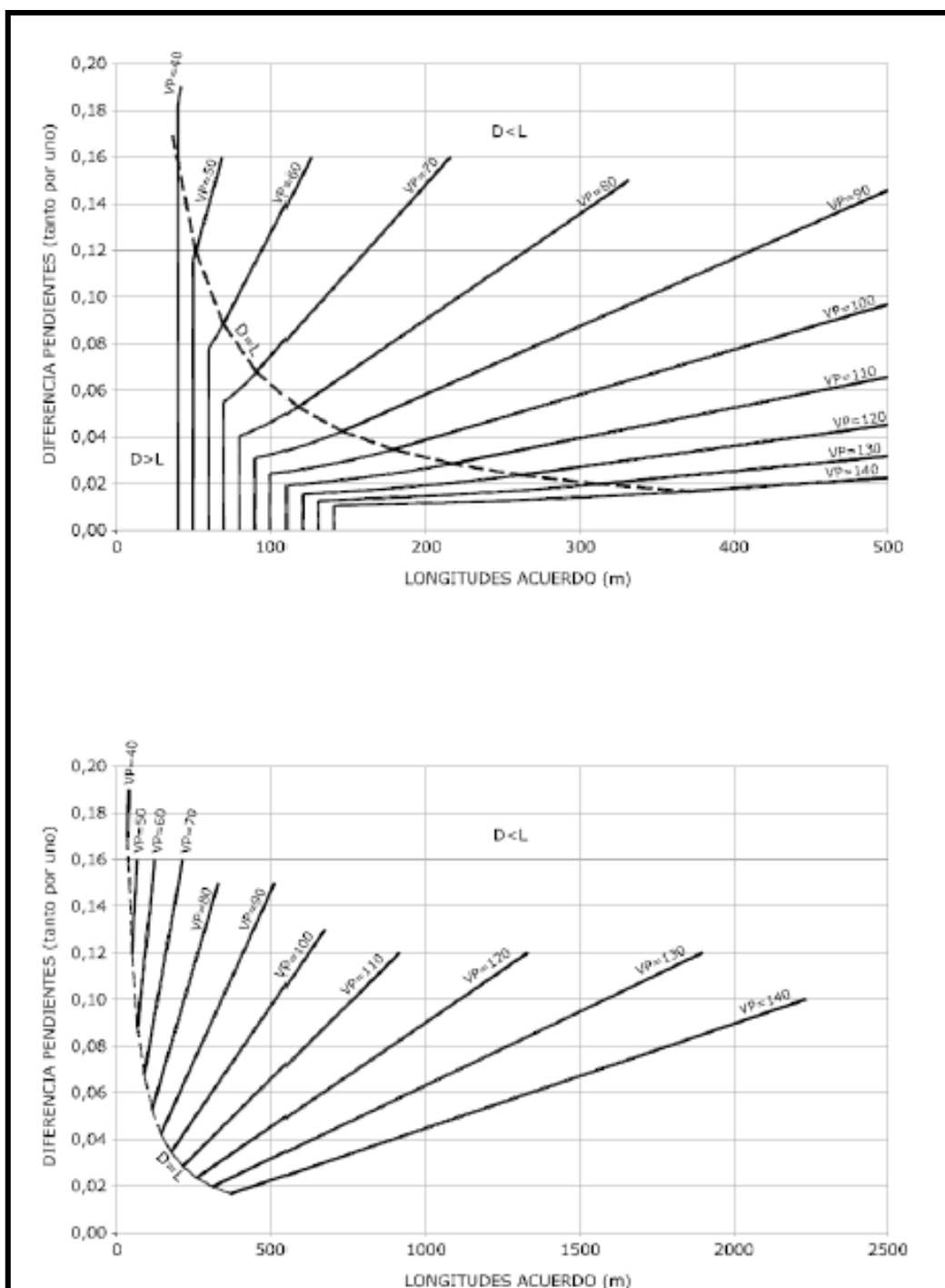


Figura 3. Longitudes de las curvas de acuerdo vertical-convexo. Fuente: Figura 5.2. Norma 3.1. IC Trazado.

Los valores obtenidos para las curvas de acuerdo vertical han sido los siguientes:

	VIAL 1-NORTE				
	TIPO	P.K INICIO	P.K. FINAL	Kv	L (m)
Tramo 1	Convexo	0+036,02	0+104,13	9.296,20	68,11
Tramo 2	Cóncavo	0+664,32	0+726,84	13.754,64	62,52
Tramo 3	Cóncavo	1+190,61	1+241,90	11.866,99	51,30
Tramo 4	Cóncavo	1+600,00	1+666,72	3.299,69	66,72
Tramo 5	Cóncavo	1+725,84	1+793,14	6.825,97	67,30
Tramo 6	Convexo	1+848,62	1+893,62	606,81	45,00
Tramo 7	Cóncavo	1+895,90	1+936,95	1.366,52	41,05
	VIAL 2-SUR				
Tramo 8	Cóncavo	0+039,35	0+105,96	9.612,40	66,61
Tramo 9	Cóncavo	0+626,37	0+678,83	7.803,40	52,45
Tramo 10	Convexo	0+857,21	0+906,71	12.401,69	41,77
Tramo 11	Cóncavo	1+079,90	1+140,60	8.161,44	60,71
Tramo 12	Convexo	1+678,93	1+741,01	4.182,49	62,081

Tabla 6. Valores de Kv y de L para las distintas curvas de acuerdo en cada uno de los tramos. Fuente: Elaboración propia.

Como vemos, se cumplen con los valores mínimos de longitud de acuerdo (40 metros) y con los mínimos de visibilidad de parada (250 y 760 para acuerdos convexos y cóncavos, respectivamente). No es necesario cumplir con los de visibilidad de adelantamiento ya que son vías de servicio con un solo sentido de circulación.

4.8 Sección transversal.

4.8.1 Vías de servicio.

Se seguirán en la manera de lo posible y en función de los condicionantes del entorno del tramo, los criterios del Capítulo 7 de la Norma 3.1 IC Trazado.

Según la tabla 11 (7.1 de la citada norma), las dimensiones de la sección transversal para una vía de servicio de sentido único con velocidad de proyecto de 40 km/h son las siguientes:

- Anchura de carril: 4 m
- Arcenes interior y exterior: 1 m
- Berma: 0,75 m

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

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

Tabla 8. Dimensiones de la sección transversal. Fuente: Tabla 7.1 Norma 3.1-IC Trazado.

4.8.2 Carriles de cambio de velocidad y de trenzado.

Se diseñan tres carriles de cambio de velocidad:

- CCV-1A. Conexión Avda. Juan Carlos I con carril de trenzado.
- CCV-1B. Conexión carril de trenzado con vía de servicio (sentido sureste).
- CCV-2. Conexión vía de servicio (sentido sureste) con N-332.
- CCV-3. Conexión N-332 con vía de servicio (sentido noroeste).

Serán de tipo paralelo y dispondrán de carril de aceleración o deceleración (según sea el caso) y cuña de transición.

Tanto la anchura de los carriles de aceleración y deceleración como la de sus correspondientes arcenes será de 3,50 metros.

Para calcular las longitudes de los carriles de cambio de velocidad se seguirá la tabla 8.2 de la Norma 3.1-IC Trazado (pendientes entre -2 y 2% como es nuestro caso):

		Inclinación de la rasante: $-2 \% \leq i \leq +2 \%$					
		Velocidad final (km/h)					
		40	60	80	100	120	140
Velocidad inicial/ (km/h)	40	20	35	85	175	320	615
	60	40	30	50	135	285	580
	80	95	55	40	85	235	530
	100	170	130	70	55	150	445
	120	250	215	160	90	75	295
	140	360	320	265	190	105	95

Tabla 9. Longitud de los carriles de cambio de velocidad. Fuente: Tabla 8.2 Norma 3.1-IC Trazado.

La longitud señalada en rojo se corresponde con el carril de aceleración de la CCV-2 y la CCV-1A (Se ha supuesto una velocidad de 40 km/h para el ramal de enlace que proviene de la Avda. Juan Carlos ya que el radio de giro del mismo es de 50 metros).

La longitud señalada en verde se corresponde con el carril de deceleración de la CCV-1B y CCV-3.

Para calcular las longitudes de las cuñas de transición se seguirá la tabla 8.1 de la Norma 3.1-IC Trazado (considerando la velocidad de proyecto la de la Ctra. N.332):

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	LONGITUD DE LAS CUÑAS DE TRANSICIÓN (m)
140 y 130	$V_p \text{ (km/h) } + 10$
120	135
110	130
100	125
90	115
80	100
70	80
60	60
50	40
40	25

Tabla 10. Longitud de las cuñas de transición. Fuente: Tabla 8.1
Norma 3.1-IC Trazado.

Como vemos, las longitudes de las cuñas de transición serán de 100 metros.

La pendiente transversal de los carriles de cambio de velocidad será la de la N-332. Al estar comprendido en un tramo de recta, será del 2%.

A continuación, se muestra una tabla resumen con las características de cada elemento:

	LONGITUD CARRIL ACELERACIÓN	LONGITUD CARRIL DECELERACIÓN	LONGITUD CUÑA TRANSICIÓN	ANCHO	ARCÉN	PDTE. TRANSV.	PERALTE
CCV-1A	85 m	-	100 m	3,5 m	3,5 m	2%	NO
CCV-1B	-	95 m	100 m	3,5 m	3,5 m	2%	NO
CCV-2	85 m	-	100 m	3,5 m	3,5 m	2%	NO
CCV-3	-	95 m	100 m	3,5 m	3,5 m	2%	NO

Tabla 11. Valores de los parámetros de los carriles de cambio de velocidad. Fuente: Elaboración propia.

4.8 Transición del ancho de carriles y arcenes.

Según el apartado 7.5 de la Norma 3.1-IC Trazado:

“... De acuerdo con lo indicado en la Tabla 7.1, los ramales de enlace, los ramales de transferencia, las vías colectoras - distribuidoras, las vías de servicio y las vías laterales de un carril tendrán un ancho mínimo de cuatro metros ($\geq 4,00$ m). En consecuencia, la transición del ancho de tres metros y cincuenta centímetros ($3,50$ m), existente en el carril o cuña de cambio de velocidad, al ancho de cuatro metros ($4,00$ m), existente en los citados ramales de enlace, ramales de transferencia, vías colectoras - distribuidoras, vías de servicio y vías laterales de un (1) carril, se realizará, salvo justificación en contrario, modificando el borde de la calzada exterior común y, si es factible, antes de alcanzar un posible sobreancho en curvas...”

Tomando como referencia la sección característica de $1,0$ m del carril o cuña de cambio de velocidad, se establecerá una variación lineal del ancho en la que se asigne un tercio de la longitud de transición al carril o cuña de cambio de velocidad y el resto al ramal de enlace, ramal de transferencia, vía colectora - distribuidora, vía de servicio y vía lateral de un carril (Figura 7.2, caso de una salida).”

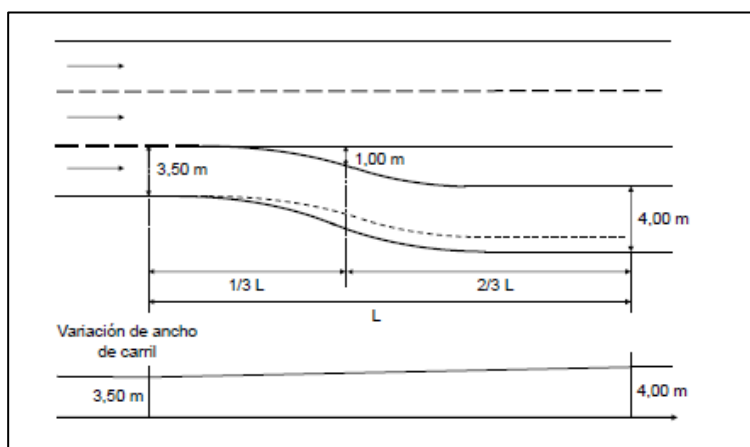


Figura 4. Transición del ancho de carril o cuña de cambio de velocidad. Fuente: Tabla 7.1 Norma 3.1-IC Trazado.

La transición del ancho de los arcenes se hará, salvo justificación en contrario, linealmente en una longitud mayor o igual que cincuenta metros (≥ 50 m) en las carreteras de los Grupos 1 y 2 y que veinticinco metros (≥ 25 m) en las carreteras del Grupo 3...”

Para calcular la longitud de transición, nos basaremos en las siguientes fórmulas:

- $L \geq 40 * \sqrt{T}$
- $L = 80 * \sqrt{T}$ (valor deseable)

- donde T es el ensanche o la reducción en metros. En nuestro caso 0,5 m (las transiciones son de 4,00 m. a 3,50 m. o viceversa).

Consideraremos como longitud de transición el valor deseable: **L=57 m.**

La longitud de la transición de los arcenes se hará en una longitud mayor o igual a 25 m.

4.9 Conexiones.

Para definir las características técnicas de las conexiones de las vías de servicio proyectadas con la carretera N-332 o Avda. Juan Carlos I, se seguirán los criterios del apartado 9.3. Conexiones en carreteras convencionales de la Norma 3.1-IC Trazado.

Las distancias mínimas entre conexiones con carreteras convencionales en tramos interurbanos se muestran en la siguiente tabla:

CLASE DE CARRETERA CONVENCIONAL	IMD EN EL AÑO HORIZONTE	DISTANCIA MÍNIMA (m)		
		A	B	C
C-100	$\geq 5\ 000$	1 200	250	1 000
	$< 5\ 000$	500	125	500
C-90 y C-80	$\geq 5\ 000$	1 200	250	1 000
	$5\ 000 > \text{IMD} \geq 1\ 500$	500	125	500
	$< 1\ 500$	250	100	250
C-70 y C-60	Cualquiera	250	100	250
C-50 y C-40	Cualquiera	125	75	125

Tabla 12. Distancias mínimas entre conexiones con carreteras convencionales en tramos interurbanos. Fuente: Norma 3.1-IC Trazado

En nuestro caso, al ser la IMD mayor de 5000 vehículos, no es posible cumplir con la distancia mínima de 1.200 m, por lo que **se utilizará un carril de trenzado.**

Nos basaremos en el esquema de la figura 9.12 de la Norma 3.1-IC Trazado:

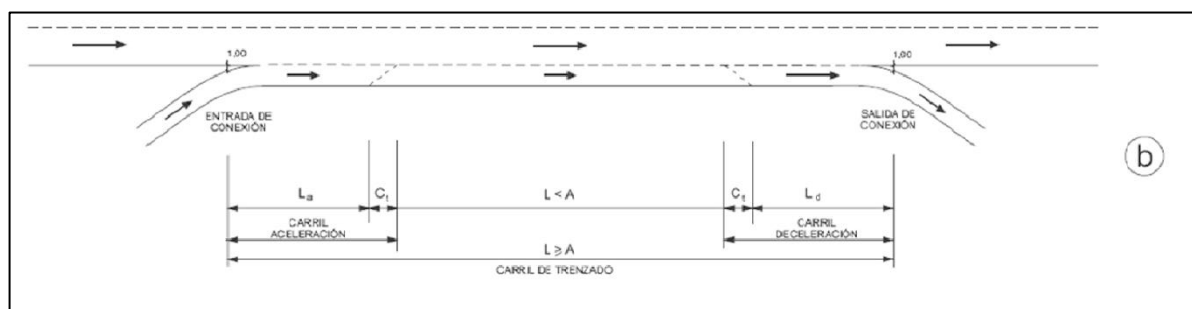


Figura 5. Conexiones con carreteras convencionales mediante carriles de cambio de velocidad y carril de trenzado. Fuente: Fig. 9.12 Norma 3.1 IC- Trazado.

Por otra parte, y según el apartado 9.3.2.2. Tramos urbanos, periurbanos y travesías de la Norma 3.1-IC
Trazado:

En tramos urbanos y periurbanos de carreteras convencionales las distancias mínimas entre una conexión y la conexión o el acceso más próximo (indicadas en las Figuras 9.12 y 9.13 y en la Tabla 9.3), serán iguales o superiores a la correspondiente visibilidad de parada del tramo y como mínimo sesenta metros ($\geq 60,00$ m) (no exigible en travesías).

Así pues, **consideraremos como longitud efectiva del carril de trenzado la distancia de parada**, ya que el tramo en cuestión es de tipo periurbano.

La visibilidad de parada deberá ser superior a la distancia de parada calculada con la velocidad de proyecto del correspondiente tramo.

La distancia de parada se estima mediante la siguiente expresión:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_1 + i)}$$

donde:

- D_p = Distancia de parada (m)
- V = Velocidad al inicio de la maniobra de frenado (km/h). $V = 80$ km/h
- f_1 = Coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado rueda-pavimento. $f_1 = 0,348$
- i = Inclinación de la rasante (en tanto por uno). $i = 0,007$
- t_p = Tiempo de percepción y reacción (s). $t_p = 2$ s

Sustituyendo los valores en la fórmula anterior, se obtiene una distancia de parada de 115 m.

La longitud efectiva del carril de trenzado será por tanto de 115 metros.

4.10. Diseño de la glorieta.

Se seguirán los criterios establecidos en el apartado 10.6 de la Instrucción 3.1.IC. Así pues, la glorieta diseñada tiene las siguientes características:

- Diámetro exterior: 44 metros (mayor que los 35 metros mínimos exigidos).
- Diámetro interior: 31 metros.
- Calzada anular, formada por un único carril de 6 metros.
- Arcén interior de 0,50 metros
- Arcén exterior de 1,50 metros
- Radios de entrada de 20 metros (y posterior radio de 60 metros)
- Radios de salida de 30 metros (y posterior radio de 60 metros).