



**XVII CONGRESO ARGENTINO
DE VIALIDAD Y TRÁNSITO**

Trabajo Técnico: **DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE Y FRICCIÓN TRANSVERSAL**

Área Temática **Proyecto de Carreteras**

Autores **Alejandra Débora Fissore** – Ingeniera Civil UNSa

Florida 141 1º A

(4400) SALTA Capital

(0387) 4319246

alejandra.fissore@gmail.com



Francisco Justo Sierra – Ingeniero Civil UBA

(1643) BECCAR – Buenos Aires

(011) 47471829

franjustierra@yahoo.com



ÍNDICE

RESUMEN

1 INTRODUCCIÓN

- 1.1 PLANTEO GENERAL DE CUATRO MONOGRAFÍAS
- 1.2 BARNETT: FUNDAMENTOS PARA ELEGIR EL PERALTE

2 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE

- 2.1 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE AASHTO
- 2.2 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE DNV 67/80
- 2.3 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE ANDG DNV 10
- 2.4 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE NORMA 3.1 I-C
- 2.5 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE OTRAS NORMAS INTERNACIONALES

3 DISTRIBUCIÓN DE LA FRICCIÓN TRANSVERSAL

- 3.1 DISTRIBUCIÓN DE LA FRICCIÓN TRANSVERSAL ANDG DNV 10
- 3.2 DISTRIBUCIÓN DE LA FRICCIÓN TRANSVERSAL DNV 67/80
- 3.3 DISTRIBUCIÓN DE LA FRICCIÓN TRANSVERSAL NORMA 3.1 I-C
- 3.4 DISTRIBUCIÓN DE LA FRICCIÓN TRANSVERSAL AASHTO 2011 Y ANDG 10
- 3.5 OBSERVACIONES
- 3.6 COMPARACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES DE FRICCIÓN

4 RESUMEN Y CONCLUSIÓN

BIBLIOGRAFÍA

RESUMEN - 20026-RES

La velocidad directriz guía el diseño de elementos de los alineamientos horizontal y vertical según los principios físicos de equilibrio dinámico de un vehículo en movimiento curvo, y distancia visual de detención en curvas verticales, según modelos matemáticos racionales cuyos coeficientes se ajustan según resultados y observaciones de experiencias de campo que los investigadores realizan con actualizadas herramientas de medición de velocidad, desaceleración, distancia de frenado, fricción neumático-calzada, peralte, inclinación lateral del vehículo, medidas con riguroso control.

Para una dada velocidad directriz, teniendo en cuenta adecuados coeficientes de seguridad, en curvas horizontales, teóricamente el equilibrio dinámico se alcanza para una amplia gama de combinaciones de valores prácticos de radios, peraltes y fricciones.

Para analizar en profundidad las variables Velocidad, Radio, Peralte, Fricción Transversal y Longitud de transición, y para entender mejor cómo se relacionan, se plantearon cuatro monografías conexas y complementarias:

1) Velocidades y equilibrio dinámico en curvas

2) DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE Y FRICCIÓN TRANSVERSAL

3) Velocidad directriz inferida y máxima segura crítica

4) Transición del peralte – Hidroplaneo

La primera trata los aspectos más generales del problema; definiciones, planteo físico y condiciones límites de velocidad, peralte, fricción transversal y radio.

La segunda analiza las situaciones intermedias; dada una determinada velocidad, un peralte máximo y una relación fricción transversal-velocidad, cómo distribuir el peralte para radios mayores al mínimo y cuál es la distribución resultante de la fricción transversal.

La tercera analiza el proceso inverso; para una curva con un determinado radio y peralte cuál es la velocidad directriz inferida (fricción lateral s/norma) y la velocidad máxima segura crítica (fricción lateral máxima)

La cuarta trata la transición del peralte y su efecto sobre la seguridad vial en relación con la posibilidad de hidroplaneo.

Se consideraron normas argentinas DNV 67/80 y ANDG 10 (no en vigor) y extranjeras AASHTO (EUA), 3.1 – IC Trazado (España) entre otras.

DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE Y FRICCIÓN TRANSVERSAL

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEO GENERAL DE CUATRO MONOGRAFÍAS

Las velocidades directrices guían los diseños de elementos de los alineamientos horizontal y vertical según los principios físicos de equilibrio dinámico de un vehículo en movimiento curvo, y distancias visuales de detención en las curvas verticales, según modelos matemáticos racionales cuyos coeficientes se ajustan según los resultados y observaciones de experiencias de campo que los investigadores realizan con actualizadas herramientas de medición de velocidad, desaceleraciones, distancias de frenado, fricciones neumático-calzada, peraltes, inclinaciones laterales del vehículo en medidas con riguroso control.

Además de los factores humanos de expectativas, reflejos, tiempos de reacción, género, edad, carácter y temperamento, educación, y clasificación funcional de los caminos, en función de la VD seleccionada el proyectista dimensiona y coordina los elementos curvos horizontales y verticales del camino teniendo siempre en consideración los previstos comportamiento de los conductores, y la eliminación de combinaciones que puedan violar sus expectativas. El proyectista debe comprender y adecuarse al sentir de los conductores; no debe pretender imponerles un comportamiento que violente, que sea contrario, a aquel que los conductores naturalmente tendrían en los diferentes escenarios del camino.

Para una dada velocidad directriz, teniendo en cuenta adecuados coeficientes de seguridad, en curvas horizontales, teóricamente el equilibrio dinámico se alcanza para una amplia gama de combinaciones de valores prácticos de radios, peraltes y fricciones.

Para analizar en profundidad las variables Velocidad, Radio, Peralte, Fricción Transversal y Longitud de transición, y para entender mejor cómo se relacionan, se plantearon cuatro monografías conexas y complementarias:

- 1) Velocidades y equilibrio dinámico en curvas
- 2) DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE Y FRICCIÓN TRANSVERSAL**
- 3) Velocidad directriz inferida y máxima segura crítica
- 4) Transición del peralte – Hidroplaneo

La primera trata los aspectos más generales del tema; definiciones, planteo físico y condiciones límites de velocidad, peralte, fricción transversal y radio.

La segunda, que aquí se desarrolla, analiza las situaciones intermedias; dada una determinada velocidad, un peralte máximo y una relación fricción transversal-velocidad, cómo distribuir el peralte para radios mayores al mínimo y cuál es la distribución resultante de la fricción transversal.

La tercera analiza el proceso inverso; para una curva con un determinado radio y peralte cuál es la velocidad directriz inferida (fricción lateral s/norma) y la velocidad máxima segura crítica (fricción lateral máxima)

La cuarta trata la transición del peralte y su efecto sobre la seguridad vial en relación con la posibilidad de hidroplaneo.

1.2 BARNETT: FUNDAMENTOS PARA ELEGIR EL PERALTE

Según Joseph Barnett, en Fundamentos para Elegir el Peralte:

Debido a la limitación práctica impuesta al aumento del peralte, no es posible compensar totalmente con él la fuerza centrífuga en las curvas cerradas, por lo que es necesario recurrir a la fricción, para que sumada al efecto del peralte impida el deslizamiento lateral del vehículo hacia el exterior. Así, cuando un vehículo circule a la velocidad directriz utilizará baja fricción al recorrer curvas abiertas, y alta en las cerradas.

No será correcto un trazado en el cual se utilice el máximo de fricción en algunas curvas, mientras que en otras, para igual velocidad, no se utilice. Parece más conveniente proyectar para que parte del valor de la fricción se emplee en las curvas abiertas, manteniendo su valor por debajo de los máximos adoptados en las curvas cerradas.

Este propósito puede realizarse calculando los peraltes para una velocidad equivalente a una determinada fracción de la velocidad directriz adoptada. En la práctica, el mayor peralte es de 12%, y el valor máximo del coeficiente de fricción, dentro de un margen adecuado de seguridad, es 0,16. Por consiguiente, en una curva de radio mínimo absoluto y circulando a la velocidad directriz, sólo el 43% de la fuerza centrífuga será contrarrestada por efecto del peralte, debido a que la relación $0.12/(0.12 + 0.16) = 0.43$. Si se proyectan los peraltes de manera que justamente el 43% de la fuerza centrífuga sea absorbida por ellos y el resto por la fricción, tendremos que sólo en las curvas de radios mínimos se utilizará el peralte máximo práctico de 12% y en las de radio mayor el peralte decrecerá proporcionalmente al aumentar el radio. Esta forma de calcular los peraltes lleva a una reducción del margen de seguridad para los vehículos que recorren las curvas amplias a velocidades superiores a la directriz prevista. Si donde fuera posible se tratara de contrarrestar el 100% de la fuerza centrífuga con el peralte, el cálculo llevaría a adoptar el máximo de 12% en la gran mayoría de las curvas halladas en la práctica, lo que también es objetable.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, el ingeniero Joseph Barnett aconsejó *contrarrestar con el peralte un valor de aproximadamente 55% de la fuerza centrífuga*, para lo cual aconsejó calcular el peralte en tal forma que contrarreste íntegramente la fuerza centrífuga desarrollada por un vehículo que circule al *75% de la velocidad directriz*. (“*Safe Side Friction Factors and Superelevation Design*”, J. Barnett. “Proceedings sixteenth annual meeting – Highway Research Board, 1936”).

Para obtener un diseño equilibrado de las curvas horizontales deben determinarse los radios que para la velocidad directriz dada utilicen valores de fricción *inferiores* a los máximos establecidos como *seguros*. Los peraltes máximos se limitan por razones prácticas, atendiendo a factores topográficos, climáticos y de operación de vehículos.

Los radios mínimos absolutos, caso crítico determinados con la ecuación básica $\frac{V^2}{127R} = e + ft$ para la velocidad directriz, peralte máximo y fricción lateral máximo, por analogía con el cálculo estructural serían como la *tensión de rotura* con un bajo factor de seguridad.

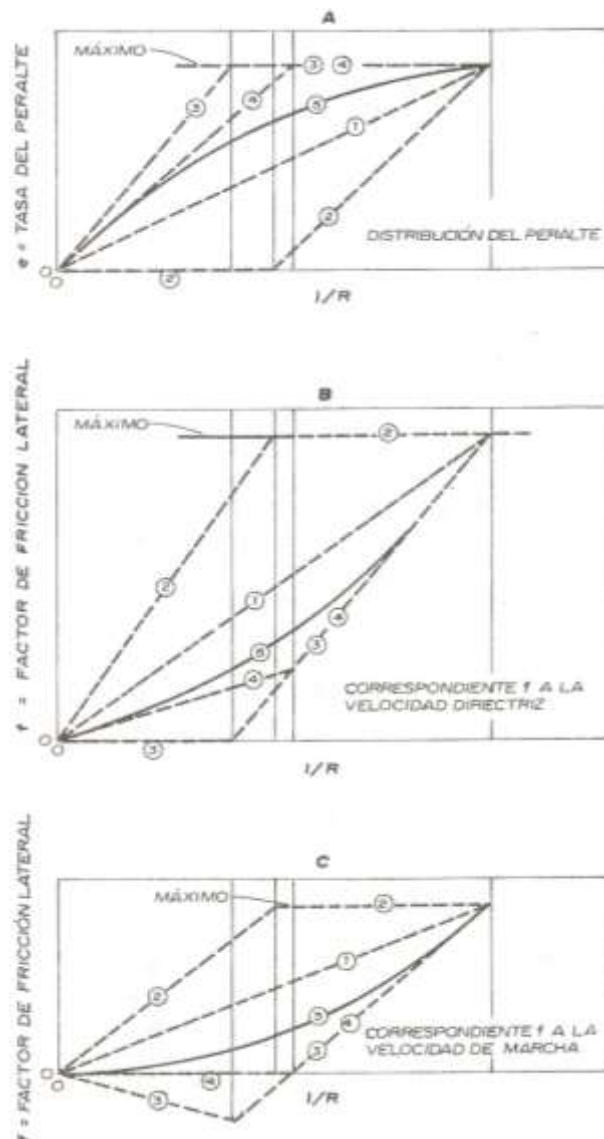
En zona llana y ondulada es rara la necesidad de adoptar un radio mínimo absoluto, al cual suele ser necesario recurrir en zona montañosa y muy montañosa por economía de costos de construcción, aunque no de seguridad, dado que está ampliamente demostrado que, a igualdad de equilibrio dinámico en curva, para una dada velocidad directriz **los accidentes crecen en frecuencia y gravedad al disminuir el radio** (o crecer la curvatura).

2 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE

2.1 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE AASHTO

Para distribuir el peralte y la fricción en un rango de curvas correspondiente a una velocidad directriz seleccionada, AASHTO describe cinco métodos para contrarrestar la fuerza centrífuga:

1. El peralte y la fricción lateral son directamente proporcionales a la curvatura $1/R$.
2. El factor de fricción es tal que un vehículo que viaje a la velocidad directriz tiene toda la fuerza centrífuga contrarrestada en proporción directa por la fricción lateral sobre curvas arriba de las que requieren fricción máxima. Para curvas más cerradas, f permanece máxima y e es entonces usado en proporción directa al continuado crecimiento de la curvatura, hasta que el peralte alcanza su máximo.
3. El peralte es tal que un vehículo que viaje a la velocidad directriz tiene toda la fuerza centrífuga contrarrestada en proporción directa por el peralte en las curvas hasta la que requiere el peralte máximo. Para curvas más cerradas el peralte permanece máximo y entonces se usa la fricción en proporción directa al continuo crecimiento de la curvatura $1/R$, hasta que la fricción alcanza su máximo.
4. Similar el método 3, excepto que se basa en la velocidad media de marcha, en lugar de la directriz.
5. El peralte y la fricción lateral están en relación curvilínea con la curvatura, con valores entre los valores de los métodos 1 y 4.



Método 1 Tiene considerable mérito y lógica además de su simplicidad. Para los vehículos que viajen a la velocidad directriz resulta en factores de fricción lateral con una variación lineal desde cero en rectas hasta el máximo en la más fuerte curvatura permisible. Su éxito dependerá del viaje a velocidad constante de cada vehículo en la corriente de tránsito.

Aunque la velocidad uniforme es el objetivo de la mayoría de los conductores y puede alcanzarse en caminos bien diseñados cuando los volúmenes son bajos, en algunos conductores hay tendencia a viajar más rápido en rectas y curvas amplias que en curvas cerradas, particularmente después de ser demorado por la incapacidad de adelantarse a los vehículos de movimiento más lento. Esta tendencia apunta hacia la conveniencia de proveer valores de peralte de las curvas intermedias algo en exceso de las que resultan de la aplicación de este método.

Método 2 Usa la fricción lateral para contrarrestar toda la fuerza centrífuga hasta la curvatura correspondiente a la máxima fricción lateral permisible, la disponible en las curvas fuertes. El peralte se introduce después de usar la fricción máxima permisible. Es decir, no se necesita peralte en las curvas suaves que requieren menos fricción lateral que la máxima permisible para los vehículos que viajan a la velocidad directriz. Cuando se necesita, el peralte aumenta rápidamente al crecer la curvatura y la fricción permanece en su máximo. El método depende totalmente de la fricción lateral disponible y su uso se limita a lugares donde la velocidad de viaje no es uniforme, como en las calles urbanas.

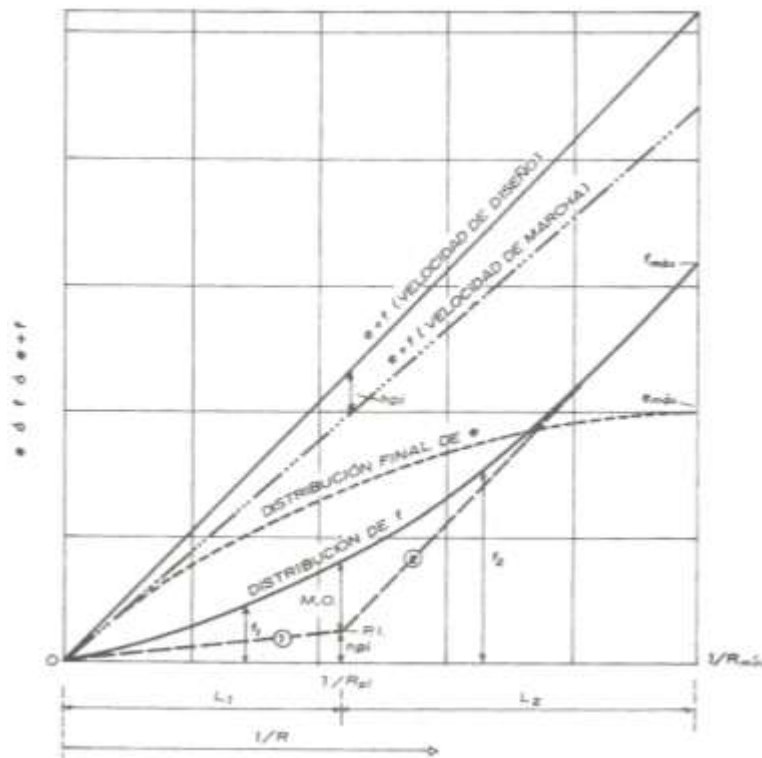
Método 3 El peralte contrarresta toda la fuerza centrífuga desarrollada a la velocidad directriz en todas las curvas, hasta la que requiere el máximo peralte práctico, el cual se provee en todas las curvas más cerradas. No se requiere fricción en las curvas amplias con peralte menor que el máximo para los vehículos que viajan a la velocidad directriz, y la fricción lateral requerida crece rápidamente al crecer la curvatura de las curvas con peralte máximo. Para los vehículos que viajan a la velocidad media de marcha resulta fricción negativa sobre curvas muy amplias, hasta alrededor de la mitad del rango*, sobre cuya curvatura la fricción lateral crece rápidamente hasta el máximo para el radio mínimo. Esta diferencia en la fricción lateral requerida para diferentes curvas no es lógica, y resulta en una conducción errática, tanto viajando a la velocidad directriz, como a la velocidad media de marcha.

Método 4 Intenta superar las deficiencias del método 3 usando el peralte para una velocidad menor que la directriz. Con el peralte se contrarresta toda la fuerza centrífuga que actúa sobre los vehículos que viajan a la velocidad media de marcha sobre curvas amplias, hasta el radio (mínimo deseable) que requiere el peralte máximo práctico. Aproximadamente la velocidad media de marcha varía entre el 83 y 100% de la velocidad directriz. El peralte máximo se alcanza cerca de la mitad del rango de curvatura*. Para curvas más cerradas hasta la de radio mínimo absoluto la fricción crece rápidamente.

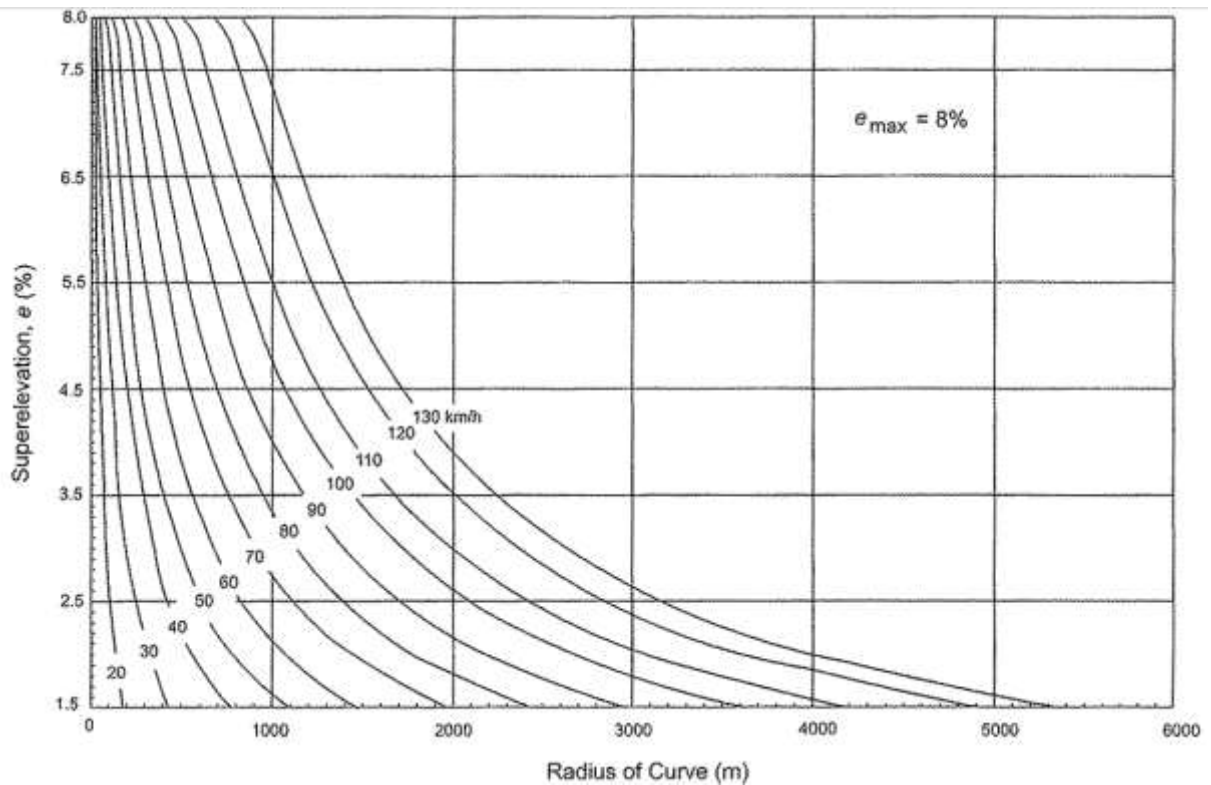
Método 5 Consiste en una línea curva en el diagrama peralte-curvatura entre el rango triangular entre las curvas 1 y 4, y representa una distribución del peralte y fricción lateral 'razonablemente satisfactoria'. La curva 5 de forma de parábola asimétrica representa una 'distribución práctica' en el 'rango de curvatura'*.

* Para cada velocidad directriz el rango de curvatura o el rango de radios comprende las curvaturas ($1/R$) o radios (R) entre el peralte máximo y el peralte 2% (bombeo removido).

Para caminos rurales, **AASHTO** recomienda el **Método 5** para distribuir el peralte y la fricción transversal para todas las curvas con radio mayor al mínimo absoluto para la velocidad directriz.



AASHTO 2011 – Distribución del peralte, e_{max} 8% (Curvas)



AASHTO 2011 – Distribución del peralte, emáx 12% (Tabla)

e (%)	Metric											
	$V_d = 20$	$V_d = 30$	$V_d = 40$	$V_d = 50$	$V_d = 60$	$V_d = 70$	$V_d = 80$	$V_d = 90$	$V_d = 100$	$V_d = 110$	$V_d = 120$	$V_d = 130$
	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)
NC	210	459	804	1130	1540	2030	2510	3040	3720	4280	4990	5440
RC	155	338	594	835	1150	1510	1870	2270	2770	3190	3740	4080
2.2	139	306	536	755	1040	1360	1690	2050	2510	2900	3390	3710
2.4	127	278	488	688	942	1250	1550	1880	2300	2650	3110	3400
2.6	116	255	448	631	865	1140	1420	1730	2110	2440	2860	3140
2.8	107	235	413	583	799	1060	1320	1600	1960	2260	2660	2910
3.0	99	218	382	541	742	980	1220	1490	1820	2110	2480	2720
3.2	92	202	356	504	692	914	1140	1390	1700	1970	2320	2550
3.4	86	189	332	472	648	856	1070	1300	1600	1850	2180	2400
3.6	81	177	312	443	609	805	1010	1230	1510	1750	2060	2270
3.8	76	166	293	417	573	759	947	1160	1420	1650	1950	2150
4.0	71	157	276	393	542	718	896	1100	1350	1560	1850	2040
4.2	67	148	261	372	513	680	850	1040	1280	1490	1760	1940
4.4	64	140	247	353	487	646	808	988	1220	1420	1680	1850
4.6	60	132	234	335	436	615	770	941	1160	1350	1600	1770
4.8	57	126	222	319	441	586	734	899	1110	1290	1530	1700
5.0	54	119	211	304	421	560	702	860	1060	1240	1470	1630
5.2	52	114	201	290	402	535	672	824	1020	1190	1410	1570
5.4	49	108	192	277	384	513	644	790	973	1140	1360	1510
5.6	47	103	183	265	368	492	618	759	936	1100	1310	1460
5.8	45	98	175	254	353	472	594	730	900	1060	1260	1410
6.0	43	94	167	244	339	454	572	703	867	1020	1220	1360
6.2	41	90	159	234	326	436	551	678	837	981	1180	1310
6.4	39	86	153	225	313	420	531	654	808	948	1140	1270
6.6	37	82	146	216	302	405	512	632	781	917	1100	1230
6.8	35	78	140	208	290	391	494	611	755	888	1070	1200
7.0	34	75	134	200	280	377	478	591	731	860	1040	1160
7.2	32	71	128	192	270	364	462	572	708	834	1010	1130
7.4	30	68	122	185	260	352	447	554	686	810	974	1100
7.6	29	65	117	178	251	340	433	537	666	786	947	1070
7.8	27	61	112	172	243	329	420	521	646	764	921	1040
8.0	26	58	107	165	235	319	407	506	628	743	897	1020
8.2	24	55	102	159	227	309	395	491	610	723	874	989
8.4	23	52	97	154	219	299	383	477	593	704	852	965
8.6	22	50	93	148	212	290	372	464	577	686	831	942
8.8	20	47	88	142	205	281	361	451	562	668	811	921
9.0	19	45	85	137	198	273	351	439	547	652	792	900
9.2	18	43	81	132	191	264	341	428	533	636	774	880
9.4	18	41	77	127	185	256	332	416	520	621	756	861
9.6	17	39	74	123	179	249	323	406	507	606	739	843
9.8	16	37	71	118	173	241	314	395	494	592	723	826
10.0	15	36	68	114	167	234	305	385	482	579	708	809
10.2	14	34	65	110	161	226	296	375	471	566	693	793
10.4	14	33	62	105	155	219	288	365	459	553	679	778
10.6	13	31	59	101	150	212	279	355	448	541	665	763
10.8	12	30	57	97	144	204	270	345	436	529	652	749
11.0	12	28	54	93	139	197	261	335	423	516	639	735
11.2	11	27	51	89	133	189	252	324	411	503	626	722
11.4	11	25	49	85	127	182	242	312	397	488	613	709
11.6	10	24	46	80	120	173	232	300	382	472	598	697
11.8	9	22	43	75	113	163	219	285	364	453	579	685
12.0	7	18	36	64	98	143	194	255	328	414	540	665

AASHTO 2011 – Distribución del peralte, emáx 10% (Tabla)

Metric												
e (%)	V _d = 20	V _d = 30	V _d = 40	V _d = 50	V _d = 60	V _d = 70	V _d = 80	V _d = 90	V _d = 100	V _d = 110	V _d = 120	V _d = 130
	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)
NC	197	454	790	1110	1520	2000	2480	3010	3690	4250	4960	5410
RC	145	333	580	815	1120	1480	1840	2230	2740	3160	3700	4050
2.2	130	300	522	735	1020	1340	1660	2020	2480	2860	3360	3680
2.4	118	272	474	669	920	1220	1520	1840	2260	2620	3070	3370
2.6	108	249	434	612	844	1120	1390	1700	2080	2410	2830	3110
2.8	99	229	399	564	778	1030	1290	1570	1920	2230	2620	2880
3.0	91	211	368	522	720	952	1190	1460	1790	2070	2440	2690
3.2	85	196	342	485	670	887	1110	1360	1670	1940	2280	2520
3.4	79	182	318	453	626	829	1040	1270	1560	1820	2140	2370
3.6	73	170	297	424	586	777	974	1200	1470	1710	2020	2230
3.8	68	159	278	398	551	731	917	1130	1390	1610	1910	2120
4.0	64	149	261	374	519	690	866	1060	1310	1530	1810	2010
4.2	60	140	245	353	490	652	820	1010	1240	1450	1720	1910
4.4	56	132	231	333	464	617	777	953	1180	1380	1640	1820
4.6	53	124	218	315	439	586	738	907	1120	1310	1560	1740
4.8	50	117	206	299	417	557	703	864	1070	1250	1490	1670
5.0	47	111	194	283	396	530	670	824	1020	1200	1430	1600
5.2	44	104	184	269	377	505	640	788	975	1150	1370	1540
5.4	41	98	174	256	359	482	611	754	934	1100	1320	1480
5.6	39	93	164	243	343	461	585	723	896	1060	1270	1420
5.8	36	88	155	232	327	441	561	693	860	1020	1220	1370
6.0	33	82	146	221	312	422	538	666	827	976	1180	1330
6.2	31	77	138	210	298	404	516	640	795	941	1140	1280
6.4	28	72	130	200	285	387	496	616	766	907	1100	1240
6.6	26	67	121	191	273	372	476	593	738	876	1060	1200
6.8	24	62	114	181	261	357	458	571	712	846	1030	1170
7.0	22	58	107	172	249	342	441	551	688	819	993	1130
7.2	21	55	101	164	238	329	425	532	664	792	963	1100
7.4	20	51	95	156	228	315	409	513	642	767	934	1070
7.6	18	48	90	148	218	303	394	496	621	743	907	1040
7.8	17	45	85	141	208	291	380	479	601	721	882	1010
8.0	16	43	80	135	199	279	366	463	582	699	857	981
8.2	15	40	76	128	190	268	353	448	564	679	834	956
8.4	14	38	72	122	182	257	339	432	546	660	812	932
8.6	14	36	68	116	174	246	326	417	528	641	790	910
8.8	13	34	64	110	166	236	313	402	509	621	770	888
9.0	12	32	61	105	158	225	300	386	491	602	751	867
9.2	11	30	57	99	150	215	287	371	472	582	731	847
9.4	11	28	54	94	142	204	274	354	453	560	709	828
9.6	10	26	50	88	133	192	259	337	432	537	685	809
9.8	9	24	46	81	124	179	242	316	407	509	656	786
10.0	7	19	38	68	105	154	210	277	358	454	597	739

AASHTO 2011 – Distribución del peralte, emáx 8% (Tabla)

Metric												
e (%)	V _d = 20	V _d = 30	V _d = 40	V _d = 50	V _d = 60	V _d = 70	V _d = 80	V _d = 90	V _d = 100	V _d = 110	V _d = 120	V _d = 130
	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)
NC	184	443	784	1090	1490	1970	2440	2970	3630	4180	4900	5360
RC	133	322	571	791	1090	1450	1790	2190	2680	3090	3640	4000
2.2	119	288	512	711	976	1300	1620	1980	2420	2790	3290	3620
2.4	107	261	463	644	885	1190	1470	1800	2200	2550	3010	3310
2.6	97	237	421	587	808	1080	1350	1650	2020	2340	2760	3050
2.8	88	216	385	539	742	992	1240	1520	1860	2160	2550	2830
3.0	81	199	354	496	684	916	1150	1410	1730	2000	2370	2630
3.2	74	183	326	458	633	849	1060	1310	1610	1870	2220	2460
3.4	68	169	302	425	588	790	988	1220	1500	1740	2080	2310
3.6	62	156	279	395	548	738	924	1140	1410	1640	1950	2180
3.8	57	144	259	368	512	690	866	1070	1320	1540	1840	2060
4.0	52	134	241	344	479	648	813	1010	1240	1450	1740	1950
4.2	48	124	224	321	449	608	766	948	1180	1380	1650	1850
4.4	43	115	208	301	421	573	722	895	1110	1300	1570	1760
4.6	38	106	192	281	395	540	682	847	1050	1240	1490	1680
4.8	33	96	178	263	371	509	645	803	996	1180	1420	1610
5.0	30	87	163	246	349	480	611	762	947	1120	1360	1540
5.2	27	78	148	229	328	454	579	724	901	1070	1300	1480
5.4	24	71	136	213	307	429	549	689	859	1020	1250	1420
5.6	22	65	125	198	288	405	521	656	819	975	1200	1360
5.8	20	59	115	185	270	382	494	625	781	933	1150	1310
6.0	19	55	106	172	253	360	469	595	746	894	1100	1260
6.2	17	50	98	161	238	340	445	567	713	857	1060	1220
6.4	16	46	91	151	224	322	422	540	681	823	1020	1180
6.6	15	43	85	141	210	304	400	514	651	789	982	1140
6.8	14	40	79	132	198	287	379	489	620	757	948	1100
7.0	13	37	73	123	185	270	358	464	591	724	914	1070
7.2	12	34	68	115	174	254	338	440	561	691	879	1040
7.4	11	31	62	107	162	237	318	415	531	657	842	998
7.6	10	29	57	99	150	221	296	389	499	621	803	962
7.8	9	26	52	90	137	202	273	359	462	579	757	919
8.0	7	20	41	73	113	168	229	304	394	501	667	832

AASHTO 2011 – Distribución del peralte, emáx 6% (Tabla)

Metric												
e (%)	$V_d = 20$	$V_d = 30$	$V_d = 40$	$V_d = 50$	$V_d = 60$	$V_d = 70$	$V_d = 80$	$V_d = 90$	$V_d = 100$	$V_d = 110$	$V_d = 120$	$V_d = 130$
	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)
NC	194	421	738	1050	1440	1910	2360	2880	3510	4060	4770	5240
RC	138	299	525	750	1030	1380	1710	2090	2560	2970	3510	3880
2.2	122	265	465	668	919	1230	1530	1880	2300	2670	3160	3500
2.4	109	236	415	599	825	1110	1380	1700	2080	2420	2870	3190
2.6	97	212	372	540	746	1000	1260	1540	1890	2210	2630	2930
2.8	87	190	334	488	676	910	1150	1410	1730	2020	2420	2700
3.0	78	170	300	443	615	831	1050	1290	1590	1870	2240	2510
3.2	70	152	269	402	561	761	959	1190	1470	1730	2080	2330
3.4	61	133	239	364	511	697	882	1100	1360	1600	1940	2180
3.6	51	113	206	329	465	640	813	1020	1260	1490	1810	2050
3.8	42	96	177	294	422	586	749	939	1170	1390	1700	1930
4.0	36	82	155	261	380	535	690	870	1090	1300	1590	1820
4.2	31	72	136	234	343	488	635	806	1010	1220	1500	1720
4.4	27	63	121	210	311	446	584	746	938	1140	1410	1630
4.6	24	56	108	190	283	408	538	692	873	1070	1330	1540
4.8	21	50	97	172	258	374	496	641	812	997	1260	1470
5.0	19	45	88	156	235	343	457	594	755	933	1190	1400
5.2	17	40	79	142	214	315	421	549	701	871	1120	1330
5.4	15	36	71	128	195	287	386	506	648	810	1060	1260
5.6	13	32	63	115	176	260	351	463	594	747	980	1190
5.8	11	28	56	102	156	232	315	416	537	679	900	1110
6.0	8	21	43	79	123	184	252	336	437	560	756	951

AASHTO 2011 – Distribución del peralte, emáx 4% (Tabla)

Metric									
e (%)	$V_d = 20$	$V_d = 30$	$V_d = 40$	$V_d = 50$	$V_d = 60$	$V_d = 70$	$V_d = 80$	$V_d = 90$	$V_d = 100$
	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h	km/h
	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)	R (m)
NC	163	371	679	951	1310	1740	2170	2640	3250
RC	102	237	441	632	877	1180	1490	1830	2260
2.2	75	187	363	534	749	1020	1290	1590	1980
2.4	51	132	273	435	626	865	1110	1390	1730
2.6	38	99	209	345	508	720	944	1200	1510
2.8	30	79	167	283	422	605	802	1030	1320
3.0	24	64	137	236	356	516	690	893	1150
3.2	20	54	114	199	303	443	597	779	1010
3.4	17	45	96	170	260	382	518	680	879
3.6	14	38	81	144	222	329	448	591	767
3.8	12	31	67	121	187	278	381	505	658
4.0	8	22	47	86	135	203	280	375	492

AASHTO 2011 – Ejemplo determinación de peralte

Para velocidad directriz 100 km/h, y peraltes máximos 6, 8, 10 y 12%, los radios a partir de los cuales corresponde Bombeo Removido (RC) y Bombeo Normal (NC) son:

emáx (%)	Radio Bombeo Removido (m)	Radio Bombeo Normal (m)
12	2770	3720
10	2740	3690
8	2680	3630
6	2560	3510

El peralte de una curva de radio R será diferente según cuál sea el peralte máximo; por ejemplo, para velocidad directriz 100 km/h, el peralte de una curva de **radio 500 m** será **5.9, 7.6, 8.9, 9.7**, para **emáx 6, 8, 10 o 12%** respectivamente. Esta diferencia de peraltes se mantiene para todos los radios mayores que mínimo y menores que el correspondiente a Bombeo Normal (3720 m, para velocidad directriz 100 km/h).

R (m)	e para emáx = 6%	e para emáx = 8%	e para emáx = 10%	e para emáx = 12%
500	5.9	7.6	8.9	9.7
1000	4.2	4.8	5.1	5.2
1500	3.2	3.4	3.5	3.6
2500	2.05	2.14	2.18	2.21

Conclusión:

Según **AASHTO**, para una determinada **VD**, una curva de radio R tendrá un **peralte diferente** según cual fuere el **peralte máximo adoptado**.

2.2 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE DNV 67/80

*Para un diseño equilibrado de las curvas horizontales deben determinarse los radios para que a la velocidad directriz se utilicen **valores de fricción inferiores a los máximos establecidos como seguros**.*

Radios mínimo deseables

*Para una determinada VD, a partir del radio mínimo absoluto, al crecer los radios **f disminuye**. Convencionalmente, un primer criterio para fijar radios deseables sería el de encuadrar en ellos a los que a la velocidad directriz desarrollan una **fricción menor que la mitad de la máxima**, para esa velocidad directriz. Un segundo criterio sería considerar como deseables los **radios que durante la noche permitan iluminar suficientemente a objetos colocados en la calzada de la curva del camino, a una distancia igual a la de frenado**. Si se adoptara la distancia de frenado correspondiente a la velocidad directriz, los radios mínimos que cumplirían las condiciones anteriores serían excesivamente grandes para velocidades directrices elevadas.*

No obstante, como por lo general la velocidad de los vehículos es menor durante la noche, se considera suficiente adoptar la distancia de frenado correspondiente a una velocidad igual al 90% de la directriz. Cuadro N° II-8, pág. 27.

VD (km/h)	Radio mínimo deseable (m)
100	250
110	400
120	600
130	1200

La suposición de velocidades menores que la directriz en operación nocturna no fue confirmada por la realidad, y suponer distancias de frenado en curva iguales a las calculadas en los alineamientos rectos no es correcto, dado que la fricción longitudinal disponible disminuye por el consumo de parte la fricción total por la fricción lateral en las curvas.

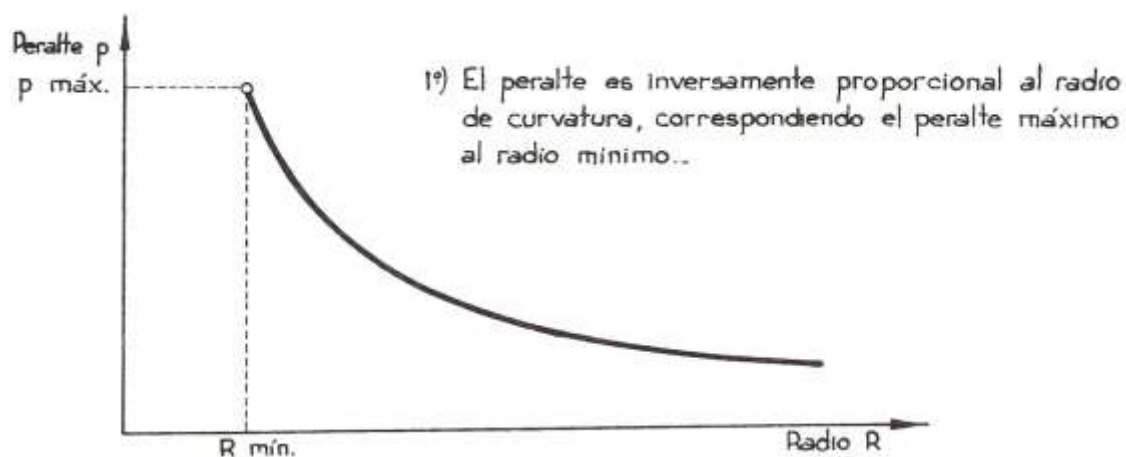
Este error conceptual suele cometerse también para el cálculo de la separación 'm' a obstáculos laterales en el interior de las curvas horizontales para proveer distancia visual de detención.

No se explican las causas, de estos radios mínimos deseables; ¿visibilidad, seguridad, comodidad?

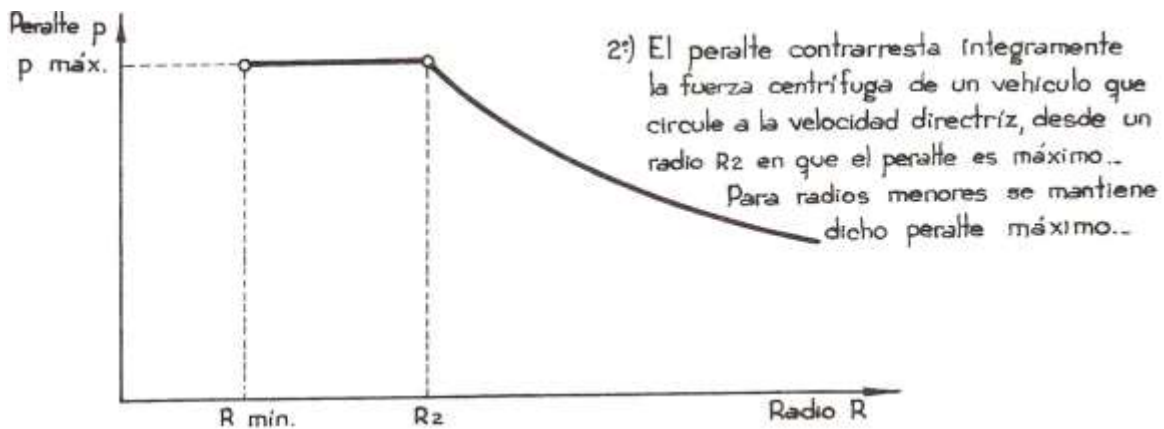
Distribución del peralte

Para una velocidad directriz dada, hay diversos métodos de fijar el peralte en función del radio:

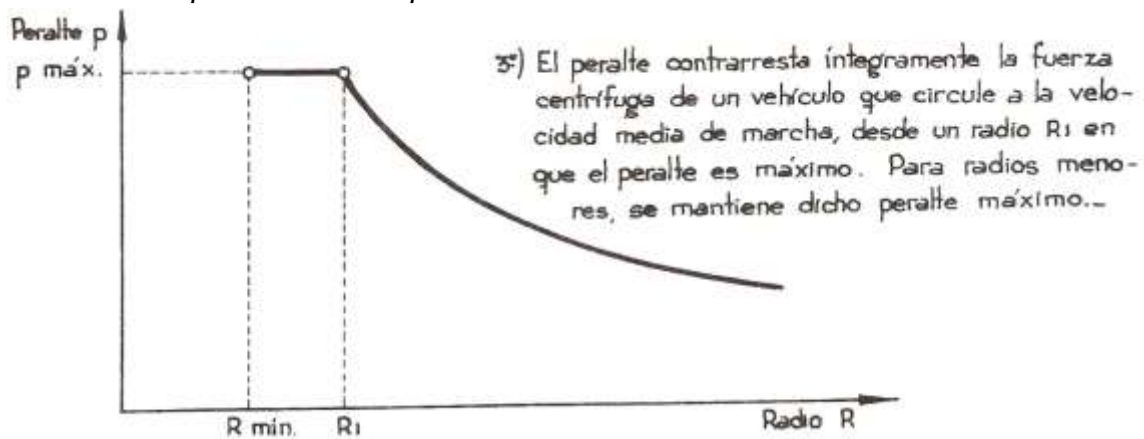
1. El peralte se hace inversamente proporcional al radio; al peralte máximo corresponde $R_{\text{mínimo}}$.



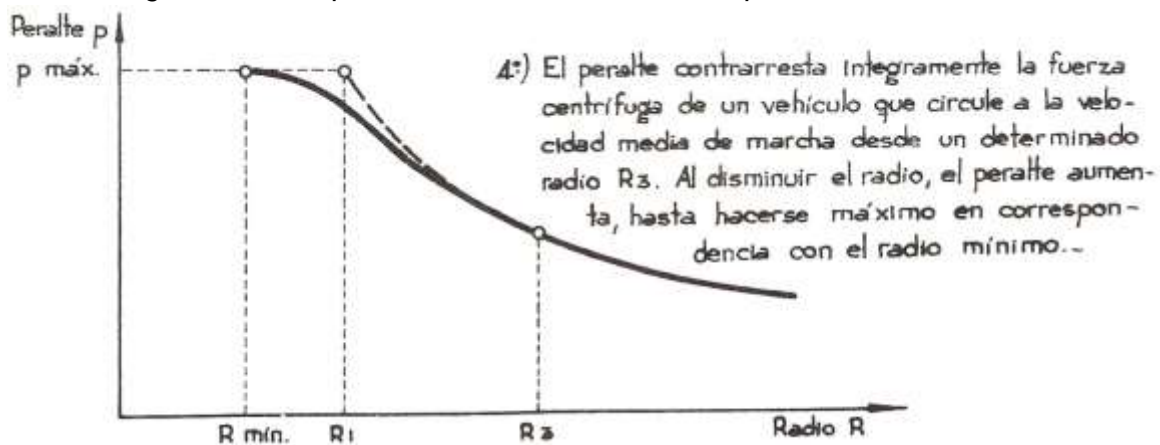
2. El peralte se determina para que contrarreste la fuerza centrífuga sobre un vehículo que viaje la velocidad directriz desde un radio que corresponde a peralte máximo. Para curvas de radios menores se mantiene el peralte máximo.



3. Similar al método anterior, excepto que se basa en la velocidad media de marcha, velocidad de operación del 50º percentil.



4. Para radios grandes, el peralte se determina para que contrarreste totalmente la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo que se desplace a la velocidad media de marcha (en este rango de radios 'grandes' el método es similar al Método 4 de AASHTO). A partir de un determinado radio (R_3) y hasta el radio mínimo absoluto ($R_{mín}$), el peralte aumenta gradualmente para hacerse máximo en correspondencia con el radio mínimo.



Para caminos rurales, la **DNV 67/80** adopta el **Método 4º** para distribuir el peralte y la fricción transversal para todas las curvas con radio mayor al mínimo absoluto para la velocidad directriz. En función del radio y de la velocidad directriz, los peraltes están dados en las tablas N° 3, 4 y 5.

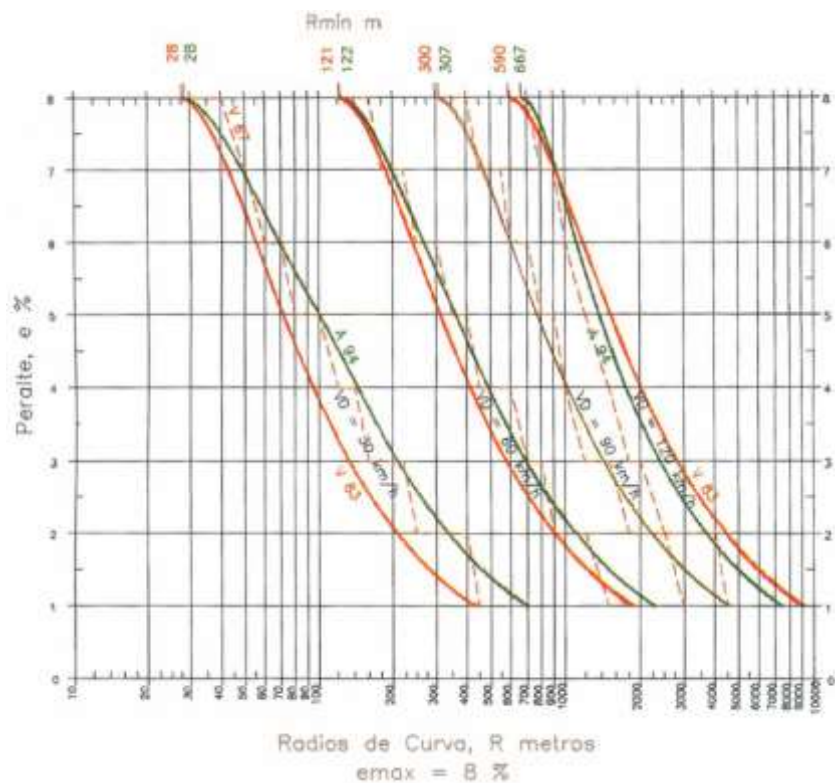
Los valores de peralte en % están tabulados redondeados a la unidad, por lo que resulta una representación gráfica escalonada; las ecuaciones de regresión de prueba y mejor ajuste tienen una imprecisión desconocida porque se desconocen los redondeos.

En 1983 el Intal de Chile publicó el proyecto de *Normas Unificadas de Diseño Geométrico de los Países del Cono Sur*, en las cuales se acordó establecer la relación del peralte y los radios superiores al mínimo mediante una expresión de las normas brasileras según la cual, a partir de la posición del radio mínimo absoluto (R_{\min}) y en el sentido de los radios crecientes tanto el peralte como la fricción lateral decrecen desde sus valores máximos gradual y simultáneamente hasta un valor del radio a partir del cual se mantiene constante el valor mínimo del peralte, habitualmente 2% por ser el más usual para la pendiente transversal en las rectas.

La relación se expresa mediante:

$$\text{Peralte } e = e_{\max} (2 R_{\min}/R - R_{\min}^2/R^2)$$

Estrechamente correlacionada con los valores tabulados de la DNV 67/80 Método 4, en el rango entre 60 y 120 km/h (prácticamente coincidente para 90 km/h). Para programar el cálculo del peralte, se suele adoptar esta expresión del Intal 1983 (línea roja V83 del gráfico).



La línea cortada roja escalonada representa los valores de peralte entero de la Tabla 4 DNV 67/80 para peralte máximo 8%, adoptado para *zonas rurales llanas con heladas o nevadas poco frecuentes*.

La línea continua verde representa los valores de peralte según Libro Verde AASHTO 1994, Método 5, prácticamente coincidente con V83 y DNV 67/80 para 90 km/h.

Por el redondeo a la unidad del peralte en % fue imposible determinar en la Tablas 3 (6%), 4 (8%) y 5 (10%) los radios R_3 , y R_1 .

La relación entre los elementos característicos de una curva horizontal: velocidad, radio, peralte y fricción transversal se muestra también en un nomograma N de "Trazado y diseño geométrico de caminos rurales", **ingeniero Francisco Justo Sierra**, Escuela de Graduados de Ingeniería de Caminos, **EGIC**.

DNV 67/80 – Tabla Nº 4, peralte máximo 8%

TABLA Nº 4

ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES DE 2 TROCHAS, EN FUNCION DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ, PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 8 %-V: Velocidad directriz, en Km/h; R Radio, en m; P Peralte, en %; L₀ Longitud mínima de transición, en m; S Sobreebancho, en m.

R (m)	V = 30 Km/h			V = 40 Km/h			V = 50 Km/h			V = 60 Km/h			V = 70 Km/h			V = 80 Km/h			V = 90 Km/h			V = 100 Km/h			V = 110 Km/h			V = 120 Km/h			V = 130 Km/h			V = 140 Km/h				
	P	L ₀	S	P	L ₀	S	P	L ₀	S	P	L ₀	S	P	L ₀	S	P	L ₀	S	P	L ₀	S	P	L ₀	S	P	L ₀	S	P	L ₀	S	P	L ₀	S					
30	8	30**	2,40																																			
40	6	30**	1,90																																			
50	7	30**	1,85																																			
80	6	30**	1,30	8	40	1,80																																
70	6	30**	1,10	8	40	1,40																																
80	5	30**	1,00	7	50**	1,30	8	50	1,40																													
90	5	30**	0,90	7	50**	1,10	8	50	1,30																													
100	5	30**	0,90	7	50**	1,10	8	50	1,30																													
120	4	30**	0,70	6	50**	0,90	7	40**	1,00	8	60	1,10																										
140	4	30**	0,60	6	50**	0,80	7	40**	0,90	8	50	1,00																										
160	3	30**	0,60	5	30**	0,70	7	40**	0,80	8	50	0,90																										
180	3	30**	0,50	5	30**	0,70	6	40**	0,70	7	40**	0,80																										
200	3	30		4	30**	0,60	6	40**	0,70	7	40**	0,80	8	50	0,90																							
220	3	30		4	30**	0,60	6	40**	0,60	7	40**	0,70	8	50	0,80																							
350	2	30		4	30**	0,50	5	30**	0,60	6	40**	0,70	7	50	0,80																							
360	2	30		3	30		5	30**	0,50	6	40**	0,60	7	50	0,70																							
350	2	30		3	30		5	30**	0,50	6	40**	0,60	7	50	0,70																							
450	1	30		2	30		5	40**	0,50	6	40**	0,60	7	50	0,70																							
500				2	30		4	30		5	40																											
400	2	30		3	30		4	30		5	40																											
550				2	30		3	30		4	40																											
600				2	30		3	30		4	40																											
700				1	30		3	30		4	40																											
800				1	30		3	30		4	40																											
900				2	30		3	30		4	40																											
1000				2	30		3	30		4	40																											
1200				2	30		3	30		4	40																											
1500				2	30		3	30		4	40																											
1800				2	30		3	30		4	40																											
2000				1	30		3	30		4	40																											
2500				1	30		3	30		4	40																											
3000				1	30		3	30		4	40																											
3500				1	30		3	30		4	40																											
4000				1	30		3	30		4	40																											
4500				1	30		3	30		4	40																											
5000				1	30		3	30		4	40																											
6000				1	30		3	30		4	40																											
7000				1	30		3	30		4	40																											
8000				1	30		3	30		4	40																											
9000				1	30		3	30		4	40																											

NOTAS: (*) Aunque deseades por razones de estética, las transiciones no son indispensables para radios ubicados bajo la línea lisa (—). En estos casos, las longitudes indicadas son las mínimas sobre las que deberá desarrollarse el pasillo.
 (**) Para los casos indicados con doble offset (P-S) pueden reemplazarse las transiciones espirales por transiciones simples, ubicando el sobreebancho en el interior de la curva circular.

DNV67/80 – Nomograma N – Velocidad, radio, peralte y fricción transversal – EGIC

RELACION ENTRE LOS ELEMENTOS CARACTERISTICOS DE UNA CURVA HORIZONTAL.

● FORMULAS

$$a) R = \frac{V^2}{127(p + f)}$$

$$b) f_l \text{ MAX}_{obs} = 0,196 - 0,0007 V$$

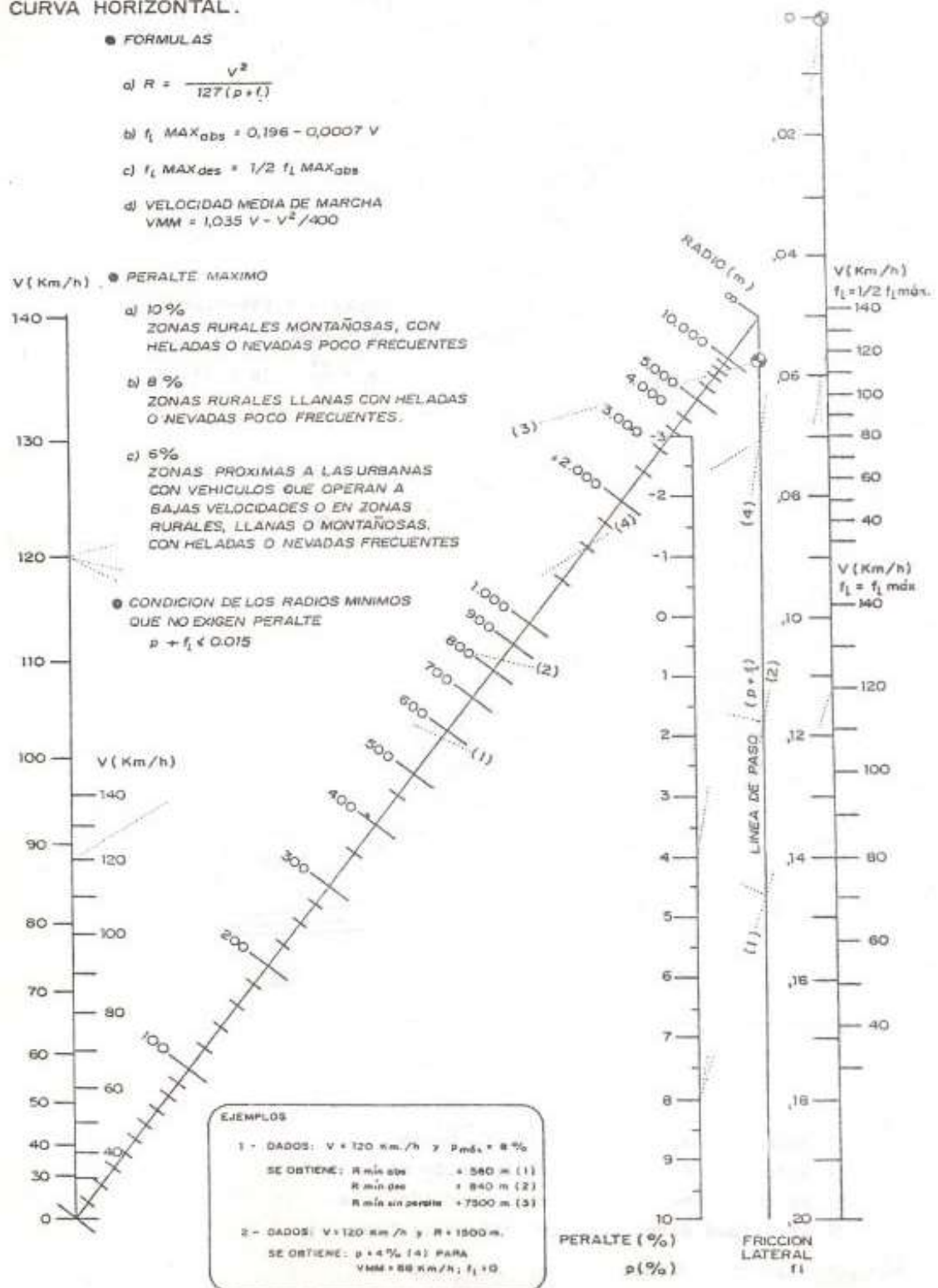
$$c) f_l \text{ MAX}_{des} = 1/2 f_l \text{ MAX}_{obs}$$

$$d) \text{VELOCIDAD MEDIA DE MARCHA} \\ VMM = 1,035 V - V^2/400$$

● PERALTE MAXIMO

- a) 10%
ZONAS RURALES MONTAÑOSAS, CON HELADAS O NEVADAS POCO FRECUENTES
- b) 8%
ZONAS RURALES LLANAS CON HELADAS O NEVADAS POCO FRECUENTES.
- c) 6%
ZONAS PRÓXIMAS A LAS URBANAS CON VEHICULOS QUE OPERAN A BAJAS VELOCIDADES O EN ZONAS RURALES, LLANAS O MONTAÑOSAS, CON HELADAS O NEVADAS FRECUENTES

● CONDICION DE LOS RADIOS MINIMOS QUE NO EXIGEN PERALTE
 $p + f_l \leq 0,015$



DNV 67/80 – Relación V - e - R

La **DNV 67/80** no indica cómo se calcula el **R3**, a partir del cual los radios serían ‘grandes’, se desconoce la ley del ‘aumento gradual’ del peralte entre **R3** y **Rmín**. Los valores de peralte en % están tabulados redondeados a la unidad.

En el documento del ingeniero **Eduardo Rosendo Moreno** “Distintos criterios para determinar el peralte”, que la Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña (**EICAM**) provee como bibliografía de sus Cursos de Posgrado, se menciona que para definir el radio **R3** de las normas DNV 67/80, se considera que la curvatura de **R1** es el punto medio de las curvaturas de **Rmín** y **R3**:

$$R3 = \frac{R1 \times Rmín}{(2 \times Rmín - R1)}$$

Rmín: radio para Velocidad directriz, peralte máximo y fricción máxima

R1: radio para Velocidad media de marcha, peralte máximo y fricción nula.

Esta expresión es válida y toma valores significativos si $2Rmín > R1$.

En los casos que $R3 > 0$, la variación del peralte en función de la curvatura se determina sobre los siguientes principios:

- Para $R > R3$, la fuerza centrífuga correspondiente a velocidad media de marcha se contrarresta únicamente con peralte:

$$e = \frac{emáx \times R1}{R}$$

- Para $R3 > R > Rmín$ se sigue una ley de variación parabólica:

$$e = emáx \times \left(\frac{R1}{R3} \right) \times \left[\frac{R3}{R} - \frac{Rmín}{2(R3 - Rmín)} \times \left(\frac{R3}{R} - 1 \right)^2 \right]$$

En los casos que $R3 < 0$, el documento del ingeniero Moreno menciona que se debe adoptar $1/R3 = 0$ y considerar la función de variación del peralte como una parábola asimétrica. Se presentan los siguientes casos:

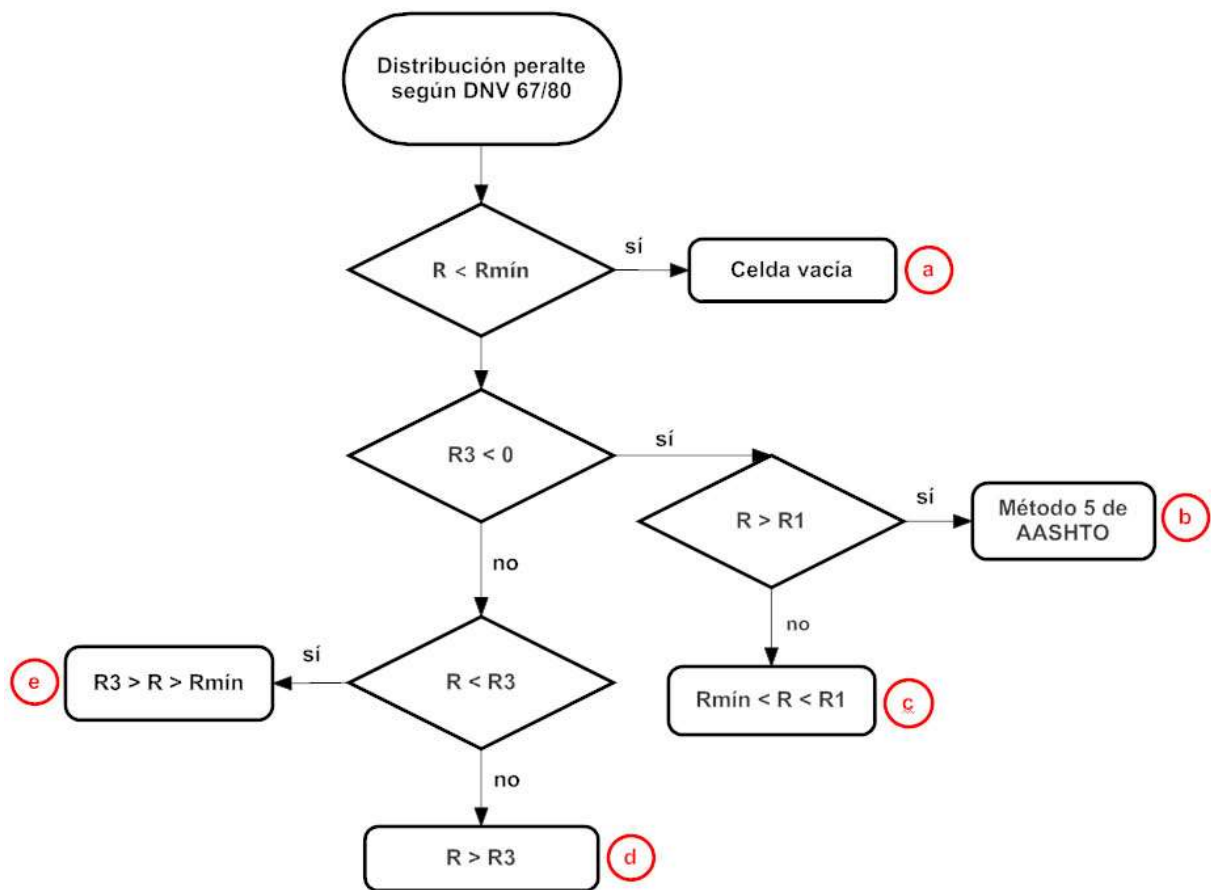
- Para $R > R1$, se adopta el Método 5 de AASHTO:

$$e = emáx \times \left(\frac{R1}{R} \right) \times \left[1 - \left(\frac{R1 - Rmín}{2R} \right) \right]$$

- Para $Rmín < R < R1$:

$$e = emáx \times \left[1 - \left(\frac{R1}{2R^2} \right) \times \frac{(R - Rmín)^2}{(R1 - Rmín)} \right]$$

A continuación, un resumen del cálculo y las expresiones correspondientes para determinar el peralte según DNV 67/80:



$$VMM = 1.035 \times VD - \left(\frac{VD^2}{400} \right)$$

$$FTH = 0.196 - 0.0007 \times VD$$

$$R_{mín} = \frac{VD^2}{127 \times (emáx + FTH)}$$

$$R1 = \frac{VMM^2}{127 \times emáx}$$

$$R3 = \frac{R1 \times R_{mín}}{2 \times R_{mín} - R1}$$

(a) Adoptar Mayor Radio

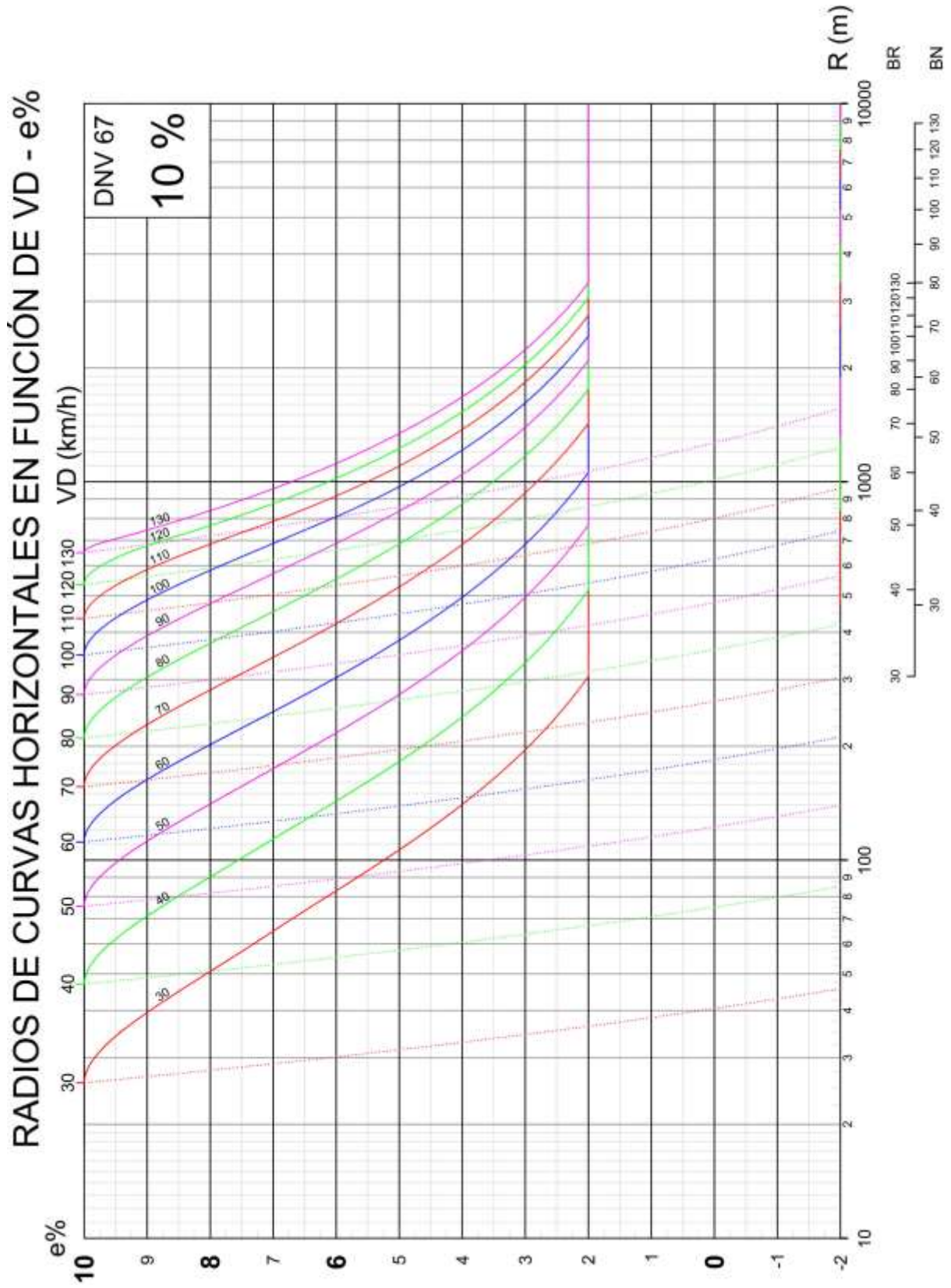
(b)
$$e = emáx \times \left(\frac{R1}{R} \right) \times \left[1 - \left(\frac{R1 - R_{mín}}{2R} \right) \right]$$

(c)
$$e = emáx \times \left[1 - \left(\frac{R1}{2R^2} \right) \times \frac{(R - R_{mín})^2}{(R1 - R_{mín})} \right]$$

(d)
$$e = \frac{emáx \times R1}{R}$$

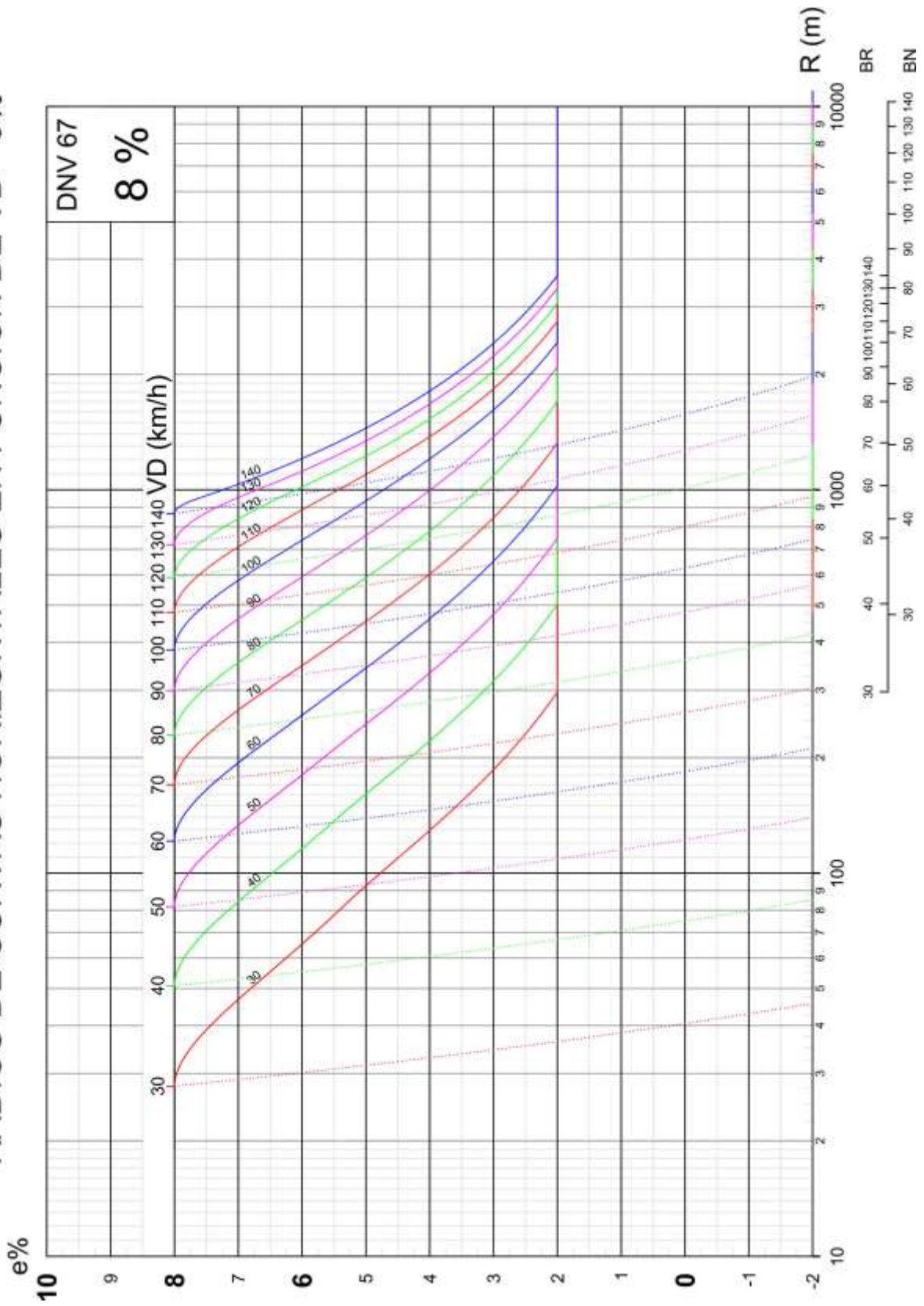
(e)
$$e = emáx \times \left(\frac{R1}{R3} \right) \times \left[\frac{R3}{R} - \frac{R_{mín}}{2(R3 - R_{mín})} \times \left(\frac{R3}{R} - 1 \right)^2 \right]$$

DNV 67/80 – Distribución del peralte, emáx 10%



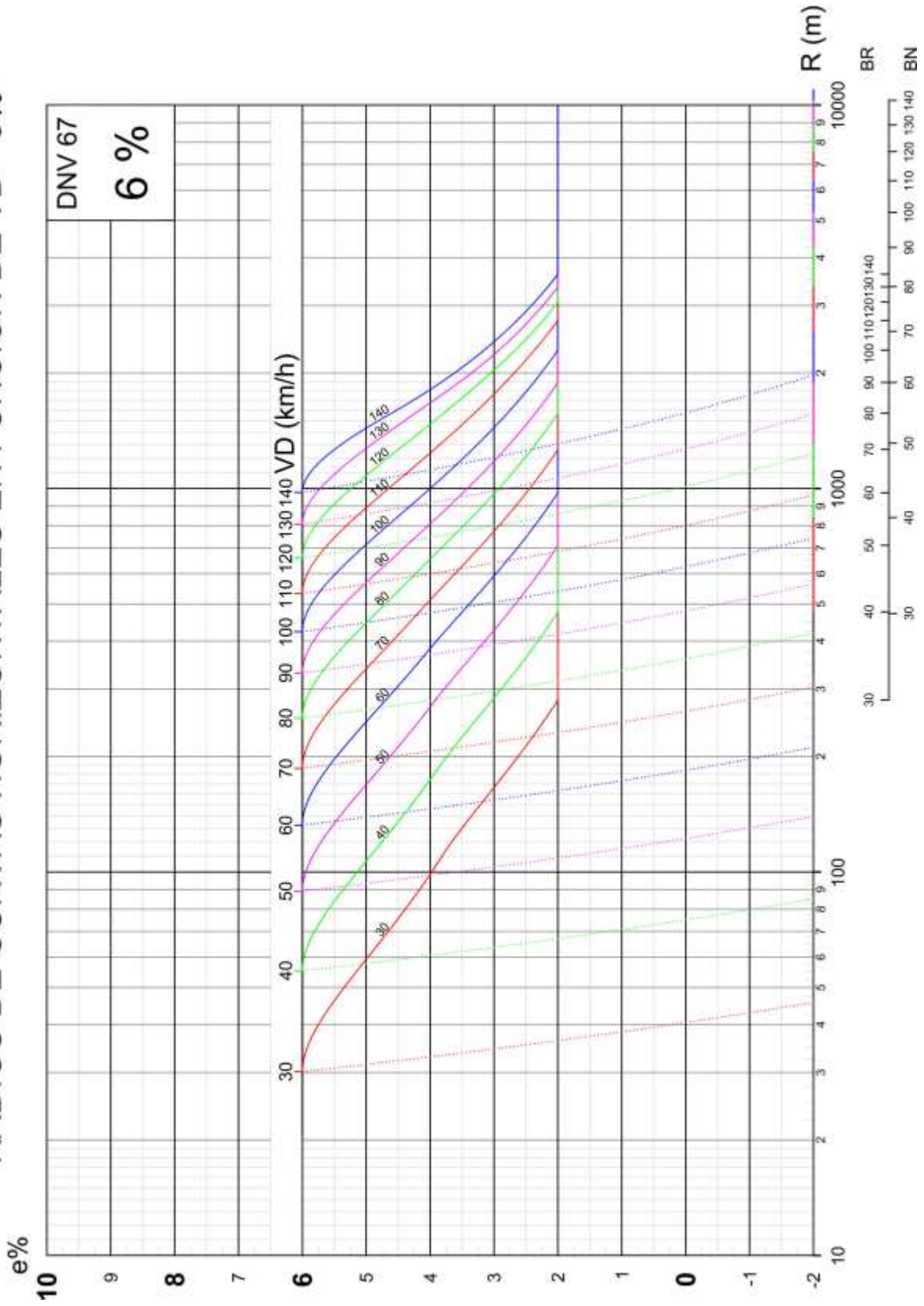
DNV 67/80 – Distribución del peralte, emáx 8%

RADIOS DE CURVAS HORIZONTALES EN FUNCIÓN DE VD - e%



DNV 67/80 – Distribución del peralte, emáx 6%

RADIOS DE CURVAS HORIZONTALES EN FUNCIÓN DE VD - e%



DNV 67/80 – Valores de Rmín, R1 y R3 para diferentes Velocidades Directrices y emáx

Valores de Rmín, R1 y R3 para diferentes velocidades directrices y peraltes máximos:

VD	VMM	Rmín: VD; ftmáx; emáx			R1: VMM; ft=0; emáx			R3		
		6%	8%	10%	6%	8%	10%	6%	8%	10%
25	24	21	19	18	78	58	47	-44	-55	-73
30	29	30	28	26	110	82	65	-68	-87	-122
40	37	55	51	47	180	140	110	-139	-194	-321
50	46	89	82	75	270	200	160	-259	-412	-1010
60	53	130	120	110	370	280	220	-466	-954	21000
70	60	190	170	160	480	360	280	-862	-3617	1600
80	67	250	230	210	590	440	350	-1807	5300	1100
90	73	330	300	270	700	520	420	-6314	2100	890
100	79	420	380	350	810	610	480	9000	1500	800
110	84	530	480	430	920	690	550	3300	1200	750
120	88	660	590	530	1000	770	610	2300	1100	720
130	92	810	720	650	1100	840	670	1800	1000	690
140	96	980	870	780	1200	900	720	1600	950	680

NOTA: En la tabla se adoptaron valores de radios redondeados a no más de dos cifras significativas

Según el Método 4º adoptado por la DNV 67/80 para distribuir el peralte y la fricción en caminos rurales, para **radios grandes**, el **peralte** se determina para que **contrarreste totalmente la fuerza centrífuga** que actúa sobre un vehículo que se desplace a la **velocidad media de marcha**. Esta sería la '**condición deseada**'. En este rango de radios 'grandes' el Método 4º es similar al Método 4 de AASHTO.

La condición de '**grande**' de un **radio** ($\geq R3$), a partir de la cual se define la 'condición deseada', depende de la velocidad directriz y del peralte máximo. Así, por ejemplo, para VD **100 km/h** (VMM = **79 km/h**) y emáx **6, 8, y 10%**, resultan R3 de **9000, 1500 y 800 m** respectivamente.

La '**condición mínima**' (Rmín VD; ftmáx; emáx) '**sólo debe usarse en casos extremos**', según consta en la Nota 1º de Tablas N° 3 (6%), N°4 (8%) y N°5 (10%), DNV 67/80. Para velocidad directriz **100 km/h** y peraltes máximos **6, 8, y 10%** resultan valores de Rmín de **420, 380 y 350 m** respectivamente.

La condición intermedia de '**aumento gradual**' para VD **100 km/h**, se tiene para Radios comprendidos entre:

420 y 9000 m; para emáx **6%**

380 y 1500 m; para emáx **8%**

350 y 800 m; para emáx **10%**

La '**condición deseada**' desaparece ($R3 < 0$) para:

emáx **6%** con VD **90 km/h o menores**

emáx **8%** con VD **70 km/h o menores**

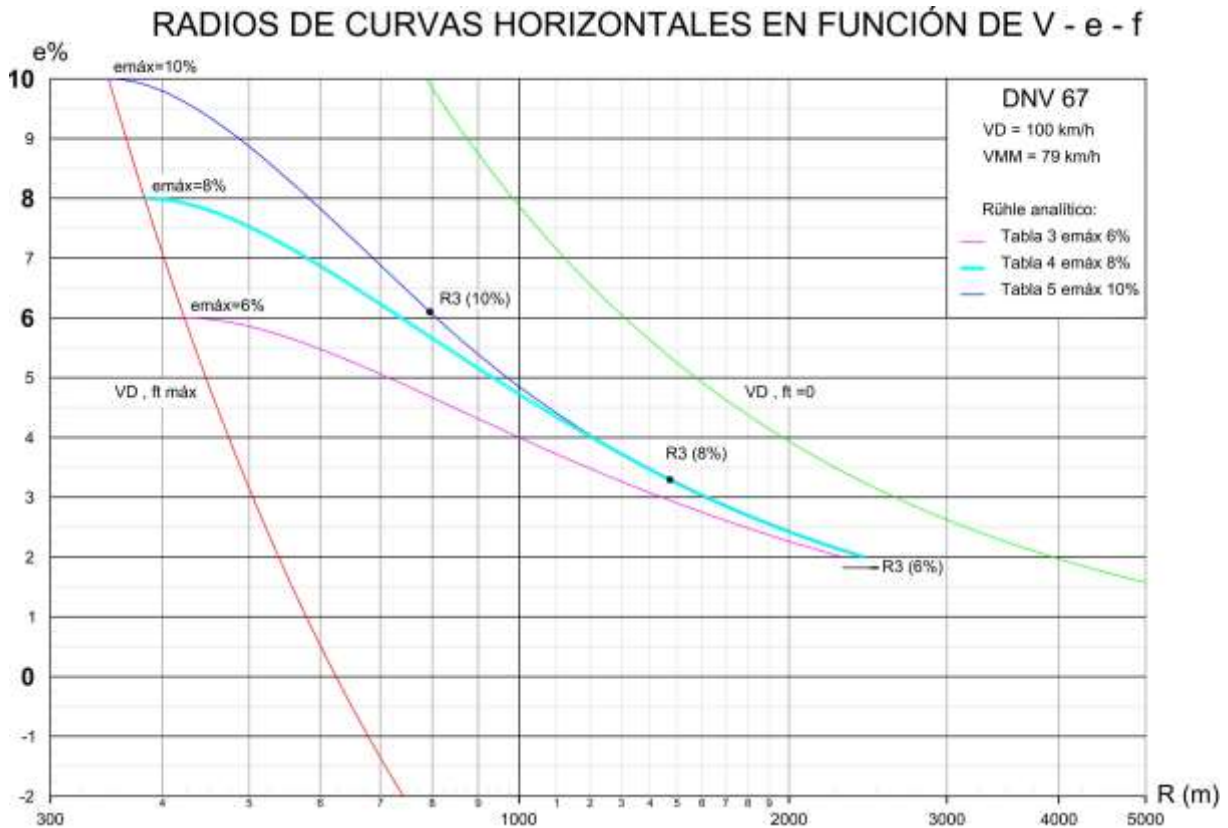
emáx **10%** con VD **50 km/h o menores**

Conclusión:

La condición de '**aumento gradual**' entre la '**condición deseada**' y la '**condición mínima**' que '**sólo debe usarse en casos extremos**' es la que **predomina, hasta el extremo** de que la **condición deseada puede desaparecer**.

DNV 67/80 – Ejemplo determinación de peralte

Para velocidad directriz 100 km/h, velocidad media de marcha 79 km/h, se graficó la distribución de peralte para peralte máximo 6, 8 y 10%.



Para esta velocidad ($VD = 100 \text{ km/h}$), el Radio R_3 a partir del cual el peralte determinado contrarresta totalmente la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo que se desplaza a la velocidad media de marcha es, para:

- emáx 10% $R_3 = 800 \text{ m}$
- emáx 8% $R_3 = 1500 \text{ m}$
- emáx 6% $R_3 = 9000 \text{ m}$

A partir de **radio 1500 m coinciden** las curvas de distribución de peralte de **emáx 8 y 10%** y a partir de **radio 9000 m coinciden las tres curvas; 6, 8 y 10%**.

El peralte de una curva de radio R será diferente según cuál sea el peralte máximo; p.e., el peralte de una curva de radio 500 m será 5.9, 7.5 o 8.9, para emáx 6, 8 o 10%. Teóricamente, para $VD 100 \text{ km/h}$ esta diferencia de peraltes se extiende hasta radio 9000 m. Como por drenaje el peralte se limita a 2%, la diferencia se mantiene hasta radio 2500 m.

R (m)	e para emáx = 6%	e para emáx = 8%	e para emáx = 10%
500	5.9	7.5	8.9
1000	4	4.7	4.9
1500	2.9	3.2	3.2
2500	2	2	2

Conclusión:

Según la **DNV 67/80**, para una determinada **VD**, una curva de radio R tendrá un **peralte diferente según** cual fuere el **peralte máximo adoptado**.

2.3 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE ANDG DNV 10

Hasta antes de la asistencia de la computación al diseño vial de los alineamientos horizontales y verticales, el proyectista se basaba en tablas con valores enteros, prácticos y redondos de las variables independientes habituales: velocidad directriz, radios, longitudes de transiciones, parámetros de curvas verticales, valores del peralte; y juegos de plantillas de celuloide de círculos, clotoides y parábolas que se adaptaban a los valores tabulados.

Desde los años 70/80 el proyectista tiene herramientas de cálculo y dibujo mucho más potentes y veloces, y facilidad para adaptar en mucho menos tiempo sus alineamientos a los controles del terreno o de paso obligado; hallar los radios fijando tres puntos por dónde se quiere pasar, o con una tangente y dos puntos, o dos tangentes y un punto o..., sin que se demoren los cálculos. Las computadoras, calculadoras científicas, programas viales, simulaciones, permitieron hacer muchos más intentos en menor tiempo. Esto favoreció el desarrollo del método de prueba-y-error, tan recomendable en el arte de proyectar.

En la actualización de las Normas de Diseño Geométrico de la DNV, ANDG 10, se mantuvieron las tablas para graduar la transición a las poderosas herramientas actuales de cálculo, aunque con las expresiones de los modelos matemáticos de aplicación hubiera sido suficiente.

En relación con la distribución del peralte y fricción transversal se ejerció un pretendido eclecticismo entre DNV 67/80 y los Libros Verdes de AASHTO.

Radio mínimo deseable

*Para la velocidad directriz y peralte máximo dados, es el valor del **radio calculado con la velocidad media de marcha en flujo libre correspondiente a la velocidad directriz, para el cual el coeficiente de fricción transversal húmeda es nulo.***

Se privilegia la seguridad y comodidad de la mayoría de los conductores que circulan a velocidad media de marcha (50º percentil) en flujo libre.

La velocidad de operación, es la velocidad prototípica del 85º percentil de los vehículos en condiciones convenidas de flujo libre: sólo automóviles, intervalo igual o mayor que 5 segundos, calzada húmeda, buenas condiciones climáticas e iluminación, número mínimo especificado de registros.

De contarse con datos propios que relacionen la velocidad de operación con la velocidad directriz convendría adoptar la velocidad de operación en lugar de la velocidad media de marcha.

Tabla 3.9 ANDG 10: Radios mínimos absolutos y deseables para emáx 6, 8 y 10% y velocidad directriz entre 25 y 140 km/h.

Velocidad directriz	emáx 6%		emáx 8%		emáx 10%	
	Radios mínimos		Radios mínimos		Radios mínimos	
	Deseable	Absoluto	Deseable	Absoluto	Deseable	Absoluto
km/h	m	m	m	m	m	m
25	80	20	60	20	50	20
30	120	30	90	30	70	25
40	210	55	155	50	125	50
50	290	90	220	85	175	75
60	395	135	300	120	240	110
70	515	185	385	170	310	155
80	645	250	480	230	385	210
90	785	340	585	305	470	280
100	935	450	700	405	560	365
110	1095	585	820	520	655	470
120	1270	755	950	665	760	595
130	1450	970	1085	845	870	750
140	1640	1235	1230	1065	985	935

Distribución del peralte

En la actualización **ANDG 10 se adoptó Método 3 DNV 67/80** de distribución del peralte de las curvas horizontales, que es **igual al Método 4º DNV 67/80 SIN el aumento gradual del peralte entre R3 y Rmín** y es **igual al Método 4 de AASHTO**.

El peralte contrarresta íntegramente la fuerza centrífuga de un vehículo que circule en flujo libre a la VMM correspondiente a la VD, desde un radio RmínDes en que el peralte es máximo. Para radios menores hasta el RmínAbs, se mantiene el peralte máximo

Las Tablas 3.11 de la Actualización ANDG10 tienen los radios mínimos deseables (RmínDes), radios mínimos absolutos (RmínAbs), peraltes (e), longitudes de transiciones mínimas (Lemín) y sobreamanchos (S), para velocidades directrices (V) desde 25 km/h hasta 140 km/h, para peralte máximo (emáx) de 6, 8 y 10%.

- El peralte se designa **e** en lugar de **p** como en la DNV 67/80 para no confundir con el retranqueo (offset) de la clotoide (curva de transición), y adecuarse a las designaciones de los programas viales, y el uso internacional.
- Valores de peralte se redondearon a un decimal en %
- Radios, longitudes de transiciones, redondeados a dos decimales, cm

Se construyó un nomograma N representativo de la relación entre los elementos característicos de una curva horizontal: velocidad, radio, peralte y fricción transversal para la Actualización ANDG 10.

ANDG 10 – Tabla 3.11, peralte máximo 10%



**ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES
EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 10%**

R m	V = 25 km/h VMM = 20 km/h			V = 30 km/h VMM = 30 km/h			V = 40 km/h VMM = 40 km/h			V = 50 km/h VMM = 47 km/h			V = 60 km/h VMM = 55 km/h			V = 70 km/h VMM = 63 km/h			V = 80 km/h VMM = 70 km/h			R m	
	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m		
20	10	45	5,6																				20
30	10	45	4,3	10	45	4,4																	30
40	10	45	3,3	10	45	3,3																	40
50	9,8	45	2,6	10	45	2,7	10	50	2,8														50
60	8,2	35	2,2	10	45	2,3	10	50	2,4	10	50	2,1											60
70	7	30	1,9	10	45	2	10	50	2,1	10	50	1,9	10	55	2								70
80	6,2	30	1,7	8,9	40	1,7	10	50	1,9	10	50	1,8	10	50	1,5	10	70	1,6					80
90	5,5	30	1,5	7,9	35	1,6	10	50	1,7	10	50	1,6	10	50	1,4	10	65	1,5					90
100	4,9	30	1,4	7,1	30	1,4	10	50	1,5	10	50	1,4	10	50	1,3	10	60	1,4					100
110	4,5	30	1,3	6,4	30	1,3	10	50	1,4	10	50	1,3	10	50	1,2	10	55	1,3					110
120	4,1	30	1,2	5,9	30	1,2	10	50	1,3	10	50	1,2	10	50	1,1	10	50	1,2					120
130	3,8	30	1,1	5,5	30	1,1	9,7	45	1,2	10	50	1,1	10	50	1,1	10	55	1,1					130
140	3,5	30	1	5,1	30	1,1	9	45	1,1	10	50	1,1	10	50	1,1	10	55	1,1					140
150	3,3	30	1	4,7	30	1	8,4	40	1,1	10	50	1,1	10	50	1,1	10	55	1,1					150
175	2,8	30	0,8	4	30	0,9	7,2	35	0,9	10	50	0,9	10	50	0,9	10	55	0,9					175
200	2,5	30	0,7	3,5	30	0,8	6,3	30	0,8	8,8	45	0,8	10	55	0,8	10	55	0,8					200
250	BR	30	0,6	2,8	30	0,6	5	30	0,7	7	35	0,8	9,5	55	0,8	10	60	0,8					250
300	BR	30	0,5	2,4	30	0,5	4,2	30	0,6	5,8	30	0,7	7,9	45	0,7	10	60	0,8					300
400	BR	30	0,4	BR	30	0,4	3,1	30	0,5	4,4	30	0,5	6	35	0,6	7,7	45	0,6					400
500	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,5	30	0,4	3,5	30	0,4	4,8	35	0,5	6,2	40	0,5					500
600	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,1	30	0,4	2,9	30	0,4	4	35	0,4	5,1	40	0,5					600
700	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,5	30	0,4	3,4	35	0,4	4,4	40	0,4					700
800	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,2	30	0,4	3	35	0,4	3,9	40	0,4					800
900	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,6	35	0,4	3,4	40	0,4					900
1000	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,4	35	0,4	3,1	40	0,4					1000
1200	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,8	35	0,4	2,6	40	0,4					1200
1300	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,4	35	0,4	2,4	40	0,4					1300
1400	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,2	35	0,4	2,2	40	0,4					1400
1500	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,1	35	0,4	2,1	40	0,4					1500
2000	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4					2000
2500	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4					2500
3000	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4					3000
3500	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4					3500
4000	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4					4000

ANDG 10 – Tabla 3.11, peralte máximo 10% (Continuación)



ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES
EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 10%

V = 90 km/h VMM = 77 km/h		V = 100 km/h VMM = 84 km/h		V = 110 km/h VMM = 91 km/h		V = 120 km/h VMM = 98 km/h		V = 130 km/h VMM = 105 km/h		V = 140 km/h VMM = 112 km/h		R	
e	S	e	S	e	S	e	S	e	S	e	S	e	S
%	m	%	m	%	m	%	m	%	m	%	m	%	m
RminAbs = 280 RminDes = 470		RminAbs = 365 RminDes = 560		RminAbs = 470 RminDes = 655		RminAbs = 595 RminDes = 760		RminAbs = 750 RminDes = 870		RminAbs = 935 RminDes = 985			
10	85	10	90	10	95	10	105	10	100	9,8	100	0,6	250
10	70	10	75	10	80	10	90	10	85	8,2	80	0,5	300
9,4	65	9,3	70	9,2	75	9,1	80	9,0	75	8,5	70	0,5	400
7,8	55	7,7	60	7,6	65	7,5	70	7,4	60	7,3	60	0,5	500
6,7	50	6,6	55	6,5	60	6,4	65	6,3	55	6,2	55	0,5	600
5,9	50	5,8	55	5,7	60	5,6	65	5,5	60	5,4	60	0,5	700
5,2	50	5,1	55	5,0	60	4,9	65	4,8	60	4,7	60	0,5	800
4,7	50	4,6	55	4,5	60	4,4	65	4,3	60	4,2	60	0,5	900
3,9	50	3,8	55	3,7	60	3,6	65	3,5	60	3,4	60	0,5	1000
3,6	50	3,5	55	3,4	60	3,3	65	3,2	60	3,1	60	0,5	1200
3,4	50	3,3	55	3,2	60	3,1	65	3,0	60	2,9	60	0,5	1300
3,1	50	3,0	55	2,9	60	2,8	65	2,7	60	2,6	60	0,5	1400
2,3	50	2,2	55	2,1	60	2,0	65	1,9	60	1,8	60	0,5	1500
2,0	50	1,9	55	1,8	60	1,7	65	1,6	60	1,5	60	0,5	2000
1,5	50	1,4	55	1,3	60	1,2	65	1,1	60	1,0	60	0,5	2500
1,0	50	0,9	55	0,8	60	0,7	65	0,6	60	0,5	60	0,5	3000
0,8	50	0,7	55	0,6	60	0,5	65	0,4	60	0,3	60	0,5	3500
0,6	50	0,5	55	0,4	60	0,3	65	0,2	60	0,1	60	0,5	4000
0,5	50	0,4	55	0,3	60	0,2	65	0,1	60	0,0	60	0,5	4500
0,4	50	0,3	55	0,2	60	0,1	65	0,0	60	0,0	60	0,5	5000
0,3	50	0,2	55	0,1	60	0,0	65	0,0	60	0,0	60	0,5	6000
0,2	50	0,1	55	0,0	60	0,0	65	0,0	60	0,0	60	0,5	7000
0,1	50	0,0	55	0,0	60	0,0	65	0,0	60	0,0	60	0,5	8000
0,0	50	0,0	55	0,0	60	0,0	65	0,0	60	0,0	60	0,5	9000
0,0	50	0,0	55	0,0	60	0,0	65	0,0	60	0,0	60	0,5	11000

Nota 1: V = Velocidad directriz, en km/h - R = Radio, en m - e = Peralte, en % - Lemín = Longitud mínima de transición para 2 carriles, en m
 Nota 2: S = Sobreelecho para 2 carriles, en m (calculado con ac = 6,7 m según práctica recomendada por la DNV)
 Nota 3: BR: Sección de bombeo normal (2%) - BR: Sección de bombeo removido, peraltado a la pendiente transversal normal (2%)
 Nota 4: La longitud máxima de transición no será superior a 1,25 Lemín
 Nota 5: Los valores de S se obtuvieron para un vehículo tipo semirremolque (l1=1,35 m; l2=4,3 m; l3=9,35 m)
 Nota 6: Los valores de S deben multiplicarse por 1,5 para calzadas de 3 carriles

ANDG 10 – Tabla 3.11, peralte máximo 8%



ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES
EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 8%

R m	V = 25 km/h VMM = 25 km/h			V = 30 km/h VMM = 30 km/h			V = 40 km/h VMM = 40 km/h			V = 50 km/h VMM = 47 km/h			V = 60 km/h VMM = 55 km/h			V = 70 km/h VMM = 63 km/h			V = 80 km/h VMM = 70 km/h			R m
	e %	L m	S m	e %	L m	S m	e %	L m	S m	e %	L m	S m	e %	L m	S m	e %	L m	S m	e %	L m	S m	
20	8	35	6,6	8	35	4,4	8	45	2,8	8	50	1,8	8	65	1,5	8	70	1,2	8	75	1	20
30	8	35	4,3	8	35	4,4	8	40	1,5	8	45	1,6	8	60	1,4	8	60	1,1	8	60	0,8	30
40	8	35	3,3	8	35	3,3	8	40	1,4	8	40	1,5	8	45	1,5	8	50	0,9	8	50	0,9	40
50	8	35	2,6	8	35	2,7	8	40	2,4	8	40	1,3	8	40	1,4	8	45	0,8	8	50	0,8	50
60	8	35	2,2	8	35	2,3	8	40	2,1	8	40	1,2	8	40	1,3	8	45	0,7	8	45	0,6	60
70	7	30	1,9	8	35	2	8	40	1,9	8	40	1,2	8	40	1,2	8	45	0,6	8	45	0,5	70
80	6,2	30	1,7	8	35	1,7	8	40	1,7	8	40	1,1	8	40	1,2	8	45	0,5	8	45	0,4	80
90	5,5	30	1,5	7,9	35	1,6	8	40	1,7	8	40	1,1	8	40	1,1	8	45	0,4	8	45	0,3	90
100	4,9	30	1,4	7,1	30	1,4	8	40	1,5	8	40	1,1	8	40	1,1	8	45	0,3	8	45	0,2	100
110	4,5	30	1,3	6,4	30	1,3	8	40	1,4	8	40	1,1	8	40	1,1	8	45	0,3	8	45	0,2	110
120	4,1	30	1,2	5,9	30	1,2	8	40	1,3	8	40	1,1	8	40	1,1	8	45	0,2	8	45	0,2	120
130	3,8	30	1,1	5,5	30	1,1	8	40	1,1	8	40	1,1	8	40	1,1	8	45	0,2	8	45	0,2	130
140	3,5	30	1	5,1	30	1,1	8	40	1,1	8	40	1,1	8	40	1,1	8	45	0,2	8	45	0,2	140
150	3,3	30	1	4,7	30	1	8	40	1,1	8	40	1,1	8	40	1,1	8	45	0,2	8	45	0,2	150
175	2,8	30	0,8	4	30	0,9	7,2	35	0,9	8	40	0,9	8	40	0,9	8	45	0,2	8	45	0,2	175
200	2,5	30	0,7	3,5	30	0,8	6,3	30	0,8	8	40	0,8	8	40	0,8	8	45	0,2	8	45	0,2	200
250	BR	30	0,6	2,8	30	0,6	5	30	0,7	7	35	0,8	8	45	0,8	8	45	0,2	8	45	0,2	250
300	BR	30	0,5	2,4	30	0,5	4,2	30	0,6	5,8	30	0,7	7,9	45	0,7	8	45	0,2	8	45	0,2	300
400	BN	30	0,4	BR	30	0,4	3,1	30	0,5	4,4	30	0,5	4,4	30	0,5	6	35	0,5	6,2	40	0,5	400
500	BN	BN	0,4	BR	30	0,4	2,5	30	0,4	3,5	30	0,4	3,5	30	0,4	4,8	35	0,4	5,1	40	0,5	500
600	BN	BN	BN	2,1	30	0,4	2,1	30	0,4	2,9	30	0,4	2,9	30	0,4	4	35	0,4	4,4	40	0,5	600
700	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	2,5	30	0,4	2,5	30	0,4	3,4	35	0,4	3,9	40	0,4	700
800	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	2,2	30	0,4	2,2	30	0,4	3	35	0,4	3,4	40	0,4	800
900	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,8	35	0,4	3,4	40	0,4	900
1000	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,6	35	0,4	3,4	40	0,4	1000
1200	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,4	35	0,4	3,1	40	0,4	1200
1300	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,4	35	0,4	3,1	40	0,4	1300
1400	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,4	35	0,4	3,1	40	0,4	1400
1500	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,2	35	0,4	2,8	40	0,4	1500
2000	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,1	35	0,4	2,8	40	0,4	2000
2500	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,1	35	0,4	2,8	40	0,4	2500
3000	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,1	35	0,4	2,8	40	0,4	3000
3500	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,1	35	0,4	2,8	40	0,4	3500
4000	BN	BN	BN	BR	30	30	BR	30	30	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,1	35	0,4	2,8	40	0,4	4000

ANDG 10 – Tabla 3.11, peralte máximo 8% (Continuación)



ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES
EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 8%

R m	V = 90 km/h VMM = 77 km/h			V = 100 km/h VMM = 84 km/h			V = 110 km/h VMM = 91 km/h			V = 120 km/h VMM = 98 km/h			V = 130 km/h VMM = 105 km/h			V = 140 km/h VMM = 112 km/h			R m
	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	
250		RminAbs = 305 RminDes = 595		RminAbs = 405 RminDes = 700		RminAbs = 520 RminDes = 820		RminAbs = 655 RminDes = 950		RminAbs = 845 RminDes = 1085		RminAbs = 1065 RminDes = 1230		250					
300														300					
400	8	65	0,7											400					
500	8	55	0,6	8	70	0,7								500					
600	7,8	55	0,6	8	60	0,6								600					
700	6,7	50	0,5	8	60	0,5	8	90	0,6					700					
800	5,9	50	0,5	7	55	0,5	8	75	0,6					800					
900	5,2	50	0,4	6,2	55	0,5	7,3	60	0,5	8	70	0,5		900					
1000	4,7	50	0,4	5,6	55	0,4	6,6	60	0,5	7,6	65	0,5	8	1000					
1200	3,9	50	0,4	4,7	55	0,4	5,5	60	0,4	6,3	65	0,4	8	1200					
1300	3,6	50		4,3	55	0,4	5,1	60	0,4	5,9	65	0,4	7,6	1300					
1400	3,4	50		4	55	0,4	4,7	60	0,4	5,4	65	0,4	7	1400					
1500	3,1	50		3,7	55		4,4	60	0,4	5,1	65	0,4	6,6	1500					
2000	2,3	50		2,8	55		3,3	60	0,4	3,8	65	0,4	4,9	2000					
2500	BR	50		2,2	55		2,6	60		3	65		3,9	2500					
3000	BR	50		BR	55		2,2	60		2,5	65		3,3	3000					
3500	BR	50		BR	55		BR	60		2,2	65		2,8	3500					
4000	BR	50		BR	55		BR	60		BR	65		2,5	4000					
4500	BN			BR	55		BR	65		BR	70		2,2	4500					
5000	BN			BR	55		BR	65		BR	70		BR	5000					
7000	BN			BN			BN			BN			BR	7000					
9000	BN			BN			BN			BN			BR	9000					
11000	BN			BN			BN			BN			BN	11000					

- Nota 1: V = Velocidad directriz, en km/h - R = Radio, en m - e = Peralte, en % - Lemin = Longitud mínima de transición para 2 carriles, en m
- Nota 2: S = Sobreancho para 2 carriles, en m (calculado con ac = 6,7 m según práctica recomendada por la DNV)
- Nota 3: BN: Sección de bombeo normal (2%) - BR: Sección de bombeo removido, peralzado a la pendiente transversal normal (2%)
- Nota 4: La longitud máxima de transición no será superior a 1,25 Lemin
- Nota 5: Los valores de S se obtuvieron para un vehículo tipo semirremolque (l1=1,35 m; l2=4,3 m; l3=9,35 m)
- Nota 6: Los valores de S deben multiplicarse por 1,5 para calzadas de 3 carriles

ANDG 10 – Tabla 3.11, peralte máximo 6%



ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES
EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 6%

R m	V = 25 km/h VMM = 25 km/h			V = 30 km/h VMM = 30 km/h			V = 40 km/h VMM = 40 km/h			V = 50 km/h VMM = 47 km/h			V = 60 km/h VMM = 55 km/h			V = 70 km/h VMM = 63 km/h			V = 80 km/h VMM = 70 km/h			R m	
	e %	L m	S m	e %	L m	S m	e %	L m	S m	e %	L m	S m	e %	L m	S m	e %	L m	S m	e %	L m	S m		
20	6	30	6,6																				20
30	6	30	4,3	6	30	4,4																	30
40	6	30	3,3	6	30	3,3	6	30	3,3														40
50	6	30	2,6	6	30	2,7	6	30	2,7	6	30	2,7											50
60	6	30	2,2	6	30	2,2	6	30	2,2	6	30	2,2	6	30	2,1								60
70	6	30	1,9	6	30	2	6	30	2	6	30	2	6	30	1,9								70
80	6	30	1,7	6	30	1,7	6	30	1,7	6	30	1,7	6	30	1,6								80
90	5,5	30	1,5	6	30	1,6	6	30	1,6	6	30	1,6	6	30	1,4								90
100	4,9	30	1,4	6	30	1,4	6	30	1,4	6	30	1,4	6	30	1,3								100
110	4,5	30	1,3	6	30	1,3	6	30	1,3	6	30	1,3	6	30	1,2								110
120	4,1	30	1,2	5,9	30	1,2	6	30	1,2	6	30	1,2	6	30	1,1								120
130	3,8	30	1,1	5,5	30	1,1	6	30	1,1	6	30	1,1	6	30	1,1								130
140	3,5	30	1	5,1	30	1,1	6	30	1,1	6	30	1,1	6	30	1,1								140
150	3,3	30	1	4,7	30	1	6	30	1,1	6	30	1,2	6	30	1,2								150
175	2,8	30	0,8	4	30	0,9	6	30	0,9	6	30	0,9	6	30	0,9								175
200	2,5	30	0,7	3,5	30	0,8	6	30	0,8	6	30	0,8	6	30	0,8								200
250	BR	30	0,6	2,8	30	0,6	5	30	0,7	6	30	0,8	6	30	0,8								250
300	BR	30	0,5	2,4	30	0,5	4,2	30	0,5	5,8	30	0,7	6	30	0,7								300
400	BN	30	0,4	BR	30	0,4	3,1	30	0,5	4,4	30	0,5	4,4	30	0,5								400
500	BN			2,1	30	0,4	2,5	30	0,4	3,5	30	0,4	4,8	30	0,5								500
600	BN			BR	30	0,4	2,1	30	0,4	2,9	30	0,4	4	35	0,4								600
700	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,5	30	0,4	3,4	35	0,4								700
800	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,2	30	0,4	3	35	0,4								800
900	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,6	35	0,4								900
1000	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	2,4	35	0,4								1000
1200	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4								1200
1300	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4								1300
1400	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4								1400
1500	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4								1500
2000	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4								2000
2500	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4								2500
3000	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4								3000
3500	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4								3500
4000	BN			BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4	BR	30	0,4								4000

ANDG 10 – Tabla 3.11, peralte máximo 6% (Continuación)



ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES
EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 6%

R m	V = 90 km/h VMM = 77 km/h		V = 100 km/h VMM = 84 km/h		V = 110 km/h VMM = 91 km/h		V = 120 km/h VMM = 98 km/h		V = 130 km/h VMM = 105 km/h		V = 140 km/h VMM = 112 km/h		R m
	e	S	e	S	e	S	e	S	e	S	e	S	
250													250
300													300
400	6	65	6	70	6	80	6	75	6	80	6	80	400
500	6	50	6	60	6	70	6	65	6	70	6	70	500
600	6	50	6	55	6	60	6	65	6	70	6	70	600
700	6	50	6	55	6	60	6	65	6	70	6	70	700
800	5,9	50	6	55	6	60	6	65	6	70	6	70	800
900	5,2	50	6	55	6	60	6	65	6	70	6	70	900
1000	4,7	50	6	55	6	60	6	65	6	70	6	70	1000
1200	3,9	50	6	4,7	5,5	60	6	65	6	70	6	70	1200
1300	3,6	50	6	4,3	5,1	60	6	65	6	70	6	70	1300
1400	3,4	50	6	4	4,7	60	6	65	6	70	6	70	1400
1500	3,1	50	6	3,7	4,4	60	6	65	6	70	6	70	1500
2000	2,3	50	6	2,8	3,3	60	6	65	6	70	6	70	2000
2500	BR	50	6	2,2	2,6	60	6	65	6	70	6	70	2500
3000	BR	50	6	BR	2,2	60	6	65	6	70	6	70	3000
3500	BR	50	6	BR	BR	60	6	65	6	70	6	70	3500
4000	BR	50	6	BR	BR	60	6	65	6	70	6	70	4000
4500	BN	50	6	BR	BR	60	6	65	6	70	6	70	4500
5000	BN	50	6	BR	BR	60	6	65	6	70	6	70	5000
7000	BN	50	6	BR	BR	60	6	65	6	70	6	70	7000
9000	BN	50	6	BR	BR	60	6	65	6	70	6	70	9000
11000	BN	50	6	BR	BR	60	6	65	6	70	6	70	11000

Nota 1: V = Velocidad directriz, en km/h - R = Radio, en m - e = Peralte, en % - Lemín = Longitud mínima de transición para 2 carriles, en m

Nota 2: S = Sobreancho para 2 carriles, en m (calculado con ac = 6,7 m según práctica recomendada por la DINV)

Nota 3: BN: Sección de bombeo normal (2%) - BR: Sección de bombeo removido, peraltado a la pendiente transversal normal (2%)

Nota 4: La longitud máxima de transición no será superior a 1,25 Lemín

Nota 5: Los valores de S se obtuvieron para un vehículo tipo semirremolque (l1=1,35 m; l2=4,3 m; l3=9,35 m)

Nota 6: Los valores de S deben multiplicarse por 1,5 para calzadas de 3 carriles

ANDG 10 – Nomograma N – Velocidad, radio, peralte y fricción transversal

• Fórmulas:

$$a) R = \frac{V^2}{127(e+ft)}$$

$$b) \text{ft}_{\text{máx}} = 0,188 - \frac{3V}{5000} \quad (V \leq 80 \text{ km/h})$$

$$= 0,24 - \frac{V}{800} \quad (V > 80 \text{ km/h})$$

$$c) VMM = 1,782 V^{0,838}$$

• Peralte máximo:

a) 10%

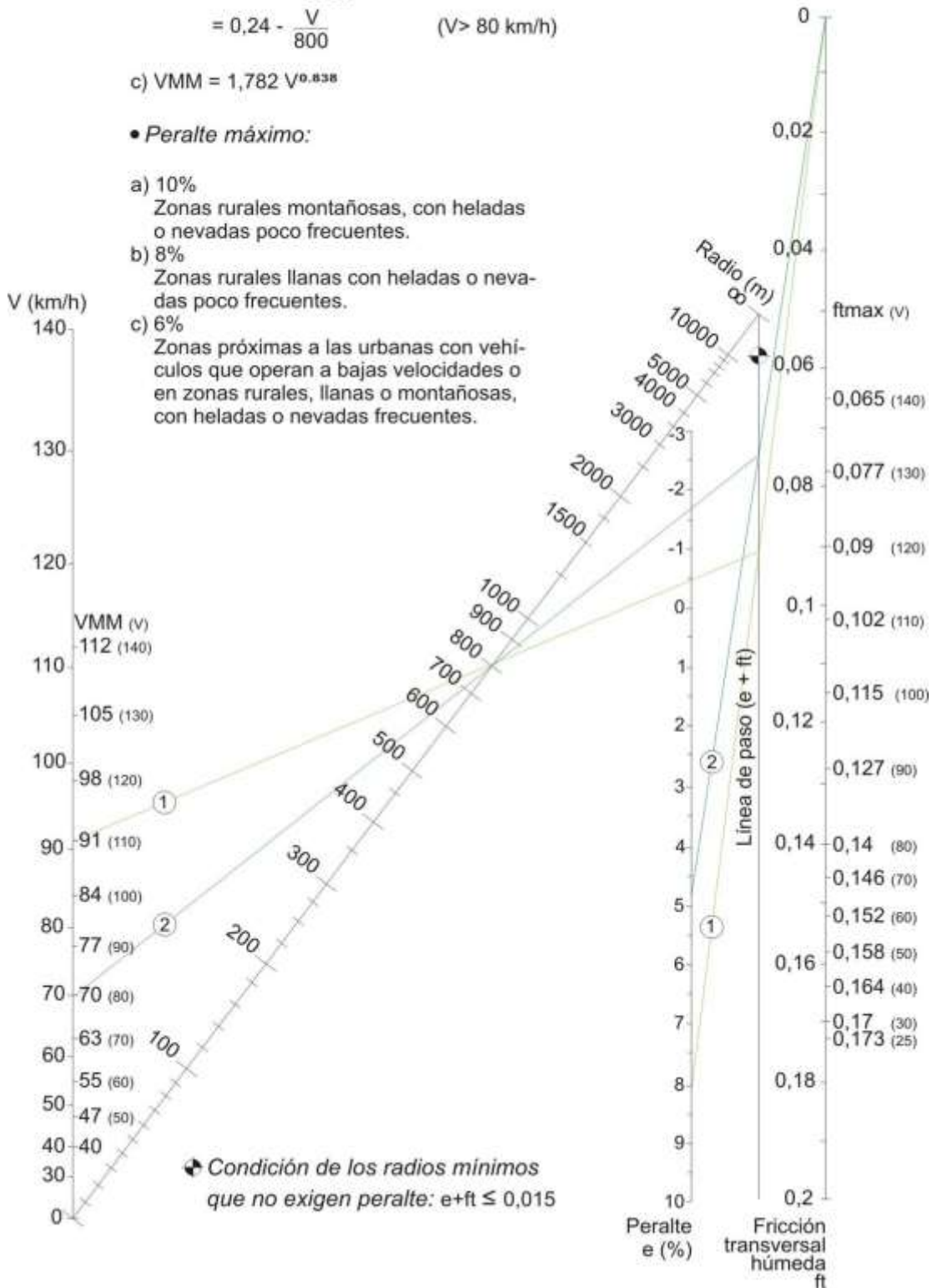
Zonas rurales montañosas, con heladas o nevadas poco frecuentes.

b) 8%

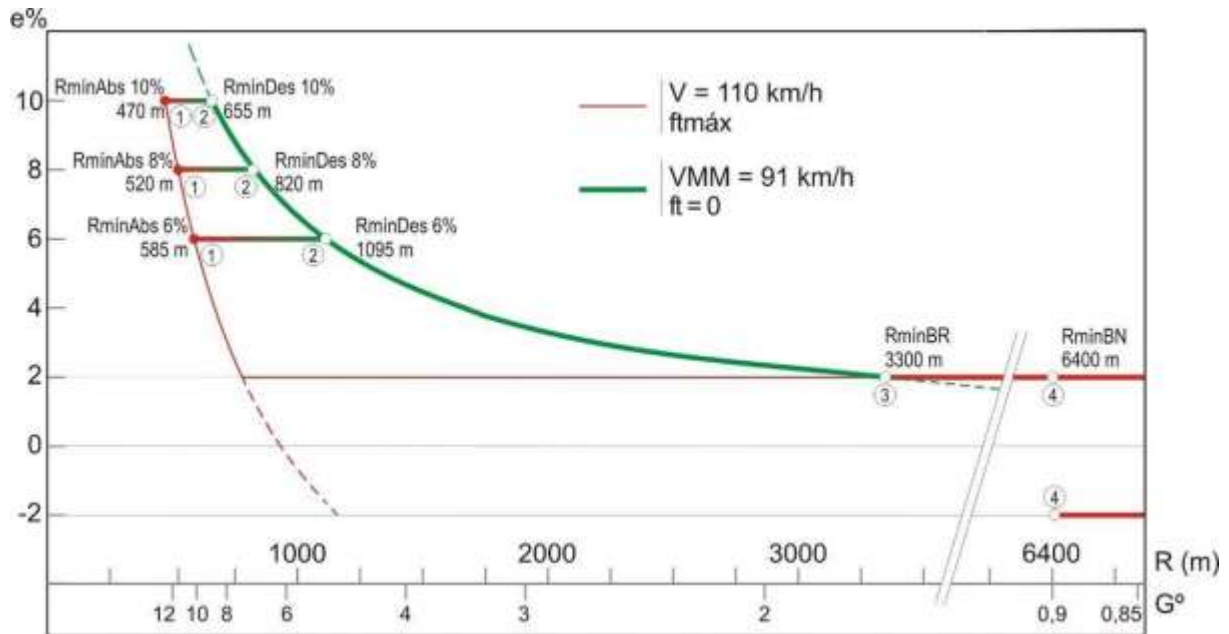
Zonas rurales llanas con heladas o nevadas poco frecuentes.

c) 6%

Zonas próximas a las urbanas con vehículos que operan a bajas velocidades o en zonas rurales, llanas o montañosas, con heladas o nevadas frecuentes.



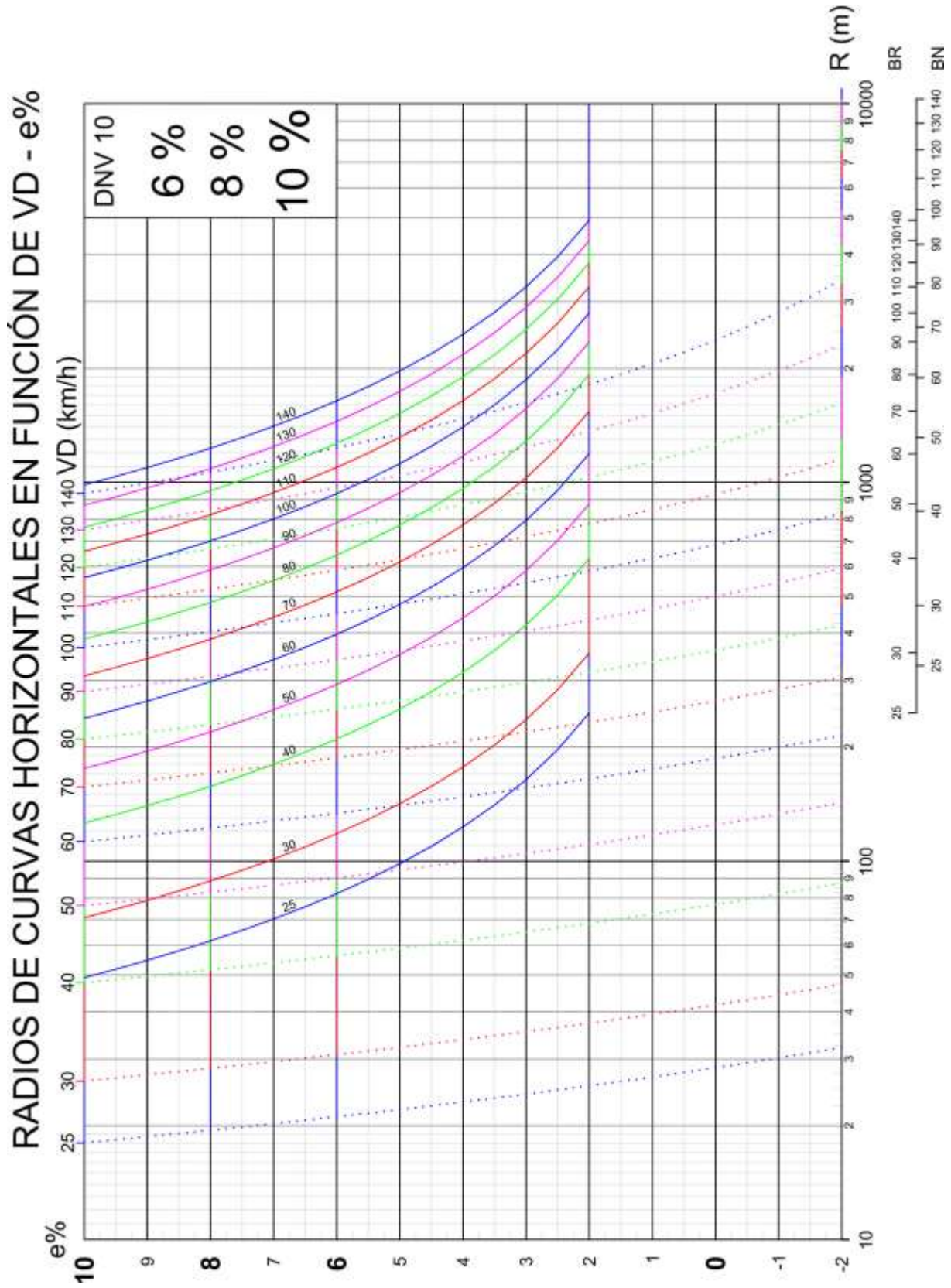
ANDG 10 – Relación V - e - R



Entre puntos	Velocidad	e	ft
1 y 2	V a VMM	emáx	Variable entre: ftmáx y 0
2 y 3	VMM	Variable entre: emáx y + 2%	0
3 y 4	VMM	BR=+ 2%	0
más allá de 4	V	BN=± 2%	ft = 0,035

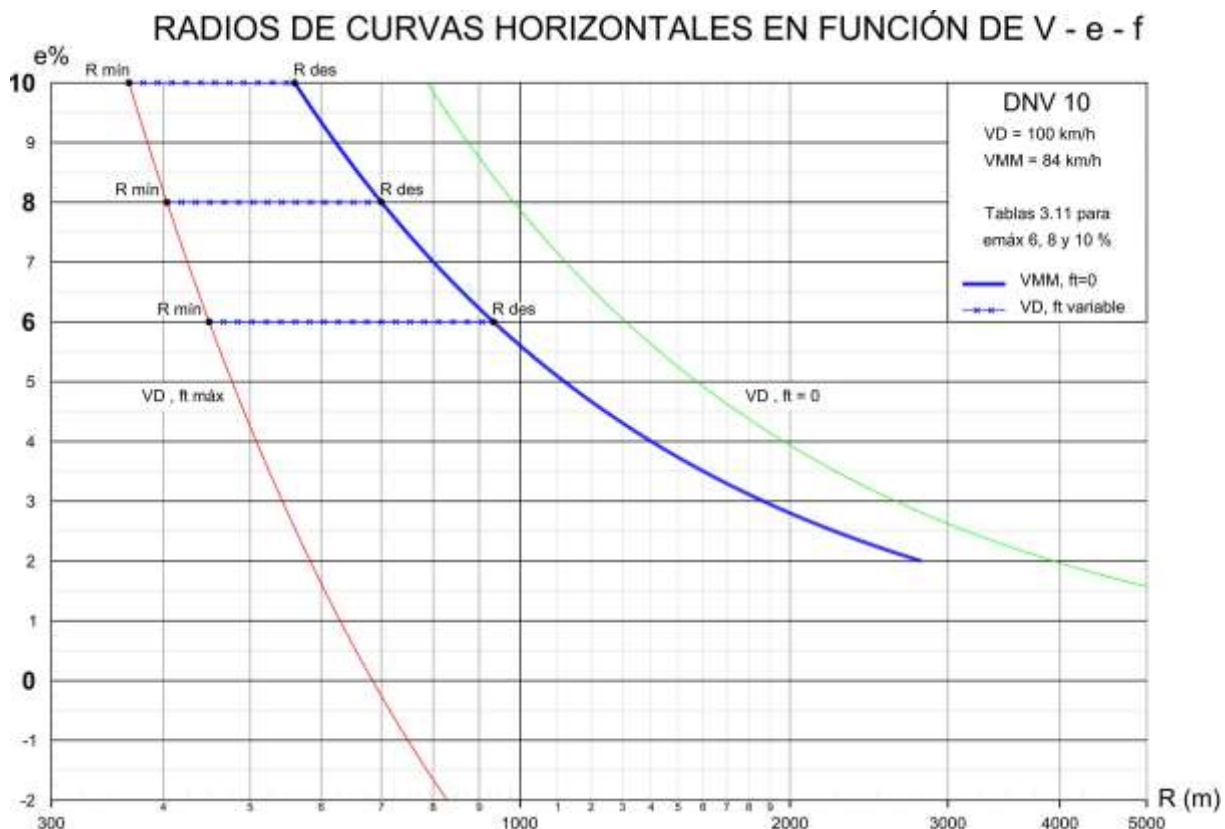
1	$R_{\text{mínAbs}} = \frac{v^2}{127(ft_{\text{máx}} + e_{\text{máx}})}$	$G^{\circ}_{\text{máxAbs}} = 728148 \frac{e_{\text{máx}} + ft_{\text{máx}}}{v^2}$
2	$R_{\text{mínDes}} = \frac{VMM^2}{127e_{\text{máx}}}$	$G^{\circ}_{\text{mínDes}} = 728148 \frac{e_{\text{máx}}}{VMM^2}$
3	$R_{\text{mínBR}} = \frac{VMM^2}{127 \times 0,02}$	$G^{\circ}_{\text{mínBR}} = 728148 \frac{0,02}{VMM^2}$
4	$R_{\text{mínBN}} = \frac{v^2}{127 \times 0,015}$	$G^{\circ}_{\text{mínBN}} = 728148 \frac{0,015}{v^2}$

ANDG 10 – Distribución del peralte, emáx 6, 8, 10%



ANDG 10 – Ejemplo de determinación de peralte

Para velocidad directriz 100 km/h, velocidad media de marcha 84 km/h, se graficó la distribución de peralte para peralte máximo 6, 8 y 10%.



El radio mínimo deseable $R_{mínDes}$ a partir del cual el peralte determinado contrarresta totalmente la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo que se desplaza a la velocidad media de marcha es, para:

- emáx 10% $R_{mínDes} = 560$ m
- emáx 8% $R_{mínDes} = 700$ m
- emáx 6% $R_{mínDes} = 935$ m

A partir de $R_{mínDes} = 935$ m coinciden las tres curvas; 6, 8 y 10%.

Conclusión:

Según la **ANDG 10**, el rango de radios para los cuales el peralte calculado es diferente según cuál sea el emáx, es menor que el calculado con DNV 67/80. Esto **favorece la coherencia** porque, para una determinada VD, un mayor rango de radios tendrá el mismo peralte, independientemente del peralte máximo; y **privilegia la seguridad y comodidad de la mayoría de los conductores** que circulan a una dada velocidad.

2.4 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE NORMA 3.1 I-C

- Grupo 1) Autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100:

250 < R < 700	p = 8
700 < R < 5000	$p = 8 - 7,3 (1 - 700/R)^{1,3}$
5000 < R < 7500	p = 2
7500 < R	Bombeo

- Grupo 2) Carreteras C-80, C-60 y C-40:

50 < R < 350	p = 7
350 < R < 2500	$p = 7 - 6,08 (1 - 350/R)^{1,3}$
2500 < R < 3500	p = 2
3500 < R	Bombeo

Siendo:

- R = radio de la curva circular (m).
- P = peralte (%).

Tabla 4.3 NORMA 3.1 I-C

Relación velocidad específica - radio - peralte para vías G1

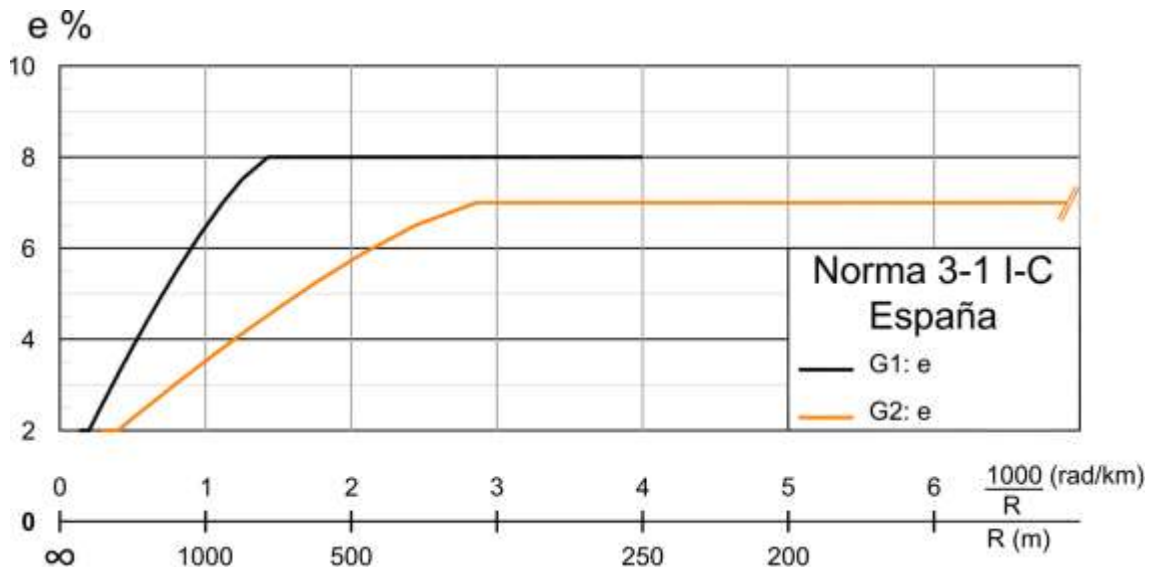
Velocidad específica (km/h)	Radio (m)	Peralte (%)
80	250	
85	300	
90	350	
95	400	
100	450	8,00
105	500	
110	550	
115	600	
120	700	
125	800	7,51
130	900	6,97
135	1050	6,25
140	1250	5,49
145	1475	4,84
150	1725	4,29

Tabla 4.4 NORMA 3.1 I-C

Relación velocidad específica - radio - peralte para vías G2

Velocidad específica (km/h)	Radio (m)	Peralte (%)
40	50	
45	65	
50	85	
55	105	
60	130	
65	155	7,00
70	190	
75	225	
80	265	
85	305	
90	350	
95	410	6,50
100	485	5,85
105	570	5,24
110	670	4,67

NORMA 3.1 I-C – Distribución del peralte, pmáx 7, 8%



La NORMA 3.1 I-C define **dos grupos de carreteras**, cada una con un **rango de velocidad específica**, VE (monografía Velocidades y Equilibrio Dinámico en Curvas):

Grupo 1: Autopistas, Autovías, Vías Rápidas y Carreteras C-100. Ve entre 80 y 150 km/h

Grupo 2: Carreteras C-80, C-60, C-40. Ve entre 40 y 110 km/h

Para cada **grupo** la Norma fija una **relación unívoca peralte-Radius**, independiente de la velocidad. Al **variar la velocidad varía la fricción transversal movilizada** según la ecuación de equilibrio dinámico:

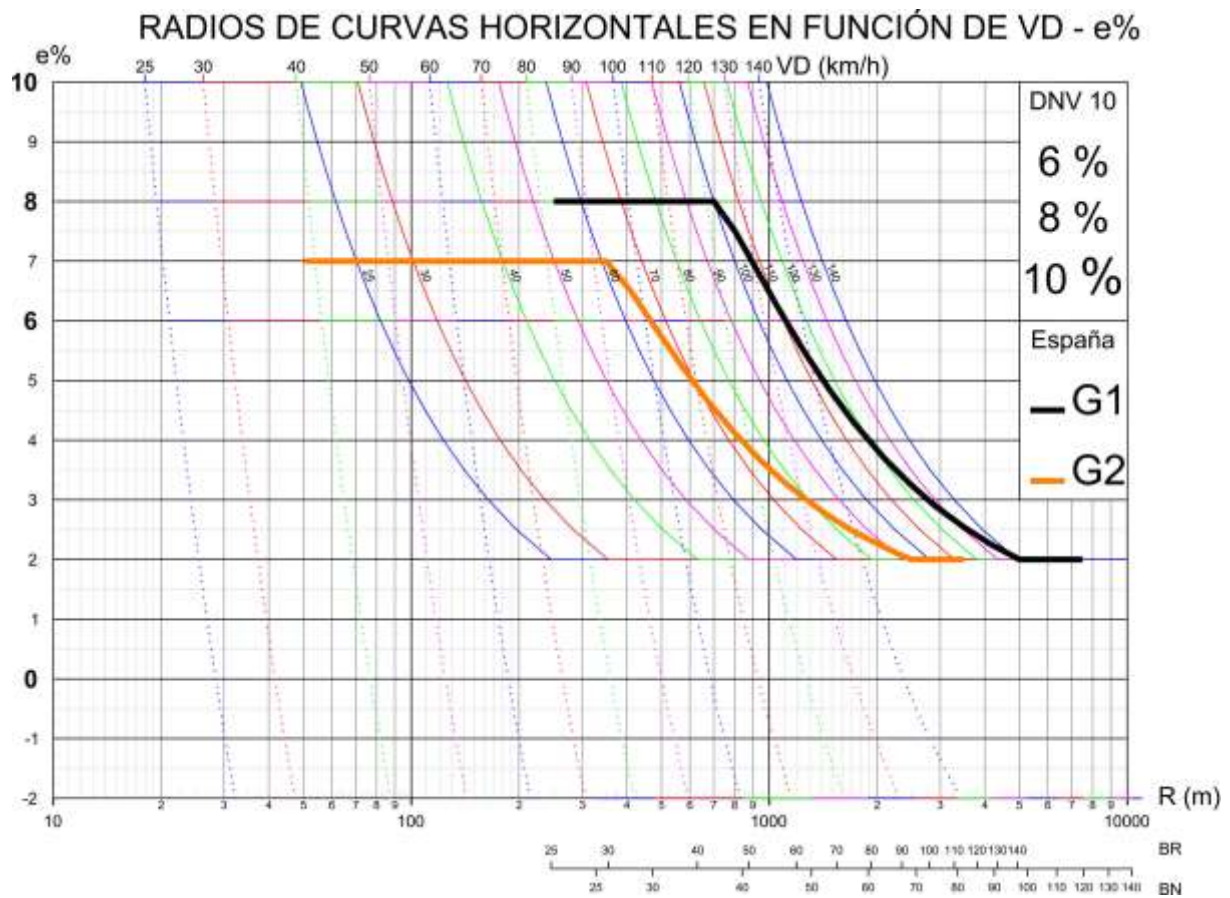
$$f_t = \left(\frac{V^2}{127R} \right) - e$$

Al **asociar a cada radio con un único peralte** se pretende **transmitir al usuario un mensaje uniforme y coherente** en la mayor parte de la red viaria española.

No se menciona cuáles fueron los **criterios** considerados para **obtener** las dos **curvas de distribución de peralte**: ¿base de datos de experiencias de campo, tipo pavimento, humedad, fricción lateral en relación con la máxima, correlaciones estadísticas?

NORMA 3.1 I-C Y ANDG 10 – COMPARACIÓN

Se graficó en forma conjunta la distribución de peraltes en curvas con radios mayores a los mínimos absolutos para las Normas 3.1 I-C (Grupos 1 y 2) y ANDG 10 (peraltes máximos 6, 8 y 10%).

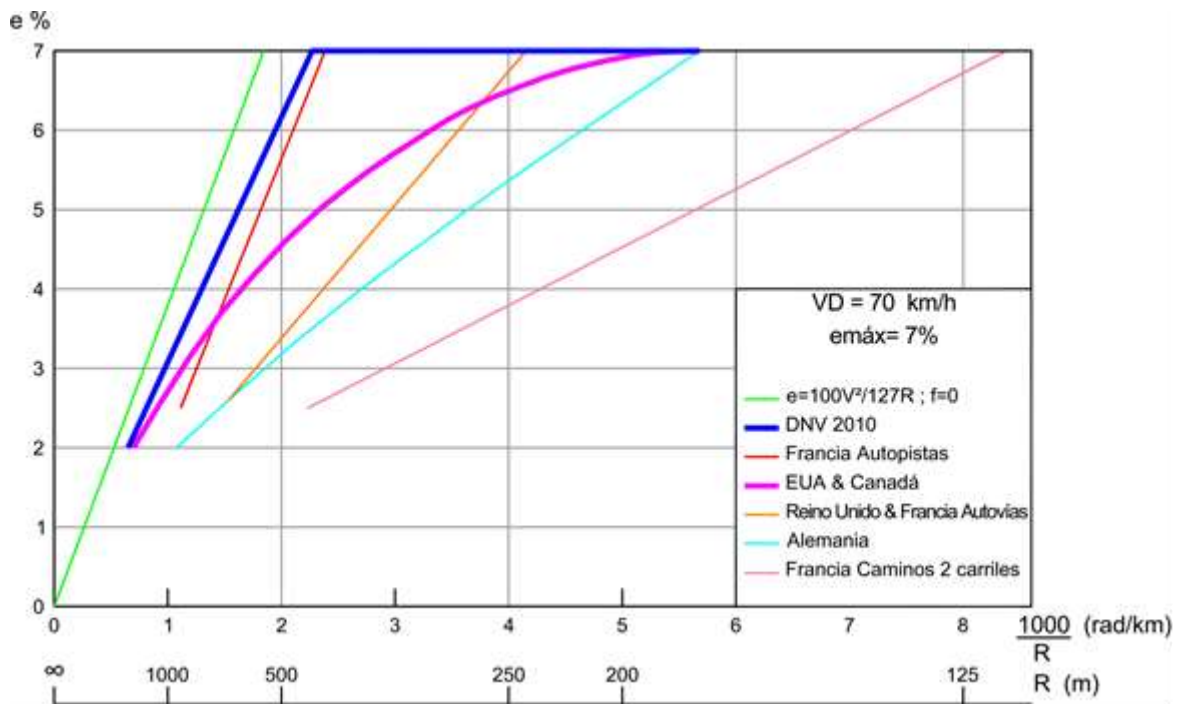


En el gráfico se observa que las curvas de la NORMA 3.1 I-C cortan horizontal y sesgadamente a las de la ANDG 10.

2.5 DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE OTRAS NORMAS INTERNACIONALES

A modo ilustrativo, se graficó la distribución de peralte para diferentes Normas Internacionales: ANDG DNV 10, Francia, EUA & Canadá, Reino Unido & Francia, Alemania; para diferentes tipos de caminos y para $VD = 70 \text{ km/h}$ y $e_{\text{máx}} = 7\%$.

La distribución de peraltes adoptada por los diferentes países es muy variada.



3 DISTRIBUCIÓN DE LA FRICCIÓN TRANSVERSAL

Obtenido el peralte e (%) correspondiente a una curva de radio R (m) y velocidad directriz

VD (km/h), la fricción transversal movilizada es:
$$ft = \frac{VD^2}{127R} - e$$

Gráficos 3.1 y 3.2

Para velocidad directriz 100 km/h y peraltes máximos 6, 8 y 10%, se graficó la distribución de peralte y fricción transversal movilizada en curvas con radios mayores a los mínimos absolutos para las normas ANDG 10 (3.1) y DNV 67/80 (3.2). En estos dos gráficos se incluyeron las curvas límites que determinan el rango posible para la distribución de peralte: VD y $ft_{máx}$ (curva roja) y VD y $ft = 0$ (curva verde).

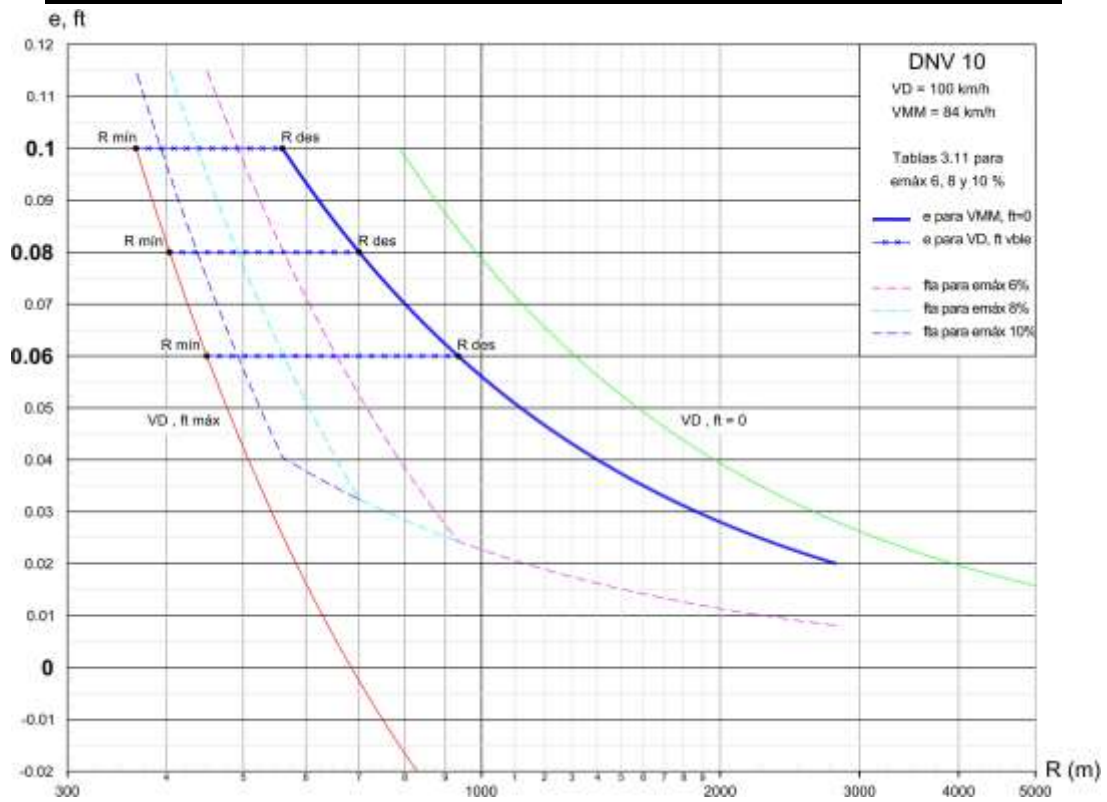
Gráfico 3.3

Para los grupos G1 y G2, se graficó la distribución de peralte, fricción transversal movilizada y V_e en curvas con radios mayores a los mínimos absolutos para la NORMA 3.1 I-C.

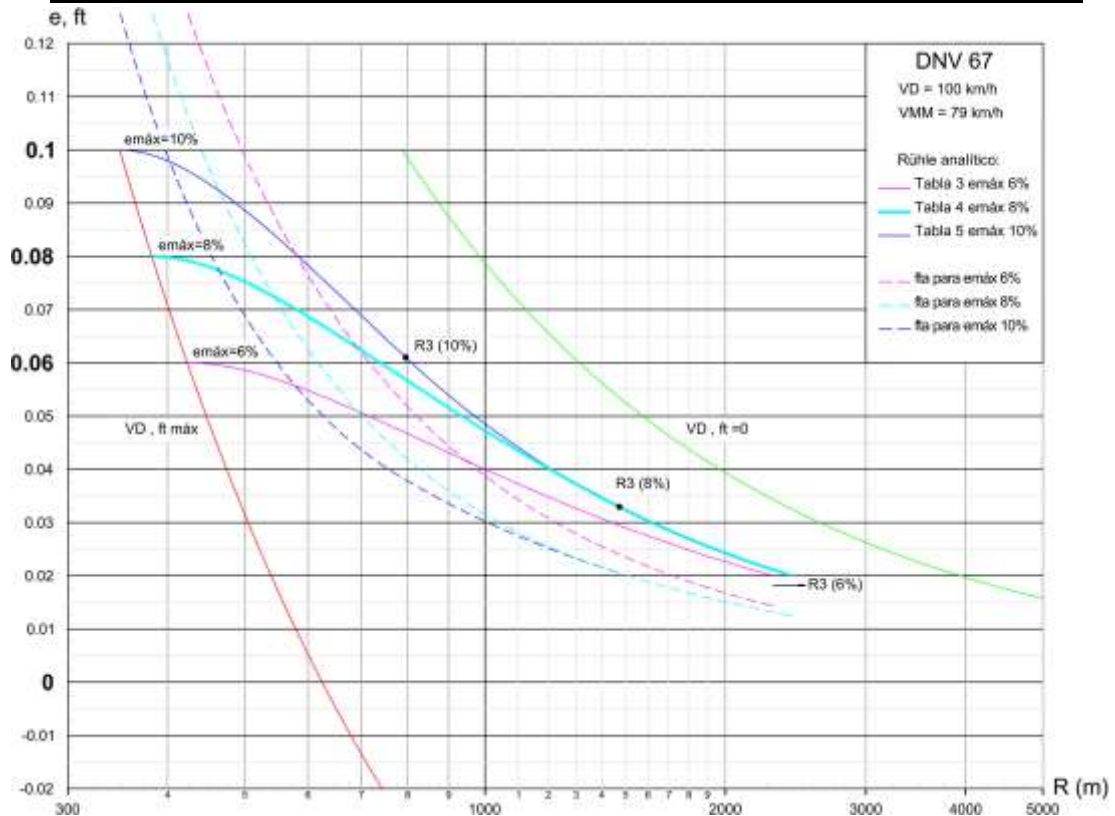
Gráfico 3.4

Para velocidad directriz 100 km/h y peralte máximo 8%, se graficó en forma conjunta la distribución de fricción transversal movilizada en curvas con radios mayores a los mínimos absolutos considerando velocidad directriz (VD) y velocidad media de marcha (VMM) para las normas AASHTO 2011 y ANDG 10.

3.1 DISTRIBUCIÓN DE LA FRICCIÓN TRANSVERSAL ANDG 10
ANDG 10 – Peralte y fricción transversal, VD 100 km/h y emáx 6, 8 y 10%

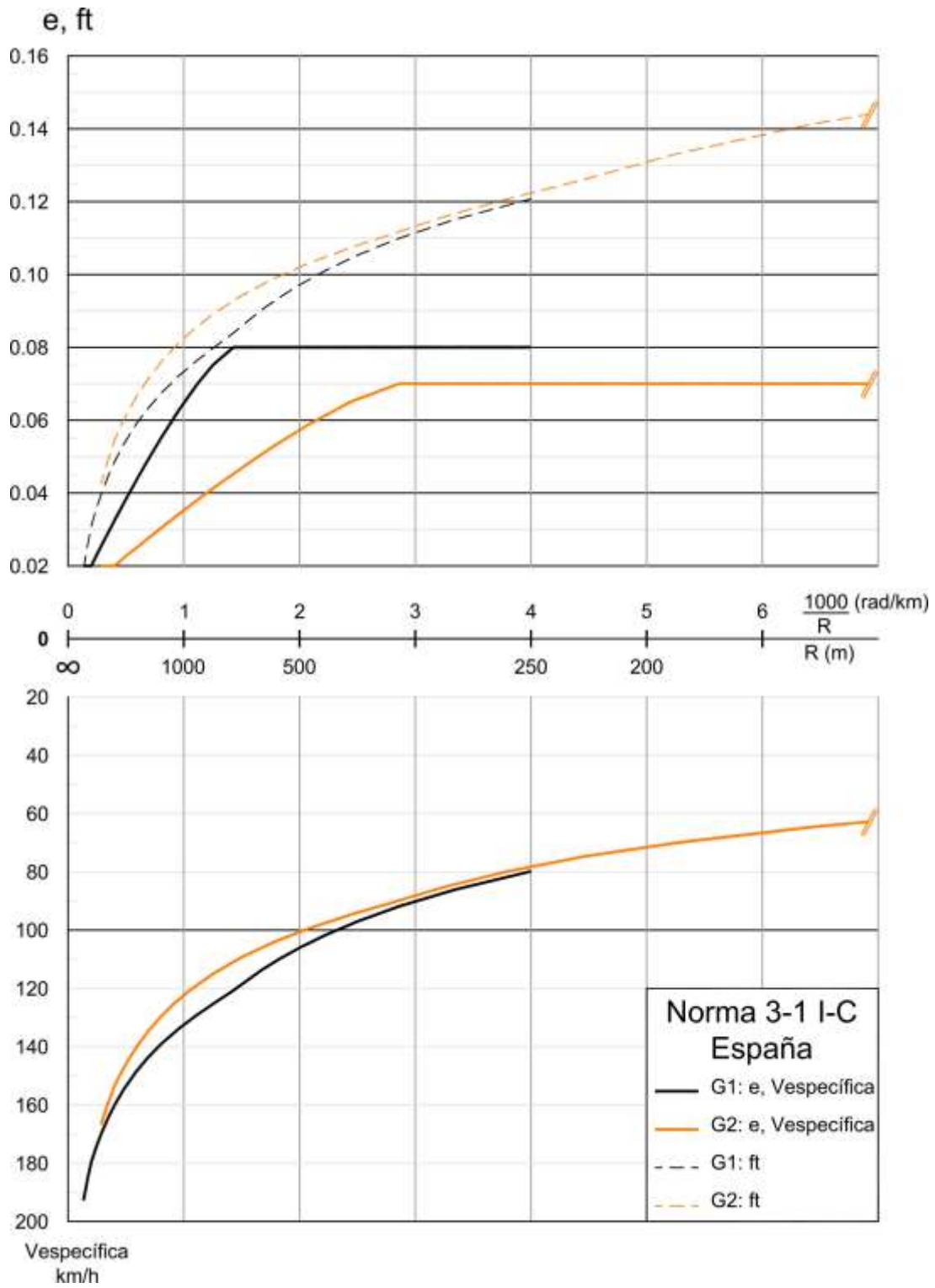


3.2 DISTRIBUCIÓN DE LA FRICCIÓN TRANSVERSAL DNV 67/80
DNV 67/80 – Peralte y fricción transversal, VD 100 km/h y emáx 6, 8 y 10%

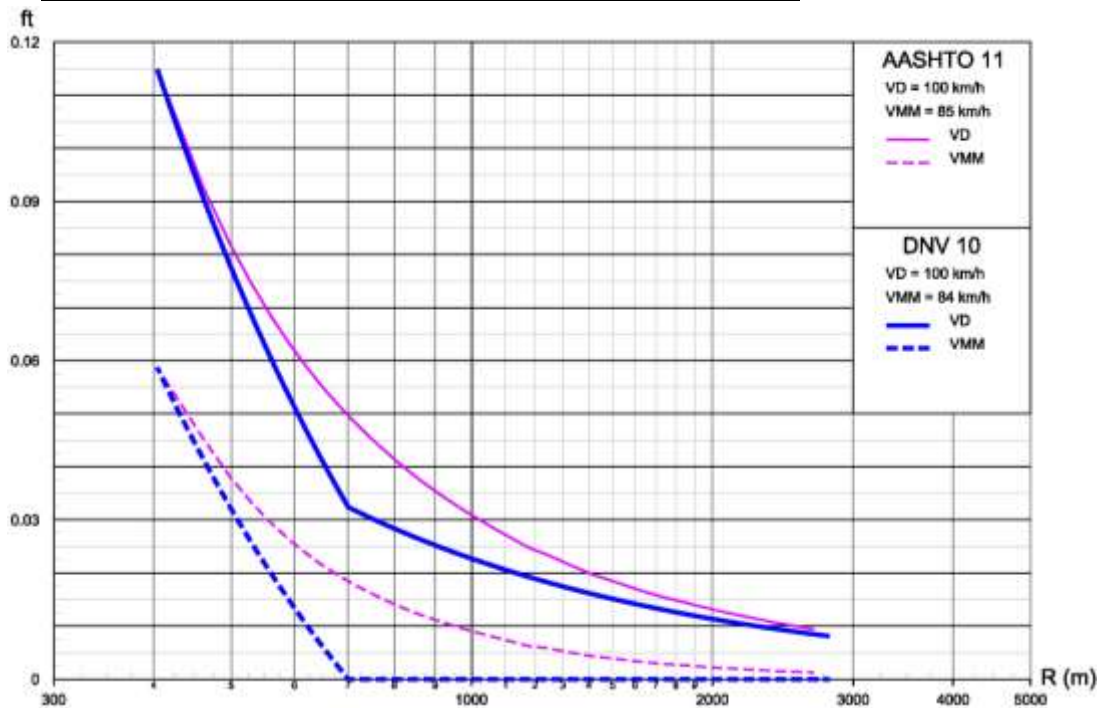


3.3 DISTRIBUCIÓN DE LA FRICCIÓN TRANSVERSAL NORMA 3.1 I-C

NORMA 3.1 I-C – Peralte, fricción transversal y V_e , para G1 y G2



3.4 DISTRIBUCIÓN DE LA FRICCIÓN TRANSVERSAL AASHTO 2011 Y ANDG 10 Peralte y fricción transversal, VD 100 km/h y emáx 8%



3.5 OBSERVACIONES

ANDG 10

Para VMM la fricción transversal movilizada es nula hasta el radio mínimo deseable. Con VD siempre se moviliza fricción transversal aún para radios mayores al $R_{mínDes}$. Para radios menores que el $R_{mínDes}$ hay un quiebre de la pendiente en las curvas de fricción transversal movilizada para VMM y VD.

Para emáx 8% y VD 100 km/h, la VMM es 84 km/h y el $R_{mínDes}$ 700 m.

AASHTO 2011

Siempre se moviliza fricción transversal.

DNV 67/80

Siempre se moviliza fricción transversal.

En la distribución de peralte del gráfico 3.1, se aprecia lo significativa que es la condición de 'aumento gradual' de peralte entre 'condición deseada' y 'condición mínima'. Para emáx 6% la 'condición deseada' prácticamente desaparece, pues R_3 es 9000 m.

NORMA 3.1 I-C

Siempre se moviliza fricción transversal.

3.6 COMPARACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES DE FRICCIÓN

La tabla siguiente resume los valores de fricción transversal movilizada para algunos radios y para las normas consideradas. Para los cálculos se consideró peralte máximo 8% y velocidad 100 km/h.

R (m) ft (%ftmáx)	DNV 67/80 ftmáx = 0.126	AASHTO 11 ftmáx = 0.12	ANDG 10 ftmáx = 0.115	3.1 I-C ftmáx = 0.104
500	0.082 (65%)	0.082 (68%)	0.077 (67%)	0.077 (75%)
700	0.05 (41%)	0.05 (41%)	0.032 (28%)	0.032 (31%)
1000	0.031 (25%)	0.031 (26%)	0.023 (20%)	0.014 (13%)
1250	0.024 (19%)	0.023 (20%)	0.018 (16%)	0.008 (8%)
1500	0.02 (16%)	0.018 (15%)	0.015 (13%)	0.005 (5%)
2000	0.015 (12%)	0.013 (11%)	0.011 (10%)	0.001 (1%)
2500	0.012 (10%)	0.01 (9%)	0.009 (8%)	-
3000	0.01 (8%)	0.006 (5%)	0.006 (5%)	-

Para velocidad 100 km/h y emáx 8%, al crecer el radio desde los mínimos absolutos, las fricciones transversales movilizadas por los modelos de las normas consideradas, son similares hasta R=500 m.

A partir de R=500 m hasta R=700 m, las fricciones de la NORMA 3.1 I-C y de la ANDG 10 coinciden (0.032); pero llegan a ser alrededor del 65% de las fricciones de DNV 67/80 y AASHTO 11 que también coinciden entre ellas (0.05).

A partir de R=700 m, la fricción de la NORMA 3.1 I-C se separa de las fricciones de las otras normas; hasta que prácticamente se hace nula para R=2000 m. Para ese radio, las fricciones de las otras tres normas son similares (0.01).

Para los distintos Radios, la fricción de la NORMA 3.1 I-C es la menor de todas. Las mayores fricciones desarrolladas corresponden a los modelos de las normas DNV 67/80 y AASHTO 11. La fricción transversal movilizada por el modelo de la ANDG 10, tiene valores intermedios entre los dos extremos citados.

4 RESUMEN Y CONCLUSIÓN

AASHTO

✚ Distribución de Peralte

Para caminos rurales recomienda el **Método 5** para distribuir el peralte (e) y la fricción transversal (f) para todas las curvas mayores que la de radio mínimo absoluto para la velocidad directriz. En el Método 5 **el peralte y la fricción lateral están en relación curvilínea con la curvatura**, con valores intermedios a los de los Métodos 1 y 4.

✚ Valor de peralte

Para una determinada velocidad directriz, una curva de radio R tendrá un **peralte diferente según cual fuere el peralte máximo** adoptado. Válido para todo el rango posible de radios.

✚ Distribución de Fricción

Comparativamente los valores de fricción transversal movilizada en AASHTO 11 son similares a los de la DNV 67/80 y ambos son los valores más grandes de las normas analizadas.

DNV 67/80

✚ Radios mínimos deseables

Convencionalmente se definen con dos criterios:

- Radios para los que a la velocidad directriz, la **fricción transversal** es igual que la **mitad de la máxima, para esa velocidad directriz**.
- Radios que durante la noche **permitan iluminar objetos** colocados en la calzada de la curva del camino, **a una distancia igual a la de frenado**.

No se explican las **causas** de estos **radios mínimos deseables**; ¿**visibilidad, seguridad, comodidad?**

✚ Distribución de Peralte

Para caminos rurales, adopta el **Método 4º** para distribuir el peralte y la fricción transversal para todas las curvas con radio mayor al mínimo absoluto para la velocidad directriz.

Para **radios ‘grandes’**, el **peralte** se determina para que **contrarreste totalmente la fuerza centrífuga** que actúa sobre un vehículo que se desplace a la **velocidad media de marcha**. Esta sería la **‘condición deseada’**.

La **‘condición mínima’** (R_{\min} VD; f_{\max} ; e_{\max}) **‘sólo debe usarse en casos extremos’**.

La condición de **‘aumento gradual’** entre la **‘condición deseada’** y la **‘condición mínima’** que **‘sólo debe usarse en casos extremos’** es la que **predomina**, hasta el **extremo** de que la **condición deseada puede desaparecer**.

✚ Valor de peralte

Para una determinada velocidad directriz, una curva de radio R tendrá un **peralte diferente según cual fuere el peralte máximo** adoptado. Válido para todo el rango posible de radios.

✚ Distribución de Fricción

Comparativamente los valores de fricción transversal movilizada en DNV 67/80 son similares a los de AASHTO 11 y ambos son los valores más grandes de las normas analizadas.

NORMA 3.1 I-C

✚ Distribución de Peralte

Para cada **grupo** la Norma fija una **relación unívoca peralte-Radio**, independiente de la velocidad. Al **variar la velocidad varía la fricción transversal movilizada**.

Al **asociar a cada radio con un único peralte** se pretende **transmitir al usuario un mensaje uniforme y coherente** en la mayor parte de la red viaria española.

No se menciona cuáles fueron los **criterios** considerados para **obtener** las dos **curvas de distribución de peralte**: ¿base de datos de experiencias de campo, tipo pavimento, humedad, fricción lateral en relación con la máxima, correlaciones estadísticas?

✚ Distribución de Fricción

Comparativamente los valores de fricción transversal movilizada en la NORMA 3.1 I-C son los más pequeños de las normas analizadas.

ANDG 10

✚ Radios mínimos deseables

Para la velocidad directriz y peralte máximo dados, radio calculado con la **velocidad media de marcha** en flujo libre correspondiente a la velocidad directriz, para el cual el **coeficiente de fricción transversal húmeda** es **nulo**.

Se **privilegia la seguridad y comodidad de la mayoría de los conductores** que circulan a **velocidad media de marcha** (50º percentil) en flujo libre.

De contarse con datos propios que relacionen la velocidad de operación con la velocidad directriz **convendría adoptar la velocidad de operación en lugar de la velocidad media de marcha**.

✚ Distribución de Peralte

Adopta Método 3 DNV 67/80 de distribución del peralte de las curvas horizontales, que es igual al **Método 4º DNV 67/80 SIN el aumento gradual del peralte entre R3 y Rmín** y es igual al **Método 4 de AASHTO**).

El **peralte contrarresta íntegramente la fuerza centrífuga de un vehículo** que circule en flujo libre a la **VMM correspondiente a la VD**, desde un radio **RmínDes** en que el **peralte es máximo**. Para radios menores hasta el **RmínAbs**, se mantiene el **peralte máximo**

✚ Valor de peralte

El **rango de radios** para los cuales el **peralte** calculado es **diferente** según cuál sea el emáx, es **menor** que el calculado con DNV 67/80. Esto **favorece la coherencia** porque, para una determinada VD, un mayor rango de radios tendrá el mismo peralte, independientemente del peralte máximo; y **privilegia la seguridad y comodidad de la mayoría de los conductores** que circulan a una dada velocidad.

✚ Distribución de Fricción

Comparativamente los valores de fricción transversal movilizada en ANDG 10 son intermedios entre los más grandes de AASHTO11 y DNV 67/80; y los más pequeños de la NORMA 3.1 I-C.

CONCLUSION

De los modelos y parámetros analizados, los de la ANDG 10, hacen énfasis en la seguridad y comodidad de la mayoría de los conductores. En este sentido y para fortalecer estos objetivos, es deseable adoptar la velocidad de operación (la del 85º percentil) en lugar de la velocidad media de marcha (la del 50º percentil) para definir el radio mínimo deseable.

La distribución de peralte y fricción de la ANDG 10 también prioriza la seguridad de los conductores. El método de distribución adoptado (Método 3 DNV 67/80 o Método 4 AASHTO) para contrarrestar la fuerza centrífuga da preferencia a la componente física estable, invariable (el peralte) antes que a la componente física inestable, variable (la fricción).

Diversos factores, algunos incontrolables, afectan la fricción transversal reactiva del contacto pavimento-neumático: material y estado de las superficies en contacto, humedad, presencia de líquidos en superficie, etc.

Por el contrario, el peralte al ser inamovible, aporta siempre una cantidad fija para contrarrestar la fuerza centrífuga.

Disminuir el rango de radios para los cuales el peralte calculado es diferente según sea el emáx, favorece la coherencia. Al tratar de asociar a cada radio con un único peralte se pretende transmitir al usuario un mensaje uniforme y coherente.

Otro aspecto a destacar de la ANDG es la fundamentación de la adopción de sus modelos y parámetros, y la forma gráfica, sencilla y explícita para exponerlos.

7805 PALABRAS

BIBLIOGRAFÍA

- 1 **DNV 67/80**
Normas de diseño geométrico de caminos rurales
<https://goo.gl/YBjMFf>
- 2 **DNV ANDG10**
Actualización 2010 Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial – Instrucciones generales de estudios y proyectos A) Obras básicas
<http://goo.gl/fRq2nL>
- 3 **AASHTO**
2.1 Libro Verde 1994. 3a Edición
<https://goo.gl/OZFYXN>

2.2 Libro Verde 2011. 6a Edición
<http://goo.gl/dmRCLY>
- 4 **España. AEC**
Norma 3.1 – IC TRAZADO
<http://goo.gl/VmkITS>
<http://goo.gl/UqbB6Q>
- 5 **FHWA**
Conceptos de velocidad: Guía informativa. 2009. Pub. N° FHWA-SA-10-001
<https://goo.gl/zLIPRT>
<https://goo.gl/PbeZE4>
- 6 **TRB**
NCHRP SR 254. 1998 – Administración de la velocidad
<https://goo.gl/xhoXXm>

NCHRP Report 439. Métodos de distribuir el peralte y diseños de transiciones
<http://goo.gl/qzTvY9>
- 7 **NYS DOT**
Recomendaciones para diseñar el peralte según AASHTO
<https://goo.gl/4A1uTz>
- 8 **MUTCD**
Manual on Uniform Traffic Control Devices
<http://goo.gl/7hKVZW>
- 9 **Barnett, Joseph**
Curvas con transiciones para caminos. DNV 3ª Edición 1954
- 10 **Leisch – Neuman – Glennon**
Curvas de Caminos Rurales
<https://goo.gl/Lbxvk7>
- 11 **Fambro, Daniel B. y otros**
NCHRP Report 400 TRB Determinación de las distancias visuales de detención
<http://goo.gl/umU4kp>

- 12 Moreno, Eduardo Rosendo**
EICAM 2007. Distintos criterios para determinar el peralte
<https://goo.gl/fIZELi>
- 13 Sierra, Francisco J.**
EGIC DNV-UBA 1986. Trazado y Diseño Geométrico
<https://goo.gl/VbPT91>
- XII CAVyT 1997. Monografía. Comparación normas DNV 67/80 - AASHTO 1994 (Premio) Revista Carreteras
<https://goo.gl/6CNTGu>
- XIII CAVyT 2001. Monografía. La seguridad vial y las velocidades máximas señalizadas en las autopistas (Mención especial)
https://goo.gl/8wSXs5_004
- 14 BLOG FiSi**
Velocidad
<http://goo.gl/5QS1Dc>
- Ruediger Lamm
<http://goo.gl/Mkioyv>
- Simposio Diseño Geométrico Valencia 2010
<http://goo.gl/r2JWfv>
- Simposio Diseño Geométrico Vancouver 2015
<http://goo.gl/plrtnV>
- 15 Rocci, Sandro**
2003 Capacidad, trazado y sección transversal. Universidad Politécnica de Madrid
<https://goo.gl/7EHuxa>
- 2006 Revisión de los límites de velocidad en los caminos españoles. Asociación Técnica de Carreteras. España. Info AEC N° 108
<https://goo.gl/zsUpby>
- 16 Kanellaidis, George**
Diseño de peralte en curvas viales. 1995/99. Universidad de Atenas
<http://goo.gl/oc7lez>
- 17 Universidad Trieste**
Límites longitud curva de transición
<https://goo.gl/iSitCm>
- 18 Federal Highways Administration – US Department of Transportation**
America's Highways 1776-1976
<https://goo.gl/lmhJ8C>

INGENIERÍA DE SEGURIDAD VIAL



VELOCIDADES Y DISTRIBUCIÓN DEL PERALTE EN LAS CURVAS HORIZONTALES

