



PRE-XVII CONGRESO ARGENTINO  
**de Vialidad y Tránsito**  
8º EXPOVIAL ARGENTINA

expo  
2014 vial  
Argentina

X CONGRESO INTERNACIONAL ITS

X SIMPOSIO DEL ASFALTO

II SEMINARIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN



**3 AL 6**

NOVIEMBRE DE 2014

HOTEL PANAMERICANO  
Buenos Aires, Argentina

UNA MIRADA AL FUTURO DE LAS CARRETERAS Y EL TRANSPORTE

MESA REDONDA: ASPECTOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

COHERENCIA EN EL DISEÑO  
PLANIMETRICO



Mg. Ing. Luis RICCI



# INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS



PRE-XVII CONGRESO ARGENTINO  
de Vialidad y Tránsito  
8º EXPOVIAL ARGENTINA

- “Coherencia” proviene del latín *cohaerentia*. Relación entre las cosas o acontecimientos; serie de factores y situaciones que las interconectan o mantienen unidas.
- Abordar el tema de la relación existente y los factores que vinculan los distintos elementos que componen el trazado en planta del eje de un camino.
- Comparar las principales normas de diseño geométrico: AASHTO, España, Alemania, Chile, Brasil y Argentina.
- Llegar a recomendaciones de implementación en proyectos.





- Valores deseables.
- Quiebre con pequeño ángulo curvas de gran desarrollo.
- Introducir transiciones en todas las curvas peraltadas,  $L_e = 0,1 R_c$ .
- Rectas  $L_{máx} = 10 \text{ km}$ , circulando a  $120 \text{ km/h}$  ( $33,33 \text{ m/s}$ ) se tarda en recorrer unos 300 segundos o su equivalente a 5 minutos.
- En caminos de una sola calzada se debe proveer de zonas para el sobrepaso. Llanura 80 %, Terrenos ondulados 50 %, montañosos 30 %.
- A continuación de una alineación recta de gran longitud, o de otra curva de gran radio no emplear curva de radio mínimo .
- En correspondencia con terraplenes largos y altos no deben introducirse curvas de radio mínimo por pérdida de guiado óptico.
- Entre dos curvas consecutivas dejar transiciones adecuadas.
- Entre dos curvas horizontales del mismo sentido no es conveniente proyectar alineamientos rectos de corta longitud.
- Relación entre los radios de dos curvas no debe ser superior a 2.



## 3.3.13 Controles Generales para la Alineación Horizontal:

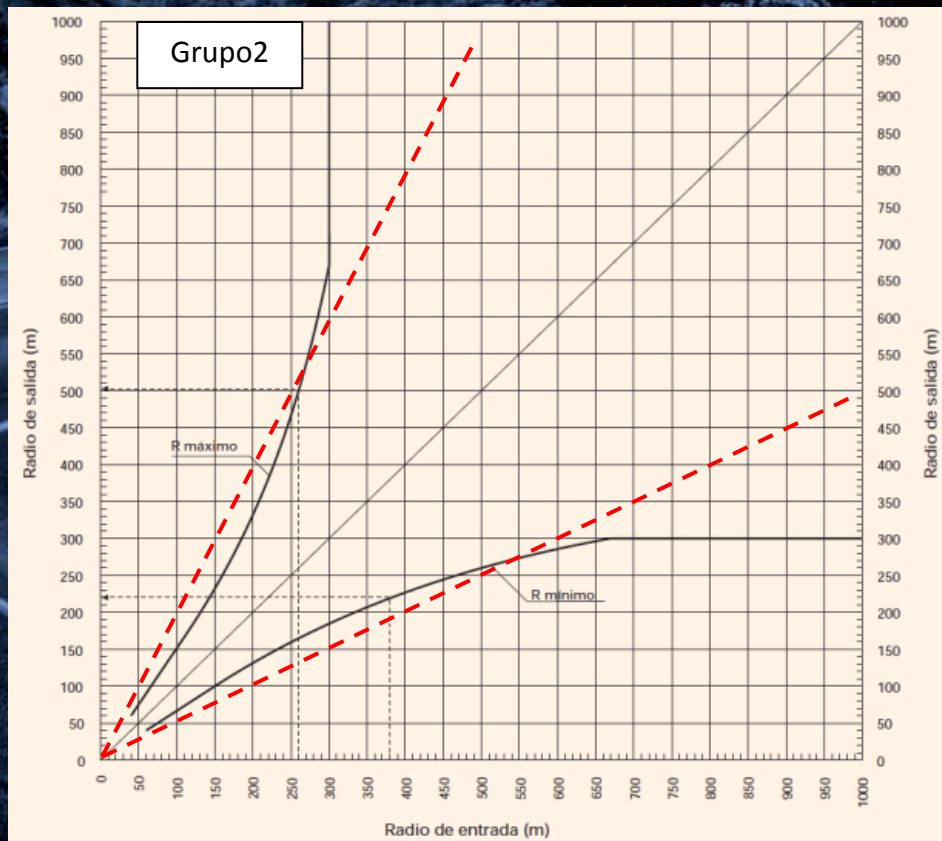
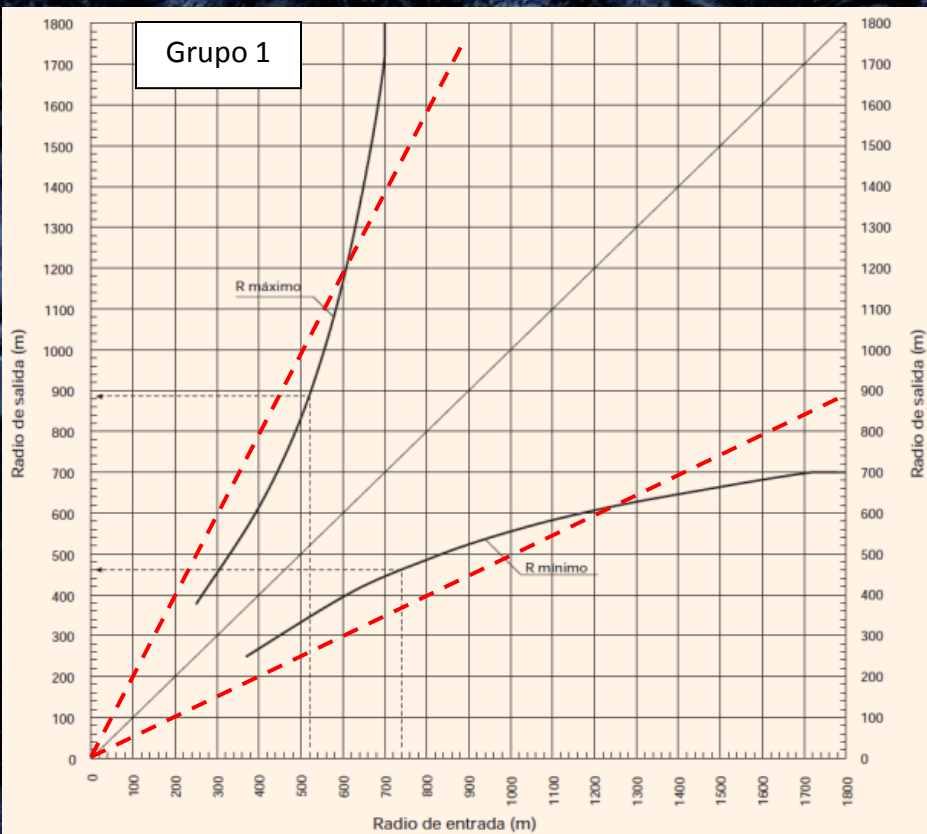
- Las alineaciones deben ser tan directas como sea posible pero debe adaptarse a la topografía .
- Debe evitarse el empleo de radios mínimos.
- Se debe buscar siempre la consistencia en el diseño. No deben introducirse curvas cerradas en los extremos de tangentes largas.
- Para ángulos de desviación pequeños, deben proyectarse curvas amplias para evitar el efecto de quiebre. Las curvas deben ser de al menos 150 m de longitud (4,5 segundos a 120 km/h).  $Lc \text{ min} = 3 \cdot VD$ ,  $Lc \text{ des} = 6 \cdot VD$ .
- En terraplenes altos es conveniente evitar curvas cerradas, guiado óptico.
- Donde sean necesarias curvas compuestas,  $R1 \leq 1,5 \cdot R2$ .
- Deben ser evitadas las curvas y contra curvas abruptas.
- Deben evitarse la secuencia de dos curvas próximas y consecutivas en la misma dirección (“broken back”).
- Se debe evitar el cambio de ancho en el cantero central en tramos rectos.



# NORMA 3.1-IC TRAZADO 2001



- Grupo 1 AU, AV, VR y C 100 km/h de VD; Grupo 2 C de 80, 60 y 40 km/h.
- En caso de disponerse rectas:  $L_{\text{mín.s}} = 1,39 \cdot VD$ ,  $L_{\text{mín.o}} = 2,78 \cdot VD$ ,  $L_{\text{máx}} = 16,70 \cdot VD$ .
- Relación entre curvas:





- **Quiebre con pequeño ángulo al centro (inferiores a 6 gon  $\approx 5,4^\circ$ ):**

ÁNGULO ENTRE LAS ALINEACIONES (gon)	6	5	4	3	2
DESARROLLO MÍNIMO DE LA CURVA CIRCULAR (m)	175	200	225	250	275
RADIO MÍNIMO (m)	2000	2500	3500	5500	9000

- **Para ángulos ligeramente superiores a 6 gon, se debe comprobar que la suma de las longitudes de las curvas de transición y circular, sea superior a los desarrollos mínimos :**

DESARROLLO MÍNIMO DE LAS CURVAS (m)	175	200	225	250	275
RADIO MÍNIMO (m)	2000	2500	3500	5500	9000

- **Es aconsejable introducir transiciones en las curvas de radio menor a 5000 m G1, y menor a 2500 m G2.**
- **Las clotoides contiguas a una alineación circular deberán ser simétricas.**
- **En general no podrán unirse clotoides entre sí, salvo curvas en "S".**



- El buen diseño geométrico puede y debe ayudar a controlar las velocidades de operación, y a reducir los accidentes.
  - Coherencia de diseño (criterio de seguridad I)
  - Coherencia de velocidad de operación (criterio de seguridad II)
  - Coherencia de dinámica de conducción (criterio de seguridad III)
- Para obtener la coherencia de velocidad de operación entre dos curvas, los radios de las curvas deben tener una relación bien equilibrada.
- Criterio de seguridad I: armonizar las velocidades directriz VD y de operación V85, en curvas y rectas individuales independientes.

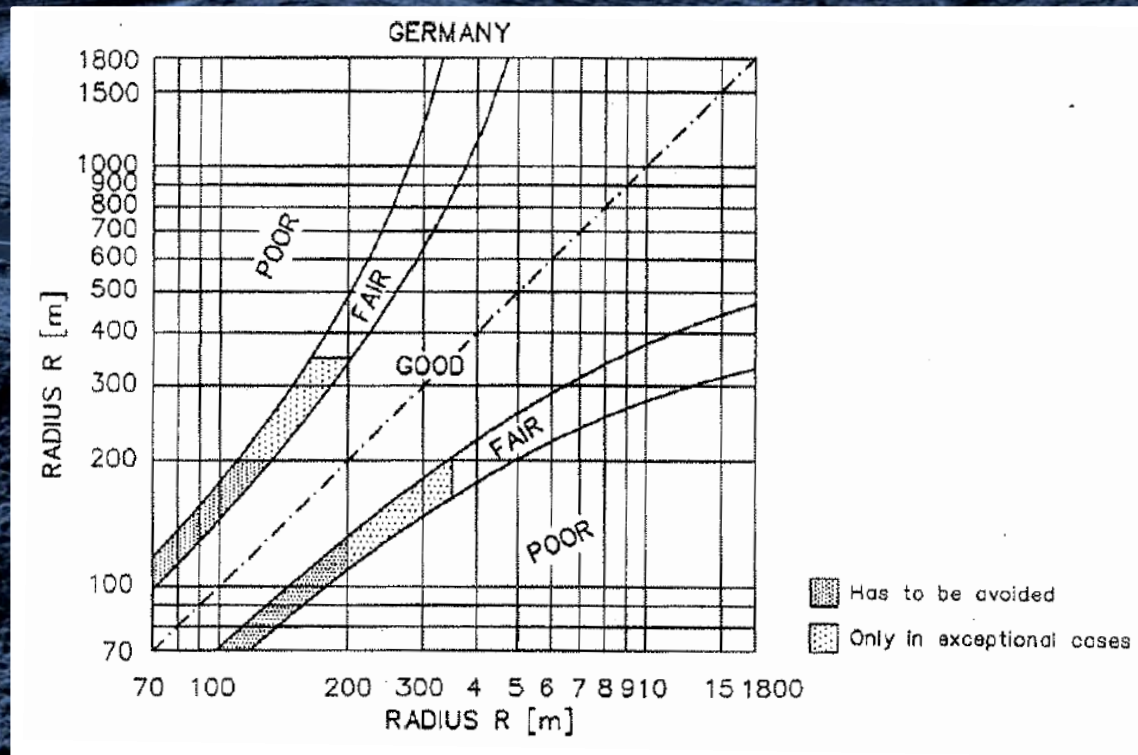
$ V85 - VD  \leq 10 \text{ km/h}$	Nivel de diseño Bueno
$10 \text{ km/h} <  V85 - VD  \leq 20 \text{ km/h}$	Nivel de diseño Moderado
$20 \text{ km/h} <  V85 - VD $	Nivel de diseño Pobre

- Criterio de seguridad II: armonizar las velocidades de operación entre los elementos de diseño sucesivos.

$ V85i - V85i+1  \leq 10 \text{ km/h}$	Nivel de diseño Bueno
$10 \text{ km/h} <  V85i - V85i+1  \leq 20 \text{ km/h}$	Nivel de diseño Moderado
$20 \text{ km/h} <  V85i - V85i+1 $	Nivel de diseño Pobre



- Una curva cerrada, aislada en un alineamiento sensiblemente recto es más peligrosa que en una sucesión de curvas de radio del mismo orden.
- El riesgo de accidentes disminuyen al aumentar el radio de curva.
- Guías alemanas introducen las gráficas de Diseño de Relación:
- Debido al efecto del resplandor nocturno y al peligro de la somnolencia, la longitud máxima de rectas  $L_{\text{máx}} < 20 \cdot VD$
- Desarrollo mínimo de Curvas  $D_{\text{es}} \geq 0,6 \cdot VD$





- La relación entre radios de curvas circulares consecutivas debe respetar el mismo condicionante impuesto por la norma española.
- Al finalizar un tramo recto, el menor radio autorizado será aquel que tolere una **velocidad del percentil 85**.  $VD=120 \text{ km/h} \rightarrow V_{p85}=130 \text{ km/h}$ .
- En deflexiones con pequeño ángulo al centro (inferiores a  $6 \text{ gon} \approx 5,4^\circ$ ), se recomienda curvas circular que posean desarrollos mínimos.
- Los tramos rectos largos son desaconsejables (Velocidades excesivas, encandilamiento, desconcentración).  $L_{\text{máx}} = 20 \cdot VD$ .
- En rectas intercaladas en curvas en “S” se pueden dar tres situaciones:
  - que no exista el tramo recto
  - que el tramo recto sea muy pequeño  $L_{\text{máx.s}} = 0,08 \cdot (A1 + A2)$
  - tramos rectos de mayor longitud  $L_{\text{mín.s}} = 1,4 \cdot VD$
- En rectas intercaladas en curvas de igual sentido  $L_{\text{des}}/L_{\text{mín}}$ :

Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno Llano y Ondulado	-	110/55	140/70	170/85	195/98	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno Montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90	-	-	-	-

- Las clotoides contiguas

deberán guardar la siguiente relación:  $2/3 \leq A1/A2 \leq 3/2$





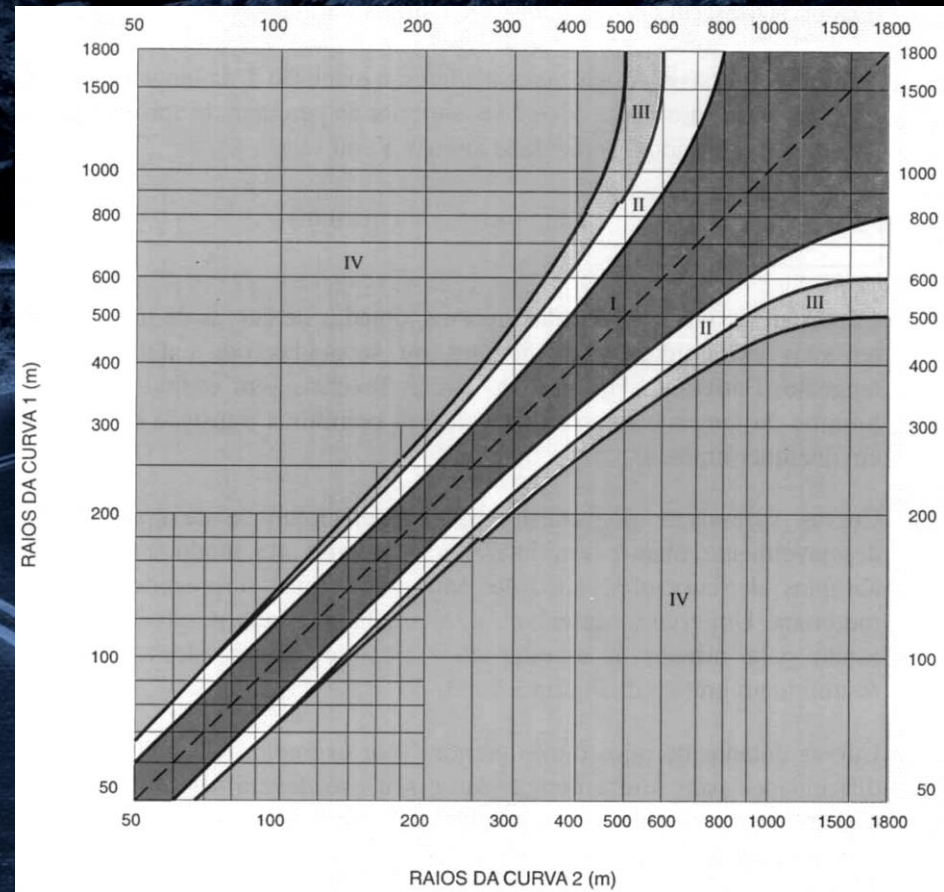
- Las tangentes largas deben ser evitadas por constituirse en un elemento extraño del proyecto, por su rigidez geométrica, poca adaptabilidad a las diversas formas del paisaje, y **monotonía** que conlleva al desarrollo de altas velocidades, **somnolencia** en los conductores y favorece el **encandilamiento**.
- En caso de ángulo al centro pequeño (menor o igual a  $5^\circ$ ), los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar desarrollos de las curvas circulares mínimos  **$Des \geq 30 \cdot (10 - AC)$** .
- Al final de rectas largas las curvas horizontales introducidas deberán ser coherentes con las mayores velocidades desarrolladas precedentemente, preferentemente deberán ser de radios muy superiores a los mínimos necesarios.
- Siempre que sea posible las curvas horizontales deben ser provistas de curvas de transición.
- Es indeseable punto de vista estético y operacional, dos curvas circulares del mismo sentido separadas por un corto tramo recto  **$L > 4 \cdot VD$** .





- **Curvas sucesivas pero de sentidos opuestos, las cuales posean curvas de transición, podrán tener sus extremos coincidentes o estar separados por tramos rectos de corta longitud.**
- **En curvas sucesivas se deberán respetar las proporciones presentes en la siguiente figura.**

- I: Sucesión deseable**
- II: Sucesión buena**
- III: Sucesión aceptable**
- IV: Sucesión a evitar**

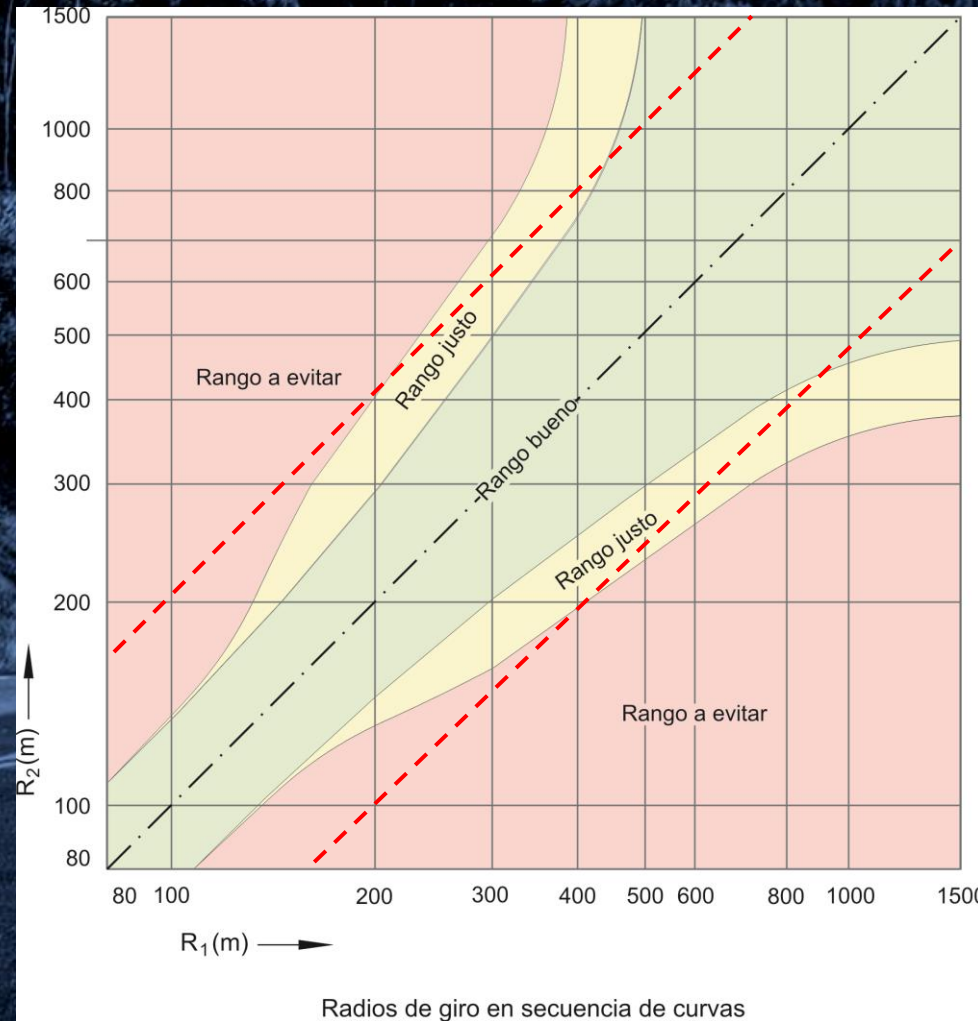




## Sección 3.5 DISEÑO DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL :

- Las rectas excesivamente largas deben evitarse:  $L_{m\acute{a}x} (m) = 20 \cdot VD$ .
- Entre curvas circulares próximas, sucesivas y del mismo sentido conviene dejar un tramo recto de longitud mínima  $L (m) \geq 5 \cdot VD$  para eliminar el efecto “broken back”.
- Quiebre en el eje planimétrico con pequeño ángulo al centro (inferiores a  $6^\circ$ ), resolución con curvas circular que tarden en recorrerse entre 10 y 20 segundos.
  - Caminos de importancia media  $R (m) > 3 \cdot VD (km/h)/\Delta (rad)$
  - Caminos de importancia superior  $R (m) > 6 \cdot VD (km/h)/\Delta (rad)$
- En el caso de rectas de longitudes superiores a 400 m, la primera curva debería tener un radio superior a 400 m.
- Toda curva que requiera peralte debe tener transiciones en la entrada y en la salida.





- Reservar en lo posible el uso de radios mínimos para lugares críticos.
- El alineamiento debe ser coherente.



# CONCLUSIONES

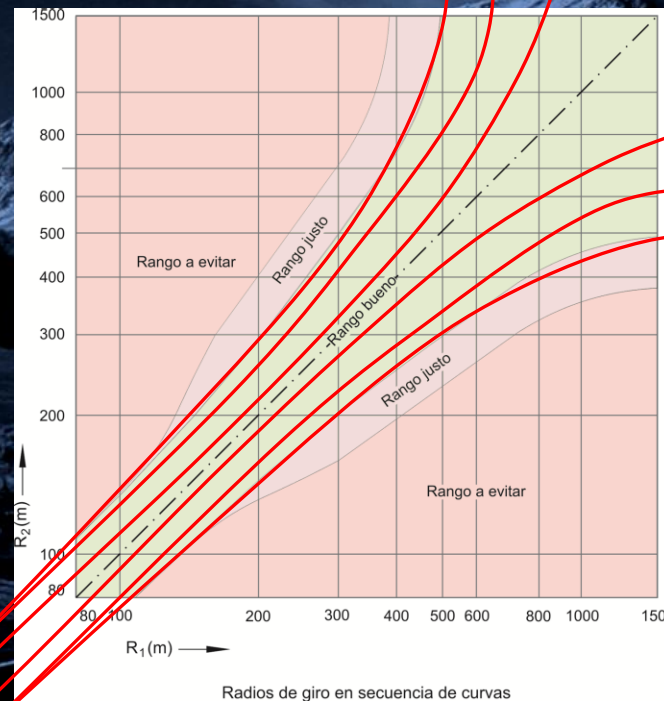


- El camino debe ser de **fácil lectura** e interpretación para el conductor, el diseño debe tener consistencia y la relación entre cada elemento proyectado debe ser armoniosa.
- En mayor o menor medida todas las normas consultadas abordan la temática de la coherencia o **consistencia** en el diseño del eje en planta.
- Es aconsejable que dichas recomendaciones tengan mayor peso y sean de cumplimiento en el caso de obras nuevas.
- Tanto la norma española como la norma chilena y brasilera consideran al eje en planta como una **sucesión de curvas** entre las cuales se colocan tramos rectos si fuesen necesarios, esto es un cambio conceptual.



# RECOMENDACIONES

- Dado que las diferentes normas internacionales consultadas lo contemplan, se recomienda establecer como obligatorio el empleo de la relación entre radios de curvas consecutivas expresada en la figura.



- se cree conveniente eliminar la zona de rango justo
- incorporar límites interiores de mayor exigencia como dispone la normativa brasilera



# RECOMENDACIONES



- Para la solución de curvas horizontales aisladas, se recomienda la implementación del diseño que verifique la **velocidad del percentil 85**.
- Dado que no se disponen de estudios estadísticos en gran número, y que el comportamiento de los conductores tiende a exceder los límites de velocidad, se propone emplear la siguiente tabla como referencia.

VD (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	120	130
$500 \text{ m} \leq L_r \leq 1000 \text{ m}$	50	60	70	80	90	100	110	130	135
$L_r > 1000 \text{ m}$	60	70	80	90	100	110	115	135	140

- La misma es una propuesta y queda a consideración o revisión.



# CONCLUSIONES



Como conclusión final se puede decir que es necesario tener en cuenta las recomendaciones de coherencia en el diseño planimétrico de caminos, y la implementación de las mismas debe tener un carácter obligatorio en obras nuevas y deseable en intervención de obras existentes, dado que en muchas oportunidades la definición del eje en planta suele ser una solución de compromiso entre las condiciones de borde y las condiciones óptimas del diseño.

Debe primar la conjunción entre la reglamentación y el buen criterio del proyectista, analizando las características particulares de cada trazado y arribando a la obra óptima de común acuerdo entre las partes interesadas.



# CONCLUSIONES



PRE-XVII CONGRESO ARGENTINO  
de Vialidad y Tránsito  
8º EXPOVIAL ARGENTINA

**Muchas gracias por su atención**

**Mg. Ing. Luis RICCI**  
**[Iricci@gagotonin.com.ar](mailto:Iricci@gagotonin.com.ar)**  
**[iricci@frlp.utn.edu.ar](mailto:iricci@frlp.utn.edu.ar)**