

# MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

ORDEN de 22 de abril de 1964 por la que se aprueba la Instrucción de la Dirección General de Carreteras 3.1. IC. «Características geométricas. Trazado»

Ilustrisimos señores:

La Orden ministerial de 27 de junio de 1961, que derogó la Instrucción de Carreteras vigente en aquella fecha, autorizó a la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales para dictar por Ordenes circulares las normas necesarias para la redacción de proyectos del trazado de las carreteras. Dichas normas habrían de sustituir a la Instrucción derogada hasta que por Orden ministerial se aprobasen las instrucciones correspondientes a las distintas cuestiones que se mencionaban. Entre ellas figuraba la relativa a «Características geométricas Trazado».

Con fecha 25 de marzo de 1963 se redactó la Orden circular 3.1. IC., relativa a las «Normas para el proyecto del trazado de las carreteras», que se comunicó a los Servicios, y desde dicha fecha ha venido siendo utilizada en la redacción de los proyectos correspondientes.

Informada por el Consejo de Obras Públicas es procedente su aprobación definitiva, y en su virtud,

Este Ministerio ha tenido a bien disponer:

Primero.—Se aprueba la Instrucción de la Dirección General de Carreteras 3.1. IC., «Características geométricas Trazado» que figura como anexo a esta Orden.

Segundo.—En la redacción de los proyectos de carreteras y en lo relativo a las características geométricas se tendrán en cuenta las normas y recomendaciones que figuran en la Instrucción que se aprueba.

Lo digo a VV. II. para su conocimiento y efectos.  
Dios guarde a VV. II. muchos años.  
Madrid, 23 de abril de 1964.

VIGON

Ilmos. Sres. Directores generales de este Ministerio.

## INSTRUCCIÓN 3.1. IC., «CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS. TRAZADO»

### 1. Generalidades

#### 1.1. Introducción

La presente Instrucción reúne las normas y especificaciones necesarias para proyectar el trazado de una carretera. En sus seis capítulos se incluyen los elementos básicos para el estudio del trazado, las prescripciones relativas a la planta, al alzado y a la sección transversal y las normas generales que deben observarse para obtener una coordinación conveniente entre los elementos que constituyen la planta y el alzado. Finalmente se dan criterios para su aplicación a los túneles, autopistas y carreteras de montaña.

#### 1.2. Objeto y ámbito de aplicación

Estas normas tienen como finalidad que las carreteras que se proyecten con arreglo a ellas proporcionen al tráfico las máximas garantías de seguridad y comodidad, haciendo estas condiciones compatibles con el aspecto estético de aquéllas.

Los proyectos de nuevas carreteras deberán ajustarse a lo prescrito en esta Instrucción, que se resume en el cuadro 1.3. adjunto. El acondicionamiento de determinados tramos de las carreteras existentes podrá llevarse a cabo mediante la aplicación razonada de las condiciones tolerables que para cada caso se autoricen a propuesta del Ingeniero proyectista. Las condiciones tolerables se resumen en el cuadro 1.4. que figura a continuación.

### 2. Elementos básicos para el estudio del trazado

#### 2.1. Definiciones

Se establecen las siguientes definiciones para los términos utilizados en estas normas:

**Acera.**—Zona longitudinal de la carretera, elevada o no, destinada al tránsito de peatones.

**Andén.**—Acera elevada.

**Año horizonte.**—Año para cuyo tráfico previsible debe ser proyectada la carretera.

**Apartadero.**—Ensanchamiento de la calzada destinado a parada de vehículos, sin interceptar la circulación.

**Arcén.**—Zona longitudinal de la carretera comprendida entre el borde de la calzada y la arista correspondiente de la plataforma.

**Arista exterior de la explanación.**—Es la intersección del talud del desmonte o terraplén con el terreno natural. Cuando el terreno natural circundante está al mismo nivel que la carretera la arista exterior de la explanación es el borde exterior de la cuneta.

**Calle de servicio.**—Carretera secundaria con trazado sensiblemente paralelo a una carretera principal, con acceso a ésta solamente en algunos puntos para servicio de los edificios o propiedades contiguos.

**Calzada.**—Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.

**Carril.**—Zona longitudinal de la calzada con anchura suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

**Curva de acuerdo horizontal.**—Curva que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos circulares de radio diferente. La curva de acuerdo que se adopta es la clotoide.

**Curva de acuerdo vertical.**—Curva que enlaza dos rasantes de diferente inclinación. Se adopta la parábola.

**Distancia de parada.**—Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención.

Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado.

**Distancia de visibilidad de parada.**—Se considerará como distancia de visibilidad de parada la que existe entre un obstáculo situado sobre la calzada y la posición de un vehículo que circula en dirección a dicho obstáculo en el momento en que puede divisarlo sin que luego desaparezca de su vista hasta llegar al mismo.

A los efectos de esta circular las alturas del obstáculo y del punto de vista del conductor sobre el plano de la calzada se fijan en 0,20 y 1,20 metros, respectivamente. La distancia punto de vista-obstáculo se medirá según una línea paralela al eje de la carretera y trazada a 1,50 metros del borde derecho de la calzada en el sentido de la marcha por el interior del pavimento.

**Distancia de adelantamiento.**—Distancia mínima de que debe disponer un conductor para adelantar a otro con toda seguridad, sin obligar a disminuir su velocidad a un tercer vehículo que circule a la velocidad específica y en sentido opuesto.

**Distancia de visibilidad de adelantamiento.**—Se considerará como distancia de visibilidad de adelantamiento la que existe entre un objeto situado sobre la calzada y la posición de un vehículo que circule en dirección a dicho objeto en el momento en que puede divisarlo sin que luego desaparezca de su vista hasta llegar al mismo.

**Encintado.**—Bordillo enrasado con el pavimento.

**Enlace.**—Red de carreteras que en las proximidades de un cruce a niveles diferentes permite el paso de una a otra carretera.

**Explanación.**—Zona de terreno ocupada realmente por la carretera. Sus límites son las aristas exteriores de la explanación.

**Intensidad horaria de proyecto.**—Número de vehículos/hora que deben poder utilizar la carretera que se proyecta en el año horizonte en las condiciones de circulación que se hayan estimado como aceptables. Símbolo IHP.

**Intensidad media diaria.**—Número total de vehículos que pasan por una sección transversal de la carretera durante un año, dividido por el número de días del año. Símbolo IMD.

**Intersección.**—Zona común a dos o varias carreteras que se cruzan al mismo nivel y en la que se incluyen las plataformas que puedan utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles.

**Longitud crítica de una rampa.**—Es la máxima longitud de una rampa que permite que el vehículo tipo circule en toda ella a una velocidad no inferior a la velocidad mínima admisible.

**Mediana.**—Cuando las corrientes de tráfico tienen diferente sentido al separador de tráfico se le denomina mediana.

**Plataforma.**—Zona de la carretera destinada al uso de los vehículos formada por la calzada y los arcenes.

**Red arterial.**—Conjunto de vías de gran tráfico en el interior de una población o área metropolitana que formando parte de la red vial de la nación permite la continuidad de

1.3 CUADRO GENERAL DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

TRAFICO	LIGERO			MEDIO			PESADO			
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
GRUPO	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
IND	< 250	250-500	500-1000	1000-2000	2000-5000	> 5000				
1- TERRENO	LL O A MA	LL O A MA	LL O A MA	LL O A MA	LL O A MA	LL O A MA	LL O A MA	LL O A MA	LL O A MA	LL O A MA
2- CONDICIONES N°	12 14 16 18	22 24 26 28	32 34 36 38	42 44 46 48	52 54 56 58	62 64 66 68	72 74 76 78	82 84 86 88	92 94 96 98	102 104 106 108
3- VELOCIDAD ESPECIFICA (VE)	70 80 90 100	70 80 90 100	70 80 90 100	70 80 90 100	70 80 90 100	70 80 90 100	70 80 90 100	70 80 90 100	70 80 90 100	70 80 90 100
4- CALZADA	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
5- ARCENES	1,50 1,00 1,00 0,50	1,50 1,00 1,00 1,00	2,00 2,50 1,50 1,00	2,50 2,50 1,50 1,00	3,00 3,00 2,50 2,50	3,00 3,00 2,50 2,50	3,00 3,00 2,50 2,50	3,00 3,00 2,50 2,50	3,00 3,00 2,50 2,50	3,00 3,00 2,50 2,50
6- PLATAFORMA	9 8 8 7	9 8 8 8	12 11 9 9	12 12 10 9	12 12 10 9	12 12 10 9	12 12 10 9	12 12 10 9	12 12 10 9	12 12 10 9
7- MEDIANA										
8- RAMPAS MAXIMAS	5 5 5 5 (+1% SI L < 250)	4 5 6 7 (+1% SI L < 250)	3 4 5 6 (+1% SI L < 250)	3 4 5 6 (+1% SI L < 250)	3 4 5 6 (+1% SI L < 250)	3 4 5 6 (+1% SI L < 250)	3 4 5 6 (+1% SI L < 250)	3 4 5 6 (+1% SI L < 250)	3 4 5 6 (+1% SI L < 250)	3 4 5 6 (+1% SI L < 250)
9- RADIOS MINIMOS	180 120 75 25	180 120 75 25	450 250 120 40	450 250 120 40	450 250 120 40	450 250 120 40	450 250 120 40	450 250 120 40	450 250 120 40	450 250 120 40
10° ACUERDOS CONVEXOS	2500 1400 1400 1400	2500 1400 1400 1400	8000 3500 1400 1400	8000 3500 1400 1400	8000 3500 1400 1400	8000 3500 1400 1400	8000 3500 1400 1400	8000 3500 1400 1400	8000 3500 1400 1400	8000 3500 1400 1400
10° ACUERDOS CONCAVOS	70 60 60 60	70 60 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60
10° ACUERDOS CONVEXOS	2000 1400 1400 1400	2000 1400 1400 1400	4500 2500 1400 1400	4500 2500 1400 1400	4500 2500 1400 1400	4500 2500 1400 1400	4500 2500 1400 1400	4500 2500 1400 1400	4500 2500 1400 1400	4500 2500 1400 1400
10° ACUERDOS CONCAVOS	70 60 60 60	70 60 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60	100 90 60 60
11- PARADA EN TODA LA LONGITUD	100 75 55 25	100 75 55 25	180 120 75 35	180 120 75 35	180 120 75 35	180 120 75 35	180 120 75 35	180 120 75 35	180 120 75 35	180 120 75 35
12- DISTANCIA VISIBILIDAD DE PASO	450 350 250 150	450 350 250 150	600 500 350 200	600 500 350 200	600 500 350 200	600 500 350 200	600 500 350 200	600 500 350 200	600 500 350 200	600 500 350 200
13- PROPORCION DE UN TRAMO DE PLATAFORMA ANTERIOR	2 OPORTUNIDADES	2 OPORTUNIDADES	2 OPORTUNIDADES	2 OPORTUNIDADES	2 OPORTUNIDADES	2 OPORTUNIDADES	2 OPORTUNIDADES	2 OPORTUNIDADES	2 OPORTUNIDADES	2 OPORTUNIDADES
14- ANCHO DE LA PLATAFORMA	0,50 0,30 0,30 0,30	0,50 0,30 0,30 0,30	0,50 0,30 0,30 0,30	0,50 0,30 0,30 0,30	0,50 0,30 0,30 0,30	0,50 0,30 0,30 0,30	0,50 0,30 0,30 0,30	0,50 0,30 0,30 0,30	0,50 0,30 0,30 0,30	0,50 0,30 0,30 0,30
15- ALTURA LIBRE SOBRE LA CALZADA	4,50 METROS	4,50 METROS	4,50 METROS	4,50 METROS	4,50 METROS	4,50 METROS	4,50 METROS	4,50 METROS	4,50 METROS	4,50 METROS

SE MANTENDRA LA PLATAFORMA DEFINIDA EN LA FILA 6

NECESIDAD DE VIAS LENTAS

3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

800 450 250 120 40 450 250 120 40 450 250 120 40 450 250 120 40

15000 8000 3500 1400 1400 15000 8000 3500 1400 1400 15000 8000 3500 1400 1400

120 100 80 60 60 120 100 80 60 60 120 100 80 60 60

6000 4500 2500 1400 1400 6000 4500 2500 1400 1400 6000 4500 2500 1400 1400

120 100 80 60 60 120 100 80 60 60 120 100 80 60 60

250 180 120 75 35 250 180 120 75 35 250 180 120 75 35

500 600 350 200 200 500 600 350 200 200 500 600 350 200 200

0,50 0,30 0,30 0,30 0,30 0,50 0,30 0,30 0,30 0,30 0,50 0,30 0,30 0,30 0,30

2,19+2 (MEDIANA ELEVADA)



las comunicaciones, los grandes desplazamientos internos y el acceso a los diferentes sectores

**Ronda**—Vía pública que rodea total o parcialmente una población enlazando las carreteras que afluyen a ella

**Sección transversal**—Sección obtenida al cortar la carretera por un plano normal a la proyección horizontal del eje longitudinal

**Separador de tráfico**—Zona longitudinal de la carretera que sirve de separación entre dos corrientes de tráfico

**Travesía**—Vía o vías públicas urbanas a las que se asigna la función de establecer la continuidad de una carretera en el interior de una población

**Velocidad de acceso en rampa**—Es la velocidad a que circula el vehículo tipo en el momento de llegar al comienzo de una rampa

**Velocidad crítica de una rampa**—Es la máxima que el vehículo pesado tipo puede mantener en una rasante de inclinación dada y de longitud ilimitada

**Velocidad específica de una curva circular**—Máxima velocidad que puede mantenerse en condiciones de seguridad en una curva circular de longitud suficiente cuando las circunstancias meteorológicas y de tráfico son tan favorables que las únicas limitaciones vienen determinadas por las características geométricas de la curva circular

Puede extenderse esta definición a cualquier alineación de características geométricas constantes a lo largo de toda ella

**Velocidad geométrica**—Máxima velocidad media que puede conseguirse en condiciones de seguridad en un tramo de carretera cuando las circunstancias meteorológicas y de tráfico son tan favorables que las únicas limitaciones vienen determinadas por las características geométricas del tramo

**Velocidad real (de la circulación)**—Se denomina velocidad real de la circulación en un tramo de carretera a la máxima velocidad media que puede garantizarse en condiciones de seguridad a cualquier conductor en las condiciones de tráfico existentes en la hora de proyecto

A efectos prácticos se considera como velocidad real aquella que es superado únicamente por el 20 por 100 de los vehículos

**Visibilidad de adelantamiento**—Se dice que una alineación tiene visibilidad de adelantamiento cuando en toda su longitud la distancia de visibilidad de adelantamiento es igual o mayor que la distancia de adelantamiento

**Visibilidad de parada**—Se dice que una carretera tiene visibilidad de parada cuando en toda su longitud la distancia de visibilidad de parada es igual o mayor que la distancia de parada

2.2 Nomenclatura y símbolos

	Símbolo	Dimensiones
Velocidad específica .....	V	km/h
Intensidad media diaria .....	IMD	vh/d
Intensidad horaria de proyecto .....	IHP	vh/h
Distancia de parada .....	D <sub>p</sub>	m
Distancia de adelantamiento .....	D <sub>a</sub>	m
Coefficiente de rozamiento longitudinal .....	f <sub>l</sub>	—
Tiempo (en general) .....	t	s
Longitud (en general) .....	l	m
Aceleración .....	j	m/s <sup>2</sup>
Aceleración de la gravedad .....	g	m/s <sup>2</sup>
Variación de la aceleración .....	J	m/s <sup>3</sup>
Longitud de la curva de acuerdo vertical .....	L <sub>v</sub>	m
Parámetro de la curva de acuerdo vertical .....	K <sub>v</sub>	m
Inclinación de la rasante .....	i	Tanto por uno
Diferencia algebraica de las pendientes i <sub>1</sub> e i <sub>2</sub> .....	Δ	Tanto por uno
Radio de la curva circular horizontal .....	R <sub>h</sub>	m
Longitud de la curva circular horizontal .....	L <sub>c</sub>	m
Peralte .....	p	Tanto por uno
Coefficiente de rozamiento transversal .....	f <sub>t</sub>	—
Radio de curvatura de la curva de acuerdo (clotoide) .....	R	m

	Símbolo	Dimensiones
Longitud de la curva de acuerdo (clotoide) .....	L	m
Parámetro de la clotoide .....	A	m
Radio de la curva circular contigua a la curva de acuerdo .....	R <sub>c</sub>	m
Longitud total de la curva de acuerdo .....	L <sub>c</sub>	m
Longitud del tramo de transición del bombeo en recta .....	ΔL <sub>v</sub>	m
Retranqueo de la curva circular .....	ΔR <sub>c</sub>	m
Coordenadas del punto de tangencia de la clotoide y de la circunferencia .....	X <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub>	m
Abscisa del centro de la curva circular .....	X <sub>m</sub>	m
Angulo de desviación en un punto de la clotoide .....	∠L	Grados centesimales
Angulo de desviación en el punto de tangencia de la clotoide y la curva circular .....	∠L <sub>v</sub>	Grados centesimales
Inclinación del borde de la calzada en relación con el eje de la carretera .....	e	Tanto por uno
Longitud total de una alineación .....	L <sub>t</sub>	m
Angulo de dos alineaciones rectas .....	Ω	Grados centesimales
Despeje de una curva horizontal .....	F	m
Longitud de la tangente .....	T	m
Longitud de la bisectriz de la curva de acuerdo vertical .....	d	m
Ancho de la calzada .....	a	m
Ensanche de la calzada .....	r	m
Sobreebanco de cada carril en las curvas horizontales .....	S	m

2.3 Velocidad específica

La velocidad específica de cada una de las alineaciones de un tramo de carretera no debe ser inferior al valor que para ella se fija en el cuadro 1, en función de la naturaleza del terreno y de la intensidad media diaria del tramo

Terreno	IMD		
	<500	500 a 2.000	>2.000
	Velocidad km/h		
Llano .....	70	100	120-100
Ondulado .....	60	80	100- 80
Accidentado .....	50	60	80- 60
Muy accidentado .....	30	40	80- 60

2.4 Distancias de visibilidad

2.4.1 Distancia de parada

La distancia de parada se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$D_p = \frac{Vt}{3.6} + \frac{V^2}{250(f_l + i)}$$

en la que

D<sub>p</sub> = Distancia de parada en m.

V = Velocidad específica en km/h.

f<sub>l</sub> = Coeficiente de rozamiento longitudinal rueda-pavimento.

$f$  = Inclinación de la rasante en tanto por uno.  
 $t$  = Tiempo de percepción y reacción en s.

El coeficiente de rozamiento longitudinal para diferentes velocidades se obtiene de la figura 1.

El valor del tiempo de percepción y reacción se tomara igual a 2 s.

Los valores de la distancia de parada en función de la velocidad y de la pendiente o inclinación de la rasante se indican en la figura 2

2.4.2 Visibilidad de parada

El valor mínimo de la distancia de visibilidad de parada será igual al de la distancia de parada del párrafo anterior.

2.4.3 Distancia de adelantamiento

COEFICIENTES DE ROZAMIENTO LONGITUDINAL

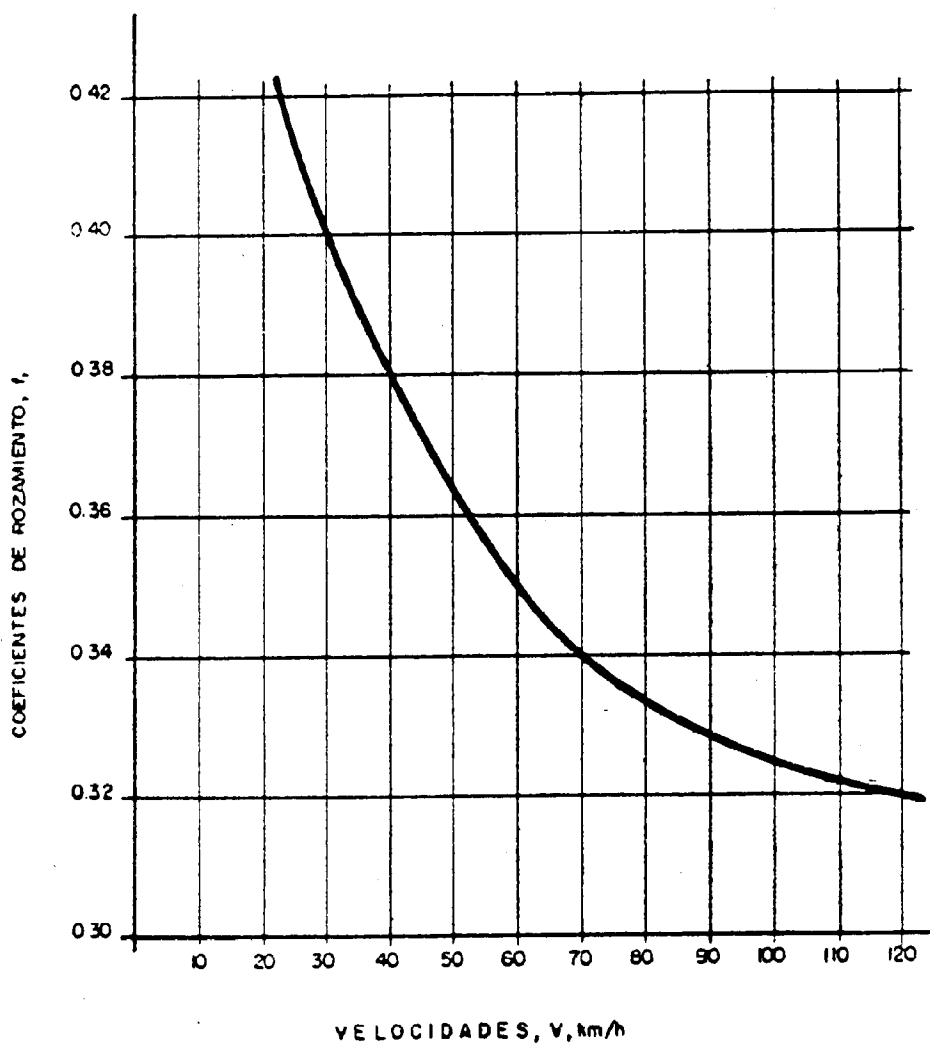


Fig. 1

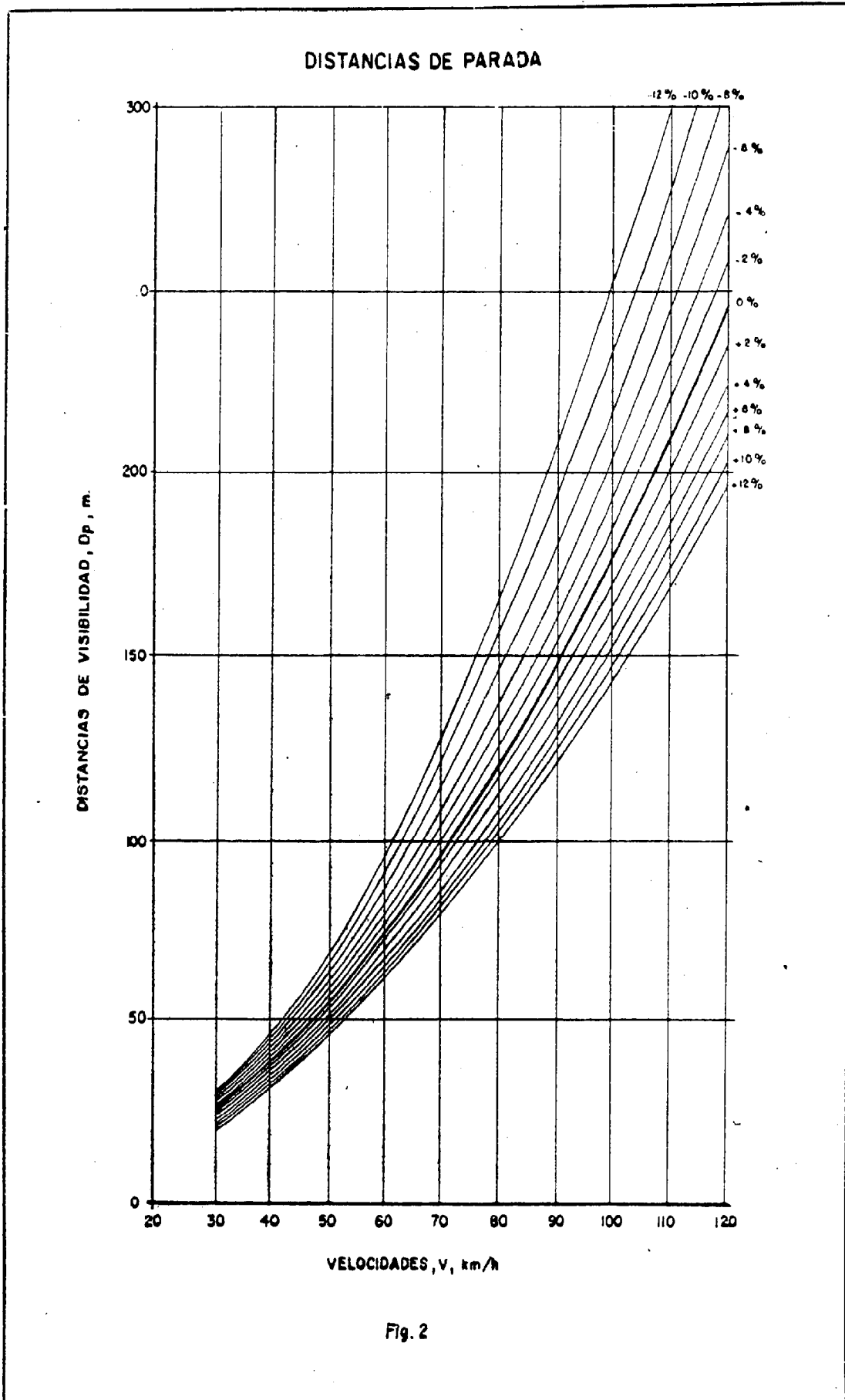


Fig. 2

Los valores de la distancia de adelantamiento se obtienen de la fórmula siguiente:

$$D_a = 30 + V + (V-3) \sqrt{\frac{0,7 V}{j}}$$

siendo:

- $D_a$  = Distancia de adelantamiento en m
- $V$  = Velocidad específica en km/h.
- $j$  = Aceleración en  $m/s^2$

Los valores normales de  $j$  para cada velocidad se obtienen de la figura 3

En el cuadro 2 figuran las distancias obtenidas una vez redondeadas.

En carreteras de dos carriles se tratará de obtener la máxima longitud posible con visibilidad de adelantamiento.

En las carreteras con calzada única y tres carriles se aplicarán las distancias de adelantamiento que se recogen en el cuadro 2. Esta visibilidad se exigirá en toda su longitud (cuadro 3).

En las carreteras con dos calzadas de dos carriles cada una no es necesario tener en cuenta la visibilidad de adelantamiento. Únicamente deben tener en toda su longitud visibilidad de parada.

### VALOR NORMAL DE LA ACELERACION A EFECTOS DE LA DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO

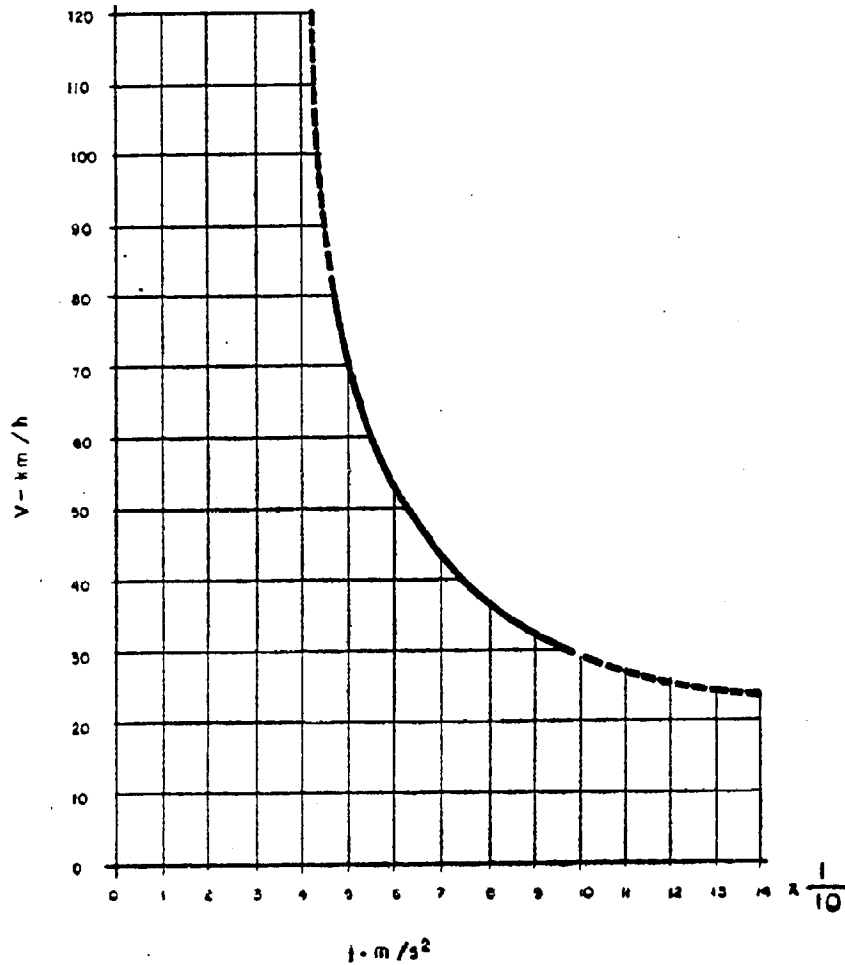


Fig. 3

CUADRO 2								
Distancias mínimas de visibilidad								
Velocidades específicas km/h .....	30	40	50	60	70	80	100	120
Distancias de parada en horizontal en m. (Se corregirán en función de la pendiente) .....	25	35	55	75	100	120	180	250
Distancias de adelantamiento en calzadas con dos carriles en m .....	150	—	250	350	450	500	600	600
Distancias de adelantamiento en calzadas con tres carriles en m .....	—	200	—	250	300	350	400	—

2.4.4. Tramos con visibilidad de adelantamiento | tamiento que deben existir en una longitud de cinco kilóme-  
La proporción mínima de tramos con visibilidad de adelan- | tros de carretera se indica en el cuadro siguiente:

CUADRO 3			
Tramos con visibilidad de adelantamiento			
IMD Vh/d	<1.000	1.000-2.000	2.000-5.000
Carretera con dos carriles:			
Número de oportunidades de adelantar o proporción en 5 kilómetros de longitud con visibilidad de adelantamiento .....	Dos oportu- nidades	30 por 100	60 por 100.
Carretera con tres carriles .....	Distancia del cuadro número 2 en toda su longitud		

## 2.5. Visibilidad en planta

### 2.5.1. Visibilidad en curvas horizontales

Las curvas tendrán una distancia de visibilidad mínima igual a la distancia de parada en calzadas de dos carriles e igual a la distancia de adelantamiento en calzadas de tres carriles.

La distancia de visibilidad se medirá según una paralela al eje de la carretera, coincidiendo con la trayectoria del vehículo.

### 2.6. Visibilidad en alzado

En los acuerdos verticales de las alineaciones en carreteras con calzadas de dos y cuatro carriles o en carreteras con calzadas separadas la distancia de visibilidad debe ser igual a la distancia de parada. En calzadas de tres carriles será como mínimo igual a la distancia de adelantamiento del cuadro número 2.

## 3. Trazado en planta

### 3.1. Alineaciones rectas

Al proyectar se procurará que la longitud de las alineaciones rectas forme un conjunto armónico con el resto del trazado.

Las grandes longitudes de las alineaciones rectas o curvas de radio superior a 10.000 metros producen sensación de monotonía y resultan molestas, especialmente durante la noche, con

el deslumbramiento de los faros. Sin embargo, conviene que su longitud no sea inferior a determinados mínimos para conseguir mayor seguridad y comodidad del tráfico.

En terreno llano son aceptables longitudes máximas comprendidas entre los 500 y 2.000 metros, según la velocidad específica.

En terreno ondulado o accidentado conviene sustituir las rectas por curvas de radio comprendido entre los 5.000 y los 10.000 metros o mantener el criterio del párrafo anterior.

Las longitudes mínimas deberán estar comprendidas entre 50 y 200 metros, salvo las excepciones que se estudian más adelante.

### 3.2. Alineaciones curvas

El trazado de la carretera estará generalmente formado por la sucesión de alineaciones rectas enlazadas entre sí por alineaciones curvas. Estas constan en general de una curva central circular y de dos curvas de acuerdo que permitan una transición gradual de la trayectoria rectilínea a la curvilínea de radio de curvatura constante.

En general se aconseja no utilizar radios superiores a los 10.000 metros, salvo en los casos en que resulte necesario para cumplir lo especificado en el epígrafe 3.2.3.1.2.

La supresión de la curva circular o de las de acuerdo da origen a tipos simplificados de alineaciones curvas entre alineaciones rectas.

Cuando la longitud de una alineación recta se anula el trazado queda reducido a una sucesión de curvas que pueden ser circulares, con o sin acuerdo entre sí, o simplemente a una sucesión de clotoides de distintos parámetros.



3.2.1. Curva circular

3.2.1.1 Características

El arco de circunferencia que la define tiene como características esenciales las siguientes:

- Radio:  $R_a$  en m.
- Longitud del arco o desarrollo:  $D_c$  en m.
- Peralte:  $p$  en tanto por uno

La velocidad específica, el radio, el peralte y el coeficiente de rozamiento transversal se relacionan entre sí por la siguiente fórmula:

$$V = 127 R_a (p + f_t)$$

En el cuadro 4 se indican los valores del coeficiente de rozamiento transversal para diferentes velocidades.

Velocidad específica en km/h .....	30	40	50	60	70	80	90	100	120
Valores de $f_t$ .....	0.210	0.191	0.171	0.156	0.143	0.141	0.135	0.126	0.112

3.2.1.2 Radios mínimos y peraltes

En el cuadro 5 se indican los radios mínimos y peraltes correspondientes a diferentes velocidades específicas

En general una curva horizontal debe proyectarse para la velocidad específica correspondiente tomada del cuadro 5, aunque ésta sea superior a la velocidad específica mínima del tramo considerado, obtenida del cuadro 1.

Velocidad específica km/h.	30	40	50	60	70	80	90	100	120
Radio mínimo (m.) .....	25	45	75	120	175	250	350	450	800
Peralte .....	0.10	0.10	0.09	0.08	0.075	0.065	0.055	0.045	0.03

En la práctica el peralte que corresponde a cualquier radio, así como la velocidad específica de la curva, pueden obtenerse fácilmente de la figura 4.

Los resultados se resumen en el cuadro 6.

$R_a$	$p$
Hasta 50 metros .....	0.100
Desde 50 a 70 metros .....	0.095
Desde 70 a 90 metros .....	0.090
Desde 90 a 110 metros .....	0.085
Desde 110 a 140 metros .....	0.080
Desde 140 a 170 metros .....	0.075
Desde 170 a 210 metros .....	0.070
Desde 210 a 260 metros .....	0.065
Desde 260 a 320 metros .....	0.060
Desde 320 a 390 metros .....	0.055
Desde 390 a 460 metros .....	0.050
Desde 460 a 560 metros .....	0.045
Desde 560 a 660 metros .....	0.040
Desde 660 a 780 metros .....	0.035
Desde 780 a 940 metros .....	0.030
Desde 940 a 1.100 metros .....	0.025
Desde 1.100 a 4.000 metros .....	0.020
Mayor de 4.000 metros .....	Bombeo del 2 por 100 .....

Cuando por alguna razón fuera necesario limitar el peralte máximo a un valor menor del 10 por 100, caso de hielo fre-

cuente, por ejemplo, se justificarán los valores adoptados y el criterio seguido.

La inclinación de la rasante obliga a limitar el valor del peralte de forma que la línea de máxima pendiente no supere los valores indicados en la figura 5.

3.2.2. Curva de acuerdo

3.2.2.1. Generalidades

Para mantener una velocidad conveniente de los vehículos en todo el trazado de una carretera sin que tengan que saltarse del espacio correspondiente al carril por el que circulan es necesario intercalar una curva de acuerdo entre una alineación recta y una curva circular o entre dos curvas circulares,

Las curvas de acuerdo deben ofrecer las mismas condiciones de seguridad y comodidad que el resto del trazado. La seguridad se consigue adoptando una forma conveniente de la curva. La comodidad amortiguando la variación por segundo de la aceleración centrípeta y dando a la curva una longitud suficiente para desvanecer el peralte. Esta última condición favorece, además, a la estética del trazado.

3.2.2.2. Características de la curva de acuerdo

Se adopta en todos los casos como curva de acuerdo la clotoide, que es la que mejor se presta para conseguir que el tránsito de una trayectoria curvilínea de radio de curvatura constante—curva circular—a una trayectoria rectilínea o viceversa se haga gradualmente.

La fórmula general de la clotoide es

$$R \cdot L = A^3$$

en la que

R: Radio de curvatura en m.

L: Longitud en m. de la curva entre  $R = \infty$  y el punto de radio R.

RELACION ENTRE LOS ELEMENTOS CARACTERISTICOS DE UNA CURVA CIRCULAR

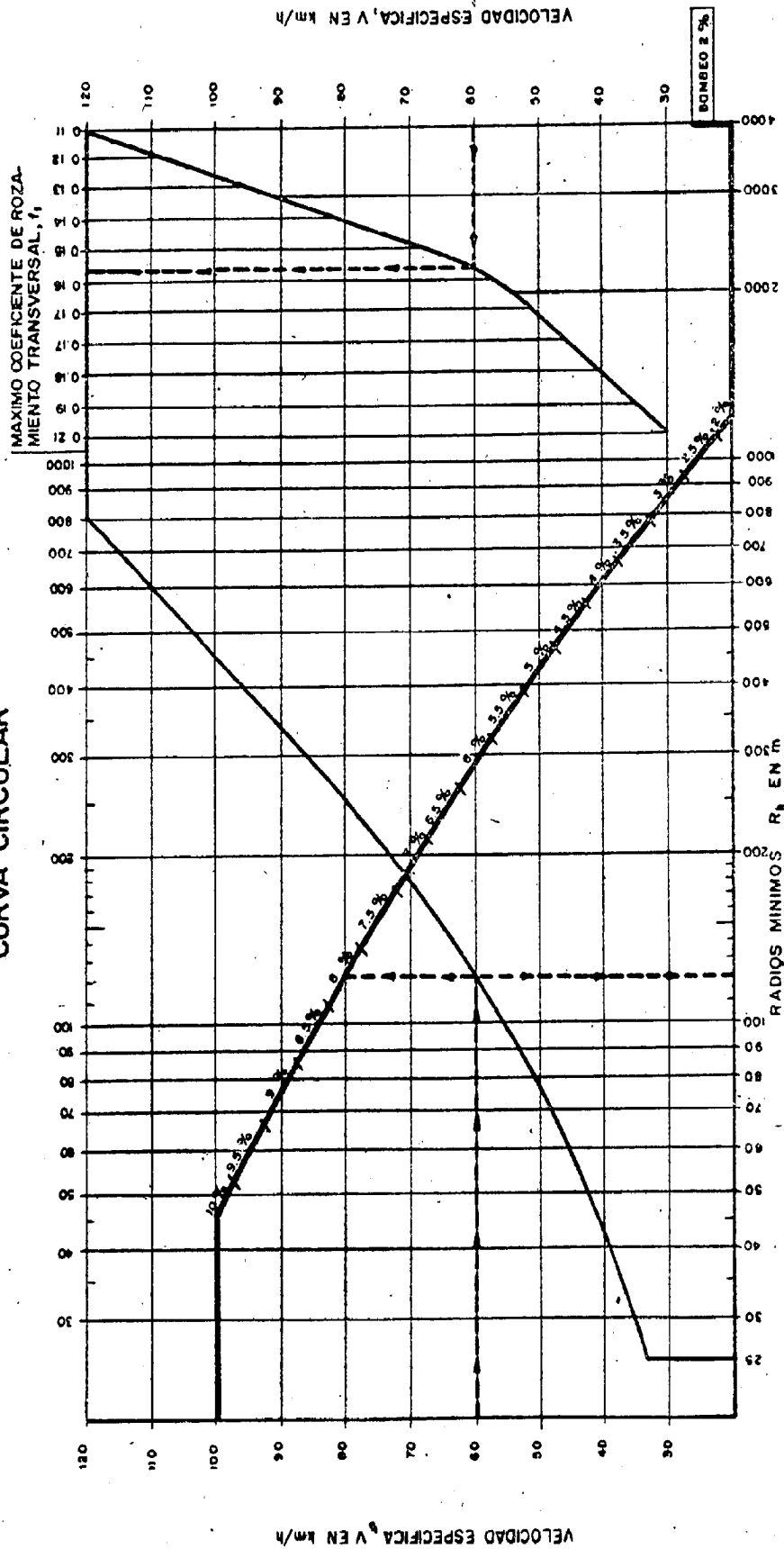
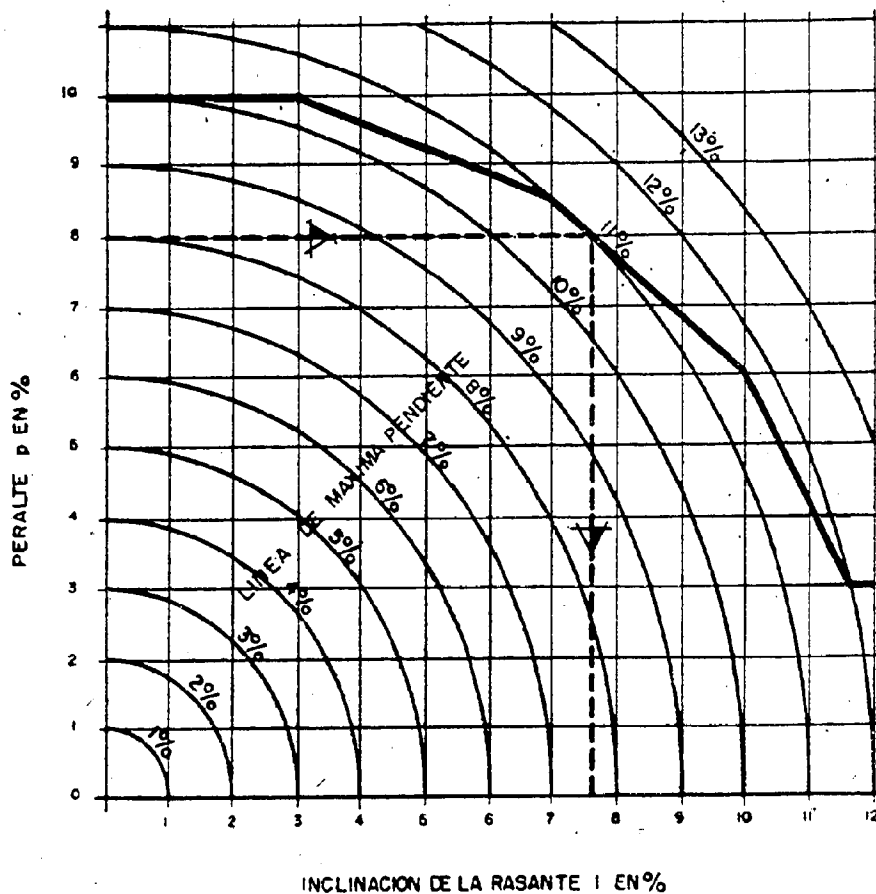


Fig. 4

### INCLINACION LIMITE DE LA LINEA DE MAXIMA PENDIENTE EN LAS CURVAS



EJEMPLO SI EL PERALTE ES DEL 8%, LA MAXIMA INCLINACION ADMISIBLE DE LA RASANTE ES DE 7.7% LO QUE SUPONE UNA LINEA DE MAXIMA PENDIENTE DEL 11%

Fig. 5

A: Parámetro de la clotoide en m.

Otros valores característicos son (fig. 6):

- R<sub>0</sub>: Radio de la curva circular contigua en m.
- L<sub>0</sub>: Longitud total de la curva de acuerdo en m.
- ΔR<sub>0</sub>: Retranqueo de la curva circular en m.

- X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub>: Coordenadas en m. del punto de tangencia de la clotoide y de la circunferencia referidos a la tangente y normal a la clotoide en el punto de R = ∞
- X<sub>m</sub>: Abscisa, en m. del centro de la curva circular.
- α<sub>L</sub>: Angulo de desviación en grados centesimales, que forma la alineación recta del trazado con la tangente en un punto de la clotoide.

$$\alpha_L = 31.83 \frac{L}{R}$$

$\alpha_L$ : ANGULO de desviación en el punto de tangencia con la curva circular

### 3.2.2.3 Condiciones de la curva de acuerdo

Parámetros mínimos:

a) Por limitación de la aceleración centripeta.

La variación de la aceleración centripeta debe limitarse a

## CARACTERISTICAS DE LA CURVA DE ACUERDO

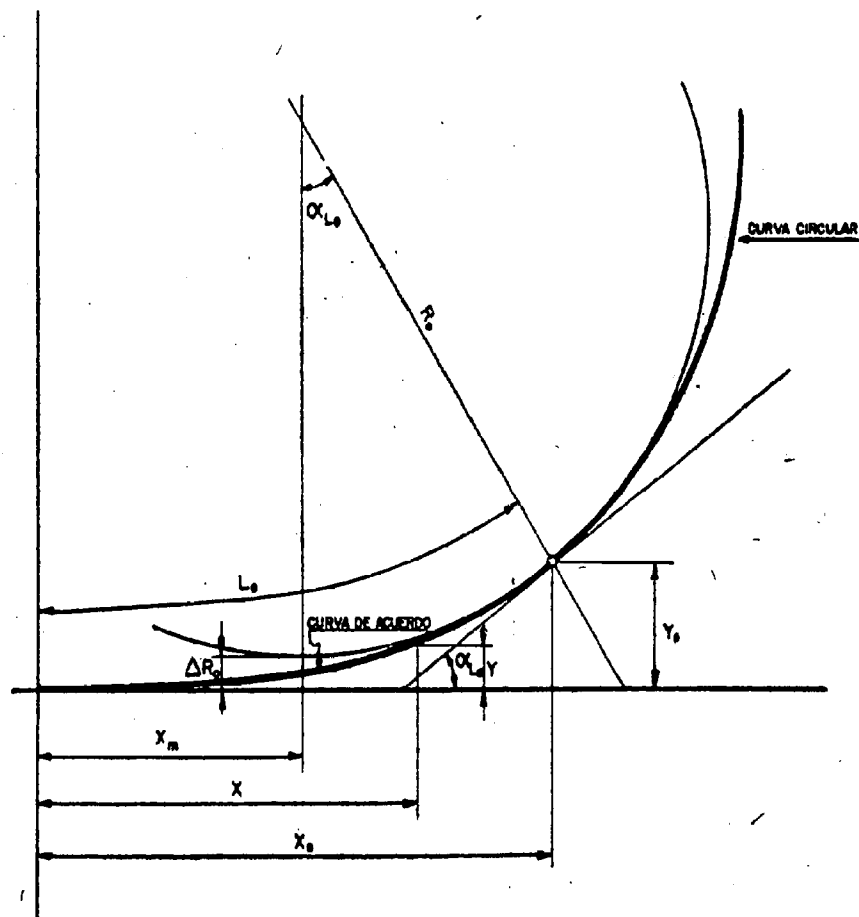


Fig. 6

un valor J aceptable desde el punto de vista de la comodidad. El valor del parámetro cumplirá la siguiente condición:

$$A \geq \sqrt{\frac{VR_o}{46.656 J} \left[ \frac{V^2}{R_o} - 127 p \right]}$$

b) Por razón estética

El ángulo de desviación en el punto de tangencia con la curva circular debe ser superior a 3.5 grados centesimales. Esta condición es equivalente a

$$A \geq \frac{1}{3} R_o$$

c) Por razón de transición del peralte

El cambio de una sección transversal en recta a la sección en curva circular requiere una longitud que permita efectuar la transición del bombeo al peralte de valor p sin superar un determinado valor máximo de la inclinación que cualquier borde de la calzada tenga con relación al eje de la carretera.

Esta condición se cumple cuando

$$A \geq \sqrt{\frac{n \cdot a}{2 \cdot \epsilon} \cdot R_o p}$$

Longitudes mínimas:

Las condiciones anteriores pueden expresarse referidas a

longitud mínima,  $L_o$ , de la curva de acuerdo de la forma siguiente:

a) Por limitación de la aceleración centripeta:

$$L_o \geq \frac{1}{46.656 J} V \left[ \frac{V^2}{R_o} - 127 p \right]$$

b) Por razón de estética:

$$L_o \geq \frac{1}{9} R_o$$

c) Por razón de transición del peralte:

$$L_o \geq \frac{n \cdot a}{2 \cdot \epsilon} p$$

Siendo en todo lo anterior:

- V = Velocidad específica en km/h.
- $R_o$  = Radio de la curva circular contigua en m.
- J = Variación de la aceleración centripeta en  $m/s^2$ .
- p = Peralte en tanto por uno
- a = Ancho de la calzada en m
- $\epsilon$  = Inclinación del borde de la calzada en relación con el eje de la carretera en tanto por uno.
- n = Coeficiente variable con el número de carriles.

Los valores de J,  $\epsilon$ , y n en función de la velocidad específica son los siguientes:

Velocidad específica en km/h. ....	30	40	50	60	70	80	100	120
J normal en $m/s^2$ .....	0.5				0.4			
J máximo en $m/s^2$ .....	0.7			0.6		0.5	0.4	
$\epsilon$ normal en % .....	0.7	0.8		0.5		0.4		
$\epsilon$ máximo en % .....	0.8			0.7				
Calzada con	2 carriles	3 carriles	4 carriles	6 carriles				
n	1	1.2	1.5	2				

Los valores máximos sólo se emplearán cuando suponga una economía que justifique esta discriminación en la calidad y comodidad del trazado.

3.2.2.4. Elección de la curva de acuerdo

Como se indica anteriormente, los valores del parámetro y de la longitud de la curva de acuerdo son mínimos, adoptándose en la práctica el mayor de los valores obtenidos del párrafo anterior.

Los valores mínimos del parámetro pueden obtenerse de la figura 7. Si se trata de carreteras de más de dos carriles deberá comprobarse que el valor obtenido cumple la condición c) de transición del peralte.

Para  $R_h > 1500$  no es necesario utilizar curva de acuerdo. (Tipo III)

3.2.3. Tipos de alineaciones curvas

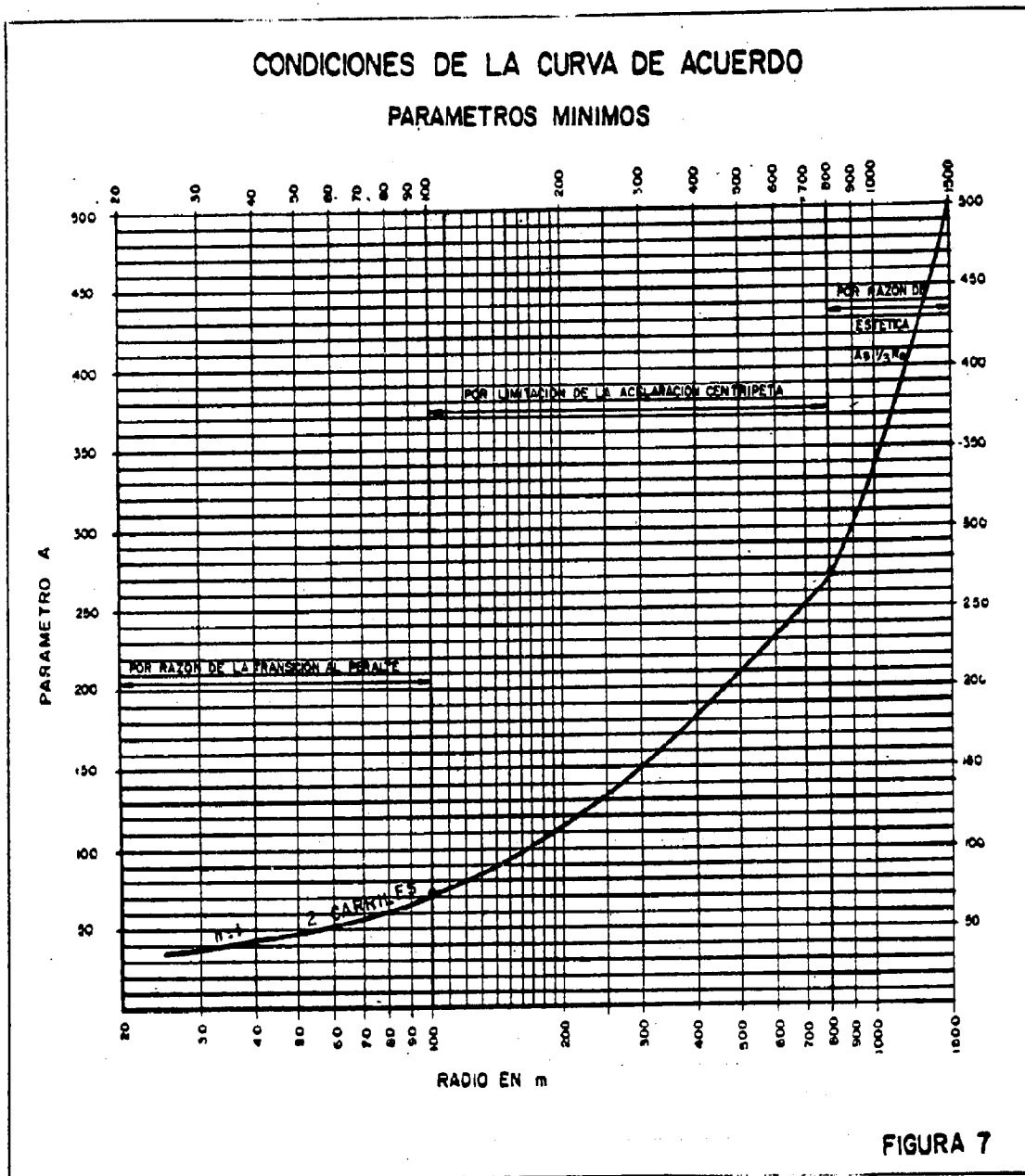
3.2.3.1. Alineación curva entre alineaciones rectas.

3.2.3.1.1. Alineaciones tipo

Tipo I.—Alineación con curva central y curvas de acuerdo (figura 8).

a) Generalidades.

La curva central es una curva circular y las curvas de acuerdo son clotoides.



La alineación deberá ser en general simétrica, admitiéndose en casos excepcionales, por dificultades del trazado, que las curvas de acuerdo sean diferentes entre sí. Cada elemento de la curva considerado aisladamente deberá cumplir las condiciones mínimas impuestas en los párrafos 3.2.1. y 3.2.2.

La alineación queda definida con los siguientes elementos:

- $D_c$ : Longitud del arco circular en m
- $L'_o$  y  $L''_o$ : Longitudes de las curvas de acuerdo en m.
- $R_o$ : Radio del arco circular en m.
- $\Delta' R_o$  y  $\Delta'' R_o$ : Retranqueos del arco circular en m.
- $\Omega$ : Angulo que forman las alineaciones rectas contiguas en grados centesimales

**b) Retranqueo de la curva circular:**

La curva de acuerdo se encaja entre la alineación y recta y la curva circular desplazando el centro  $O'$  de la circunferencia de igual radio, tangente a las alineaciones rectas, una longitud  $d = \frac{\Delta R_o}{\cos \frac{\Omega}{2}}$ , sobre la bisectriz de las dos alineaciones

$$d = \frac{\Delta R_o}{\cos \frac{\Omega}{2}}$$

(figura 9), en el caso de curvas de acuerdo iguales.

Elegido un radio  $R_o$  de curva circular no es aconsejable retanquearla reduciendo este radio y manteniendo el mismo centro  $O'$ , aunque  $R_o$  sea superior al radio mínimo admisible. Este puede admitirse únicamente cuando por la existencia de obstáculos suponga una facilidad para efectuar el trazado.

**c) Transición del peralte**

Los principales métodos de transición del peralte se indican en la figura 10, donde aparecen las secciones transversales en los puntos más característicos de la alineación, así como los perfiles longitudinales del eje de la carretera y de los dos bordes de la calzada, en los casos correspondientes a los tres métodos de transición del peralte considerados.

Los puntos angulosos se redondearán en una longitud mínima:  $l = 0,2 V$ , siendo

1: Longitud de la curva vertical que sustituye al punto anguloso en m.

V: Velocidad específica en km/h.

Tipo II.—Alineación con curvas de acuerdo exclusivamente (figura 11).

### ALINEACION CURVA

#### TIPO I

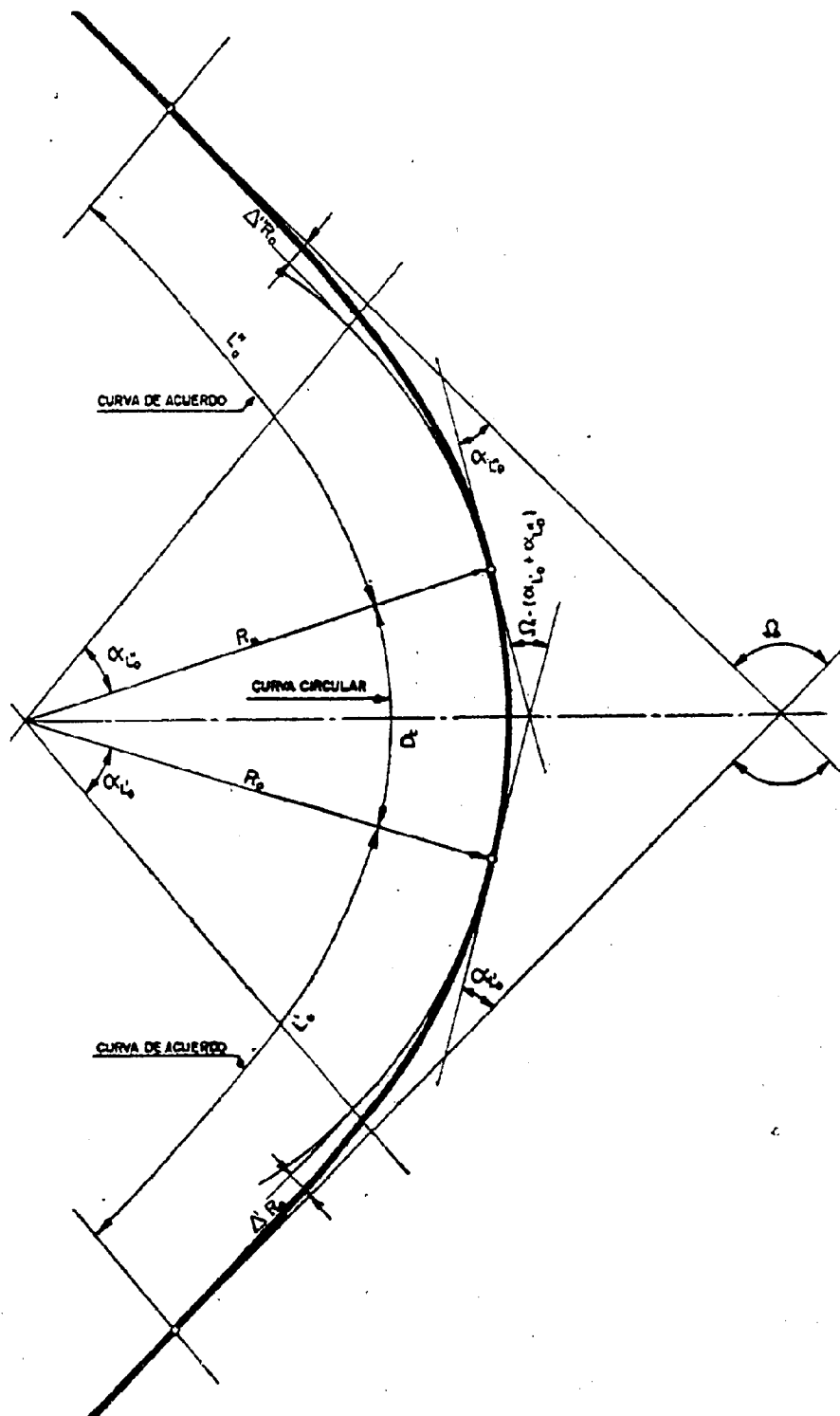


Fig. 8

## RETRANQUEO DE LA CURVA CIRCULAR

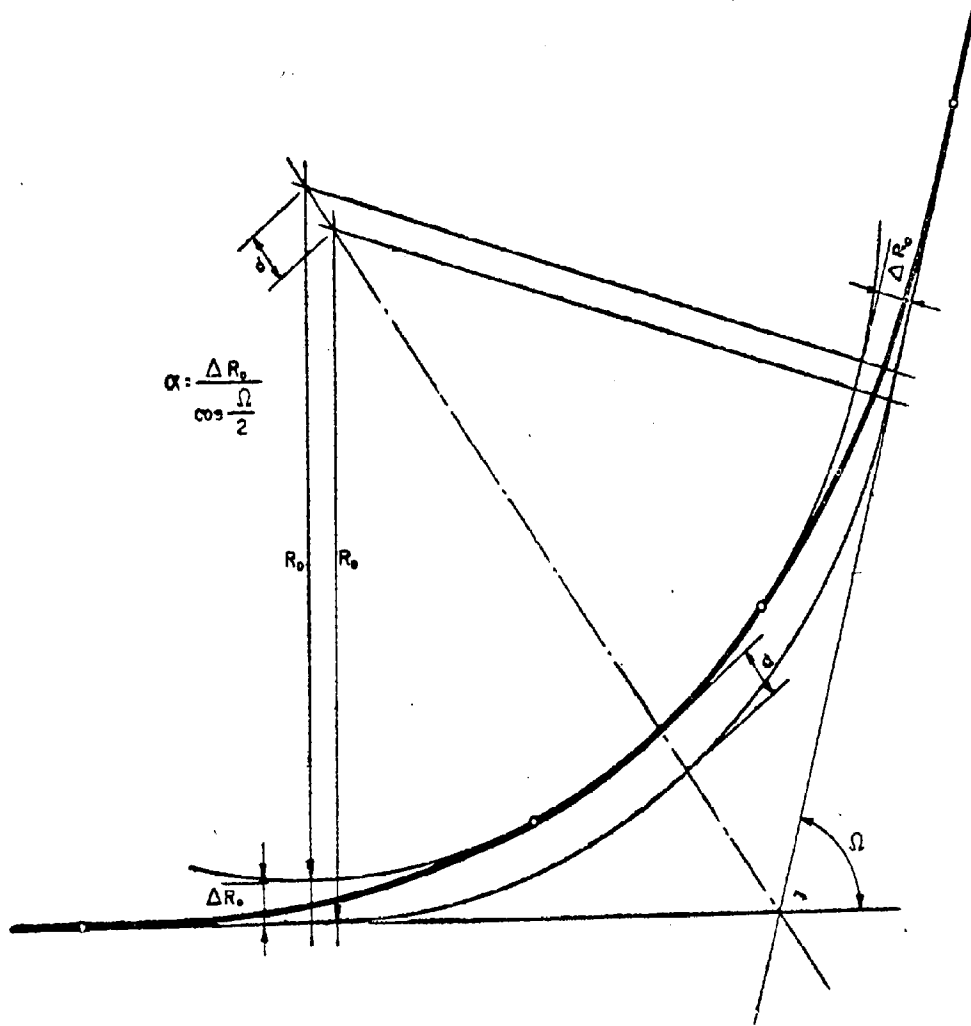


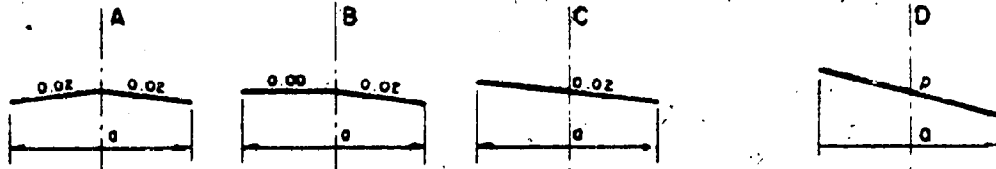
Fig. 9



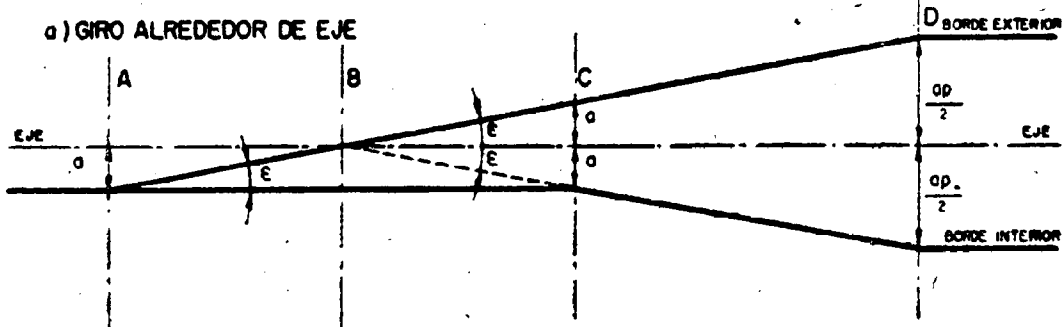
### MÉTODOS DE TRANSICION DEL PERALTE

(PERFILES LONGITUDINALES DEL EJE Y DE LOS BORDES)

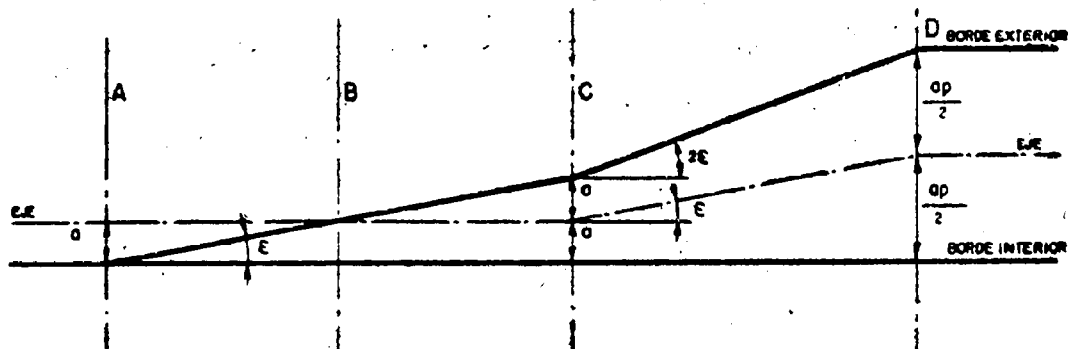
SECCIONES TRANSVERSALES



a) GIRO ALREDEDOR DE EJE



b) GIRO ALREDEDOR DEL BORDE INTERIOR



c) GIRO ALREDEDOR DEL BORDE EXTERIOR

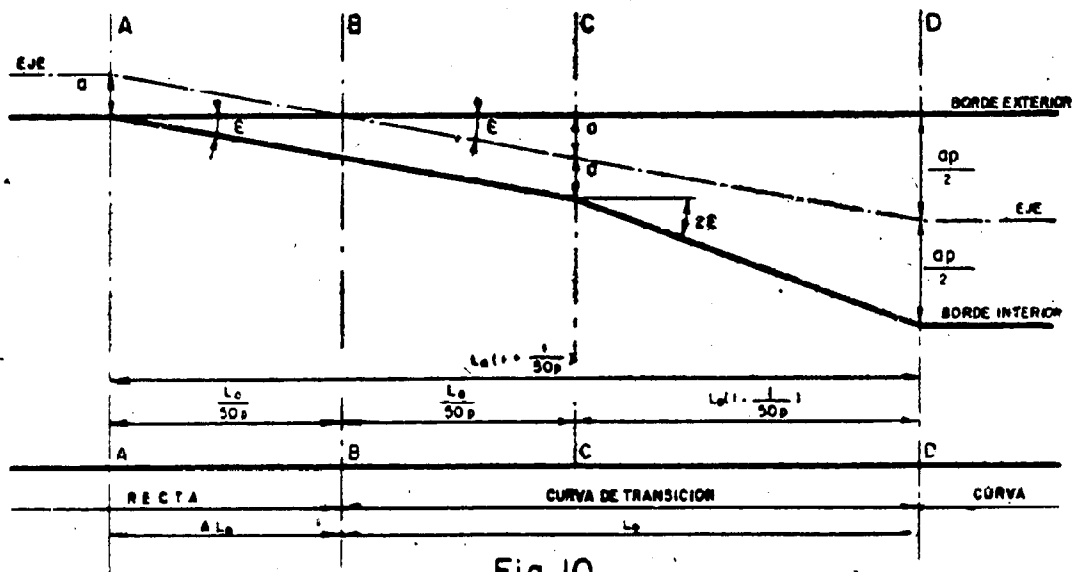


Fig. 10

PERALTES EN TANTO POR UNO

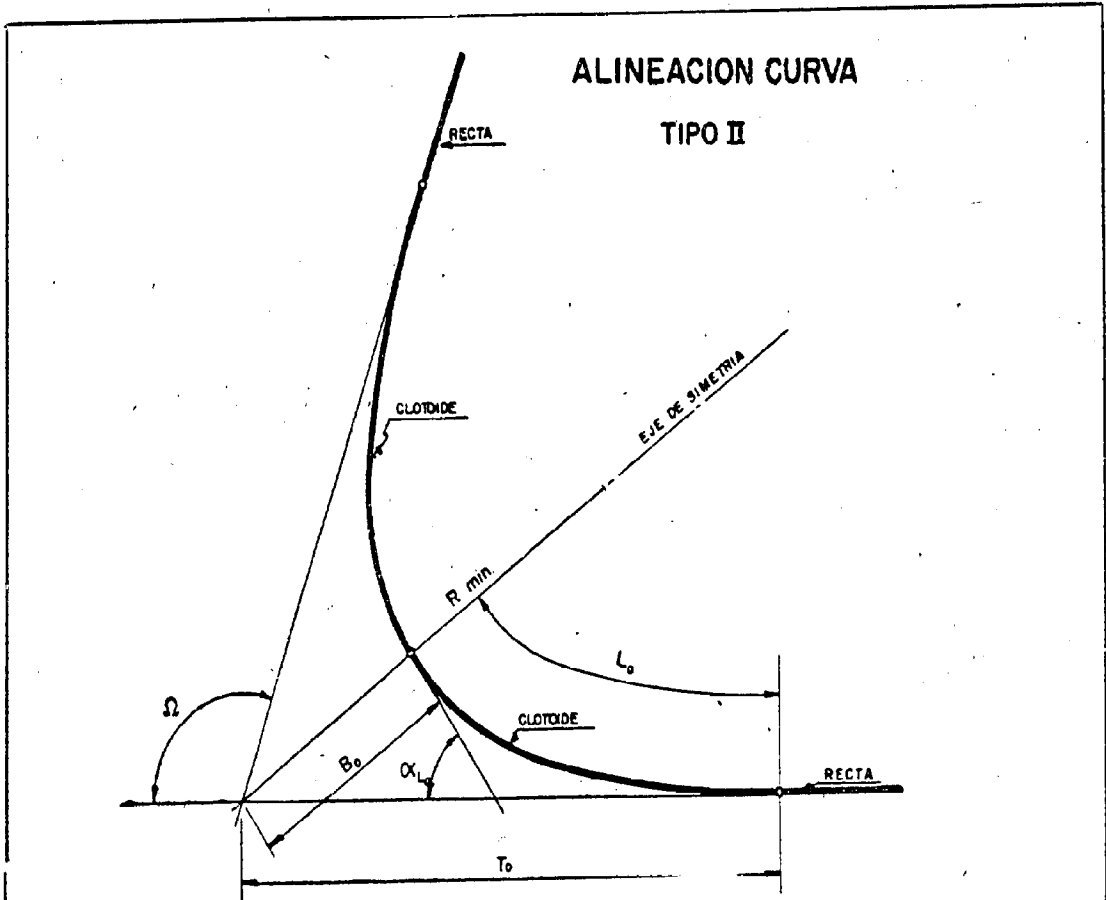


Fig. 11

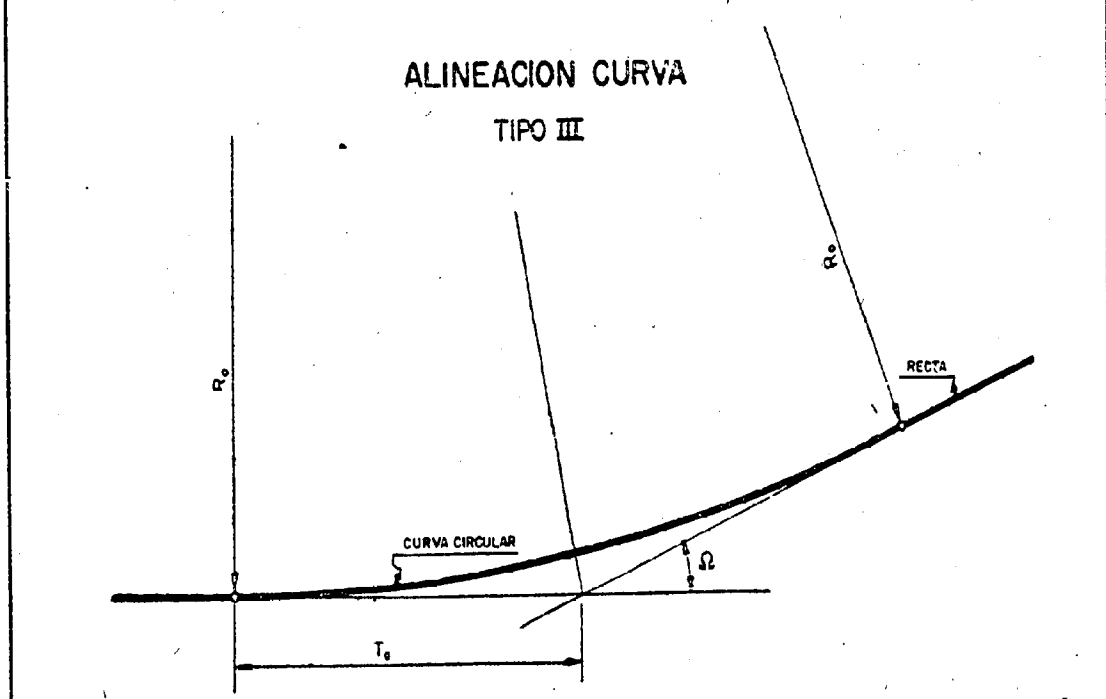


Fig. 12

a) Generalidades.

Quando el ángulo  $\Omega$  de dos alineaciones rectas contiguas es igual a la suma de los ángulos de desviación de las curvas de acuerdo:

$$\Omega = \alpha_{L'_0} = \alpha_{L''_0} = \alpha_{L_0}$$

la longitud del arco circular se reduce a cero, y la curva queda formada por dos arcos de clotoide que pueden ser iguales entre sí:

$$L'_0 = L''_0 = L_0 \text{ y } \alpha_{L'_0} = \alpha_{L''_0} = \alpha_{L_0}$$

El radio  $R_0$  común tendrá como valor mínimo el que corresponde del cuadro 5 del párrafo 3.2.1.2

Las curvas de acuerdo cumplirán las condiciones mínimas del párrafo 3.2.2.3.

b) Transición del peralte:

La transición se ejecutará de modo similar a la del tipo I. El valor máximo del peralte  $p$  corresponde al punto de tangencia de las clotoides. Para evitar un punto anguloso se dispondrá a ambos lados de dicho punto un tramo con el peralte máximo  $p$  en una longitud total:

$$l = \frac{V}{3.6}$$

siendo:

- l: Longitud en metros con peralte  $p$ .
- V: Velocidad específica en km/h.

Las longitudes teóricas  $L_0$  de las curvas de acuerdo se incrementarán en el valor  $\frac{1}{2}$  metros.

Tipo III.—Alineación con curva circular exclusivamente (figura 12).

a) Generalidades.

Quando el radio de la curva circular es superior a 1.500 metros pueden suprimirse las curvas de acuerdo, enlazando la primera directamente con las alineaciones rectas.

b) Transición del peralte.

La mitad de la longitud  $L_0$  de transición se aplicará a la parte rectilínea, incrementada en el valor  $\Delta L_0$  de transición

del bombeo. La otra mitad del desvanecimiento del peralte se ejecutará en la curva circular. El resto de las normas serán similares a las de las curvas tipo I. En el cuadro 8 se incluyen los valores de  $L_0$  para 2, 3, 4 y 6 carriles.

Calzada con	2 carriles	3 carriles	4 carriles	6 carriles
$L_0$	20	20	25	35
$\Delta L_0$	20	20	25	35

3.2.3.1.2. Curvas entre alineaciones rectas con pequeño ángulo de desviación

Quando el ángulo de las alineaciones rectas es pequeño, la utilización de los radios mínimos del cuadro 5 da lugar a desarrollos demasiado cortos que producen una impresión antiestética en el trazado (garrote). Este hecho ocurre cuando el ángulo  $\Omega$  de las dos alineaciones rectas es inferior a los seis grados centesimales. Para evitarlo, los desarrollos mínimos no deben ser inferiores a los valores dados por

$$D_c = 325 - 25 \Omega \quad (\Omega \leq 6'')$$

en la que

$D_c$ : Desarrollo de la curva horizontal en m.

Los radios mínimos que resultan de esta condición se obtienen de la fórmula

$$R_h = \frac{65.000}{\pi \Omega} - \frac{5.000}{\pi}$$

Los radios que se requieren para conseguir los desarrollos mínimos necesarios permiten que estas alineaciones sean del tipo III. En el cuadro 9 se indican los valores mínimos de  $D_c$  y  $R_h$  para valores enteros de  $\Omega$ .

Ángulo de las alineaciones rectas en grados centesimales .....	6	5	4	3	2	1
Desarrollo mínimo $D_c$ de las alineaciones curvas en m. ....	175	200	225	250	275	300
Radio mínimo $R_h$ en m. ....	2.000	2.500	3.500	5.500	9.000	20.000

Para valores del ángulo  $\Omega$  ligeramente superiores a los seis grados centesimales debe comprobarse siempre que la suma de las longitudes de las curvas de transición y de la curva circular sea superior a los desarrollos mínimos del cuadro 9.

3.2.3.2. Alineaciones curvas contiguas

3.2.3.2.1. Alineaciones tipo

1) Alineaciones curvas con los radios de curvatura en distinto sentido.

Tipo IV. Alineación con curvas circulares enlazadas con curvas de acuerdo (fig. 13).

a) Generalidades:

A la curva de acuerdo resultante se le denomina «curva en S». Los parámetros de las clotoides que la componen podrán ser iguales o diferentes, debiendo cumplirse en este último caso la condición

$$A' \leq 2 A''$$

entre el parámetro mayor  $A'$  y el menor  $A''$ .

Los parámetros de las clotoides cumplirán además las condiciones especificadas en el párrafo 3.2.2.3.

En general se evitarán las curvas en S de parámetros iguales cuando el cociente entre el círculo mayor y el menor sea superior a 1,5.

**ALINEACION CURVA  
TIPO IV**

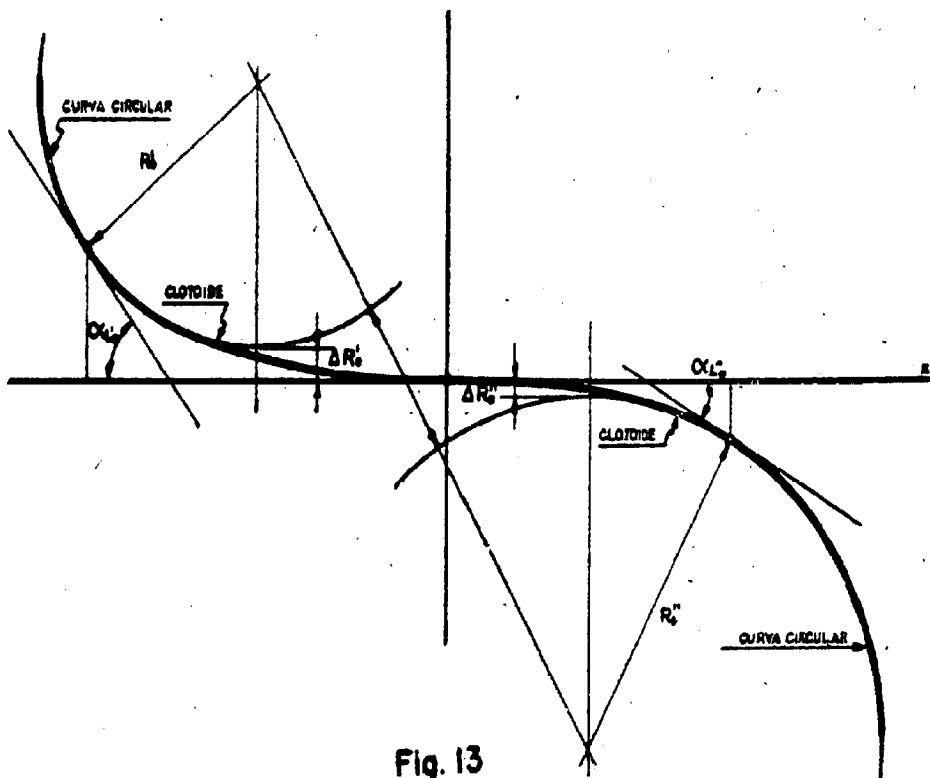


Fig. 13

**ALINEACION CURVA  
TIPO V**

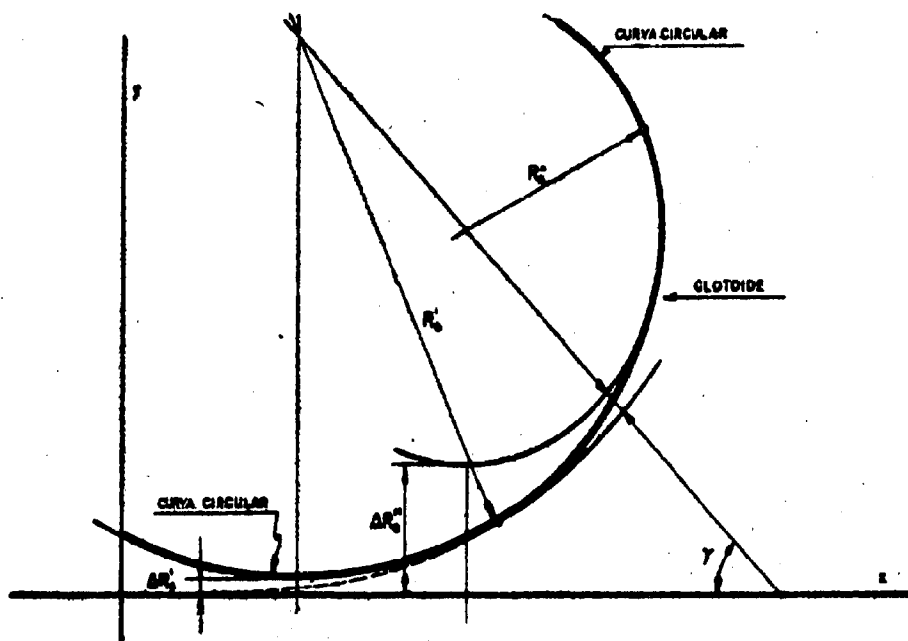


Fig. 14

Los radios de las curvas circulares deberán cumplir además las condiciones especificadas en el párrafo 3.2.1.

b) Transición del peralte:

Se seguirán normas similares a las curvas tipo I. Al no existir alineación recta intermedia se puede admitir un solape de las curvas de acuerdo en su punto de contacto o la introducción de un pequeño tramo recto intermedio cuando puntos obligados del trazado hagan difícil el conseguir la tangencia en el punto de radio infinito de los acuerdos. En este caso el tramo de solape o de tramo recto cumplirá la condición:

$$\Delta L \leq \frac{A' + A''}{40}$$

siendo:

$\Delta L$ : Longitud de solape o de tramo recto en m.  
 $A'$  y  $A''$ : Parámetros de las curvas de acuerdo en m.

Tipo V. Alineación con dos curvas circulares enlazadas con curva de acuerdo intermedia.

a) Generalidades:

La unión con curva de acuerdo intermedia de dos curvas circulares con radio de curvatura en el mismo sentido sólo es posible cuando una de ellas es interior a la otra y no son concéntricas.

Si se cortan o son exteriores es necesario introducir una curva circular intermedia exterior a ambas, enlazándola con ellas mediante dos curvas de acuerdo.

La curva de acuerdo deberá cumplir la condición a) especificada en el párrafo 3.2.2.3. aplicada a los valores  $R_0''$  y  $p''$ , del radio y peralte de la curva circular de radio menor y las siguientes:

$$\frac{1}{2} R_0'' \leq A, A > 100$$

siendo:

A: Parámetro de la curva en metros.

$R_0''$ : Radio de la curva circular menor en metros.

b) Transición del peralte:

La transición se hará dentro de la curva de acuerdo, por lo que su longitud será la necesaria para que en ella la inclinación del borde de la calzada en relación con el eje de la carretera sea la que se especifica en el cuadro 7 del párrafo 3.2.2.3.

Tipo VI. Alineación con dos curvas circulares contiguas (figura 15).

a) Generalidades:

La alineación con dos curvas circulares contiguas se admite cuando los radios de las curvas cumplan las condiciones siguientes:

$$\begin{aligned} R_0' &\leq 2R_0'' \\ R_0'' &> 250 \end{aligned}$$

siendo:

$R_0'$ : Radio de la curva circular mayor en metros.

$R_0''$ : Radio de la curva circular menor en metros.

b) La transición del peralte se ejecutará dentro de la curva de radio mayor.

La longitud de transición será la necesaria para que la inclinación del borde de la calzada en relación con el eje de la carretera sea la que se especifica en el cuadro 7 del párrafo 3.2.2.3.

Tipo VII. Alineación con curvas de acuerdo exclusivamente (fig. 16).

Las alineaciones curvas formadas por curvas de acuerdo clotoideas exclusivamente sólo se deben usar cuando existen puntos obligados en el trazado que impiden la ejecución de curvas de los tipos anteriores.

3.2.4. Visibilidad de alineaciones curvas

Las condiciones de seguridad establecidas en los párrafos precedentes deben completarse para que las curvas tengan la visibilidad necesaria que se especifica en el epígrafe 2.5.1.

El valor de despeje necesario para disponer de una determinada distancia de visibilidad se obtiene de la fórmula

$$F = R - (R + b) \cos \left[ \frac{31.83D}{(R + b)} \right]$$

en la que

$b$  = distancia en m. del vehículo al borde interior de la calzada.  
 $R$  = radio en m. del borde interior de la calzada.

$F$  = distancia mínima en m. del obstáculo al borde interior de la calzada.

$D$  = distancia de visibilidad en m.

El valor entre corchetes está expresado en grados centesimales.

De las figuras 17 y 18 se obtiene la distancia de visibilidad disponible en una curva en función del radio y despeje de la misma (curvas decrecientes).

Los despejes mínimos de que debe disponerse en una curva dada para diferentes valores de la inclinación de la rasante se obtienen en la figura 17 (curvas crecientes).

4. Trazado en alzado

Los elementos que constituyen el trazado en alzado son las alineaciones verticales formadas por las rasantes en rampa o pendiente y por los acuerdos entre las mismas.

4.1. Rasantes

Pueden ser subiendo rampas y bajando pendientes.

4.1.1. Inclinación de las rasantes

En las alineaciones curvas cuyos radios sean inferiores a 100 metros es conveniente que las inclinaciones de las rasantes sean inferiores al 5 por 100, y en todo caso el límite superior será el fijado en el cuadro 10, procurando mantenerlas en un corto tramo de la alineación contigua.

CUADRO 10				
Rampas máximas admisibles				
Terreno	IMD			
	< 250	250-500	500-2.000	> 2.000
	Rampa en %			
Llano .....	5	4	3	3
Ondulado .....	6	5	4	4
Accidentado .....	7	6	5	5
Muy accidentado	8	7	6	5

Si la longitud de las rampas es inferior a 250 metros se pueden aumentar estos valores en 1 por 100 siempre que  $IMD < 1.000$ .

4.1.2. Longitud máxima de las rampas

Los valores máximos de la inclinación de rasantes del cuadro 10 pueden admitirse, si las condiciones del proyecto lo aconsejan, en una longitud indefinida.

En el cuadro 11 se da la disminución de la velocidad media observada en longitudes suficientemente grandes de rampas para que a efectos prácticos puedan considerarse como indefinidas para diferentes inclinaciones de la rasante.

ALINEACION CURVA  
TIPO VI

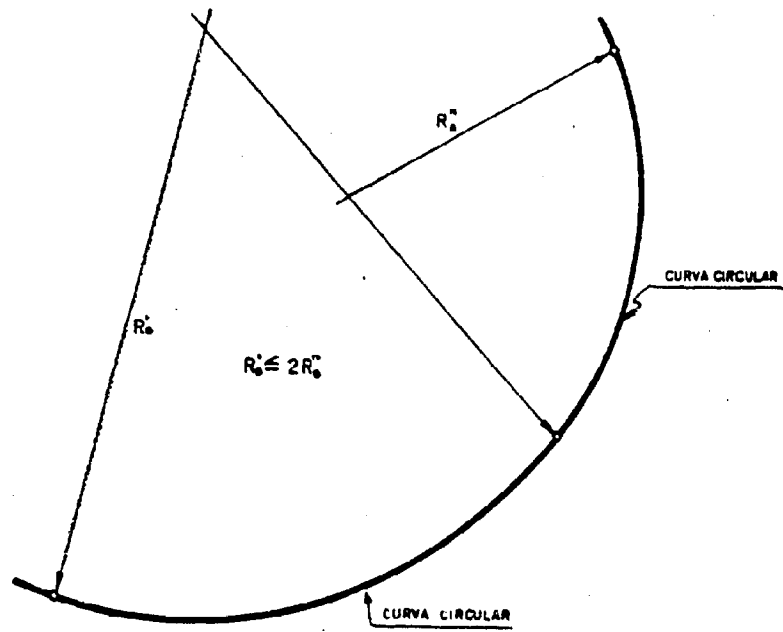


Fig. 15

ALINEACION CURVA  
TIPO VII

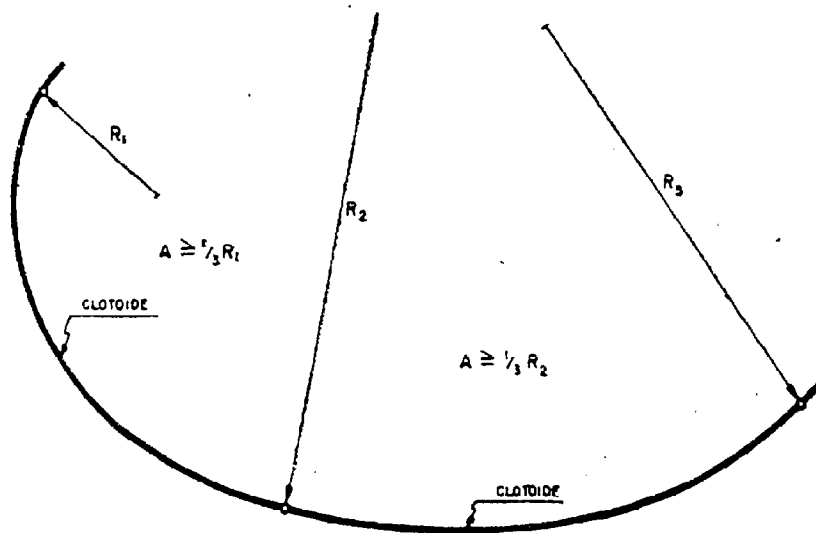


Fig. 16

VISIBILIDAD EN CURVAS  
HORIZONTALES  
(DOS CARRILES)

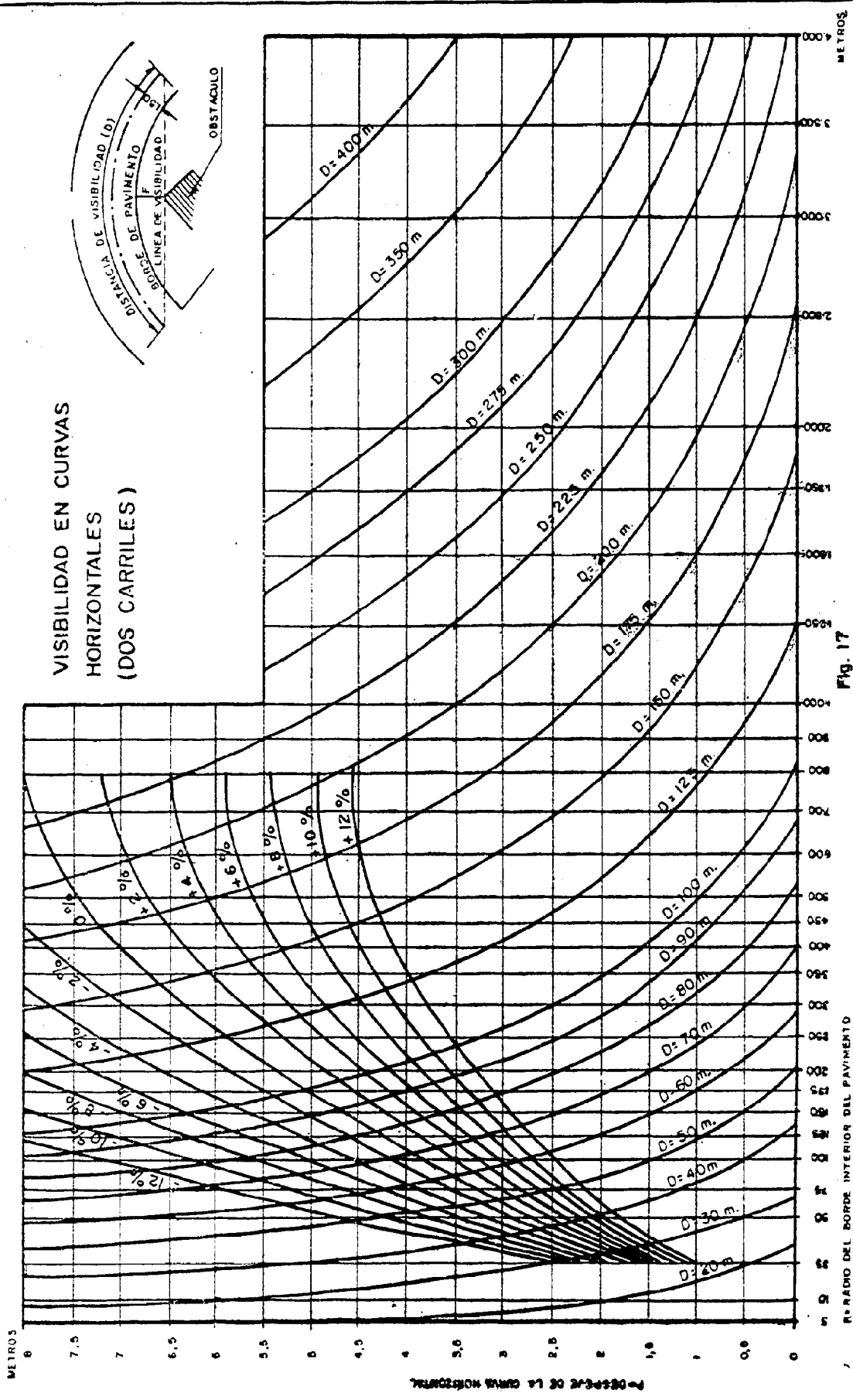
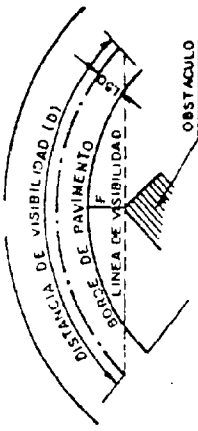
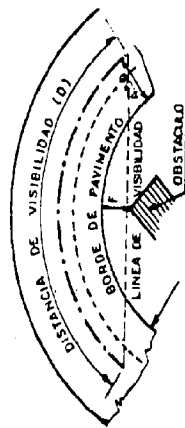
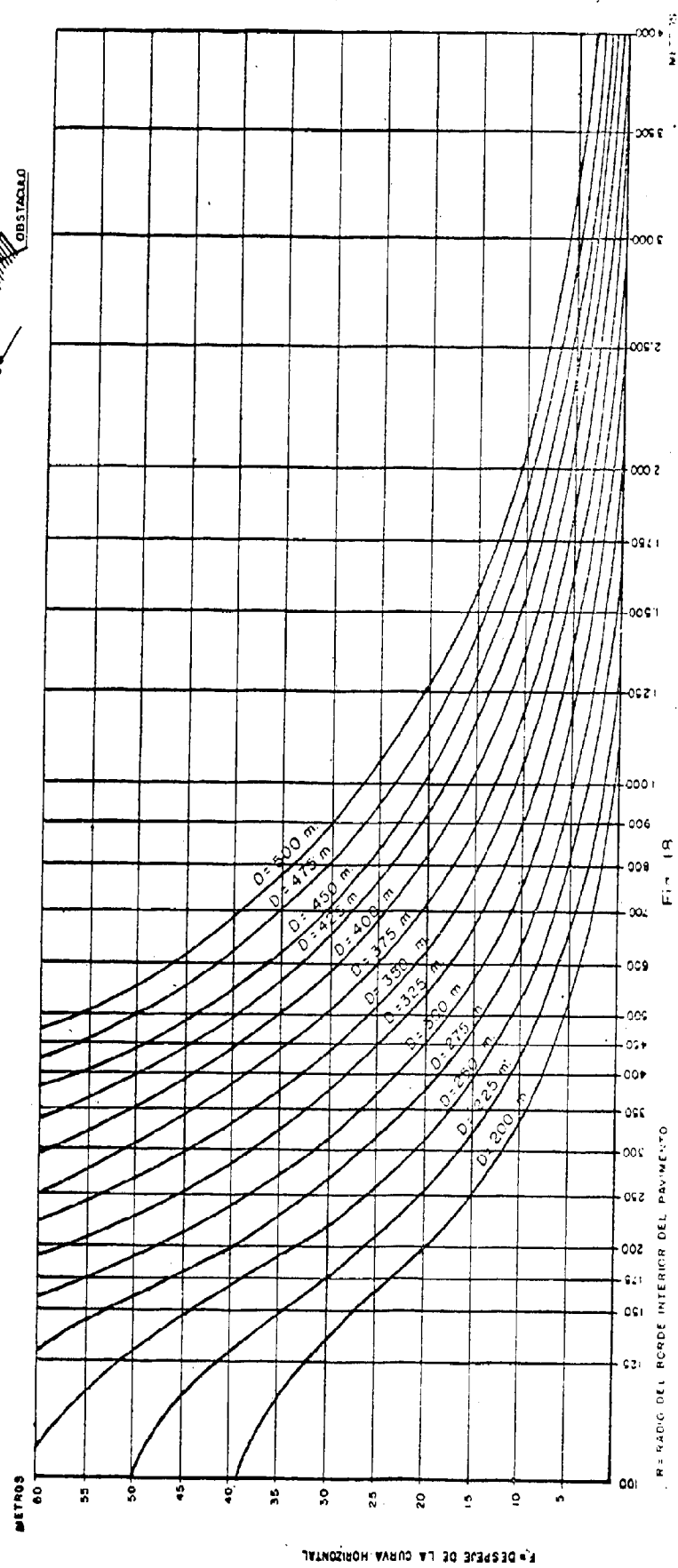


Fig. 17



### VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES (TRES CARRILES)





**CUADRO 11**  
**Disminución de la velocidad en rampas indefinidas.**

Rampa	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
Disminución de la velocidad (km/h.)	6	18	27	31	35	42

Si de un estudio económico o de otras consideraciones no resultase conveniente una disminución de la velocidad superior a un cierto valor, se calculará la longitud máxima de rampa correspondiente mediante el ábaco de la fig. 19. En general, siempre que sea económicamente aceptable, no se proyectarán rampas en las que la disminución de la velocidad del vehículo pesado tipo sea superior a 25 km/h. En el caso en que la rampa esté precedida por una pendiente donde los camiones suelen acelerar, la disminución de velocidad admisible puede aumentarse discrecionalmente en 10 ó 15 km/h.

**4.2. Acuerdos de rasantes**

Los acuerdos pueden ser convexos o cóncavos y en ellos se usa la parábola. Se define por el valor en metros del parámetro  $K_v$ , que representa la longitud de curva por unidad de variación de pendiente, y también el radio de curvatura en el vértice. Para su cálculo se utilizan las siguientes fórmulas:

$$Y = \frac{X^2}{2K_v}$$

$$T = \frac{K_v \delta}{2}$$

$$d = \frac{K_v \delta^2}{8}$$

En las que (fig. 20):

- $K_v$  = Parámetros de la parábola en m.
- $X, Y$  = Coordenadas de la parábola en m.
- $T$  = Longitud de la tangente en m
- $d$  = Longitud de la bisectriz en m.
- $\delta$  = Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes en tanto por uno.

**4.2.1. Condiciones de la curva de acuerdo**

Parámetros mínimos:

a) Por razón de visibilidad:

Es de aplicación lo especificado en el epigrafe 2.6. Para longitudes de la curva de acuerdo superiores a la distancia de visibilidad requerida el valor del parámetro viene dado por

1. Acuerdos convexos.

$$K_v = \frac{D^2}{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

2. Acuerdos cóncavos.

$$K_v = \frac{D^2}{2\left(h + D \frac{\alpha \pi}{180}\right)}$$

siendo:

- $K_v$  = Parámetro de la parábola en m.
- $h_1$  = Altura del punto de vista sobre la calzada en m.
- $h_2$  = Altura del objeto sobre la calzada en m.
- $h$  = Altura de los faros del vehículo.
- $\alpha$  = Angulo en grados sexagesimales que el rayo de luz de mayor pendiente del cono de luz forma con el eje longitudinal del vehículo.
- $D$  = Distancia de visibilidad requerida.

Las fórmulas anteriores no son válidas en el caso en que la distancia de visibilidad requerida sea superior a la longitud de la curva de acuerdo, pero entonces la condición b) que a continuación se indica da valores del parámetro superiores a los que se obtendrían para disponer de la distancia de visibilidad requerida.

En los acuerdos con distancia de parada (carreteras de dos y cuatro carriles o con calzadas separadas) se toma:

$$h_1 = 1,20 \text{ m. } h_2 = 0,10 \text{ m. } h = 0,75 \text{ m. } \alpha = 1^\circ$$

En los acuerdos con distancia de adelantamiento (carreteras de tres carriles) se toma:

$$h_1 = h_2 = 1,20 \text{ m}$$

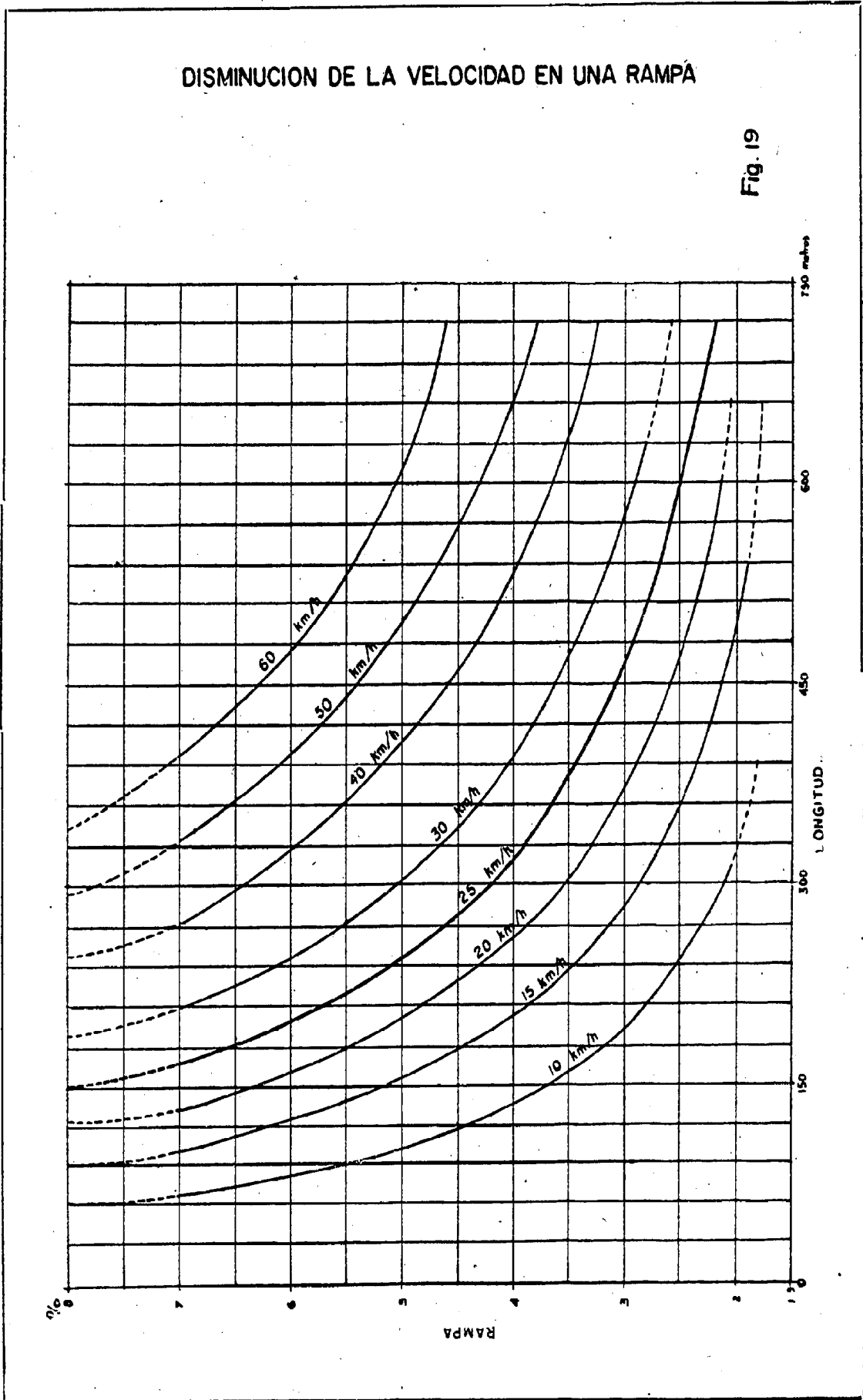
A continuación se indican los valores mínimos del parámetro para diferentes velocidades específicas:

**CUADRO 12**  
**Valores mínimos del parámetro**

V (km/h.)	60	70	80	90	100	120
Dos, cuatro carriles o calzadas separadas						
Acuerdos convexos	1400	2500	3500	5500	8000	15000
Acuerdos cóncavos	1400	2000	2500	3500	4500	6000
Tres carriles						
Acuerdos convexos	6500	9000	12500	14000	16000	—

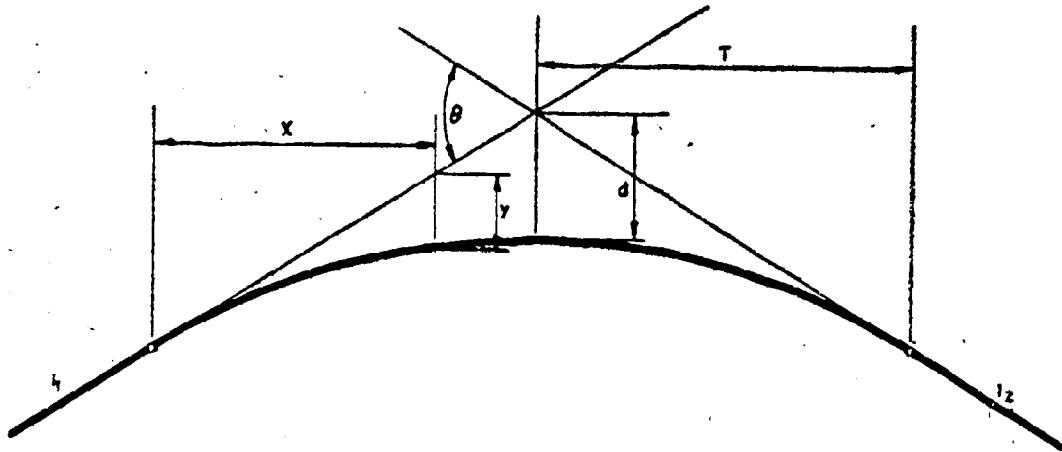
### DISMINUCION DE LA VELOCIDAD EN UNA RAMPA

Fig. 19



### ACUERDOS VERTICALES

CONVEXO



CONCAVO

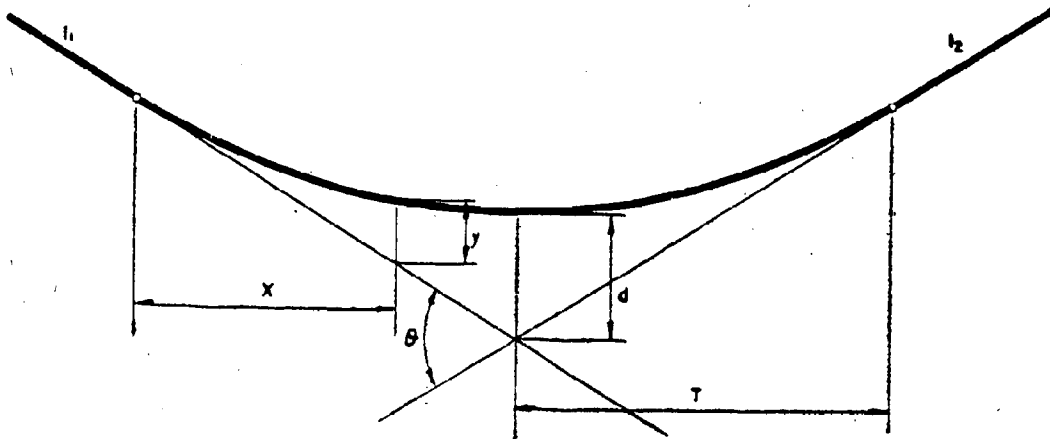


Fig. 20

No se utilizarán para el proyecto de acuerdos verticales velocidades específicas inferiores a 60 km/h.

b) Por razón de estética.

La longitud de la curva de acuerdo cumplirá la condición

$$L_c \geq V$$

en la que

$L_c$  = Longitud de la curva de acuerdo en m.  
 $V$  = Velocidad específica en km/h.

Cuando la longitud de la curva de acuerdo

$$L_c = K_e \cdot \theta$$

obtenida para el valor del parámetro tomado del cuadro 12 sea inferior a  $V$ , se determinará el valor de  $K_e$  por la condición

$$K_e \geq \frac{V}{\theta}$$

En las figuras 21, 22 y 23 se obtienen las longitudes mínimas de acuerdo para diferentes velocidades específicas. La parte vertical de las curvas corresponde a la condición de estética.

4.3. Vías lentas

Cuando en una rampa, debido al efecto del tráfico pesado, la velocidad real de la circulación en la hora de proyecto descienda por debajo de los valores dados en el cuadro 13 será necesario el establecimiento de una vía lenta.

Velocidad específica en km/h. ....	60	70	80	100	120
Velocidad real km/h.	50	55	60	65	70

5 Sección transversal

5.1. Sección transversal en recta

5.1.1. Calzada

5.1.1.1. Ancho de los carriles

En el cuadro 14 se fijan los anchos de carriles que deben adoptarse en el proyecto en función de la IMD.

IMD .....	< 500	500 - 5000	> 5000
Ancho de carril (m.) ...	3.00	3.50	3.75

Con independencia de la IMD, el ancho se tomará igual a 3.75 m. siempre que  $V > 100$  km/h.

5.1.1.2. Número de carriles

El número de carriles necesario en una carretera ha de fijarse teniendo en cuenta la situación de la misma y fundamentalmente la intensidad de tráfico que se ha previsto para la hora de proyecto, así como la composición del mismo. Con estos datos se hará el correspondiente estudio de capacidad, que permitirá la mejor elección del número de carriles y ancho de los mismos.

a) Carreteras con dos carriles.—En general serán suficientes hasta una IMD de 5.000  $vh/d$ .

b) Carreteras con tres carriles.—En términos generales, no deben adoptarse carreteras con tres carriles en las que el carril central pueda tener circulación en ambos sentidos.

Cuando se proyecten deberán cumplir estrictamente todo lo que en estas normas se prescribe para ellas, cuidando muy especialmente la referente a las condiciones mínimas de visibilidad.

Puede estar justificada una carretera con tres carriles cuando para valores de

$$5.000 \text{ } vh/d \leq \text{IMD} < 8.000 \text{ } vh/d$$

los estudios detallados de tráfico justifiquen un crecimiento del mismo suficientemente lento para que se pueda prever que en un amplio plazo no será necesaria una carretera de cuatro carriles.

No debe proyectarse una carretera con tres carriles que haya de ser ampliada a cuatro en un futuro más o menos próximo. Se tolerará este ancho de carretera cuando tal ampliación sea imposible, aun siendo necesario.

c) Carreteras con cuatro o más carriles.—Se adoptarán cuando así se deduzca del correspondiente estudio de capacidades.

5.1.1.3. Vías lentas

Cuando se adopten vías lentas, de acuerdo con lo previsto en el párrafo 4.3., su ancho será de tres metros.

5.1.1.4. Suplemento de ancho de la calzada

En travesías, zonas de interés turístico, etc., donde se prevea la necesidad de establecer aparcamiento, y cuando los arcones no sean suficientes por la frecuencia y volumen de vehículos que han de estacionarse, se dará a los carriles exteriores un ancho suplementario mínimo de 2,5 metros.

5.1.1.5. Cambios de ancho de la calzada

La transición de una calzada de un ancho dado a otro superior y viceversa en los tramos rectos se hará gradualmente. La forma más conveniente es la sucesión de las siguientes líneas geométricas: Parábola cúbica, recta, parábola de cuarto orden (figura 24).

La longitud del acuerdo deberá cumplir la condición

$$l \geq 40 \sqrt{e}$$

siendo aconsejable, cuando sea posible, utilizar valores de  $l$  próximos a

$$80 \sqrt{e}$$

siendo:

$l$ : Longitud de la transición en m.

$e$ : Ensanche en m.

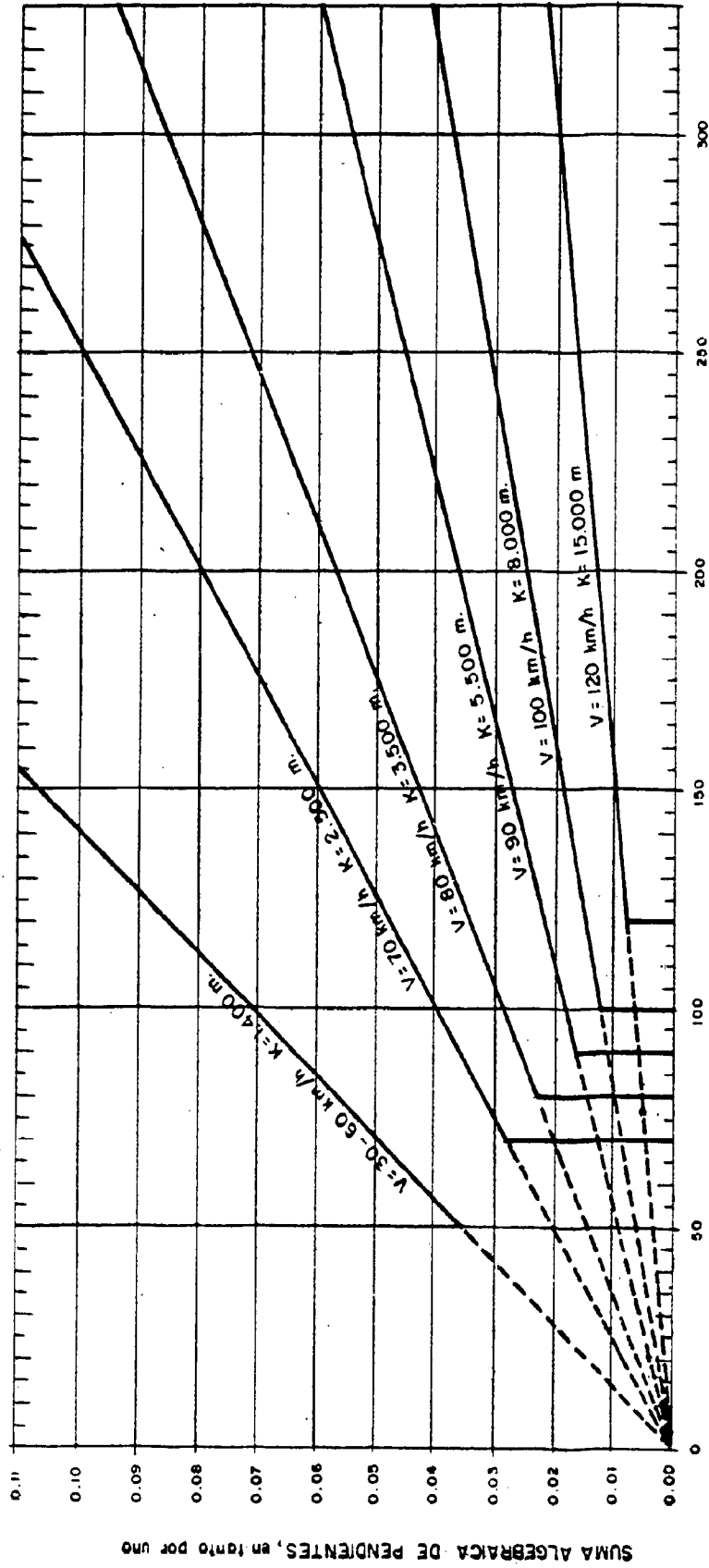
En ensanches correspondientes a las vías de aceleración de intersecciones, vías lentas, etc., los valores de  $e$  y  $l$  serán los prescritos para estos casos.

Los valores de  $e_n/e$  de las ordenadas unitarias intermedias de la transición, correspondientes a longitudes unitarias  $l_n/1$ , se obtienen del cuadro siguiente:

$\frac{l_n}{1}$	$e_n/e$	$\frac{l_n}{1}$	$e_n/e$
0,00	0,0000	0,50	0,400
0,05	0,0005	0,55	0,430
0,10	0,004	0,60	0,560
0,15	0,013	0,65	0,640
0,20	0,030	0,70	0,720
0,25	0,062	0,75	0,800
0,30	0,102	0,80	0,872
0,35	0,162	0,85	0,928
0,375	0,200	0,90	0,968
0,40	0,240	0,95	0,992
0,45	0,320	1,00	1,000

# ACUERDOS CONVEXOS

LONGITUDES Y PARAMETROS MINIMOS - 2, 4 o más carriles

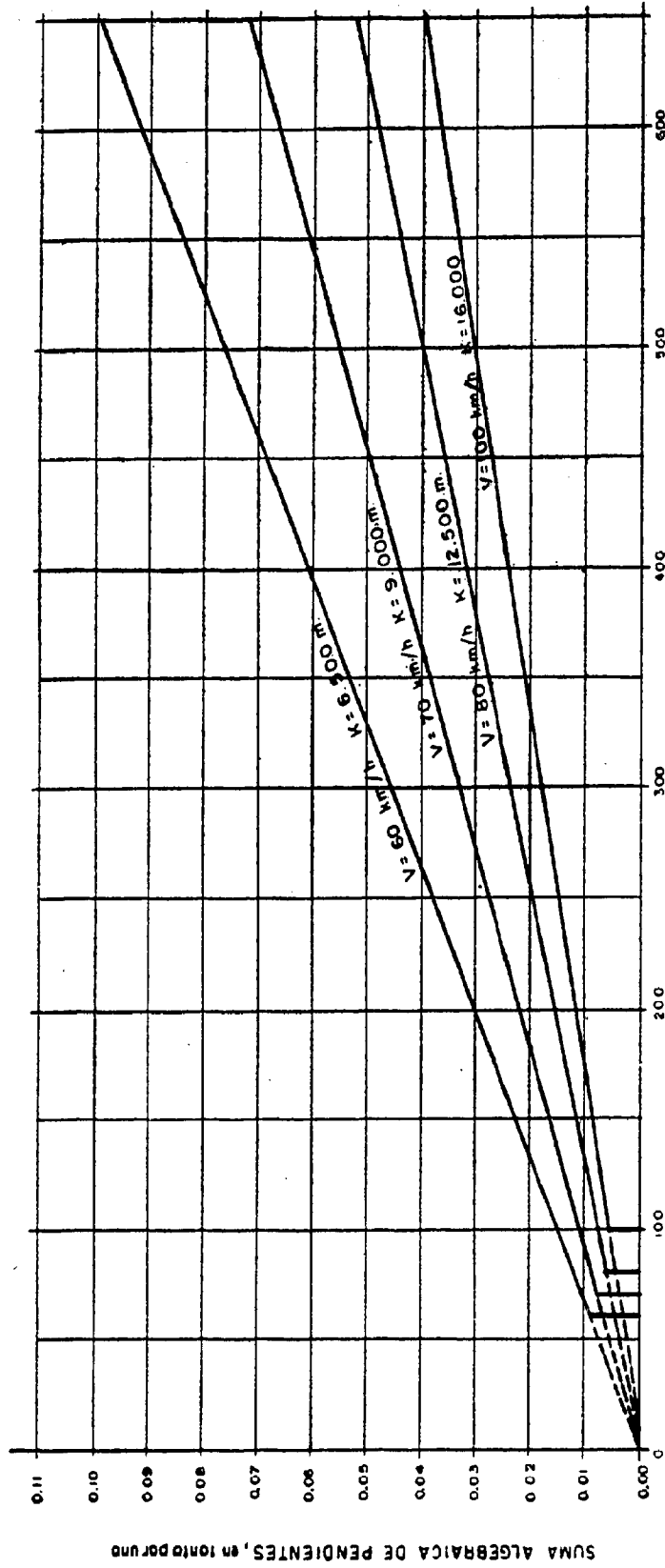


LONGITUD MINIMA DEL ACUERDO, EN M.

Fig. 21

### ACUERDOS CONVEXOS

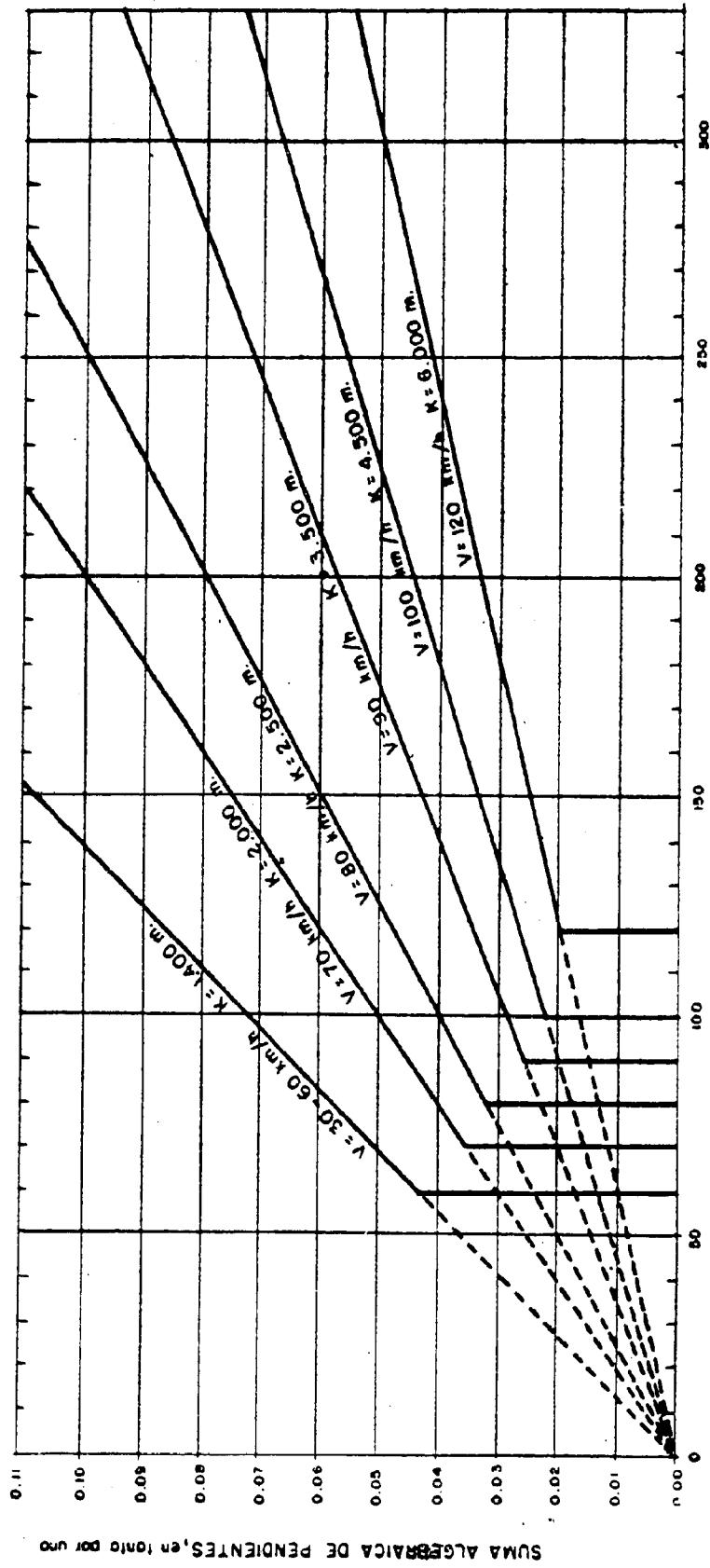
LONGITUDES Y PARAMETROS MINIMOS - 3 carriles



LONGITUD MINIMA DEL ACUERDO, EN m

Fig. 22

ACUERDOS CONCAVOS  
LONGITUDES Y PARAMETROS MINIMOS



LONGITUD MINIMA DEL ACUERDO, EN M.

Fig. 23

## VARIACION DE ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL

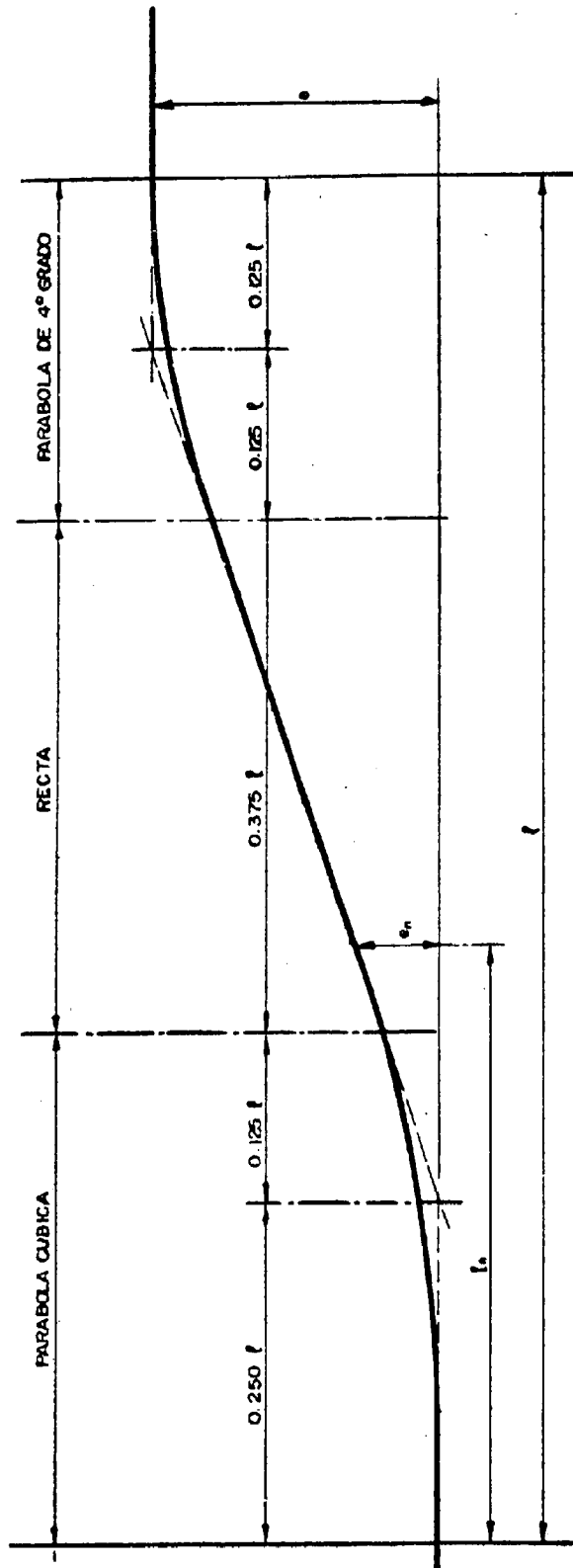


Fig. 24



5.1.1.6. Medianas

Es imprescindible la separación de calzadas de distinto sentido de circulación en carreteras con cuatro carriles en pleno campo. En accesos a poblaciones o travesías se considerarán las distintas posibilidades de su establecimiento y los anchos más convenientes, pues en general habrá que estudiar secciones transversales distintas de las que se ejecutan en pleno campo.

El ancho mínimo de las medianas en pleno campo será:

Cinco metros de ancho en terreno llano y ondulado.

Dos metros de ancho en terreno accidentado o muy accidentado.

5.1.1.7. Calzadas a distinto nivel

Otro sistema para separar las calzadas de distinto sentido

de circulación consiste en establecer plataformas para las mismas a distinto nivel.

Esta solución permite adaptar el trazado, con considerables ventajas de economía, de estética y de construcción, a las características topográficas del terreno, y está indicado en cualquier caso, pero muy especialmente cuando el terreno es accidentado.

También es una buena solución cuando se trata del ensanche a cuatro carriles de una carretera existente de dos, con lo que se evitan las dificultades que el tráfico representa para la construcción.

5.1.2. Arcenes

El ancho de los arcenes será el que se indica en el siguiente cuadro:

**CUADRO 16**  
**Ancho de arcenes**

IMD <i>vh/d</i>	<250			250-500		500-1.000			
	Ll 1	o-A	MA	Ll 1-o	A-MA	Ll 1	o	A	MA
Ancho en m.									
Ancho derecho .....	1.5	1.0	0.5	1.5	1.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Ancho izquierdo .....	»	»	»	»	»	»	»	»	»

IMD <i>vh/d</i>	1.000-2.000			2.000-5.000		> 5.000	
	Ll 1-o	A	MA	Ll 1-o	A-MA	Ll 1-o	A-MA
Ancho en m.							
Ancho derecho .....	2.5	1.5	1.0	3.0	2.5	3.0	2.5
Ancho izquierdo .....	»	»	»	»	»	1.5	1.0

5.1.3. Andenes

Los andenes se deben utilizar únicamente cuando las condiciones especiales del tramo de carretera requieran una separación completa de los vehículos y del resto de los usuarios, como ocurre en el caso de zonas urbanas o travesías y cuando es necesario evitar el aparcamiento de vehículos en los arcenes.

5.1.4. Pendientes transversales de la plataforma

Las pendientes de la plataforma se deben proyectar de modo que evacuen con facilidad las aguas superficiales y que la longitud de recorrido sobre la calzada sea mínima.

El perfil transversal de la calzada está formado por dos superficies planas que se cortan en el eje de la carretera con pendiente hacia su parte exterior.

Podrán también proyectarse cuando por razones técnicas se considere más conveniente, calzadas con una sola vertiente.

Los carriles suplementarios tendrán pendientes que hagan compatible su función con un buen drenaje de la calzada.

Los arcenes tendrán una pendiente única con valor superior al de la pendiente de la calzada.

Los valores de las pendientes transversales de las calzadas, en función de la clase de pavimento y de los arcenes, se indican en el cuadro siguiente:

**CUADRO 17**  
**Pendientes transversales en calzada y arcenes**

Pavimento	Pendiente transversal en %	
	Calzadas	Arcenes
	De hormigón .....	1.5 a 2.5
Bituminoso .....	1.5 a 2.5	4 a 8
De macadam .....	2 a 4	

5.1.5. Bordillos y encintados

El empleo de bordillos y encintados se debe restringir a los puntos del trazado que por sus circunstancias especiales lo re-

quieran. Su empleo, si se considera indispensable, se justificará debidamente en el proyecto.

Las figuras 25 y 26 recogen los distintos tipos de bordillos y encintados de acuerdo con el uso a que se destinen.

5.1.6. Cunetas

Los tipos de cunetas que se empleen deberán dimensionarse para que la evacuación de las aguas quede asegurada.

En las figuras 27, 28 y 29 se fijan las características fundamentales desde el punto de vista de las mínimas condiciones geométricas que han de cumplir.

Siempre que sea posible, dadas las circunstancias económicas de cada caso, se proyectarán cunetas de tipo «V» o tipo «T»; la elección se hará de acuerdo con las características hidráulicas que exija el caudal a evacuar. Generalmente serán suficientes las de tipo «V».

Cuando el caso lo requiera se proyectarán cunetas reducidas, siendo preferibles los tipos «VE» y «VER».

5.1.7. Sección transversal sobre o bajo obras de fábrica

a) Puentes y pasos superiores.—La calzada tendrá los mismos anchos que sobre explanada normal. Cuando existan aceras con bordillo elevado el ancho de la calzada se aumentará en un metro.

El ancho total de la plataforma será el que se indica en el cuadro 18, según la obra de fábrica sea de luz mayor o menor de 20 metros.

IMD	Vh/d	< 500	500-2.000	2.000-5.000	> 5.000
Ancho	luz $\leq$ 20 m	Plataforma normal del cuadro 1.3			
en m.	luz > 20 m	8	9	10	2x9+2

b) Pasos inferiores.—La altura mínima de paso sobre la calzada será de 4.5 metros.

En las curvas se medirá la altura desde el punto más elevado de la calzada.

Los apoyos deberán dejar libre la totalidad de la plataforma de la carretera. Cuando se trate de carreteras con calzadas separadas se estudiará la posibilidad de apoyo en la mediana. En general las estructuras permitirán la visibilidad de los taludes, siempre que sea posible adoptar esa solución.

5.1.8. Cruces con ferrocarriles

Regirá el Decreto 2408/1962, de 20 de septiembre, del que se reproducen a continuación los artículos 2.º y 4.º, relacionados con el trazado:

«Artículo 2.º En las carreteras y ferrocarriles ya construidos que cruzándose a nivel arrojen un producto de las intensidades medidas de circulación de automóviles (A) y trenes (T), AT = 24.000, se procederá con la urgencia posible a suprimir dichos cruces, sustituyéndolos por otros a distinto nivel.

Hasta tanto sean suprimidos los pasos a nivel a que se refiere este artículo deberán siempre estar provistos de las barreras y señales adecuadas.

Artículo 4.º En los pasos a nivel existentes donde el producto AT estadístico no llegue a 24.000, o en éstos hasta tanto se supriman, se permitirá este tipo de cruce protegido por un sistema de seguridad adecuado, con arreglo a las normas que dicte el Ministerio de Obras Públicas.»

5.1.9. Pistas adicionales para bicicletas y ciclomotores.

Cuando la componente de bicicletas y ciclomotores tenga una punta horaria superior a

$$IMH > 500 \text{ vh/hora}$$

en una carretera de dos carriles con una intensidad de tráfico total  $IMD > 2.000 \text{ vh/d}$ , se estudiará la necesidad de establecer pistas para aquel tipo de vehículos.

Los anchos y número de estas pistas serán los siguientes:

IMH vh/h.			
Sólo bicicletas y ciclomotores .....	500-1.000	1.000-2.000	> 2.000
Ancho en m.			
Pista única .....	2,50	3,30	4,00
Pista doble (por pista).	1,80	2,50	3,00

5.1.10. Anchura de la zona de expropiación

En las autopistas se expropiarán, además de las zonas ocupadas por la explanación, fajas de terreno de ocho metros de anchura, medidos horizontalmente, a los lados de las aristas de la explanación. En las demás carreteras se expropiarán únicamente las zonas ocupadas por la explanación.

5.1.11. Secciones transversales tipo

En la figura 30 se indican esquemáticamente todas las secciones transversales tipo, en alineaciones rectas, resultantes de las presentes normas.

5.2. Sección transversal en curva

5.2.1. Sobreancho de los carriles

Es necesario dotar a cada carril en curva de un sobreancho, cuyo valor es el siguiente:

$$S = \frac{l^2}{2R_h}$$

siendo:

S: Sobreancho de cada carril en m.

l: Longitud de los vehículos, medida entre su extremo delantero y el eje de las ruedas traseras, en m.

R<sub>h</sub>: Radio de la curva horizontal en m.

De la figura 31 se obtienen los sobreanchos que deben adoptarse en el proyecto en función de los radios de curvatura horizontales; corresponden al valor l = 9 metros.

Sólo en casos muy excepcionales podrán adoptarse otros valores de l, previa la debida justificación.

El sobreancho sólo es necesario para valores del radio horizontal inferiores a 250 metros, y es de aplicación para cada carril.

5.2.2. Transición del sobreancho

La transición del sobreancho se ejecutará siempre en las curvas de acuerdo aumentando progresivamente los anchos de los carriles hasta alcanzar los valores de los sobreanchos totales en la curva circular.

Los sistemas para alcanzar el sobreancho se indican en las figuras 32, 34 y 35.

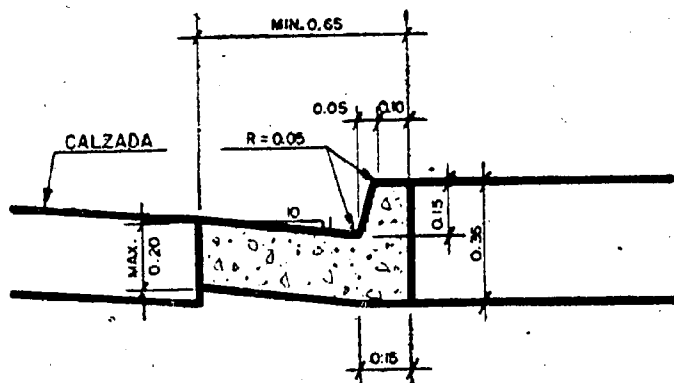
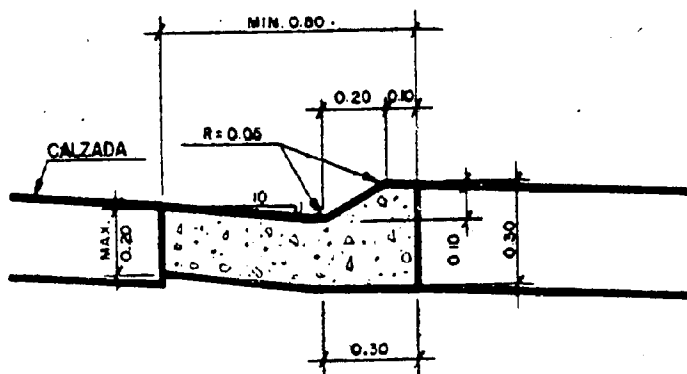
En la mayoría de los casos podrá aplicarse el sistema primero de la figura 32, obteniéndose los valores S del diagrama de la figura 33.

El sistema segundo consiste en ejecutar la transición del sobreancho mediante las clotoides definidas por sus radios en los puntos de tangencia con las curvas circulares paralelas a la curva circular del eje, y por los retranqueos de las mismas con relación a los bordes de la calzada.

El sistema tercero se aplicará únicamente cuando no es posible ejecutar la transición por los sistemas anteriores, y consiste en dar el sobreancho total 2S al carril interior por medio de una clotoide de transición definida como en el sistema precedente.

Cuando la alineación se reduce a dos curvas de acuerdo (tipo II) la transición del sobreancho se hará de acuerdo con el sistema primero o por medio de una clotoide en cada margen, que está definida por el ángulo de las alineaciones y los valores F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> de la figura 35.

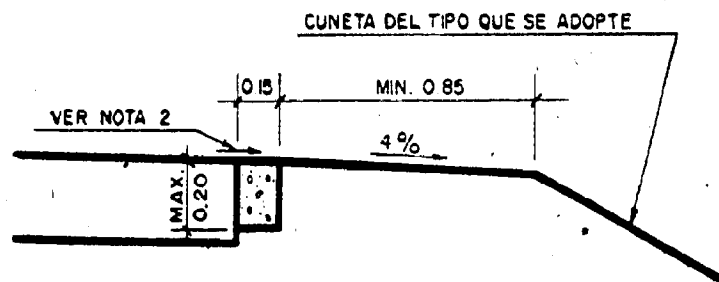
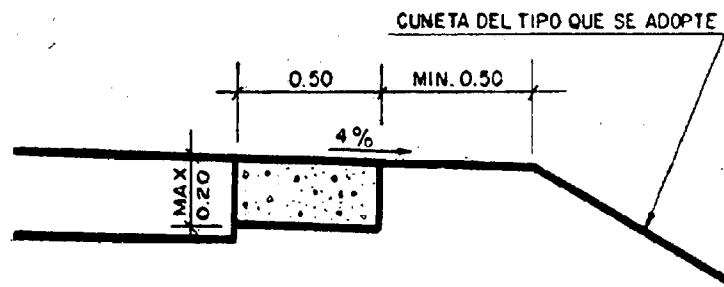
### BORDILLOS



NOTA:  
COTAS EN METROS

Fig. 25

## ENCINTADOS



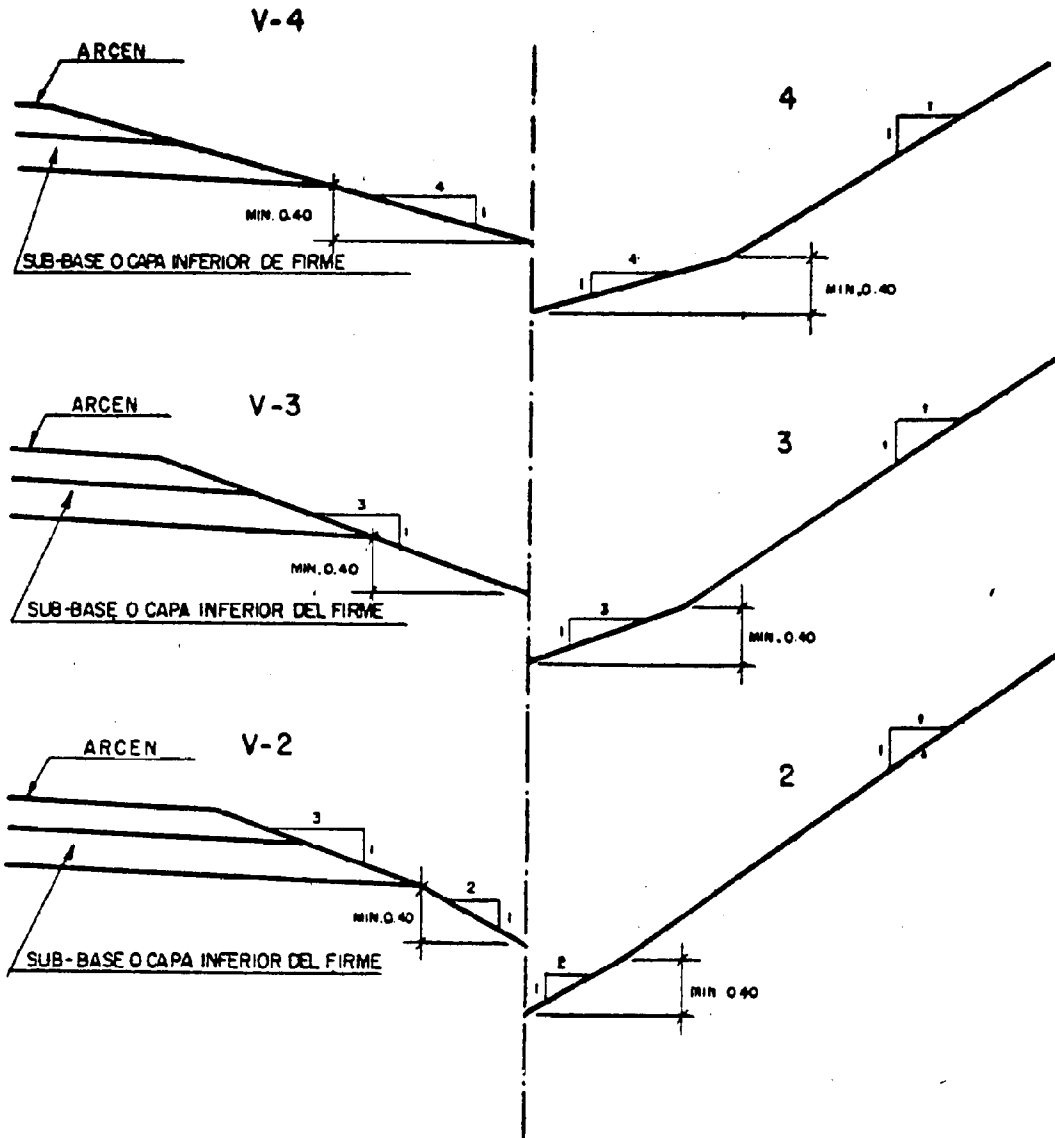
## NOTAS

1- COTAS EN METROS

2- LA CARA SUPERIOR DEL ENCINTADO, TENDRA LA MISMA PENDIENTE QUE EL PAVIMENTO

Fig. 26

### CUNETAS TIPO "V"



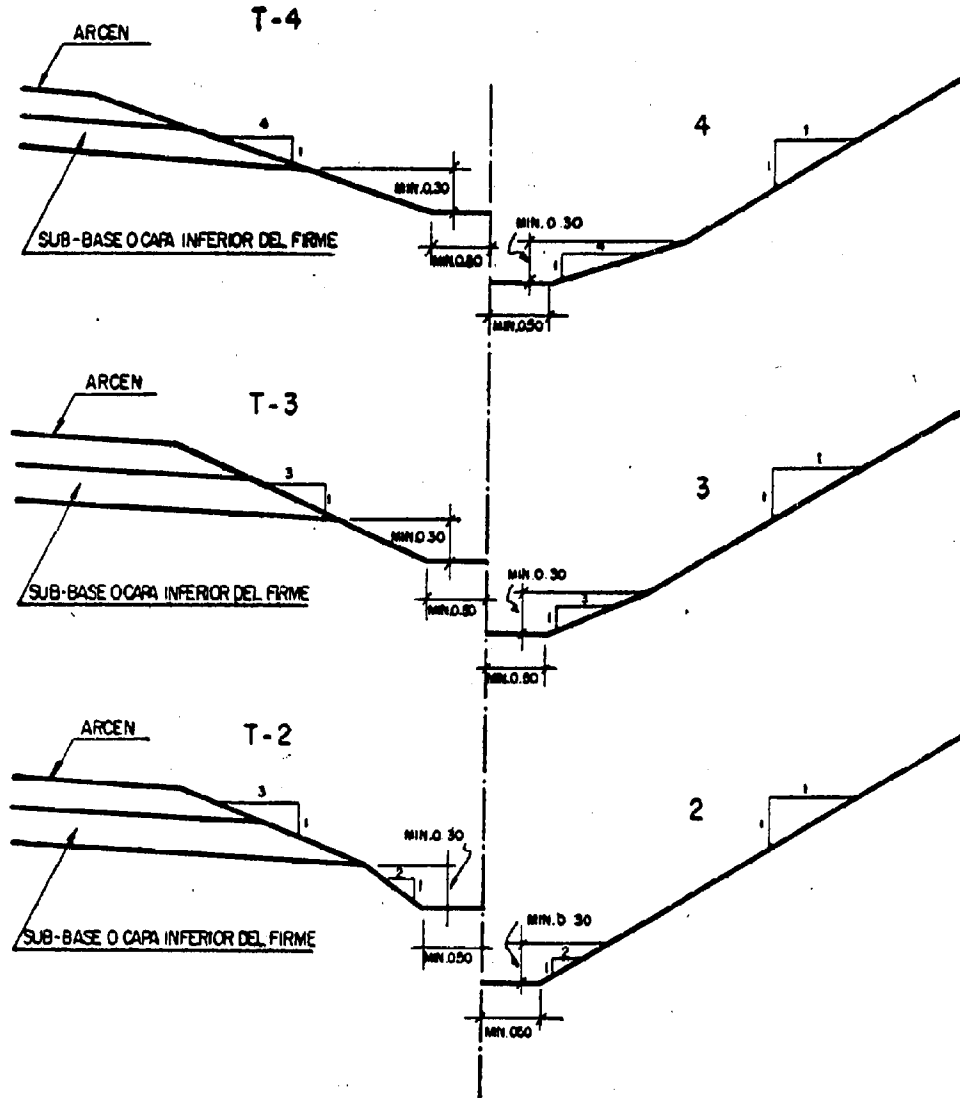
**Notas:**

- 1.- COTAS EN METROS
- 2.- "Y" VARIABLE SEGUN TERRENO
- 3.- REDONDEAR LOS PUNTOS ANGULOSOS CON RADIO 1.50 m.

COMBINACIONES		
(1)	(2)	(3)
V-4-4	V-3-3	V-2-2
V-4-3	V-3-2	
V-4-2		

Fig. 27

### CUNETAS TIPO "T"



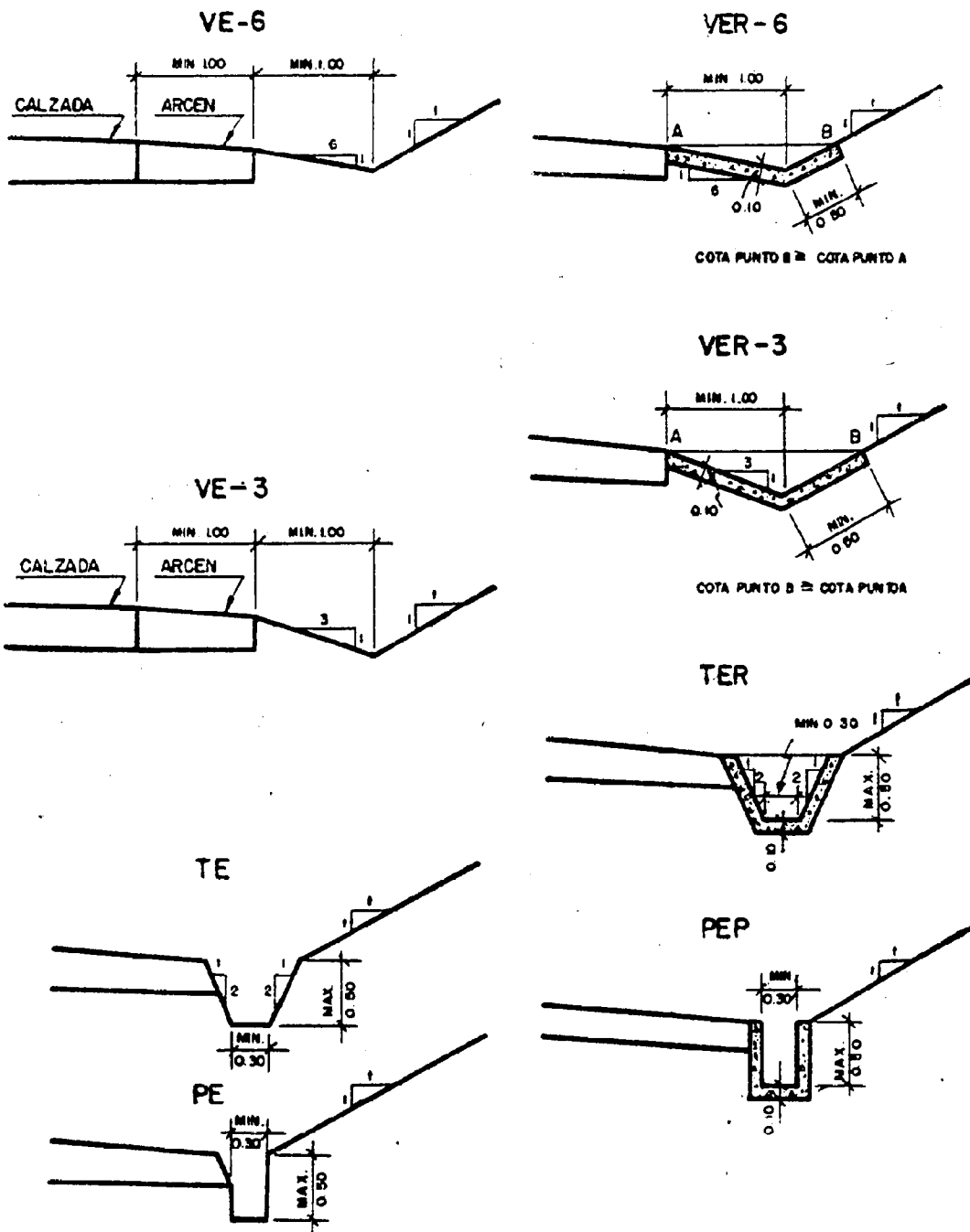
COMBINACIONES		
(1)	(2)	(3)
T-4-4	T-3-3	T-2-2
T-4-3	T-3-2	
T-4-2		

**Notas:**

- 1.- COTAS EN METROS
- 2.- "T" VARIABLE SEGUN TERRENO
- 3.- REDONDEAR LOS PUNTOS ANGULOSOS CON RADIO 1:50<sup>ra</sup>

Fig. 28

CUNETAS REDUCIDAS



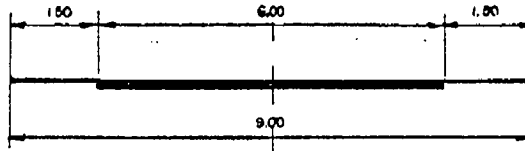
NOTAS

- 1.- COTAS EN METROS
- 2.- " SEGUN TERRENO

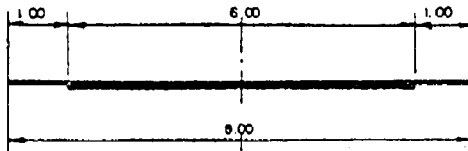
Fig. 29

### SECCIONES TIPO

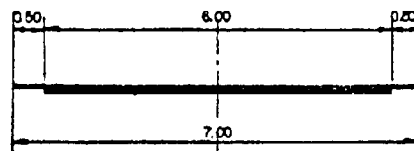
C·N° 12, 22



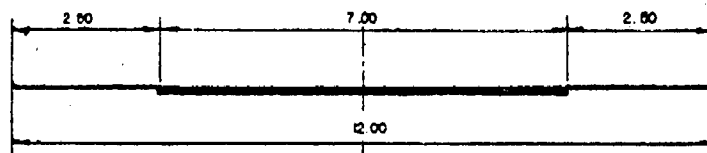
C·N° 14, 16, 24, 26, 28



C·N° 18



C·N° 32, 42, 44, 56



C·N° 34

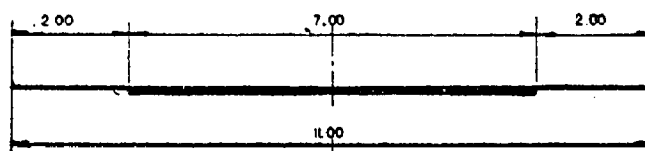
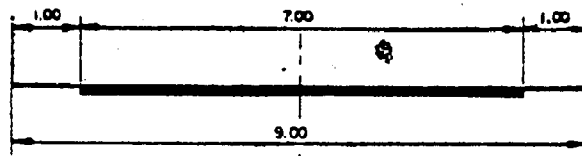


Fig. 30 a

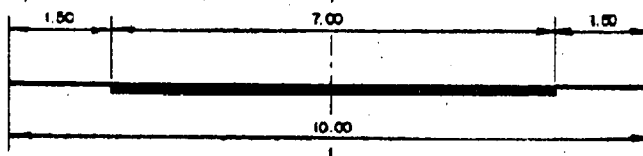


### SECCIONES TIPO

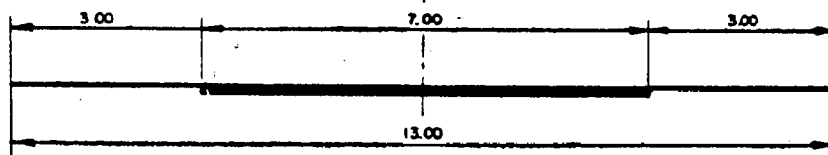
C-N° 36,38,48



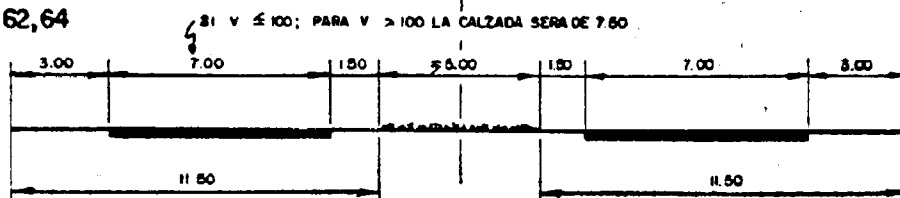
C-N° 46



C-N° 52,54



C-N° 62,64



C-N° 66

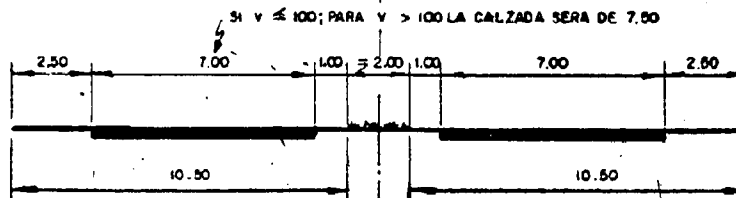


Fig. 30 b

### SOBREANCHO EN CURVA PARA UN CARRIL

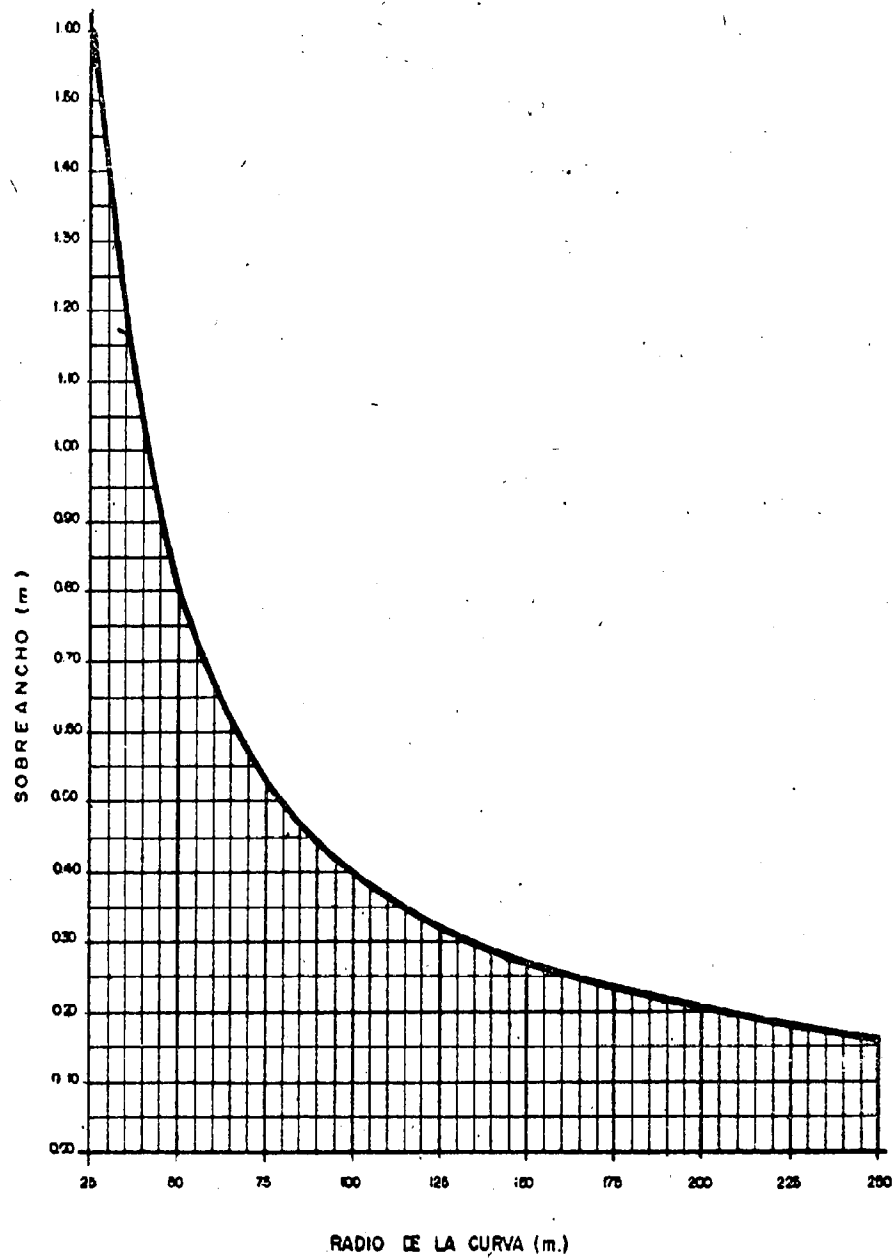
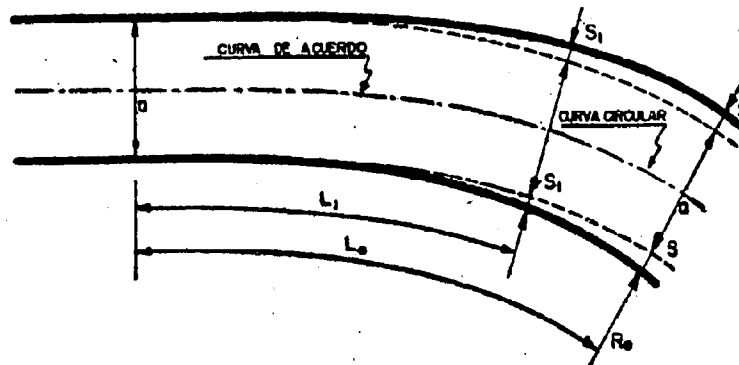


Fig. 31

### TRANSICION DEL SOBREALCHO

TRANSICION DEL SOBREALCHO PARA  $S \leq \frac{L^3}{24A^2}$

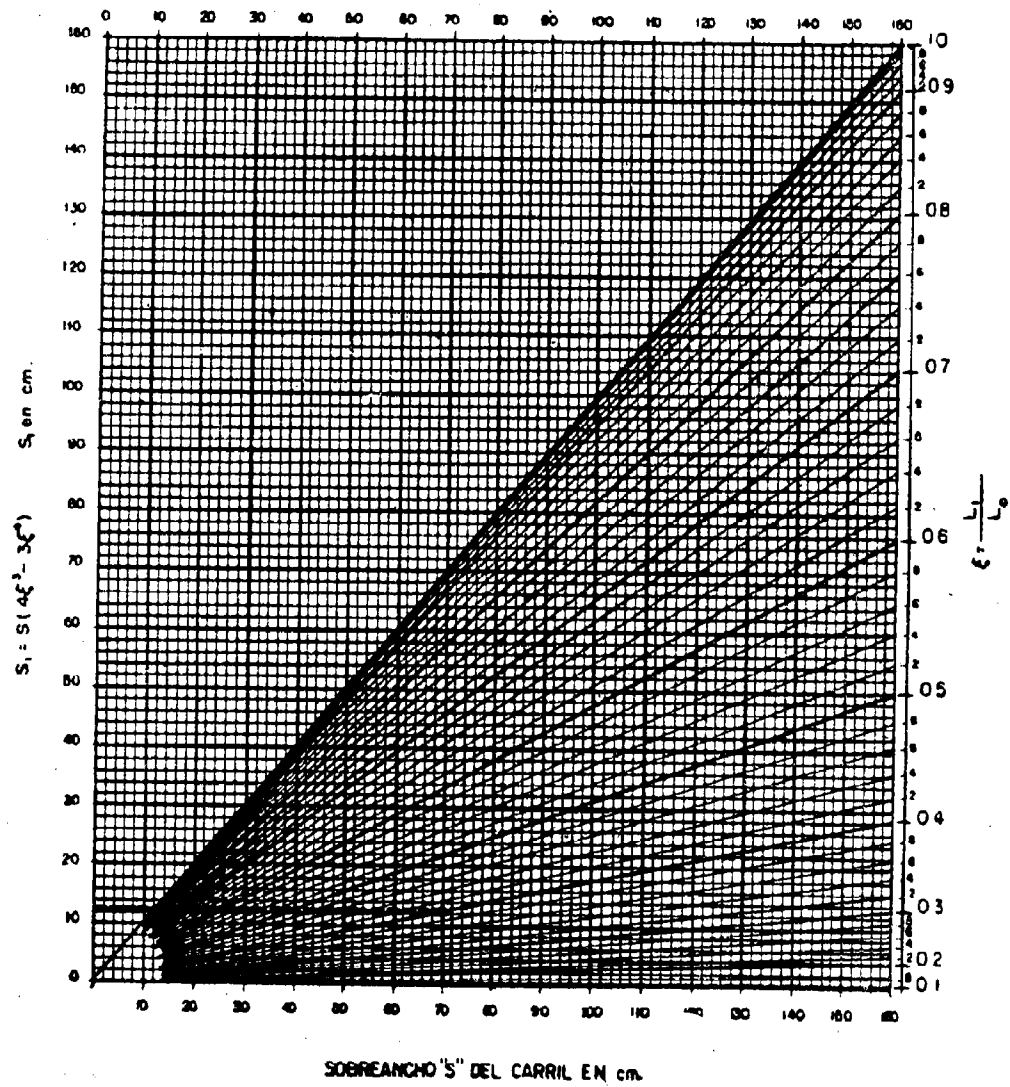


S = sobrealcho en m.

A = parametro de la oblicua de la curva de acuerdo en m.

Fig. 32

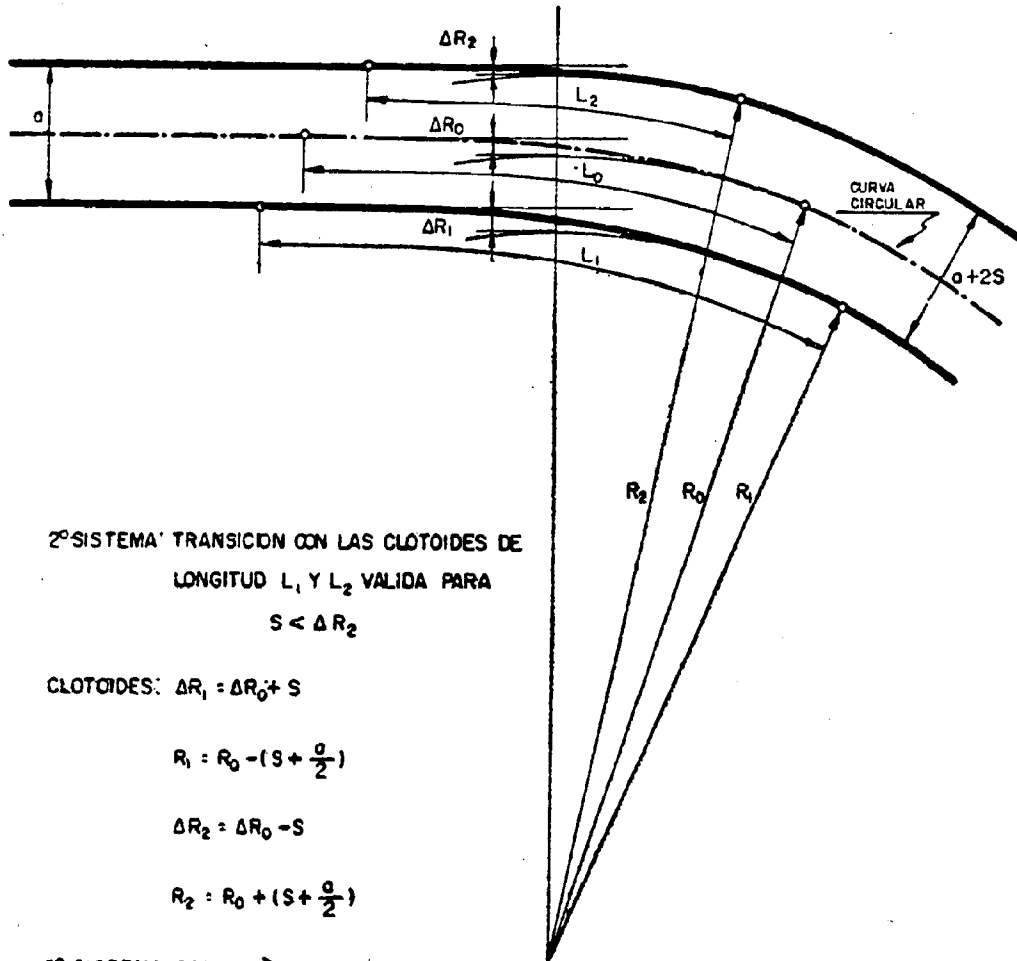
### VARIACION DEL SOBREALCHO EN LA TRANSICION



Ejemplo: para  $S = 70$  cm.  
 $L = 45.27$  m  
 $L = 18$  m  
 $\xi = 0.4$   
 $S = 12$  cm

Fig. 33

TRANSICION DEL SOBREANCHO



2º SISTEMA TRANSICION CON LAS CLOTOIDES DE LONGITUD  $L_1$  Y  $L_2$  VALIDA PARA  $S < \Delta R_2$

CLOTOIDES:  $\Delta R_1 = \Delta R_0 + S$

$$R_1 = R_0 - \left(S + \frac{a}{2}\right)$$

$$\Delta R_2 = \Delta R_0 - S$$

$$R_2 = R_0 + \left(S + \frac{a}{2}\right)$$

3º SISTEMA. PARA  $S \geq \Delta R_2$  SE APLICA EL SOBREALCHO  $2S$  EN EL CARRIL INTERIOR

CLOTOIDES  $\Delta R_1 = \Delta R_0 + S$

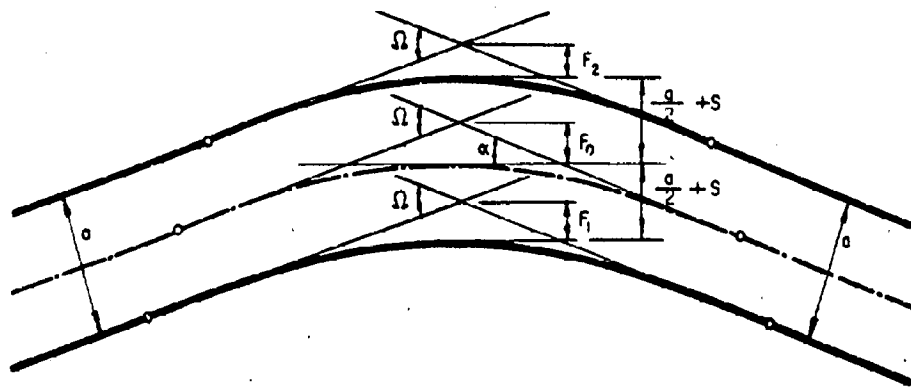
$$R_1 = R_0 - \left(2S + \frac{a}{2}\right)$$

$$\Delta R_2 = \Delta R_0$$

$$R_2 = R_0$$

Fig. 34

## TRANSICION DEL SOBREENCHO



$$F_1 = F_0 - \frac{a}{2\cos\alpha} + \left(\frac{a}{2} + S\right)$$

$$F_2 = F_0 + \frac{a}{2\cos\alpha} - \left(\frac{a}{2} + S\right)$$

Fig. 35

### 5.2.3. Perfil transversal en curva

El perfil transversal de la calzada es el formado por una recta única con pendiente transversal hacia el interior de la curva. El valor de la pendiente transversal es el del peralte que corresponde al radio horizontal.

El desvanecimiento del peralte se obtiene girando la recta del perfil transversal alrededor de un eje que en general coincide con el de la carretera o es paralelo a él. Todo lo relativo a esta cuestión está especificado en el párrafo 3.2.3.

Los anchos de los arceños serán iguales a los que tienen en las alineaciones rectas. La pendiente del arcén interior tendrá los mismos valores que en las rectas para valores del peralte iguales o menores; en otro caso tendrá como mínimo el mismo valor que el peralte. El arcén exterior tendrá una inclinación hacia el exterior de la curva del 2 por 100 al 4 por 100 (inclinación por debajo de la horizontal). Cuando la diferencia algebraica entre las pendientes transversales del arcén exterior y carril contiguo sea superior al 7 por 100 y el ancho de arcén superior a 1,50 metros se redondeará la arista en una anchura de un metro tomado sobre el arcén (fig. 36). Si el ancho del arcén no es mayor de 1,50 metros, el arcén exterior tendrá el mismo sentido e inclinación que la calzada.

## 6 Normas generales para el trazado

### 6.1. Trazado conjunto en planta y alzado

El trazado geométrico de una carretera es el resultado de combinar armónicamente las características de su planta y de su alzado, de acuerdo con las normas que se fijan en esta Instrucción y atendiendo justificadamente a los efectos económicos de las imposiciones constructivas del terreno y de las circunstancias especiales que puedan presentarse.

A continuación se dan las normas de carácter general que deben observarse para obtener una coordinación conveniente entre los elementos de la planta y del alzado:

a) Uniformidad.—La uniformidad de las características geométricas evitando variaciones bruscas de los valores de los radios horizontales, rasantes y acuerdos horizontales de los tramos contiguos del trazado favorece la fluidez de la circulación y suprime fluctuaciones excesivas en la velocidad de los vehículos.

Como norma general no se admitirán dos curvas horizontales consecutivas en las que el cociente del radio mayor al menor sea superior a 2,5, excepto si el radio menor es mayor de 350 metros.

Asimismo el radio de una curva contigua a una alineación recta de longitud superior a 1.500 ó 750 metros no será inferior a 250 ó 150 metros, respectivamente.

b) Visibilidad.—Al estudiar una adecuada combinación de los elementos verticales y horizontales se comprobará que el campo de visibilidad obtenido es el máximo posible. En especial se debe procurar que los cruces e intersecciones estén situados en puntos del trazado sin limitaciones de visibilidad, y si no puede evitarse que estén situados en alineaciones curvas o cambios de rasante aquéllos o éstos tendrán radios muy amplios.

c) Acuerdos verticales en alineaciones curvas.—Los tramos de carretera sin cambios de rasante y de gran longitud seguidos a costa de inclinaciones excesivas de rampas o pendientes, así como las largas alineaciones rectas con frecuentes variaciones de la inclinación de la rasante, proyectadas para

suprimir cambios en las alineaciones curvas, son perjudiciales para el tráfico.

La superposición de alineaciones curvas y acuerdos verticales proporciona un trazado más racional siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

1. No deben proyectarse acuerdos verticales convexos muy agudos en alineaciones curvas de pequeño radio de curvatura. En este caso el acuerdo vertical impide apreciar al conductor de un vehículo la forma de la curva.

Cuando el acuerdo vertical es agudo la longitud de la alineación curva debe ser muy superior a la de aquél.

2. Cuando se proyecte un acuerdo vertical cóncavo en una alineación curva ésta debe tener un tramo horizontal en la parte inferior del acuerdo para evitar el efecto antiestético que se produciría.

3. Siempre que se proyecten alineaciones curvas en las que se introduzcan cambios de rasante se adoptarán curvas circulares y acuerdos verticales cuyos elementos tengan valores por encima de los mínimos fijados (radios) o por debajo de los máximos fijados (inclinaciones de rasantes)

d) Carreteras con calzadas separadas.—En carreteras de cuatro carriles puede conseguirse una mejor coordinación de los elementos de la planta y el alzado variando el ancho de la mediana, o más fácilmente proyectando a distinto nivel las dos calzadas.

e) Comprobación.—La correcta aplicación de las normas precedentes debe comprobarse con la ayuda de dibujos en perspectiva de aquellos tramos del trazado en que se proyecten elementos horizontales y verticales superpuestos, y empleando modelos reducidos para aquellos puntos cuya mayor importancia o dificultad lo justifique.

### 6.2. Autopistas

Para el estudio del trazado y la sección transversal de las autopistas son válidas las normas que se fijan en esta Instrucción para carreteras cuya intensidad de tráfico y velocidad específica sean similares.

Se deberá prestar especial atención a los enlaces con otras carreteras y a sus accesos, que serán fijados y limitados en el proyecto de acuerdo con los estudios correspondientes de tráfico.

La combinación de alineaciones rectas y curvas adaptando el trazado al paisaje, así como el establecimiento de plantaciones formando masas verdes, son factores que deben tenerse en cuenta para evitar la monotonía que representa la ausencia de cruces a nivel y la falta de los elementos de distracción que existen en carreteras de otro tipo.

La importancia de la comodidad y la estética en las autopistas aconseja con más fuerza aún que en el caso de las demás carreteras la comprobación del trazado de determinados tramos mediante perspectivas o en modelos reducidos.

### 6.3. Carreteras de montaña

En las carreteras de montaña son válidas las normas fijadas en esta Instrucción para carreteras en terreno muy accidentado.

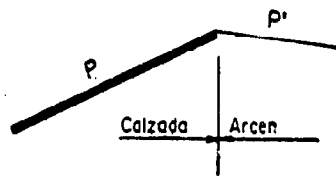
En casos excepcionales de carreteras cuya función sea muy característica, por ejemplo, en las de tipo eminentemente turístico, podrán proponerse valores diferentes de los admitidos para carreteras de intensidad de tráfico y velocidad específica similares, en especial en lo referente a anchos, radios, peraltes e inclinaciones de las rasantes.

## PENDIENTE TRANSVERSAL DEL ARCEN EXTERIOR EN CURVA

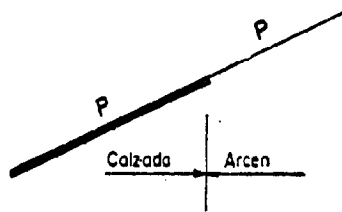
$P$  = Peralte

$P'$  = Pendiente transversal del arcen en recta

1º CASO :  $P - P' \leq 7\%$



2º CASO :  $P - P' > 7\%$   
Ancho del arcén  $\leq 1.50$



3º CASO :  $P - P' > 7\%$   
Ancho del arcén  $> 1.50$

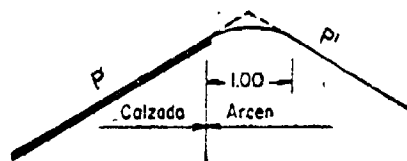


Fig. 36