



***CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO
EN CAMINOS DE DOS CARRILES***

APLICACIÓN DEL MANUAL DE CAPACIDAD 2016

CAMINOS1 – ING. GUSTAVO LUIS CABALLERO

MANUAL DE CAPACIDAD 2016

Elaborado por el Transportation Research Board (TRB)

Publicado por primera vez en EEUU

En 1950 y se reedita con nuevos procedimientos
y/o actualizaciones en:

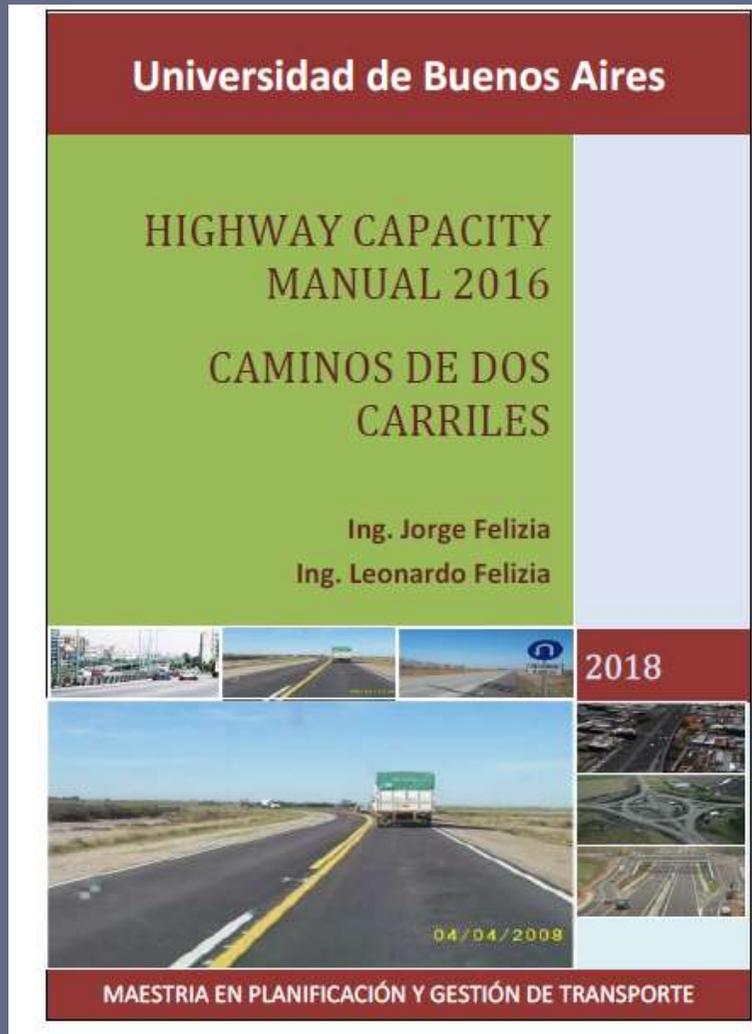
1965

1985

2000

2010

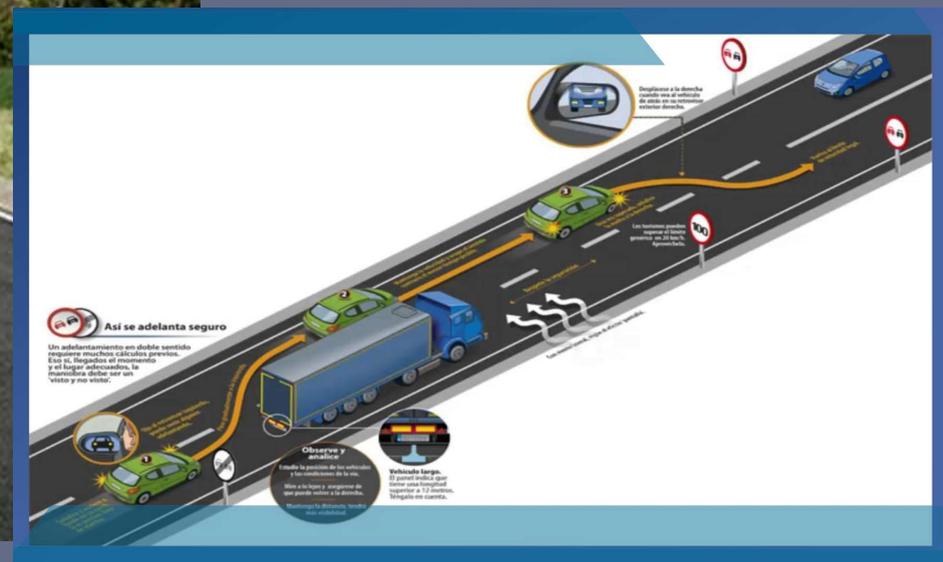
2016



CAMINOS DE DOS CARRILES INDIVISOS

“Un camino de dos carriles puede definirse como **una calzada que tiene un carril para cada sentido de circulación. Una característica propia de la circulación en este tipo de vía es la maniobra de sobrepaso a vehículos más lentos, que requiere utilizar el carril del sentido opuesto.** A medida que aumenta el volumen de tránsito, y/o las restricciones geométricas disminuye la posibilidad de sobrepasar, dando lugar a la formación de pelotones de vehículos detrás de un vehículo lento”

Extraído de DNV – Niveles de servicio – Metodología.



CAMINOS DE DOS CARRILES



POLICIA CAMINERA
DIRECCION GENERAL

PERMITIDO ADELANTAR



(Línea discontinua en su carril, lo que no advierte la posibilidad de peligro)

PROHIBIDO ADELANTAR



(Línea continua en su carril, lo que le está advirtiendo la cercanía de algún peligro)

CAPACIDAD

Es el máximo volumen horario equivalente de vehículos que razonablemente se puede esperar pase por un punto o un tramo durante un período dado de tiempo en las condiciones prevalecientes de geometría, de tránsito y de control.

CAPACIDAD

Características:

- Se obtiene por sentido de circulación
- La capacidad se refiere a un punto o sección uniforme, los tramos con diferentes condiciones tendrán diferente capacidad.
- En condiciones ideales equivale a: **1700 aut./hora**
- La suma de las capacidades en ambos sentidos no debe superar 3200 automóviles/hora.
- En tramos cortos puede llegar a 3400 automóviles/hora.
- La definición de la capacidad supone buenas condiciones climáticas, y del pavimento, e inexistencia de incidentes.

CONDICIONES IDEALES PARA CAMINOS DE DOS CARRILES

Ancho de carril igual o mayor a 3,60 m. (en versiones anteriores del manual de capacidad 3,65m)

Banquina sin obstrucciones de un ancho igual o mayor a 1,8 metros.

Ninguna restricción al sobrepaso.

En la corriente vehicular solo circulan automóviles.

Una distribución equilibrada 50 % del total en cada sentido.

Flujo ininterrumpido.

Terreno llano.

CAPACIDAD

Para la determinación de la capacidad bajo condiciones prevalecientes de tránsito y calzada deben aplicarse factores de ajuste.

$$C;vpv = 1700 \times fp;vpv \times fvp;vpv$$

$$C;tss = 1700 \times fp;tss \times fvp;tss$$

C;vpv: Capacidad en el sentido analizado bajo condiciones prevalecientes en función de vpv.

C;tss: Capacidad en el sentido analizado bajo condiciones prevalecientes en función de tss

fp,vpv: factor de ajuste por pendiente.

fvp,vpv: factor de ajuste por vehículos pesados.

NIVEL DE SERVICIO

- ▣ Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo de tránsito y su percepción por los conductores y/o pasajeros, relacionadas con la **velocidad**, el **tiempo de viaje**, la **libertad de maniobra**, las **interrupciones** y el **confort**.
- ▣ Conjuga la oferta y la demanda. La metodología establece seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F.



NIVEL DE SERVICIO

Para el análisis se categorizan en tres clases:

CLASE I

Velocidad promedio de viaje

% de tiempo de viaje sin
posibilidad de sobrepaso

MOVILIDAD

CARACTERÍSTICAS:

- Velocidades relativamente altas.
- Pueden ser:
 - Rutas interurbanas que vinculan centros de generación de viajes.
 - Usuarios Hogar-Trabajo-Hogar.
 - Tramos de rutas nacionales o provinciales troncales.

CLASE II

% de tiempo de viaje sin
posibilidad de sobrepaso

CARACTERÍSTICAS:

- No es prioritario desarrollar altas velocidades
- Pueden ser:
 - Rutas turísticas.
 - Rutas con fuertes pendientes.
 - Rutas que sirven a los de Clase I

CLASE III

% de la velocidad de flujo libre

CARACTERÍSTICAS:

Pueden ser:

- Sectores de caminos de Clase I o II que pasan por zonas urbanas
- Interacción con el tránsito local.
- Elevados puntos de acceso sin señalizar.
- Reducciones al límite de velocidad.

NIVEL DE SERVICIO

Para el análisis se categorizan en tres clases:

CLASE I

Velocidad promedio de viaje

% de tiempo de viaje sin posibilidad de sobrepaso

MOVILIDAD

CARACTERÍSTICAS:

-Velocidades relativamente altas.

-Pueden ser:

Rutas interurbanas que vinculan centros de generación de viajes.

Usuarios Hogar-Trabajo-Hogar.

Tramos de rutas nacionales o provinciales troncales.

NIVEL DE SERVICIO

CLASE II

% de tiempo de viaje sin
posibilidad de sobrepaso

ACCESIBILIDAD

CARACTERÍSTICAS:

- No es prioritario desarrollar altas velocidades
- Pueden ser:
 - Rutas turísticas.
 - Rutas con fuertes pendientes.
 - Rutas que sirven a los de Clase I

NIVEL DE SERVICIO

CLASE III

% de la velocidad de flujo libre

CARACTERÍSTICAS:

Pueden ser:

- Sectores de caminos de Clase I o II que pasan por zonas urbanas
- Interacción con el tránsito local.
- Elevados puntos de acceso sin señalizar.
- Reducciones al límite de velocidad.

NIVEL DE SERVICIO

TABLA 1: CLASE I

Nivel de servicio	% de tiempo sin sobrepaso	Velocidad promedio de viaje (km/h)
A	<= 35	> 90
B	> 35 - 50	> 80 - 90
C	> 50 - 65	> 70 - 80
D	> 65 - 80	> 60 - 70
E	> 80	<= 60
F	La demanda excede la capacidad	

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

TABLA 1: CLASE II

Nivel de servicio	% de tiempo sin sobrepaso
A	<= 40
B	> 40 - 55
C	> 55 - 70
D	> 70 - 85
E	> 85
F	La demanda excede la capacidad

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

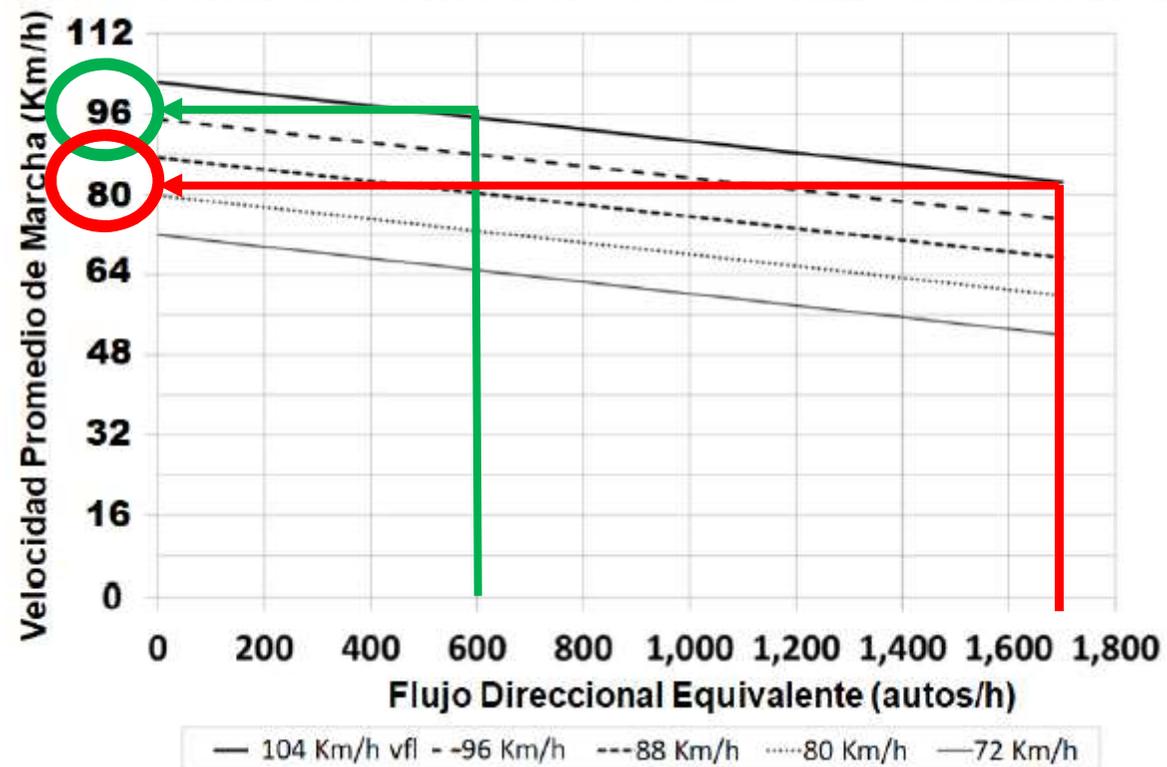
TABLA 1: CLASE III

Nivel de servicio	% de la velocidad de flujo libre
A	> 91,7
B	> 83,3 - 91,7
C	> 75,0 - 83,3
D	> 66,7 - 75,0
E	<= 66,7
F	La demanda excede la capacidad

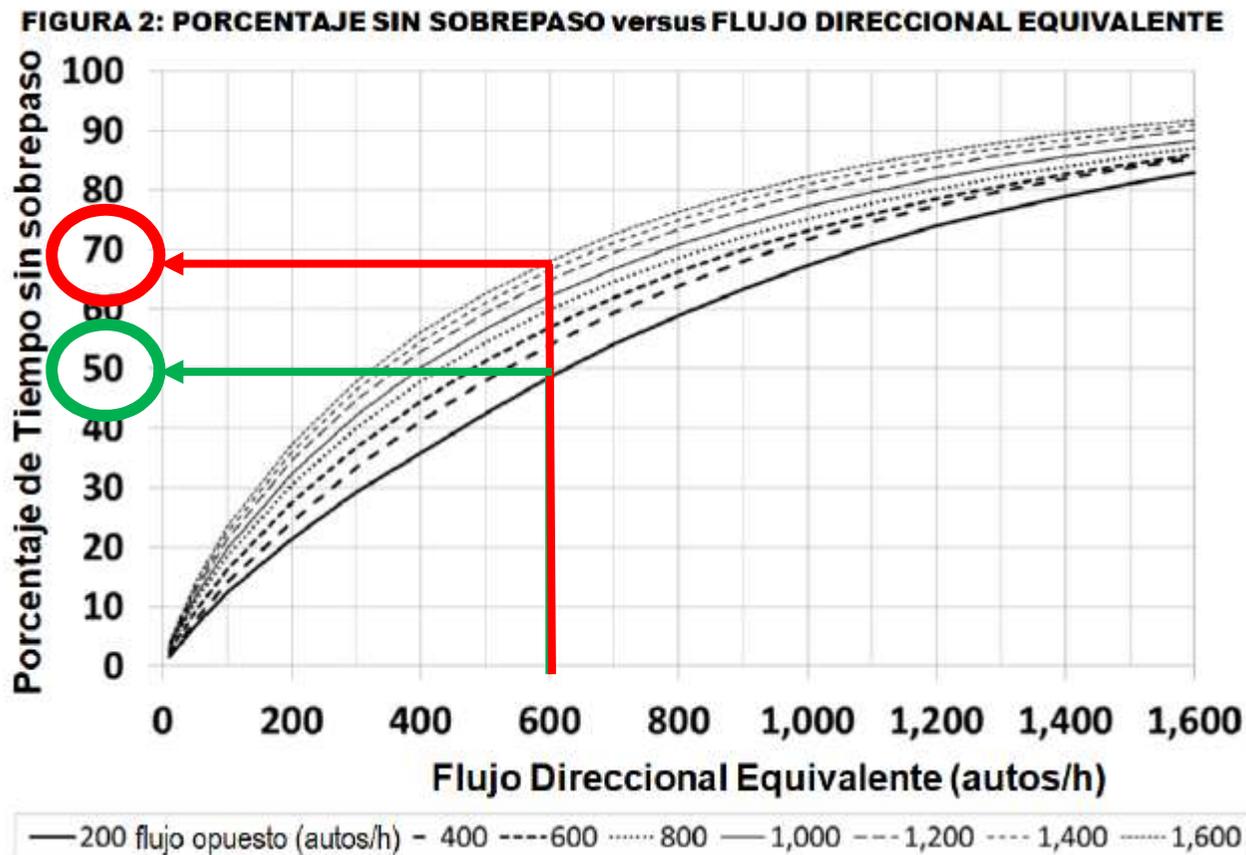
Fuente: Highway Capacity Manual 2016

Relación entre parámetros

FIGURA 1: VELOCIDAD PROMEDIO DE MARCHA versus FLUJO DIRECCIONAL EQUIVALENTE



Relación entre parámetros



NIVEL DE SERVICIO - CAPACIDAD

El análisis se realiza por sentido de circulación y propone tres cálculos:

- Tramos generales (llanos u ondulados)
- Pendientes específicas
- Tramos con carriles de sobrepaso o de ascenso para camiones

Tramos generales

LLANO



Tramos llanos: pendientes cortas – 1% a 2%

ONDULADO



Tramos ondulados: pendientes cortas y medias menores al 4%

Fuente: Normas de diseño 2010 – DNV

Capacidad y Niveles de Servicio en caminos de dos carriles

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

- ▣ Este cálculo es necesario para Clases I y III

(V_{pv})_d: Se obtiene ajustando la **vfl** por:

- **El volumen del tránsito** (en la dirección analizada y la opuesta)
- **Zonas con prohibición de sobrepaso**

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

- ▣ Este cálculo es necesario para Clases I y III

$$(V_{pv})_d = V_{fl} - 0,0125 \times (V_{d;vpv} + V_{o;vpv}) - f_{ss;vpv}$$

$(V_{pv})_d$: Velocidad promedio de viaje en la dirección estudiada Km/h.

V_{fl} : Velocidad en flujo libre.

$V_{d;vpv}$: volumen equivalente para la determinación de la V_{pv} en la dirección analizada (automóviles/hora).

$V_{o;vpv}$: volumen equivalente para la determinación de la V_{pv} en la dirección opuesta(automóviles/hora).

$f_{ss;vpv}$: ajuste por porcentaje de zonas con prohibición de sobrepaso para la determinación de la V_{pv} .

1) Determinación del Volumen equivalente para obtener vpv

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

$V_{i,vpv}$: volumen equivalente i para el período de 15 minutos pico (aut/hora) para el cálculo de la VPV

i : “d” (dirección en estudio) u “o” (dirección opuesta)

V_i : volumen horario en la dirección i

FHP: Factor de hora pico.

$f_{p,vpv}$: factor de ajuste por pendiente.

$f_{vp,vpv}$: factor de ajuste por vehículos pesados.

Se consideran usuarios habituales y ocasionales.

1.a) Volumen horario (Vi)

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

- ▣ El volumen de tránsito que pasa durante el período comprendido en una hora.

Características:

- Es práctico / adecuado para utilizar en diseño geométrico
- Volumen horario = f (Demanda; capacidad de la vía)
- En cualquier tramo varía significativamente según la hora del día que se considere, y aún más en distintos días de la semana y épocas del año.

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

1.a) Factor de Hora Pico (FHP)

El FHP representa la variación del tránsito dentro de la hora. Este factor se define como la relación entre el volumen horario total y la máxima relación de flujo durante la hora.

$$FHP = V_h / (4 \times V_{15})$$

donde:

FHP = factor de hora pico

V_h = volumen horario (vehículos/hora)

V_{15} = volumen durante los máximos 15 minutos de la hora

Periodo	Volumen (vehículos)	Flujo equivalente (vph)
08:00 a 08:15	100	400
08:15 a 08:30	200	800
08:30 a 08:45	150	600
08:45 a 09:00	150	600
08:00 a 09:00	600	800

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

1.b) Factor de ajuste por pendiente (f_p)

Tiene en cuenta el efecto del terreno sobre las velocidades de viaje y el porcentaje del tiempo sin posibilidad de sobrepaso, aún cuando no se registre la presencia de vehículos pesados en el tránsito.

Tramos llanos ,
pendientes
Descendentes
y ondulados:

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

TABLA 2: FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE

Demanda por dirección (veh/h)	Factor de ajuste	
	Llano y pendientes específicas descendentes	Ondulado
<=100	1,00	0,67
200	1,00	0,75
300	1,00	0,83
400	1,00	0,90
500	1,00	0,95
600	1,00	0,97
700	1,00	0,98
800	1,00	0,99
>=900	1,00	1,00

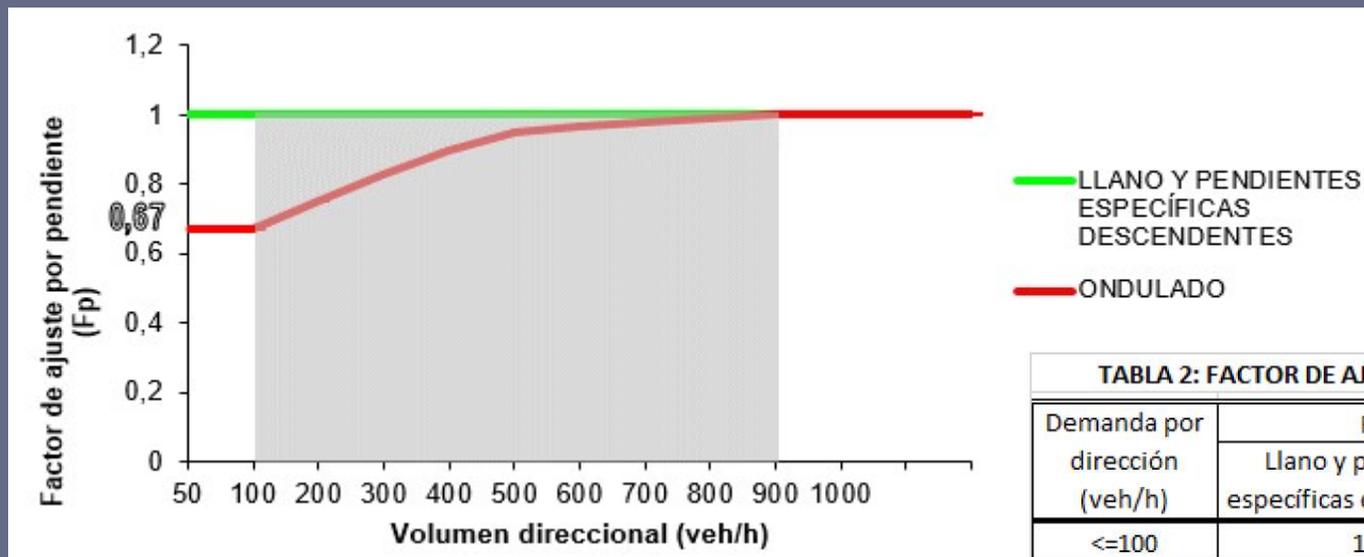
Se recomienda interpolar

En todas las Tablas, cuando se refiere a volúmenes, los mismos deben estar previamente corregidos con el FHP.

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

1.b) Factor de ajuste por pendiente (f_p)

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$



Fuente: Elaboración Propia

Tramos llanos , pendientes
Descendentes y ondulados:

TABLA 2: FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE

Demanda por dirección (veh/h)	Factor de ajuste	
	Llano y pendientes específicas descendentes	Ondulado
<=100	1,00	0,67
200	1,00	0,75
300	1,00	0,83
400	1,00	0,90
500	1,00	0,95
600	1,00	0,97
700	1,00	0,98
800	1,00	0,99
>=900	1,00	1,00

Se recomienda interpolar

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

1.b) Factor de ajuste por pendiente (f_p)

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

Pendientes específicas ascendentes:

TABLA 3: FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE, F_p

Para estimar velocidad de viaje en pendientes ascendentes

Pendiente (%)	Longitud de la pendiente (km)	Factor de ajuste por pendiente, f _p								
		Rango de volumen direccional (veh/h)								
		<=100	200	300	400	500	600	700	800	>=900
>= 3 < 3,5	0,4	0,78	0,84	0,87	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,8	0,75	0,83	0,86	0,9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,2	0,73	0,81	0,85	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,6	0,73	0,79	0,83	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	2,4	0,73	0,79	0,83	0,87	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
	3,2	0,73	0,79	0,82	0,86	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00
	4,8	0,73	0,78	0,82	0,85	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98
>= 6,4	0,73	0,78	0,81	0,85	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96	
>= 3,5 < 4,5	0,4	0,75	0,83	0,86	0,9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,8	0,72	0,8	0,84	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,2	0,67	0,77	0,81	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,6	0,65	0,73	0,77	0,81	0,94	0,95	0,97	1,00	1,00
	2,4	0,63	0,72	0,76	0,8	0,93	0,95	0,96	1,00	1,00
	3,2	0,62	0,7	0,74	0,79	0,93	0,94	0,96	1,00	1,00
	4,8	0,61	0,69	0,74	0,78	0,92	0,93	0,94	0,98	1,00
>= 6,4	0,61	0,69	0,73	0,78	0,91	0,91	0,92	0,96	1,00	

>= 4,5 < 5,5	0,4	0,71	0,79	0,83	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,8	0,6	0,7	0,74	0,79	0,94	0,95	0,97	1,00	1,00
	1,2	0,55	0,65	0,7	0,75	0,91	0,93	0,95	1,00	1,00
	1,6	0,54	0,64	0,69	0,74	0,91	0,93	0,95	1,00	1,00
	2,4	0,52	0,62	0,67	0,72	0,88	0,9	0,93	1,00	1,00
	3,2	0,51	0,61	0,66	0,71	0,87	0,89	0,92	0,99	1,00
	4,8	0,51	0,61	0,65	0,7	0,86	0,88	0,91	0,98	0,99
>= 6,4	0,51	0,6	0,65	0,69	0,84	0,86	0,88	0,95	0,97	
>= 5,5 < 6,5	0,4	0,57	0,68	0,72	0,77	0,93	0,94	0,96	1,00	1,00
	0,8	0,52	0,62	0,66	0,71	0,87	0,9	0,92	1,00	1,00
	1,2	0,49	0,57	0,62	0,68	0,85	0,88	0,90	1,00	1,00
	1,6	0,46	0,56	0,6	0,65	0,82	0,85	0,88	1,00	1,00
	2,4	0,44	0,54	0,59	0,64	0,81	0,84	0,87	0,98	1,00
	3,2	0,43	0,53	0,58	0,63	0,81	0,83	0,86	0,97	0,99
	4,8	0,41	0,51	0,56	0,61	0,79	0,82	0,85	0,97	0,99
>= 6,4	0,4	0,5	0,55	0,61	0,79	0,82	0,85	0,97	0,99	
>= 6,5	0,4	0,54	0,64	0,68	0,73	0,88	0,9	0,92	1,00	1,00
	0,8	0,43	0,53	0,57	0,62	0,79	0,82	0,85	0,98	1,00
	1,2	0,39	0,49	0,54	0,59	0,77	0,8	0,83	0,96	1,00
	1,6	0,37	0,45	0,5	0,54	0,74	0,77	0,81	0,96	1,00
	2,4	0,35	0,45	0,49	0,54	0,71	0,75	0,79	0,96	1,00
	3,2	0,34	0,44	0,48	0,53	0,71	0,74	0,78	0,94	0,99
	4,8	0,34	0,44	0,48	0,53	0,7	0,73	0,77	0,93	0,98
>= 6,4	0,33	0,43	0,47	0,52	0,7	0,73	0,77	0,91	0,95	

Se sugiere interpolar para longitud de la pendiente y rango de volumen
Fuente: Highway Capacity Manual 2016

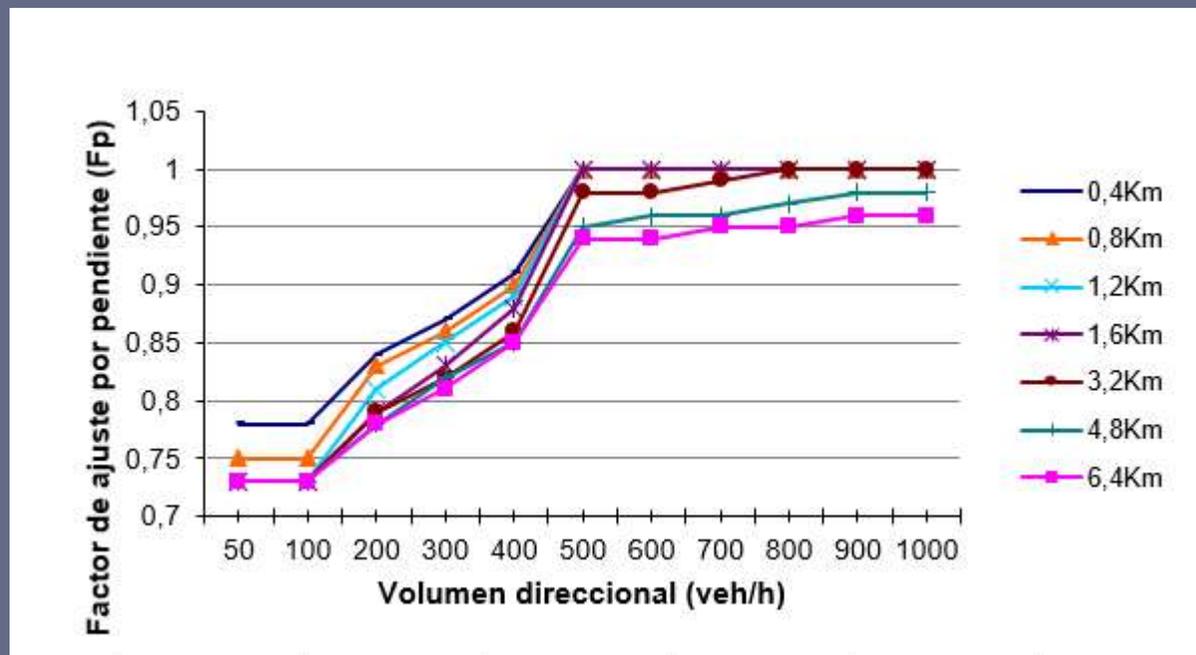
VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

1.b) Factor de ajuste por pendiente (f_p)

Pendientes específicas ascendentes:

PENDIENTE [3%;3,5)

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$



Fuente: *Elaboración Propia*

Capacidad y Niveles de Servicio en caminos de dos carriles

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

1.b) Factor de ajuste por pendiente (f_p)

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

Pendientes específicas ascendentes:

TABLA 3: FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE, F_p

Para estimar velocidad de viaje en pendientes ascendentes

Pendiente (%)	Longitud de la pendiente (km)	Factor de ajuste por pendiente, f _p								
		Rango de volumen direccional (veh/h)								
		<=100	200	300	400	500	600	700	800	>=900
>= 3 < 3,5	0,4	0,78	0,84	0,87	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,8	0,75	0,83	0,86	0,9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,2	0,73	0,81	0,85	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,6	0,73	0,79	0,83	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	2,4	0,73	0,79	0,83	0,87	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
	3,2	0,73	0,79	0,82	0,86	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00
	4,8	0,73	0,78	0,82	0,85	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98
>= 6,4	0,73	0,78	0,81	0,85	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96	
>= 3,5 < 4,5	0,4	0,75	0,83	0,86	0,9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,8	0,72	0,8	0,84	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,2	0,67	0,77	0,81	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1,6	0,65	0,73	0,77	0,81	0,94	0,95	0,97	1,00	1,00
	2,4	0,63	0,72	0,76	0,8	0,93	0,95	0,96	1,00	1,00
	3,2	0,62	0,7	0,74	0,79	0,93	0,94	0,96	1,00	1,00
	4,8	0,61	0,69	0,74	0,78	0,92	0,93	0,94	0,98	1,00
>= 6,4	0,61	0,69	0,73	0,78	0,91	0,91	0,92	0,96	1,00	

>= 4,5 < 5,5	0,4	0,71	0,79	0,83	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,8	0,6	0,7	0,74	0,79	0,94	0,95	0,97	1,00	1,00
	1,2	0,55	0,65	0,7	0,75	0,91	0,93	0,95	1,00	1,00
	1,6	0,54	0,64	0,69	0,74	0,91	0,93	0,95	1,00	1,00
	2,4	0,52	0,62	0,67	0,72	0,88	0,9	0,93	1,00	1,00
	3,2	0,51	0,61	0,66	0,71	0,87	0,89	0,92	0,99	1,00
	4,8	0,51	0,61	0,65	0,7	0,86	0,88	0,91	0,98	0,99
>= 6,4	0,51	0,6	0,65	0,69	0,84	0,86	0,88	0,95	0,97	
>= 5,5 < 6,5	0,4	0,57	0,68	0,72	0,77	0,93	0,94	0,96	1,00	1,00
	0,8	0,52	0,62	0,66	0,71	0,87	0,9	0,92	1,00	1,00
	1,2	0,49	0,57	0,62	0,68	0,85	0,88	0,90	1,00	1,00
	1,6	0,46	0,56	0,6	0,65	0,82	0,85	0,88	1,00	1,00
	2,4	0,44	0,54	0,59	0,64	0,81	0,84	0,87	0,98	1,00
	3,2	0,43	0,53	0,58	0,63	0,81	0,83	0,86	0,97	0,99
	4,8	0,41	0,51	0,56	0,61	0,79	0,82	0,85	0,97	0,99
>= 6,4	0,4	0,5	0,55	0,61	0,79	0,82	0,85	0,97	0,99	
>= 6,5	0,4	0,54	0,64	0,68	0,73	0,88	0,9	0,92	1,00	1,00
	0,8	0,43	0,53	0,57	0,62	0,79	0,82	0,85	0,98	1,00
	1,2	0,39	0,49	0,54	0,59	0,77	0,8	0,83	0,96	1,00
	1,6	0,37	0,45	0,5	0,54	0,74	0,77	0,81	0,96	1,00
	2,4	0,35	0,45	0,49	0,54	0,71	0,75	0,79	0,96	1,00
	3,2	0,34	0,44	0,48	0,53	0,71	0,74	0,78	0,94	0,99
	4,8	0,34	0,44	0,48	0,53	0,7	0,73	0,77	0,93	0,98
>= 6,4	0,33	0,43	0,47	0,52	0,7	0,73	0,77	0,91	0,95	

Se sugiere interpolar para longitud de la pendiente y rango de volumen
Fuente: Highway Capacity Manual 2016

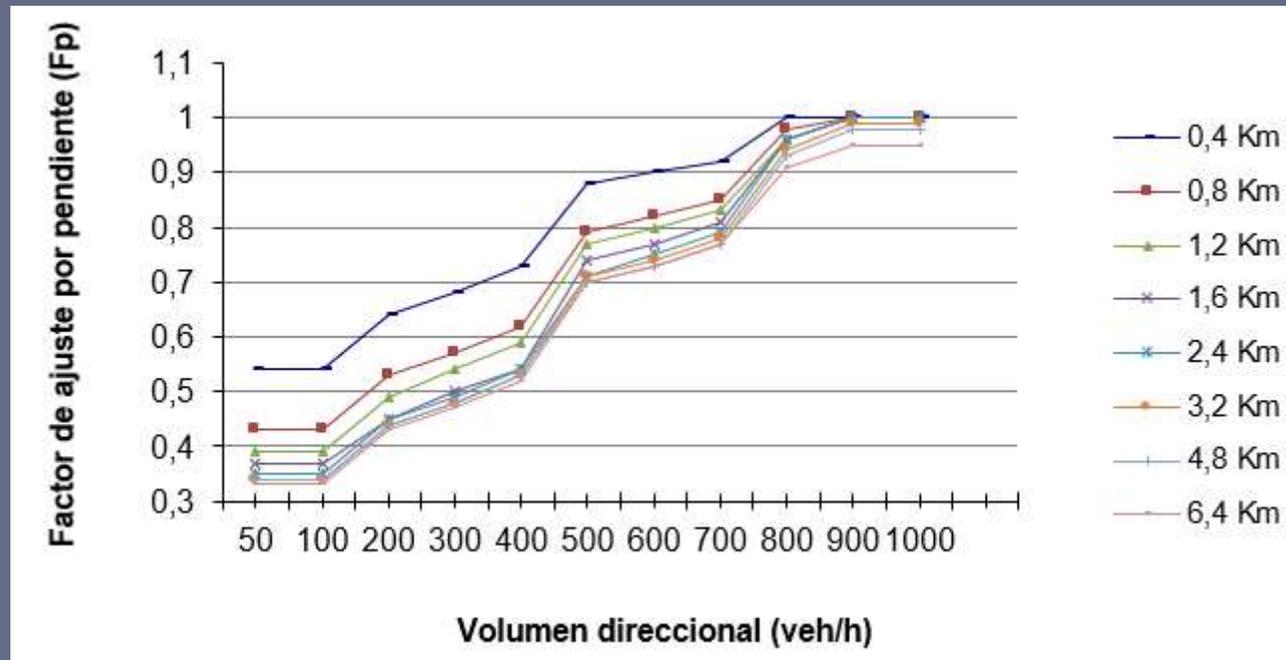
VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

1.b) Factor de ajuste por pendiente (f_p)

Pendientes específicas ascendentes:

PENDIENTE [6,5%]

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$



Fuente: Elaboración Propia

Capacidad y Niveles de Servicio en caminos de dos carriles

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

1.c) Factor de vehículos pesados (f_{vp})

$$f_{vp,vpv} = \frac{1}{[1 + P_c \cdot (E_c - 1) + P_r \cdot (E_r - 1)]}$$

donde:

$f_{vp,vpv}$ = factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados

E_c = automóviles equivalentes para camiones

E_r = automóviles equivalentes para recreacionales

P_c , P_r = proporción de camiones y recreacionales respectivamente, en la corriente de tránsito (expresado como decimal).

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (Vpv)

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

1.c) Factor de vehículos pesados (f_{VP})

Automóviles equivalentes E_c y E_r

Tramos llanos , pendientes
Descendentes * y ondulados:

TABLA 4: AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA PESADOS

Determinación de velocidades de viaje

Tipo de vehículo	Demanda por dirección (veh/h)	Tipo de terreno	
		Llano y pendientes descendentes	Ondulado
Camiones E_c	<=100	1,9	2,7
	200	1,5	2,3
	300	1,4	2,1
	400	1,3	2,0
	500	1,2	1,8
	600	1,1	1,7
	700	1,1	1,6
	800	1,1	1,4
	>=900	1,0	1,3
Casillas rodantes E_r	Cualquier volumen	1,0	1,1

Se recomienda interpolar

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

* Para pendientes descendentes menores al 3% y longitudes menores a 1 km

G

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (Vpv)

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

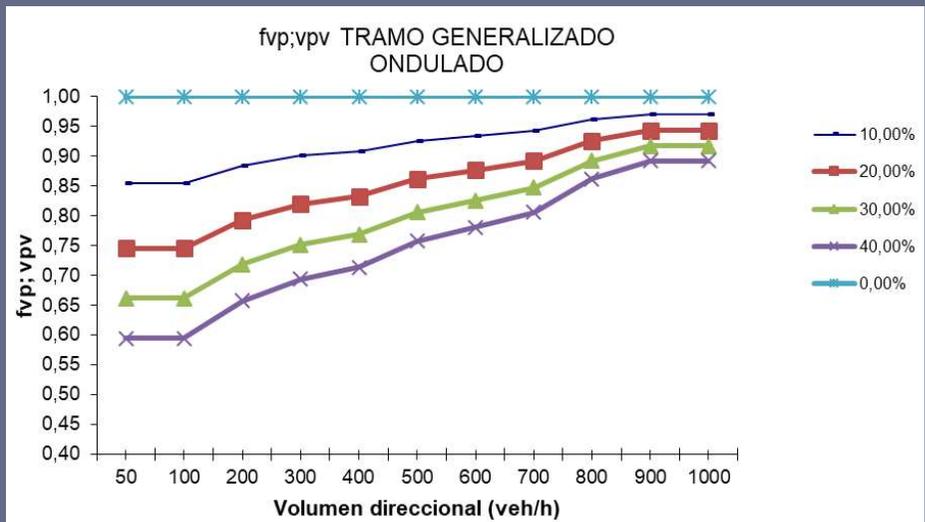
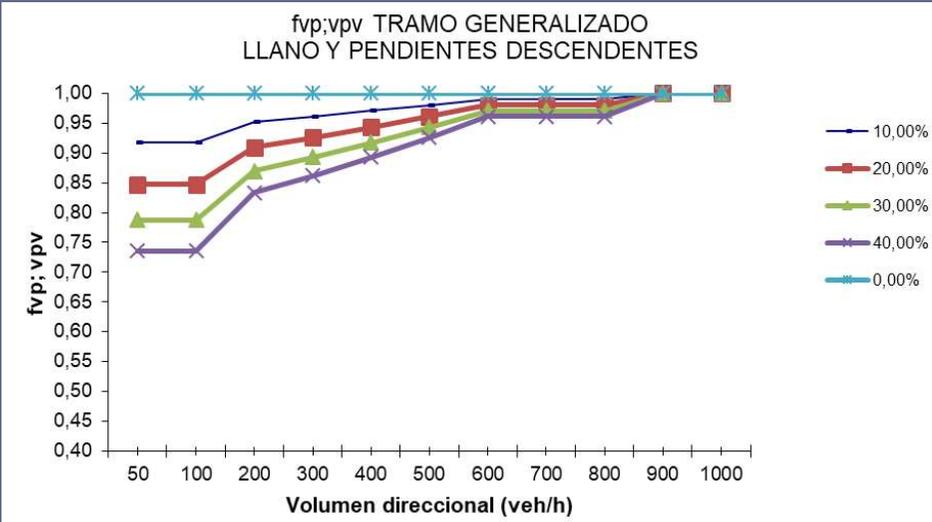
TABLA 4: AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA PESADOS

Determinación de velocidades de viaje

Tipo de vehículo	Demanda por dirección (veh/h)	Tipo de terreno	
		Llano y pendientes descendentes	Ondulado
Camiones Ec	<=100	1,9	2,7
	200	1,5	2,3
	300	1,4	2,1
	400	1,3	2,0
	500	1,2	1,8
	600	1,1	1,7
	700	1,1	1,6
	800	1,1	1,4
>=900	1,0	1,3	
Casillas rodantes Er	Cualquier volumen	1,0	1,1

Se recomienda interpolar
Fuente: Highway Capacity Manual 2016

$$f_{vp,vpv} = \frac{1}{[1 + P_c \cdot (E_c - 1) + P_r \cdot (E_r - 1)]}$$



Fuente: Elaboración Propia

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

1.c) Factor de vehículos pesados (f_{VP})

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

Pendientes ascendentes (Equivalentes para camiones, E_c):

TABLA 5: AUTOMOVILES EQUIVALENTES PARA CAMIONES, E_c
Para estimar Velocidad Media de Viaje en pendientes ascendentes

Pendiente (%)	Longitud de la pendiente (Km)	Rango de volumen direccional (veh/h)								
		<=100	200	300	400	500	600	700	800	>=900
>= 3 < 3,5	0,4	2,6	2,4	2,3	2,2	1,8	1,8	1,7	1,3	1,1
	0,8	3,7	3,4	3,3	3,2	2,7	2,6	2,6	2,3	2,0
	1,2	4,6	4,4	4,3	4,2	3,7	3,6	3,4	2,4	1,9
	1,6	5,2	5,0	4,9	4,9	4,4	4,2	4,1	3,0	1,6
	2,4	6,2	6,0	5,9	5,8	5,3	5,0	4,8	3,6	2,9
	3,2	7,3	6,9	6,7	6,5	5,7	5,5	5,3	4,1	3,5
	4,8	8,4	8,0	7,7	7,5	6,5	6,2	6,0	4,6	3,9
>= 6,4	9,4	8,8	8,6	8,3	7,2	6,9	6,6	4,8	3,7	
>= 3,5 < 4,5	0,4	3,8	3,4	3,2	3,0	2,3	2,2	2,2	1,7	1,5
	0,8	5,5	5,3	5,1	5,0	4,4	4,2	4,0	2,8	2,2
	1,2	6,5	6,5	6,5	6,5	6,3	5,9	5,6	3,6	2,6
	1,6	7,9	7,6	7,4	7,3	6,7	6,6	6,4	5,3	4,7
	2,4	9,6	9,2	9,0	8,9	8,1	7,9	7,7	6,5	5,9
	3,2	10,3	10,1	10,0	9,9	9,4	9,1	8,9	7,4	6,7
	4,8	11,4	11,3	11,2	11,2	10,7	10,3	10,0	8,0	7,0
>= 6,4	12,4	12,2	12,2	12,1	11,5	11,2	10,8	8,6	7,5	

>= 4,5 < 5,5	0,4	4,4	4,0	3,7	3,5	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5
	0,8	6,0	6,0	6,0	6,0	5,9	5,7	5,6	4,6	4,2
	1,2	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
	1,6	9,2	9,2	9,1	9,1	9,0	9,0	9,0	8,9	8,8
	2,4	10,6	10,6	10,6	10,6	10,5	10,4	10,4	10,2	10,1
	3,2	11,8	11,8	11,8	11,8	11,6	11,6	11,5	11,1	10,9
	4,8	13,7	13,7	13,6	13,6	13,3	13,1	13,0	11,9	11,3
>= 6,4	15,3	15,3	15,2	15,2	14,6	14,2	13,8	11,3	10,0	
>= 5,5 < 6,5	0,4	4,8	4,6	4,5	4,4	4,0	3,9	3,8	3,2	2,9
	0,8	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
	1,2	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
	1,6	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,2	10,1
	2,4	11,9	11,9	11,9	11,9	11,8	11,8	11,8	11,7	11,6
	3,2	12,8	12,8	12,8	12,8	12,7	12,7	12,7	12,6	12,5
	4,8	14,4	14,4	14,4	14,4	14,3	14,3	14,3	14,2	14,1
>= 6,4	15,4	15,4	15,3	15,3	15,2	15,1	15,1	14,9	14,8	
>= 6,5	0,4	5,1	5,1	5,0	5,0	4,8	4,7	4,7	4,5	4,4
	0,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
	1,2	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
	1,6	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,2
	2,4	12,0	12,0	12,0	12,0	11,9	11,9	11,9	11,8	11,7
	3,2	12,9	12,9	12,9	12,9	12,8	12,8	12,8	12,7	12,6
	4,8	14,5	14,5	14,5	14,5	14,4	14,4	14,4	14,3	14,2
>= 6,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,3	15,3	15,3	15,2	15,1	

Se sugiere interpolar para longitud de la pendiente y rango de volumen
 Fuente Highway Capacity Manual 2016

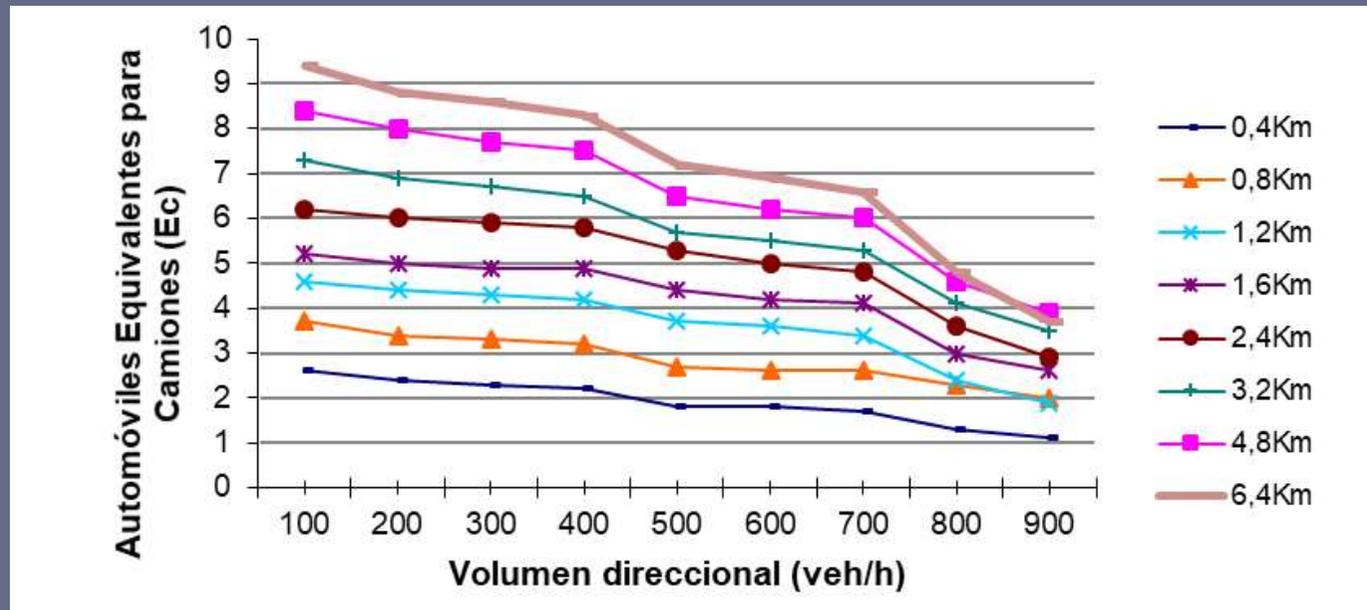
VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

1.c) Factor de vehículos pesados (f_{VP})

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

Pendientes ascendentes (Equivalentes para camiones, E_c):

PENDIENTE [3%;3,5)



Fuente: Elaboración Propia

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

1.c) Factor de vehículos pesados (f_{VP})

Pendientes ascendentes
(Equivalentes para recreacionales):

TABLA 6: AUTOMOVILES EQUIVALENTES PARA RECREACIONALES, Er
Para estimar Velocidad Media de Viaje en pendientes ascendentes

Pendiente (%)	Longitud de la pendiente (Km)	Rango de volumen direccional (veh/h)								
		<=100	200	300	400	500	600	700	800	>=900
>= 3 < 3,5	<=0,4	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>0,4 <=1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>1,2 <=2,0	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>2,0 <=3,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>3,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
>= 3,5 < 4,5	<=1,2	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>1,2 <=5,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>5,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
>= 4,5 < 5,5	<=4,0	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>4,0	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
>= 5,5 < 6,5	<=1,2	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>1,2 <=4,0	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>4,0 <=5,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0
	>5,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
>= 6,5	<=4,0	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>4,0 <=5,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	>5,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4

Se sugiere no interpolar

Fuente Highway Capacity Manual 2016

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

1.c) Factor de vehículos pesados (f_{VP})

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

Pendientes específicas descendentes pronunciadas:

Cuando las pendientes descendentes son lo suficientemente largas y pronunciadas, como para obligar a los vehículos pesados a circular a marcha forzada.

$$f_{vp,vpv} = \frac{1}{\left[1 + P_{cml} \times P_c \times (E_{cml} - 1) + (1 - P_{cml}) \times P_c \times (E_c - 1) + P_r \times (E_r - 1) \right]}$$

donde:

$f_{vp,vpv}$ = factor de ajuste por la presencia de camiones en pendientes descendentes a marcha lenta.

E_c , E_r = automóviles equivalentes para camiones y para recreacionales respectivamente, que se obtienen para la categoría terreno llano.

P_c , P_r = proporción de camiones y casillas rodantes respectivamente, en la corriente de tránsito de la pendiente descendente (expresado como decimal).

E_{cml} = automóviles equivalentes para camiones que circulan en marcha lenta de la Tabla 7.

P_{cml} = proporción de camiones que circula en marcha lenta, respecto al total de camiones en la corriente de tránsito de la pendiente descendente (expresado como decimal).

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

1.c) Factor de vehículos pesados (f_{VP})

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

Pendientes específicas descendentes pronunciadas..

Si no se dispone de la proporción de camiones que circula a marcha lenta en la pendiente, se puede estimar el valor como la proporción de camiones con acoplado y semiremolque, sobre el total de camiones de la pendiente en el sentido estudiado.

TABLA 7: AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA CAMIONES EN MARCHA LENTA									
Diferencia entre la v_{fl} y la de camiones lentos (Km/h)	Demanda direccional (veh/h)								
	<=100	200	300	400	500	600	700	800	>=900
<= 24	4,7	4,1	3,6	3,1	2,6	2,1	1,6	1,0	1,0
32	9,9	8,7	7,8	6,7	5,8	4,9	4,0	2,7	1,0
40	15,1	13,4	12,0	10,4	9,0	7,7	6,4	5,1	3,8
48	22,0	19,8	17,5	15,6	13,1	11,6	9,2	6,1	4,1
56	29,0	26,0	23,1	20,1	17,3	14,6	11,9	9,2	6,5
>= 64	35,9	32,3	28,6	24,9	21,4	18,1	14,7	11,3	7,9

Se recomienda interpolar tanto para la diferencia de velocidad como para la demanda

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

$$V_{i,vpv} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,vpv} \times f_{vp,vpv}}$$

Vd;vpv: volumen para el período de 15 minutos pico para la determinación de la Vpv en la dirección analizada (automóviles/hora).

Vo;vpv: volumen para el período de 15 minutos pico para la determinación de la Vpv en la dirección opuesta(automóviles/hora).

$$(Vpv)_d = Vfl - 0,0125 \times (Vd;vpv + Vo;vpv) - fss;vpv$$

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

2) Determinación de la velocidad de flujo libre (VFL)

Velocidad en flujo libre de un tramo es la velocidad teórica del tránsito en dicho tramo cuando la densidad tiende a cero.

a) Medición directa en campaña

El estudio de velocidad debe realizarse en una ubicación representativa dentro del tramo que está siendo evaluado.

b) Medir velocidades con altos volúmenes y corregir

Para volúmenes mayores a 200 aut/hora (ambos sentidos)

$$v_{fl} = v_{med} + 0,0125 \frac{V_{med}}{f_{vp,vpv}}$$

donde:

v_{fl} = velocidad en flujo libre estimada (km/h)

v_{med} = velocidad media medida en campaña (km/h)

V_{med} = volumen de tránsito total ambos sentidos, medido en campaña en el momento de la obtención de los datos (veh/h)

$f_{vp,vpv}$ = factor de vehículos pesados

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

2) Determinación de la velocidad de flujo libre (VFL)

c) Estimarla con fórmula:

Cuando no se puede disponer de la velocidad en flujo libre medida en campaña, la misma se puede estimar utilizando la fórmula siguiente:

$$V_{fl} = V_{flb} - f_{ab} - f_e$$

donde:

v_{fl} = velocidad en flujo libre estimada (km/h)

v_{flb} = velocidad en flujo libre base (km/h)

f_{ab} = ajuste por ancho de carril y banquina

f_e = ajuste por número de puntos de entrada o acceso

v_{flb} : velocidad a la que se espera poder circular en las condiciones básicas del camino según su alineamiento planialtimétrico, en condiciones estándar de ac y Banquina, con nula densidad de accesos laterales.

Para estimación de la velocidad de flujo libre (VFL)

TABLA 8: AJUSTE POR ANCHOS DE CARRIL Y BANQUINAS

Ancho de carril (metros)	Reducción de la velocidad en flujo libre (km/h)			
	Ancho de banquina (metros)			
	>= 0,0 < 0,6	>= 0,6 < 1,2	>= 1,2 < 1,8	>= 1,8
2,7 < 3,0	10,3	7,7	5,6	3,5
>= 3,0 < 3,3	8,5	5,9	3,8	1,7
>= 3,3 < 3,6	7,5	4,9	2,8	0,7
>= 3,6	6,8	4,2	2,1	0,0

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

f_{ab} = ajuste por ancho de carril y banquina

TABLA 9: AJUSTE POR DENSIDAD DE PUNTOS DE ACCESO

PUNTOS DE ACCESO POR KM	REDUCCIÓN DE LA VELOCIDAD EN FLUJO LIBRE (KM/H)
0	0
6	4
12	8
18	12
24 ó más	16

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

TABLA 10 - PUNTOS DE ACCESO SEGÚN EL MEDIO

TIPO DE MEDIO	PUNTOS DE ACCESO POR KILÓMETRO
Rural	0 - 6
Suburbano baja densidad	7 - 12
Suburbano alta densidad	13 ó más

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

f_e = ajuste por número de puntos de entrada o acceso

$$(V_{pv})_d = V_{fl} - 0,0125 \times (V_{d;vpv} + V_{o;vpv}) - f_{ss;vpv}$$

Factor de ajuste por porcentaje de zonas con prohibición de sobrepaso en la dirección analizada (f_{ss})

TABLA 11: FACTOR DE AJUSTE POR ZONAS SIN SOBREPASO
Sobre la velocidad promedio de viaje

Volumen equivalente sentido opuesto (aut/h)	Zonas sin sobrepaso (%)				
	<= 20	40	60	80	100
Velocidad en flujo libre = 110 Km/h					
<= 100	1,8	2,4	3,0	3,5	4,0
200	3,5	5,3	6,2	6,4	6,7
400	2,6	3,7	4,3	4,5	4,6
600	2,2	2,4	2,7	3,0	3,2
800	1,1	1,6	1,9	2,2	2,4
1000	1,0	1,3	1,8	1,8	1,9
1200	1,0	1,3	1,4	1,6	1,8
1400	1,0	1,1	1,4	1,4	1,4
>= 1600	1,0	1,1	1,1	1,1	1,3
Velocidad en flujo libre = 100 Km/h					
<= 100	1,1	2,7	4,0	4,5	4,6
200	3,0	4,6	5,9	6,4	6,7
400	2,2	3,2	4,0	4,3	6,2
600	1,8	2,1	2,6	3,0	3,2
800	1,0	1,4	1,8	2,1	2,2
1000	1,0	1,1	1,4	1,8	1,9
1200	0,8	1,1	1,4	1,4	1,8
1400	0,8	1,0	1,3	1,3	1,4
>= 1600	0,8	1,0	1,1	1,1	1,1

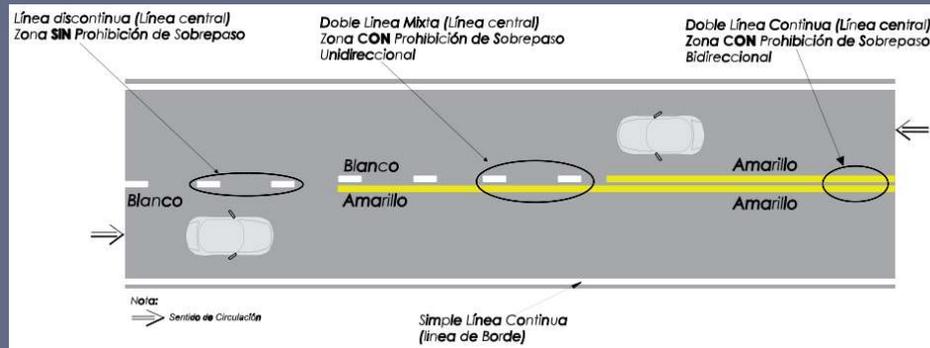
Velocidad en flujo libre = 90 Km/h					
<= 100	0,8	1,9	3,5	4,2	4,3
200	2,4	3,8	5,6	6,2	6,6
400	2,1	3,0	3,8	4,3	4,5
600	1,4	1,8	2,6	2,9	3,0
800	0,8	1,1	1,8	1,9	2,2
1000	0,8	1,0	1,3	1,4	1,8
1200	0,8	1,0	1,1	1,4	1,6
1400	0,8	1,0	1,1	1,1	1,4
>= 1600	0,8	1,0	1,0	1,0	1,1
Velocidad en flujo libre = 80 Km/h					
<= 100	0,3	1,1	3,0	3,8	4,0
200	1,9	3,2	5,3	6,2	6,4
400	1,9	2,6	3,5	4,2	4,3
600	1,0	1,4	2,2	2,7	3,0
800	0,5	1,0	1,4	1,9	2,1
1000	0,5	0,6	1,1	1,4	1,8
1200	0,5	0,6	1,1	1,3	1,6
1400	0,5	0,6	1,0	1,1	1,3
>= 1600	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8
Velocidad en flujo libre = 70 Km/h					
<= 100	0,2	0,6	2,7	3,5	3,8
200	1,4	2,6	5,0	6,1	6,4
400	1,4	0,8	3,2	4,0	4,3
600	0,5	0,5	2,1	2,7	2,9
800	0,5	0,5	1,3	1,8	1,9
1000	0,5	0,5	1,0	1,3	1,8
1200	0,5	0,5	1,0	1,1	1,6
1400	0,5	0,5	1,0	1,0	1,1
>= 1600	0,5	0,5	0,6	0,6	1,0

Zonas sin sobrepaso (%)

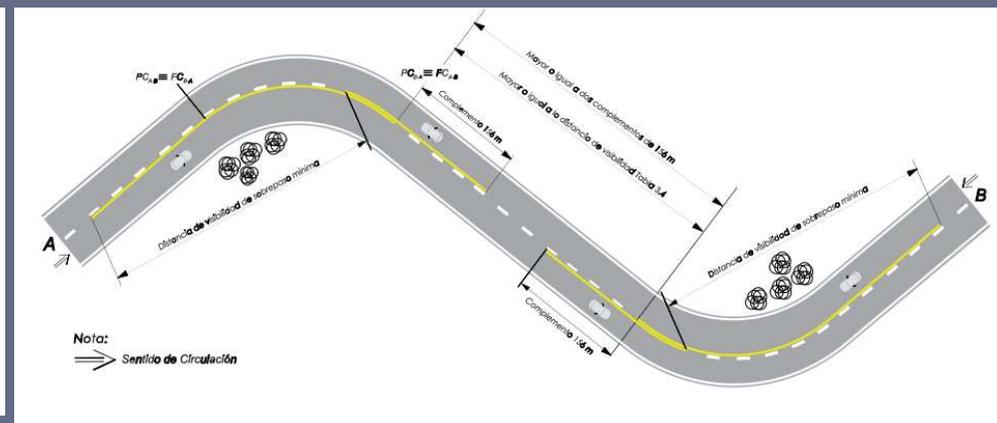
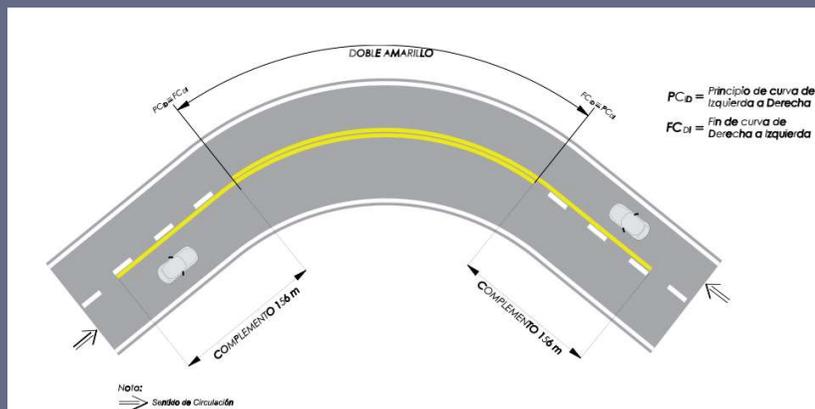
Σ longitudes que restringen el sobrepaso/long. Total del tramo analizado

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

Zonas sin sobrepaso:



Curvas horizontales



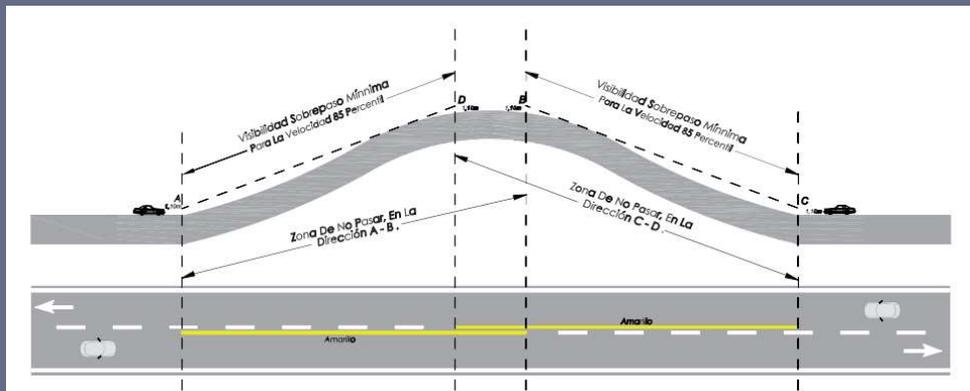
Fuente: Manual de señalamiento horizontal- DNV-2012

Capacidad y Niveles de Servicio en caminos de dos carriles

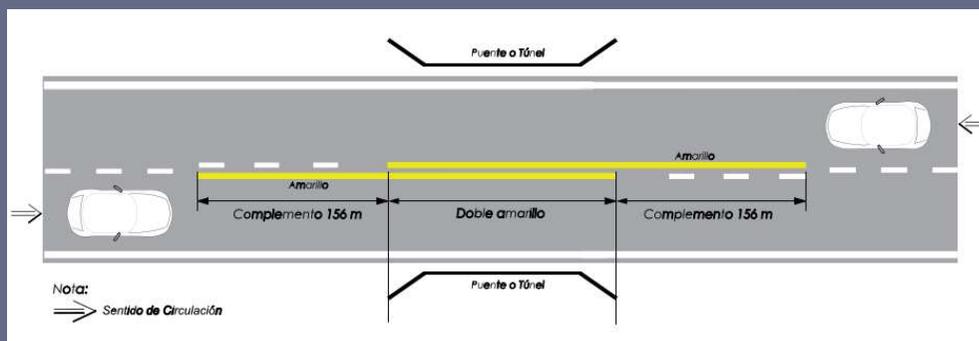
VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

Zonas sin sobrepaso:

Curvas Verticales



Puente - Tunel - Alcantarilla

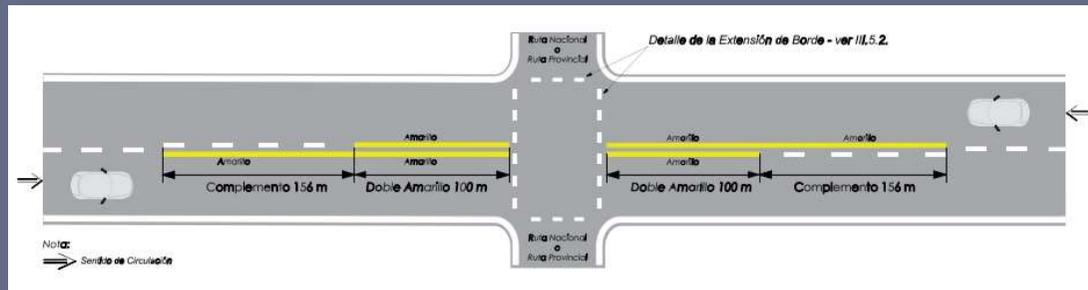


Fuente: Manual de señalamiento horizontal– DNV-2012

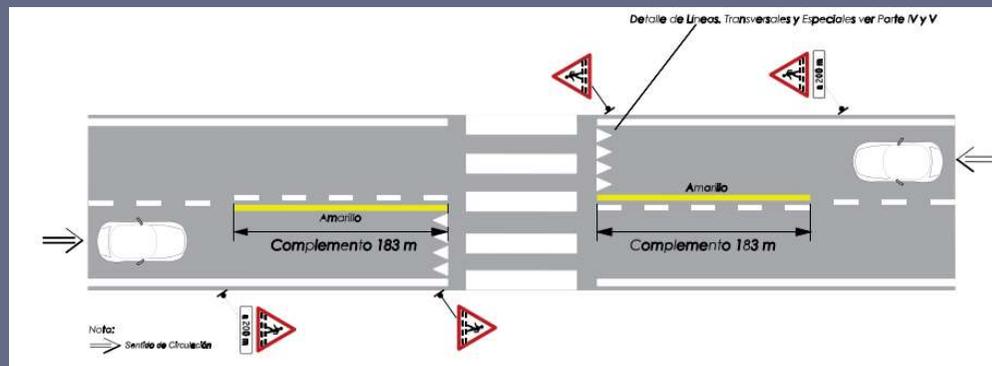
VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

Zonas sin sobrepaso:

Intersecciones



Cruces peatonales



Fuente: Manual de señalamiento horizontal- DNV-2012

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

Zonas sin sobrepaso:

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS RURALES

CAMINOS		CARACTERÍSTICAS BÁSICAS			CRUCES				
TIPOS	CATEGORÍA	CONTROL DE ACCESO	NÚMERO DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ	CON FERROCARRILES	CON CAMINOS			
				km/h		TMDA DE DISEÑO EN VEHÍCULOS POR DÍA			
						0-1500	1500-5000	5000-15000	>15000
AUTOPISTA	ESPECIAL	TOTAL	≥ (2+2)	130	A DISTINTO NIVEL SEGÚN RES. SETOP 7/81	A DISTINTO NIVEL			
				120					
				110					
AUTOVÍA	I	TOTAL O PARCIAL	2+2	120	A DISTINTO NIVEL SEGÚN RES. SETOP 7/81	A NIVEL			
				110					
				80					
CARRETERA	II	PARCIAL	2	120	SEGÚN RES. SETOP 7/81	A NIVEL			
				100					
				70					
				50					
COMÚN	III	PARCIAL O SIN CONTROL	2	110	SEGÚN RES. SETOP 7/81	A NIVEL			
				90					
				60					
				40					
BAJO VOLUMEN	IV	SIN CONTROL	2	100	SEGÚN RES. SETOP 7/81	A NIVEL			
				70					
				50					
				30					
	V	SIN CONTROL	2	80	SEGÚN RES. SETOP 7/81	A NIVEL			
50									
25									

NOTAS:

- ① Podrán adoptarse velocidades directrices mayores cuando no signifiquen aumentos apreciables en el costo de obra.
- ② Las DVD deben mantenerse en todo el camino.
- ③ En lo posible, en secciones de camino de 3 km de largo deberá haber los siguientes porcentajes de longitud que permitan el adelantamiento:
Zona llana: 80%
Zona ondulada: 50%
Zona montañosa: 30%

③ En lo posible, en secciones de camino de 3 km de largo deberá haber los siguientes porcentajes de longitud que permitan el adelantamiento:
Zona llana: 80%
Zona ondulada: 50%
Zona montañosa: 30%
Zona muy montañosa: 20%

Las barreras de nivel de prueba TL-3 no se diseñan para contener y/o redirigir vehículos pesados como camiones simples, colectivos y semirremolques. Se recomienda el uso de barreras TL-4/5/6 donde haya o se prevea un alto porcentaje de vehículos pesados, geometría pobre y donde el traspaso de la barrera por un vehículo pesado es muy probable que tenga graves consecuencias. En [7.6.2.A] se indican las recomendaciones sobre el uso de los niveles TL-4/5/6.

Activar
Ve a Conf

VELOCIDAD PROMEDIO DE VIAJE (V_{pv})

- ▣ Determinar V_{pv}:

$$(V_{pv})_d = V_{fl} - 0,0125 \times (V_{d;vpv} + V_{o;vpv}) - f_{ss;vpv}$$

Obtención del Nivel de Servicio:

En Clase I: Obtener % de tiempo sin posibilidad de sobrepaso (PTSS)

En Clase III:

$$\% \text{ de la velocidad de } V_{fl} = 100 \times V_{pv} / V_{fl}$$

TABLA 1: CLASE III

Nivel de servicio	% de la velocidad de flujo libre
A	> 91,7
B	> 83,3 - 91,7
C	> 75,0 - 83,3
D	> 66,7 - 75,0
E	<= 66,7
F	La demanda excede la capacidad

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

% DE TIEMPO DE VIAJE SIN POSIBILIDAD DE SOBREPASO (PTSS)

Este cálculo es necesario para Clases I y II

$$P_{tssd} = PB_{tssd} + f_{ss;d} \times [V_{d;tss} / (V_{d;tss} + V_{o;tss})]$$

donde:

P_{tssd} : Porcentaje de tiempo de viaje sin posibilidad de sobrepaso, en la dirección estudiada.

$f_{ss;d}$: ajuste por porcentaje de zonas con prohibición de sobrepaso en el sentido estudiado.

$V_{d;tss}$: **volumen equivalente** para el período de 15 minutos pico **en la dirección estudiada** para el cálculo del tss (automóviles por hora).

$V_{o;tss}$: **volumen equivalente** para el período de 15 minutos pico **en la dirección opuesta** a la estudiada para el cálculo del tss (automóviles por hora).

PB_{tssd} : Porcentaje base de tiempo de viaje sin posibilidad de sobrepaso en la dirección estudiada.

$$PB_{tssd} = 100 \left(1 - e^{-aV_{d;tss}^b} \right)$$

Los valores de los coeficientes a y b se obtienen de la Tabla 17.

% DE TIEMPO DE VIAJE SIN POSIBILIDAD DE SOBREPASO (PTSS)

$$P_{tssd} = PB_{tssd} + f_{ss;d} \times [V_{d;tss} / (V_{d;tss} + V_{o;tss})]$$

1) Determinación del Volumen equivalente para obtener TSS

$$V_{i,tss} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,tss} \times f_{vp,tss}}$$

$V_{i,tss}$: volumen equivalente i para el período de 15 minutos pico (aut/hora) para el cálculo de la tss

i : “d” (dirección en estudio) u “o” (dirección opuesta)

V_i : volumen horario en la dirección i

FHP: Factor de hora pico.

$f_{p,tss}$: factor de ajuste por pendiente.

$f_{vp,tss}$: factor de ajuste por vehículos pesados.

% DE TIEMPO DE VIAJE SIN POSIBILIDAD DE SOBREPASO (PTSS)

$$V_{i,tss} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,tss} \times f_{vp,tss}}$$

1.a) Factor de ajuste por pendiente (f_p)

Tiene en cuenta el efecto del terreno sobre las velocidades de viaje y el porcentaje del tiempo sin posibilidad de sobrepaso, aún cuando no se registre la presencia de vehículos pesados en el tránsito.

Tramos llanos , pendientes
Descendentes y ondulados:

Demanda por dirección (veh/h)	Factor de ajuste	
	Llano y pendientes específicas descendentes	Ondulado
<=100	1,00	0,73
200	1,00	0,80
300	1,00	0,85
400	1,00	0,90
500	1,00	0,96
600	1,00	0,97
700	1,00	0,99
800	1,00	1,00
>=900	1,00	1,00

Se recomienda interpolar
Fuente: Highway Capacity Manual 2016

Tramos llanos: pendientes cortas – 1% a 2%

Tramos ondulados: pendientes cortas y medias menores al 4%

% DE TIEMPO DE VIAJE SIN POSIBILIDAD DE SOBREPASO (PTSS)

1.a) Factor de ajuste por pendiente (f_p)

Pendientes específicas ascendentes:

$$V_{i,tss} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,tss} \times f_{vp,tss}}$$

TABLA 13: FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE, f_p

Para estimar tiempo sin sobrepaso en pendientes ascendentes

Pendiente (%)	Longitud de la pendiente (Km)	Factor de ajuste por pendiente, f_p								
		Rango de volumen direccional (veh/h)								
		<=100	200	300	400	500	600	700	800	>= 900
>= 3 < 3,5	0,4	1,00	0,99	0,97	0,96	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	0,8	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	1,2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	1,6	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	2,4	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	3,2	1,00	0,99	0,98	0,98	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	4,8	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96
>= 6,4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	
>= 3,5 < 4,5	0,4	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92
	0,8	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,96	0,95
	1,2	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96
	1,6	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	2,4	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	3,2	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	4,8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
>= 6,4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
>= 4,5 < 5,5	0,4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97
	>= 6,4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
>= 5,5	Todas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Se sugiere interpolar para longitud de la pendiente y rango de volumen

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

% DE TIEMPO DE VIAJE SIN POSIBILIDAD DE SOBREPASO (PTSS)

$$V_{i,tss} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,tss} \times f_{vp,tss}}$$

1.b) Factor de vehículos pesados (f_{VP})

$$f_{vp,tss} = \frac{1}{[1 + P_c \cdot (E_c - 1) + P_r \cdot (E_r - 1)]}$$

donde:

$f_{vp,tss}$ = factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados

E_c = automóviles equivalentes para camiones

E_r = automóviles equivalentes para recreacionales

P_c , P_r = proporción de camiones y recreacionales respectivamente, en la corriente de tránsito (expresado como decimal).

% DE TIEMPO DE VIAJE SIN POSIBILIDAD DE SOBREPASO (PTSS)

$$V_{i,tss} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,tss} \times f_{vp,tss}}$$

1.b) Factor de vehículos pesados (f_{VP})

Automóviles equivalentes E_c y E_r

Tramos llanos , pendientes
Descendentes * y ondulados:

TABLA 14: AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA PESADOS

Determinación de tiempo sin sobrepaso

Tipo de vehículo	Demanda por dirección (veh/h)	Tipo de terreno	
		Llano y pendientes descendentes	Ondulado
Camiones E_c	<=100	1,1	1,9
	200	1,1	1,8
	300	1,1	1,7
	400	1,1	1,6
	500	1,0	1,4
	600	1,0	1,2
	700	1,0	1,0
	800	1,0	1,0
	>=900	1,0	1,0
Casillas rodantes E_r	Cualquier volumen	1,0	1,0

Se recomienda no interpolar

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

* Para pendientes descendentes menores al 3% y longitudes menores a 1 km

% DE TIEMPO DE VIAJE SIN POSIBILIDAD DE SOBREPASO (PTSS)

1.b) Factor de vehículos pesados (f_{VP})

$$V_{i,tss} = \frac{V_i}{FHP \times f_{p,tss} \times f_{vp,tss}}$$

Pendientes ascendentes (Equivalentes para camiones y recreacionales, E_c y E_r):

TABLA 15: AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA CAMIONES Y RECREACIONALES
Para estimar tiempo sin sobrepaso en pendientes ascendentes

Pendiente (%)	Longitud de la pendiente (Km)	Volumen direccional (veh/h)								
		<=100	200	300	400	500	600	700	800	>=900
Automóviles equivalentes para camiones, E_c										
>= 3 < 3,5	<=3,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	4,8	1,5	1,3	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	>= 6,4	1,6	1,4	1,3	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
>= 3,5 < 4,5	<=1,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	2,4	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	3,2	1,6	1,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	4,8	1,8	1,4	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	>= 6,4	2,1	1,9	1,8	1,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
>= 4,5 < 5,5	<=1,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	2,4	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	3,2	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3
	4,8	2,4	2,2	2,2	2,1	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7
	>= 6,4	3,5	3,1	2,9	2,7	2,1	2,0	2,0	1,8	1,8

>= 5,5 < 6,5	<=1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,6	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	2,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	3,2	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8
	4,8	3,4	3,2	3,0	2,9	2,4	2,3	2,3	1,9	1,9
	>= 6,4	4,5	4,1	3,9	3,7	2,9	2,7	2,6	2,0	2,0
>= 6,5	<=0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
	1,6	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4
	2,4	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	3,2	2,9	2,8	2,7	2,7	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
	>= 6,4	4,2	3,9	3,7	3,6	3,0	2,8	2,7	2,2	2,2
Equivalentes casillas rodantes (E_r)										
Cualquiera	Cualquiera	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Se sugiere interpolar para longitud de la pendiente y volumen
 Fuente: *Highway Capacity Manual 2016*

% DE TIEMPO DE VIAJE SIN POSIBILIDAD DE SOBREPASO (PTSS)

$$P_{tssd} = PB_{tssd} + f_{ss;d} \times [V_{d;tss} / (V_{d;tss} + V_{o;tss})]$$

PB_{tssd} : Porcentaje base de tiempo de viaje sin posibilidad de sobrepaso en la dirección estudiada.

$$PB_{tssd} = 100 \left(1 - e^{aV_{d;tss}^b} \right)$$

TABLA 17: COEFICIENTES a Y b

Volumen opuesto equivalente (aut/h)	a	b
<= 200	-0,0014	0,973
400	-0,0022	0,923
600	-0,0033	0,87
800	-0,0045	0,833
1000	-0,0049	0,829
1200	-0,0054	0,825
1400	-0,0058	0,821
>= 1600	-0,0062	0,817

Se recomienda interpolar a y b

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

% DE TIEMPO DE VIAJE SIN POSIBILIDAD DE SOBREPASO (PTSS)

$$P_{tssd} = PB_{tssd} \cdot f_{ss;d} \cdot [V_{d;tss} / (V_{d;tss} + V_{o;tss})]$$

1.c) Factor de ajuste por porcentaje de zonas con prohibición de sobrepaso en el sentido estudiado ($f_{ss;d}$)

TABLA 16: AJUSTE DEL FACTOR DE ZONAS SIN SOBREPASO

Para la determinación del % de tss

Volumen equivalente total ambos sentidos (aut/h)	Zonas sin sobrepaso (%)					
	0	20	40	60	80	100
Distribución direccional 50/50						
<=200	9,0	29,2	43,4	49,4	51,0	52,6
400	16,2	41,0	54,2	61,6	63,8	65,8
600	15,8	38,2	47,8	53,2	55,2	56,8
800	15,8	33,8	40,4	44,0	44,8	46,6
1400	12,8	20,0	23,8	26,2	27,4	28,6
2000	10,0	13,6	15,8	17,4	18,2	18,8
2600	5,5	7,7	8,7	9,5	10,1	10,3
3200	3,3	4,7	5,1	5,5	5,7	6,1
Distribución direccional 60/40						
<=200	11,0	30,6	41,0	51,2	52,3	53,5
400	14,6	36,1	44,8	53,4	55,0	56,3
600	14,8	36,9	44,0	51,1	52,8	54,6
800	13,6	28,2	33,4	38,6	39,9	41,3
1400	11,8	18,9	22,1	25,4	26,4	27,3
2000	9,1	13,5	15,6	16,0	16,8	17,3
>=2600	5,9	7,7	8,6	9,6	10,0	10,2

Distribución direccional 70/30						
<=200	9,9	28,1	38,0	47,8	48,5	49,0
400	10,6	30,3	38,6	46,7	47,7	48,8
600	10,9	30,9	37,5	43,9	45,4	47,0
800	10,3	23,6	28,4	33,3	34,5	35,5
1400	8,0	14,6	17,7	20,8	21,6	22,3
>=2000	7,3	9,7	11,7	13,3	14,0	14,5
Distribución direccional 80/20						
<=200	8,9	27,1	37,1	47,0	47,4	47,9
400	6,6	26,1	34,5	42,7	43,5	44,1
600	4,0	24,5	31,3	38,1	39,1	40,0
800	3,8	18,5	23,5	28,4	29,1	29,9
1400	3,5	10,3	13,3	16,3	16,9	32,2
>=2000	3,5	7,0	8,5	10,1	10,4	10,7
Distribución direccional 90/10						
<=200	4,6	24,1	33,6	43,1	43,4	43,6
400	0,0	20,2	28,3	36,3	36,7	37,0
600	-3,1	16,8	23,5	30,1	30,6	31,1
800	-2,8	10,5	15,2	19,9	20,3	20,8
>=1400	-1,2	5,5	8,3	11,0	11,5	11,9

Se recomienda interpolar para porcentaje sin sobrepaso, volumen y distribución direccional

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

% DE TIEMPO DE VIAJE SIN POSIBILIDAD DE SOBREPASO (PTSS)

Determinar:

$$P_{tssd} = PB_{tssd} + f_{ss;d} \times [V_{d;tss} / (V_{d;tss} + V_{o;tss})]$$

Obtención del Nivel de Servicio:

En Clase I:

Nivel de servicio	% de tiempo sin sobrepaso	Velocidad promedio de viaje (km/h)
A	<= 35	> 90
B	> 35 - 50	> 80 - 90
C	> 50 - 65	> 70 - 80
D	> 65 - 80	> 60 - 70
E	> 80	<= 60
F	La demanda excede la capacidad	

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

% DE TIEMPO DE VIAJE SIN POSIBILIDAD DE SOBREPASO (PTSS)

Obtención del Nivel de Servicio:

En Clase II:

Nivel de servicio	% de tiempo sin sobrepaso
A	<= 40
B	> 40 - 55
C	> 55 - 70
D	> 70 - 85
E	> 85
F	La demanda excede la capacidad

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

% DE VELOCIDAD DE FLUJO LIBRE

Este cálculo es necesario para Clase III

$$P_{vfl} = V_{pmd} / V_{fl}$$

donde:

P_{vfl} = porcentaje de la velocidad en flujo libre

V_{pmd} = velocidad promedio de viaje en la dirección estudiada (km/h)

V_{fl} = velocidad en flujo libre estimada (km/h)

Obtención del Nivel de Servicio:

En Clase III:

TABLA 1: CLASE III

Nivel de servicio	% de la velocidad de flujo libre
A	> 91,7
B	> 83,3 - 91,7
C	> 75,0 - 83,3
D	> 66,7 - 75,0
E	<= 66,7
F	La demanda excede la capacidad

Fuente: Highway Capacity Manual 2016

CAPACIDAD

- En condiciones ideales equivale a: **1700 aut./hora**
- La suma de las capacidades en ambos sentidos no debe superar 3200 automóviles/hora.
- En tramos cortos puede llegar a 3400 automóviles/hora.

CAPACIDAD

Para la determinación de la capacidad bajo condiciones prevalecientes de tránsito y calzada deben aplicarse factores de ajuste.

$$C_{;vpv} = 1700 \times f_{p;vpv} \times f_{vp;vpv}$$

$$C_{;tss} = 1700 \times f_{p;tss} \times f_{vp;tss}$$

$C_{;vpv}$: Capacidad en el sentido analizado bajo condiciones prevalecientes en función de vpv.

$C_{;tss}$: Capacidad en el sentido analizado bajo condiciones prevalecientes en función de tss

CAPACIDAD

$$C;vpv = 1700 \times fp;vpv \times fvp;vpv$$

$$C;tss = 1700 \times fp;tss \times fvp;tss$$

Caminos de Clase I:

Se obtienen ambas y se adopta la menor.

Caminos de Clase II:

$$\text{Solo } C;tss = 1700 \times fp;tss \times fvp;tss$$

Caminos de Clase III:

$$\text{Solo } C;vpv = 1700 \times fp;vpv \times fvp;vpv$$

VPV	fp:vpv	TABLA N°1	NIVEL DE SERVICIO PARA LAS TRES CLASES DE CAMINOS		PAG. 3-PAG.4	
		TABLA N°2	FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE	TERRENO LLANO Y PENDIENTES ESPECÍFICAS DESCENDENTES	PAG. 7	
				ONDULADO		
	TABLA N°3	FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE	PENDIENTES ASCENDENTES	PAG. 8		
	fvp: vpv	TABLA N°4	AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES Y RECREACIONALES)	TERRENO LLANO Y PENDIENTES ESPECÍFICAS DESCENDENTES	PAG. 10	
				ONDULADO		
		TABLA N°5	AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA CAMIONES	PENDIENTES ESPECÍFICAS ASCENDENTES	PAG. 11	
		TABLA N°6	AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA RECREACIONALES	PENDIENTES ESPECÍFICAS ASCENDENTES	PAG. 12	
	TABLA N°7	AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA CAMIONES EN MARCHA LENTA	PENDIENTES ESPECÍFICAS DESCENDENTES PRONUNCIADAS	PAG. 12		
	ESTIMACIÓN DE Vfi	TABLA N°8	FACTOR DE AJUSTE POR ANCHO DE CARRIL Y BANQUINAS			PAG. 15
		TABLA N°9	FACTOR DE AJUSTE POR DENSIDAD DE PUNTOS DE ACCESO			PAG. 16
TABLA N°10		PUNTOS DE ACCESO SEGÚN EL MEDIO			PAG. 16	
fss: vpv	TABLA N°11	FACTOR DE AJUSTE POR ZONAS SIN SOBREPASO			PAG. 18	

Ptss	fp; tss	TABLA N°12	FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE	TERRENO LLANO Y PENDIENTES ESPECÍFICAS DESCENDENTES ONDULADO	PAG. 19
		TABLA N°13	FACTOR DE AJUSTE POR PENDIENTE	PENDIENTES ASCENDENTES	PAG. 19
	fvp; tss	TABLA N°14	AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES Y RECREACIONALES)	TERRENO LLANO Y PENDIENTES ESPECÍFICAS DESCENDENTES ONDULADO	PAG. 21
		TABLA N°15	AUTOMÓVILES EQUIVALENTES PARA PESADOS (CAMIONES Y RECREACIONALES)	PENDIENTES ESPECÍFICAS ASCENDENTES	PAG. 22
	fss	TABLA N° 16	FACTOR DE AJUSTE DE ZONAS SIN SOBREPASO		PAG. 23
		TABLA N° 17	COEFICIENTES a y b		PAG. 24