

ANEJO Nº2: ESTUDIO DE TRÁFICO

Por ser una carretera de nueva construcción y no existir datos en lo que se refiere a las intensidades de tráfico, hemos partido de la velocidad de proyecto (80 km/h) y su nivel de servicio exigido. Con estos datos y siguiendo el Manual de Capacidad de 2010 hemos ido obteniendo de forma inversa e iterativa sus características hasta obtener su IMD en el año actual.

En una carretera convencional con una velocidad de proyecto de 80 km/h, el nivel de servicio exigido en el año horizonte es el D.

Tipo de Carretera	Velocidad de Proyecto (km/h)	Nivel de Servicio en la Hora de Proyecto del Año Horizonte (Manual de Capacidad)
Carreteras Convencionales	100	D
	80	D
	60	E
	40 (IMD \geq 2000)	E
	40 (IMD $<$ 2000)	E

Nivel de servicio	Circulación
A	Fluida
B	Estable a alta velocidad
C	Estable
D	Casi inestable
E	Inestable
F	Forzada

Para un nivel de servicio D (Clase 1):

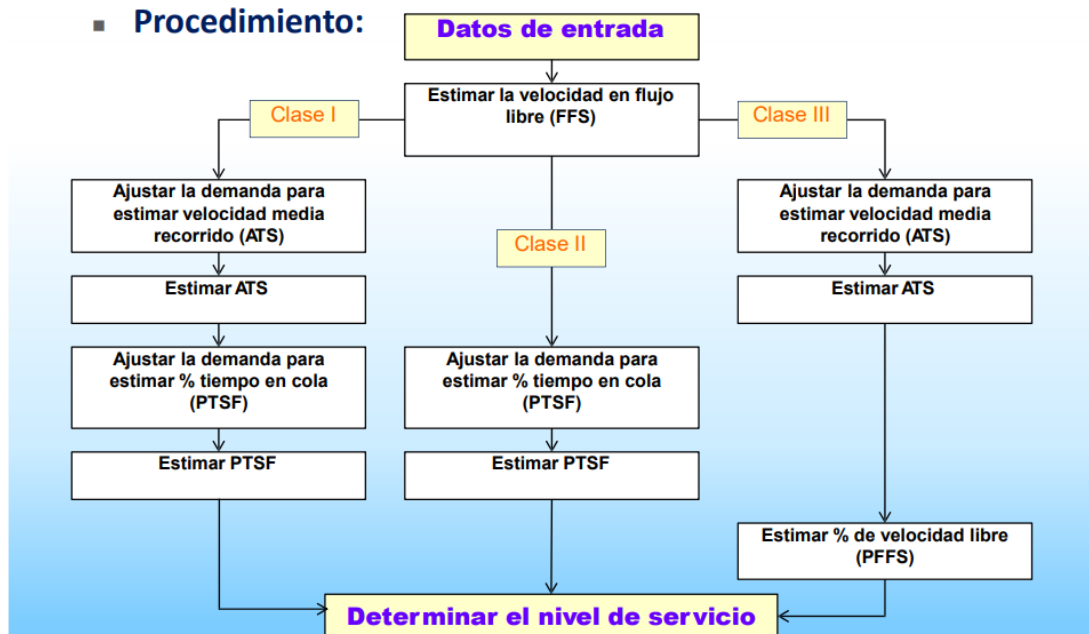
- ATS = 45 mi/h
- PTSF = 65%

Tabla 15-3

LOS	Class I Highways		Class II Highways	Class III Highways
	ATS (mi/h)	PTSF (%)	PTSF (%)	PFFS (%)
A	>55	≤35	≤40	>91.7
B	>50-55	>35-50	>40-55	>83.3-91.7
C	>45-50	>50-65	>55-70	>75.0-83.3
D	>40-45	>65-80	>70-85	>66.7-75.0
E	≤40	>80	>85	≤66.7

El procedimiento a aplicar para obtener el nivel de servicio de una carretera convencional (clase 1) es el que aparece en la imagen siguiente. Nosotros utilizaremos el mismo proceso, pero de forma inversa, es decir, a partir del nivel de servicio, iremos operando e iterando las diferentes fórmulas hasta obtener la IMD de la carretera en el año actual.

■ Procedimiento:



1) Estimación de la velocidad en flujo libre (FFS):

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A$$

Ecuación 15-2

- Velocidad en flujo libre base (BFFS):

$$BFFS = 80 \text{ km/h} \times 0,62137 \text{ mi/km} = 49,7 \text{ mi/h} + 10 \text{ mi/h} = 59,7 \text{ mi/h}$$

- Anchura de carril y arcén (F_{LS}):

Anchura de carril: 3,5 m x 3,28 ft/m = 11,48 ft

Anchura de arcén: 1,5 m x 3,28 ft/m = 4,92 ft

Tabla 15-7

Lane Width (ft)	Shoulder Width (ft)			
	≥0 <2	≥2 <4	≥4 <6	≥6
≥9 <10	6.4	4.8	3.5	2.2
≥10 <11	5.3	3.7	2.4	1.1
≥11 <12	4.7	3.0	1.7	0.4
≥12	4.2	2.6	1.3	0.0

$$F_{LS} = 1,7$$

- Densidad de accesos (F_A):

Densidad de accesos media por sentido = 5 acceso/Km

$$(5 \text{ accesos/km}) / (0,62137 \text{ mi/km}) = 8,05 \text{ acc/mill}$$

$$\text{Por los dos sentidos: } 2 \times 8,05 = 16,1 \text{ acc/mi}$$

Tabla 15-8

Access Points per Mile (Two Directions)	Reduction in FFS (mi/h)
0	0.0
10	2.5
20	5.0
30	7.5
40	10.0

$$F_A = 4,025$$

$$FFS = 59,7 - 1,7 - 4,025 = 53,975 \text{ mi/h}$$

2) A partir de la velocidad media de recorrido (ATS), obtener la intensidad de demanda para la velocidad media en la dirección de análisis ($v_{i,ATS}$):

$$ATS_d = FFS - 0.00776(v_{d,ATS} + v_{o,ATS}) - f_{np,ATS}$$

Ecuación 15-6

$$ATS = 45 \text{ mi/h}$$

$$FFS = 53,975 \text{ mi/h}$$

$$f_{np,ATS} = 1,9 \text{ (obtenido iterando)}$$

$$45 = 53,975 - 0,00776 (2 v_{i,ATS}) - 1,9$$

$$v_{i,ATS} = 7,075 / 0,01552 = 456 \text{ tur/h}$$

3) A partir de la intensidad de demanda para la velocidad media en la dirección de análisis ($v_{i,ATS}$), obtener la intensidad de demanda en la dirección de análisis (v_i) en veh/h:

$$v_{i,ATS} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,ATS} \times f_{HV,ATS}}$$

Ecuación 15-3

$$PHF = FHP = 0,9$$

$$f_{g,ATS} = 0,8895 \text{ (obtenido iterando)}$$

Tabla 15-9

One-Direction Demand Flow Rate, v_{vph} (veh/h)	Adjustment Factor	
	Level Terrain and Specific Downgrades	Rolling Terrain
≤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

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Ecuación 15-4

$F_{HV,ATS}$: factor de pesados para ATS (2 decimales)
 P_T : porcentaje de pesados (tanto por 1)
 E_T : factor de equivalencia de pesados
 P_R : porcentaje de vehículos recreativos (tanto por 1)
 E_R : factor de equivalencia de vehículos recreativos

$$P_T = 5\%$$

$$E_T = 2,015 \text{ (obtenido iterando)}$$

Tabla 15-11

Vehicle Type	Directional Demand Flow Rate, v (veh/h)	Level Terrain and Specific Downgrades	Rolling Terrain
Trucks, E_T	≤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
RVs, E_R	All flows	1.0	1.1

$$P_R = 2\%$$

$$E_R = 1,1$$

$$F_{HV,ATS} = 0,9498 \text{ (obtenido iterando)}$$

$$v_i = 347 \text{ veh/h (Iterando)}$$

$$IHP_{\text{AÑO HORIZONTE}} = IHP_{2038} = 2 \times 347 = 694 \text{ veh/h}$$

Estimamos que la intensidad horaria de proyecto en el año horizonte será del 10% de la IMD. Por tanto:

$$IMD_{2038} = IHP_{2038} / 0,1 = 694 / 0,1 = 6940 \text{ veh/día}$$

Con todo ello, hemos obtenido con el método de la velocidad media de recorrido (ATS) una IMD en el año 2038 de puesta en servicio de 6940 vehículos/día.

4) Ahora obtendremos la IMD por el método del % de tiempo en cola (PTSF), para luego compararlas y elegir la mayor de las dos. La fórmula a emplear para la estimación del % de tiempo en cola es la siguiente:

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSF} \left(\frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}} \right) \quad \text{Ecuación 15-9}$$

- $BPTSF_d$ (% de tiempo en cola base):

$$BPTSF_d = 100 [1 - \exp(a v_d^b)] \quad \text{Ecuación 15-10}$$

- Coeficiente $a = -0,00144$ (obtenido iterando)
- Coeficiente $b = 0,97025$ (obtenido iterando)
- $V_d = 211 \text{ tur/h}$

$$BPTSF_d = 100 [1 - \exp(-0,00144 \times 211^{0,97025})] = 22,26$$

Tabla 15-20

Opposing Demand Flow Rate, v_o (pc/h)	Coefficient a	Coefficient b
≤200	-0.0014	0.973
400	-0.0022	0.923
600	-0.0033	0.870
800	-0.0045	0.833
1,000	-0.0049	0.829
1,200	-0.0054	0.825
1,400	-0.0058	0.821
≥1,600	-0.0062	0.817

- $F_{np,PTSF}$ (factor de tramos prohibidos de adelantamiento y descompensación de sentidos):

$$F_{np,PTSF} = 47,03$$

$$PTSF_d = 22,26 + 47,03 \times (211/422) = 45,775 \% \approx 45 \%$$

5) A partir de intensidad de demanda para % de tiempo en cola obtenemos la intensidad de demanda (v_i):

$$v_{i,PTSF} = \frac{V_i}{PHF \times f_{g,PTSF} \times f_{HV,PTSF}}$$

Ecuación 15-7

- $PHF = FHP = 0,9$
- $f_{g,PTSF} = 0,7566$ (obtenido iterando)

Tabla 15-16

Directional Demand Flow Rate, v_{vph} (veh/h)	Level Terrain and Specific Downgrades	Rolling Terrain
≤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

$$f_{HV,ATS} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Ecuación 15-4

$F_{HV,PTSF}$: factor de pesados para PTSF (2 decimales)
 P_T : porcentaje de pesados (tanto por 1)
 E_T : factor de equivalencia de pesados
 P_R : porcentaje de vehículos recreativos (tanto por 1)
 E_R : factor de equivalencia de vehículos recreativos

$$f_{HV,PTSF} = 1 / [1 + 0,05 (1,847 - 1) + 0,02 (1 - 1)] = 0,9593$$

Tabla 15-18

Vehicle Type	Directional Demand Flow Rate, v_{vph} (veh/h)	Level and Specific Downgrade	Rolling
Trucks, E_T	≤ 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
RVs, E_R	All	1.0	1.0

Intensidad en hora punta

$$v_{i,PTFS} = v_i / [0,9 \times 0,7566 \times 0,9593] = 211$$

$$v_i = 138 \text{ veh/h}$$

$$IHP_{\text{AÑO HORIZONTE}} = IHP_{2038} = 2 \times 138 = 276 \text{ veh/h}$$

Estimamos que la intensidad horaria de proyecto en el año horizonte será del 10% de la IMD. Por tanto:

$$IMD_{2038} = IHP_{2038} / 0,1 = 276 / 0,1 = 2760 \text{ veh/día}$$

Con ello, hemos obtenido por el método del % de tiempo en cola (PTSF) una IMD en el año 2018 de 2760 veh/día.

6) Por tanto, elegiremos la IMD obtenida por el método de la velocidad media de recorrido (ATS) por ser la mayor de las dos:

$$IMD_{2038} = 6940 \text{ veh/día}$$

7) Comprobación de los resultados. Una vez obtenida la IMD en el año horizonte, calcularemos la IMD en el año actual para ver si es acorde con las carreteras que enlaza.

$$IMD_{2038} = IMD_{2018} \times (1 + 0,0144)^{20}$$

$$IMD_{2018} = IMD_{2038} / (1 + 0,0144)^{20} = 6940 / 1,2544 = 5532 \text{ veh/día}$$

Con todo ello, hemos obtenido una IMD en el año 2018 de 5532 vehículos/día. Este es un resultado razonable, ya que es un valor de IMD cercano al de las carreteras que une.

Carretera	IMD (2016)	IMD _P (2016)
CV-50	7997 vh/d	560 vh/d
CV-510	10237 vh/d	329 vh/d