

ANEJO N°3

Estudio de tráfico

Índice

1 Introducción	1
2 Datos de partida	2
2.1 Evolución histórica	2
2.2 Actuaciones desarrolladas y previstas en la zona	3
3 Prognosis de tráfico	4
3.1 Elasticidad con respecto al PIB	4
3.2 Propuesta de crecimientos futuros	4
4 Obtención del tráfico de proyecto	5
4.1 Obtención de la IMDp	5
4.2 Categoría de tráfico pesado	5
5 Nivel de Servicio	7
5.1 Tramo con rampas especiales	7
5.1.1 Cálculo del nivel de servicio	7
5.1.2 Necesidad de carril adicional en rampa	8

1 Introducción

El objeto de este Anejo es la determinación de las intensidades de tráfico que circulan por el tramo de la carretera BI-2405 sobre la que se tiene previsto actuar en el presente **“Proyecto de Construcción de rectificación de trazado de la carretera BI-2405 entre los PPKK 56+570 y 59+840, Alto Molloi”**, así como la obtención del Nivel de Servicio prestado por la misma.

El estudio se realiza tanto en el momento de puesta en servicio como en el año horizonte. Para definir la evolución del tráfico se ha partido de los datos de aforo registrados en la estación de cobertura más próxima a la zona en sus distintas campañas para, a partir de estos datos, proceder a efectuar una previsión del tráfico que discurrirá por esta carretera en los años antes referidos.

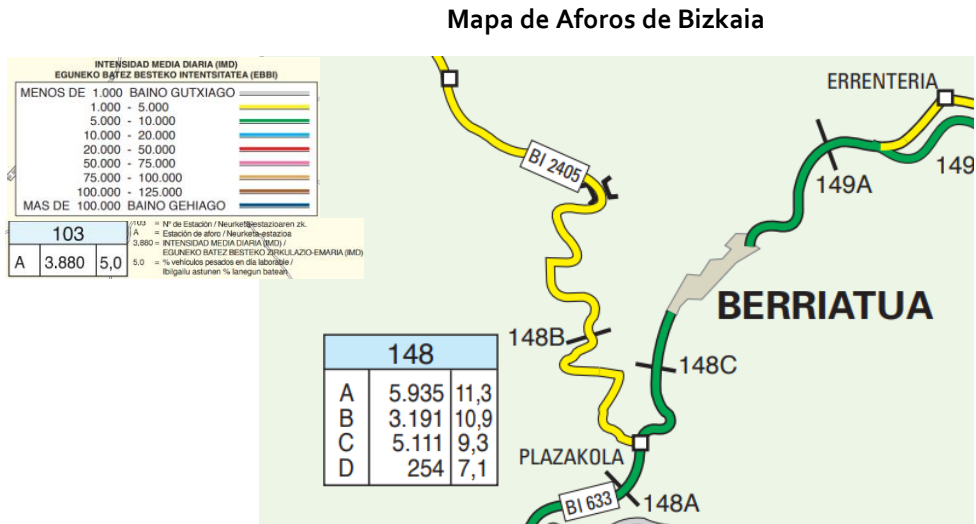
Las conclusiones que se extraigan de este estudio serán determinantes en el posterior dimensionamiento estructural del firme (Anejo nº6).

2 Datos de partida

La carretera BI-2405 de Berriatua a Lekeitio forma parte de la Red Comarcal (Verde).

El tramo objeto de estudio discurre entre el P.K. 56+570 y el barrio Merelludi hasta el P.K. 59+840. Todo el tramo se desarrolla dentro del municipio de Berriatua.

A continuación se muestra la ubicación de la única estación de aforo de tráfico del tramo situada en el alto de Milloi: estación 148B, ubicada al inicio del tramo objeto de estudio.



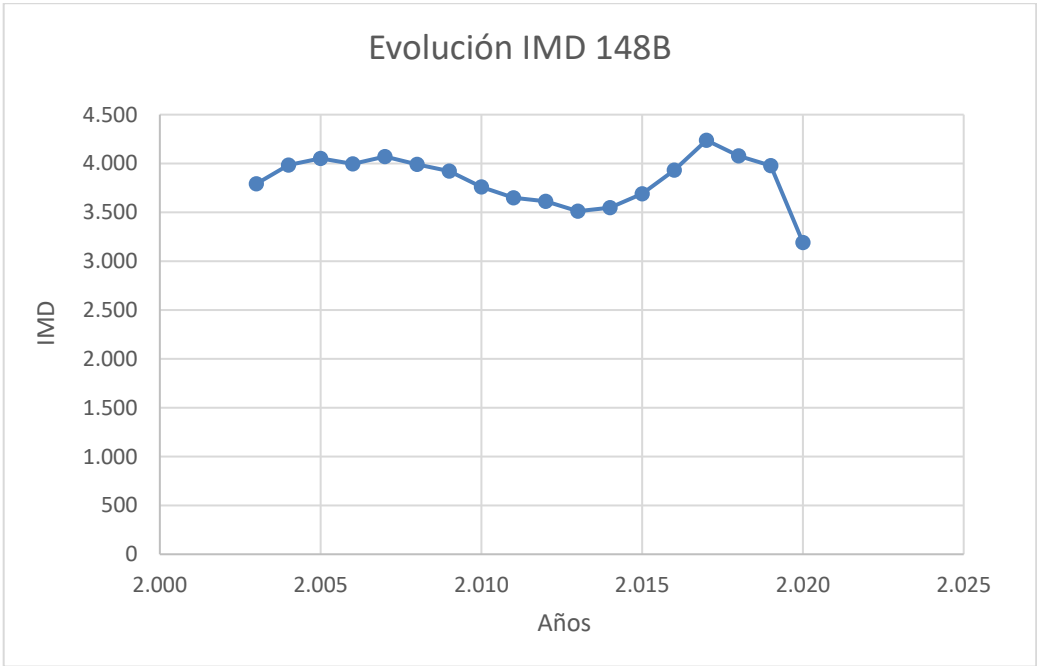
2.1 Evolución histórica

De acuerdo con los datos históricos de aforos de la Diputación, la evolución del tráfico en la estación 148B (Alto de Milloi) en los últimos años ha sido la siguiente:

Año	IMD (148B)	%PESADOS	IMDp
2.003	3.792	6	228
2.004	3.984	6	240
2.005	4.052	6	244
2.006	3.996	6	240
2.007	4.071	6	245
2.008	3.991	6	240
2.009	3.922	6	236
2.010	3.760	6	226
2.011	3.649	6	219
2.012	3.613	6	217
2.013	3.512	9,4	331
2.014	3.548	9,6	341
2.015	3.690	9,4	347
2.016	3.932	9,7	382

Año	IMD (148B)	%PESADOS	IMDp
2.017	4.238	9,2	390
2.018	4.078	9,7	396
2.019	3.978	10	398
2.020	3.191	10,9	348

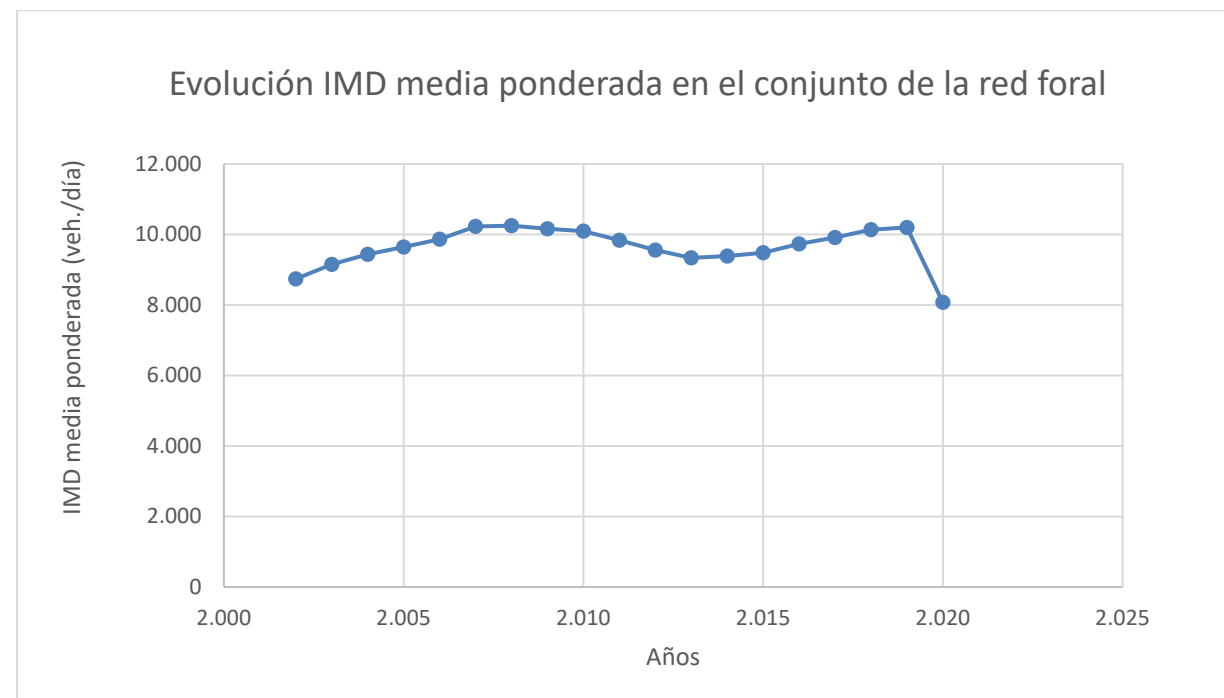
Obteniéndose por tanto la siguiente gráfica de evolución para vehículos totales:



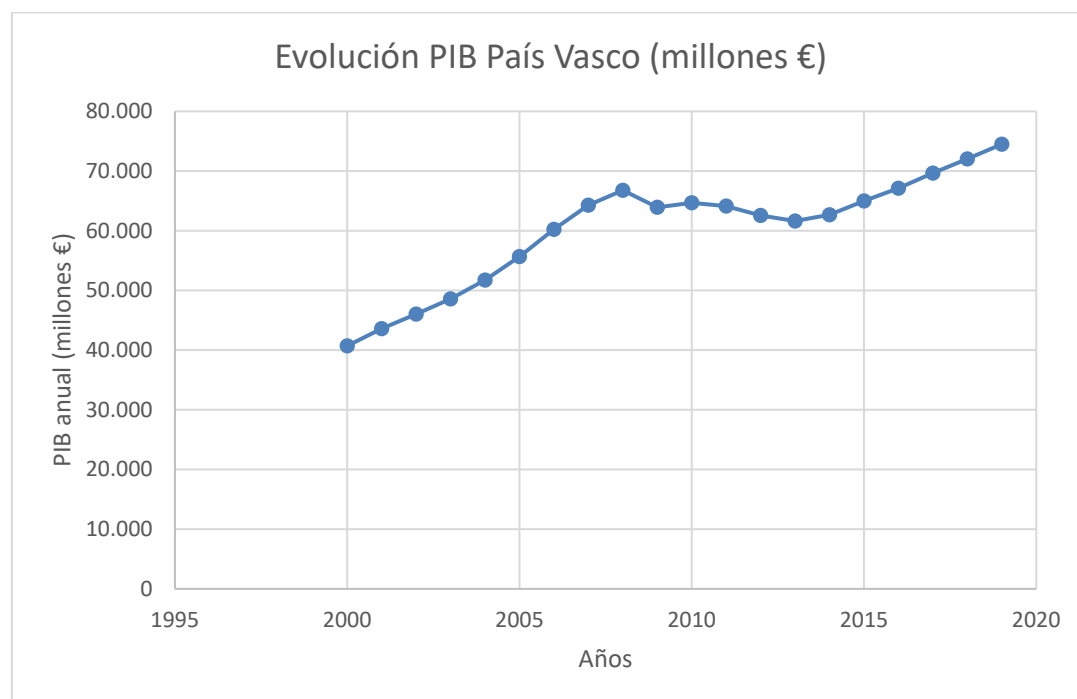
Del análisis de las series históricas y gráficas anteriores, cabe extraer las siguientes conclusiones:

- La evolución de los aforos de la estación 148B presenta una primera fase de crecimientos del tráfico en el período 2.003-2.007, seguido de un acusado descenso en el período siguiente, del 2.007 al 2.012/2.013, y de un posterior crecimiento notable desde el 2.013 hasta el 2.018 con una tasa media anual del 3,03% en este último período. A partir del 2.018 hasta la actualidad se produce un descenso muy notorio el último año debido al confinamiento domiciliario derivado de la situación pandémica del Covid-19.

Este comportamiento se asemeja bastante al observado en el conjunto de la red viaria de Bizkaia, en donde se produjo un fuerte crecimiento entre los años 2.001 y 2.007, una contracción en el período más agudo de la crisis económica (2.007-2.013) y una progresiva recuperación desde entonces, tal y como se puede apreciar en la gráfica siguiente, en donde se representa la IMD media ponderada en el conjunto de la red foral. La pandemia evidentemente también ha influido negativamente en el crecimiento del conjunto de la red foral este último año.



Lo cual sugiere una relación clara de la evolución del tráfico en dicha estación con respecto a una variable explicativa clásica como es la evolución del PIB, tal y como se puede apreciar en la gráfica siguiente:



2.2 Actuaciones desarrolladas y previstas en la zona

La única actuación destacable en materia de carreteras desarrollada en la zona en el período 2.003-2.018 fue la construcción de la variante de Lekeitio, inaugurada en Noviembre de 2.009.

A la vista de la evolución del tráfico en las estaciones analizadas, la puesta en servicio de dicha infraestructura no parece haber tenido un impacto reseñable sobre la evolución de los tráficos en la BI-2405.

Por otra parte, el Servicio de Planeamiento y Proyectos del Departamento de Infraestructuras y Desarrollo Territorial dispone de un proyecto de mejora de la BI-633 entre Urberuaga y Berriatua, que incluye una mejora de la intersección de Plazakola. En la actualidad se encuentra en un avanzado estado de ejecución la parte de dicho proyecto que corresponde a la intersección citada. En cualquier caso, no son esperables efectos significativos en cuanto a la captación o desvío de tráficos.

3 Prognosis de tráficos

3.1 Elasticidad con respecto al PIB

A continuación se recoge una tabla en la que se compara la evolución histórica del PIB y de los tráficos de la estación considerada, con el objeto de determinar con la mejor aproximación posible la elasticidad de los crecimientos de tráfico respecto a los crecimientos del PIB, en aquellos períodos en que ambos crecimientos son del mismo signo:

PERÍODO	PIB P. Vasco	Tráfico 148B	Elasticidad 148B
2.003-2.008	37,4%	5,2%	0,14
2.008-2.013	-7,7%	-12%	1,56
2.013-2.019	20,9%	13,3%	0,64

Teniendo en cuenta los datos recogidos en la tabla anterior, se puede concluir lo siguiente: el tráfico correspondiente a la estación 148B muestra un comportamiento similar al PIB en cuanto a tendencia, pero con una variabilidad importante en cuanto a la elasticidad entre ambas variables. No obstante, los crecimientos habidos en los últimos años sí que muestran una cierta robustez en cuanto a esa elasticidad, con un coeficiente de paso menor de 1, pero con una clara tendencia ascendente durante el último sexenio.

3.2 Propuesta de crecimientos futuros

A la vista de los análisis desarrollados en los apartados anteriores, a continuación se recoge la propuesta para estimar la evolución futura del tráfico en el tramo de la BI-2405 correspondiente a la estación de aforo disponible.

Teniendo en cuenta la demostrada similitud en cuanto a tendencia del comportamiento del tráfico en esta estación con respecto al PIB, se tomarán en consideración las previsiones de evolución a futuro de dicha variable a la hora de estimar los crecimientos del tráfico.

Dichas previsiones apuntan hacia una cierta desaceleración en el crecimiento para el futuro, con valores en torno al 2-2,5 % anual en los años más próximos y algo inferiores a más largo plazo.

Por lo tanto, para este tramo se proponen los siguientes factores de crecimiento del tráfico:

- Período desde 2.019 hasta año de puesta en servicio de la actuación objeto del planeamiento (estimado 2.024): crecimiento similar al previsto para el PIB, es decir 2,5% anual
- Período desde el 2.024 hasta el año 2.034: crecimiento del 1,5% anual
- Período entre el 2.034 y 2.044 (año horizonte): crecimiento del 1% anual

Por lo tanto, los tráficos futuros (IMD) serían:

- Año 2.024: 4.501
- Año 2.034: 5.224
- Año 2.044: 5.771

4 Obtención del tráfico de proyecto

4.1 Obtención de la IMDp

A la vista de los porcentajes de pesados aforados a lo largo de la serie histórica, cabe deducir en primer lugar que los datos correspondientes a la primera parte de la serie, hasta el año 2.013, no resultan muy fiables, siendo probablemente estimados a partir de los datos de otra estación asociada, ya que en esa estación se da el mismo valor para todos los años, el cual se mantiene constante (6 % para la estación 148B).

A partir del año 2.013 el valor del porcentaje de pesados aumenta significativamente, con valores en torno al 10 % en todo el período comprendido entre el 2.013 y el 2.019.

Por lo tanto, se propone considerar para los cálculos del nivel de servicio y el predimensionamiento del paquete de firmes un valor del 10% para el porcentaje de pesado.

No se consideran representativos los datos del 2.020, debido a la situación de pandemia por COVID-19, por lo que se ha partido de los datos del 2.019 para el cálculo de la IMDp.

Así pues la IMDp para el año de puesta en servicio (2.024) sería 450. Para el año horizonte (2.044), sería 577.

4.2 Categoría de tráfico pesado

De acuerdo a la “Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco”, se consideran diez categorías de tráfico en función del Tráfico de Proyecto (TP), definido este como el número acumulado de vehículos pesados que se prevé que circularán por el carril de proyecto durante el período de proyecto.

Tabla 5.1. Categorías de Tráfico de Proyecto

CATEGORÍA		TP (en millones)
T00		43,8 – 87,6
T0		21,9 – 43,8
T1	T1A	15,3 – 21,9
	T1B	8,8 – 15,3
T2	T2A	4,4 – 8,8
	T2B	2,2 – 4,4
T3	T3A	1,1 – 2,2
	T3B	0,55 – 1,1
T4	T4A	0,27 – 0,55
	T4B	< 0,27

El Tráfico de Proyecto se calculará mediante la siguiente expresión:

TP = IMD_p^{APS} · 365 · F · γ_T

Siendo:

- IMD_p^{APS}: IMD de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo.
- F= Factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados durante el periodo de proyecto.
Introduce en la estimación del tráfico el incremento de tráfico pesado que se espera que circule por la carretera durante el periodo de proyecto considerado. Depende de la tasa de crecimiento de este tipo de tráfico y del periodo de proyecto considerado; para una tasa de crecimiento constante, viene definido por la siguiente expresión: F = [(1 + r)ⁿ - 1] / r
Donde:
 - r: Tasa de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados.
Debe estimarse a partir de un estudio de tráfico específico. En ausencia de datos fiables podrá adoptarse una tasa constante del 4% para una IMD de vehículos pesados en el año de puesta en servicio del tramo de 1.600 ó superior, y del 2% en otro caso.
 - n: Periodo de proyecto.
- γ_T: Coeficiente de ponderación de las cargas del tráfico.
Viene definido por la siguiente expresión: γ_T = γ_C × γ_R × γ_L
Donde:
 - γ_C: Coeficiente de asignación del tráfico pesado al carril de proyecto.
Este coeficiente se utiliza para asignar al carril de proyecto un porcentaje estimado del total de vehículos pesados. Salvo que se disponga de datos sobre asignación de tráfico pesado por carriles, el valor del coeficiente se obtendrá de la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Estimación del coeficiente γ_C

TIPO DE VÍA	DESCRIPCIÓN		γ _C
DE CALZADA ÚNICA	ANCHURA DE CALZADA	≥ 6 m	0,50
		≥ 5 y < 6 m	0,75
		< 5 m	1,00
DE DOBLE CALZADA	CARRILES POR SENTIDO(*)	2	0,50
		3 ó más	0,45

(*) En la asignación de carriles por sentido no se tendrán en cuenta los carriles de aceleración o deceleración, ramales, etc.

- γ_R : Coeficiente que tiene en cuenta la variabilidad en la estimación del tráfico de proyecto. Se utiliza para asumir en el dimensionamiento un nivel de riesgo en la estimación del tráfico de proyecto. El nivel de riesgo será función del tipo de red y de la intensidad de tráfico según se indica en la tabla 5.3.

TIPO DE RED	IMD de la carretera en el año puesta en servicio	γ_R
PRINCIPAL(*)	≥ 20.000	1,4
	10.000 – 20.000	1,3
	< 10.000	1,2
RESTO	≥ 2.000	1,1
	< 2.000	1,0

(*) Compuesta por todas las carreteras de la red de interés preferente, la red básica y la red complementaria.

- γ_L : Coeficiente que tiene en cuenta la influencia de la pendiente longitudinal del tramo objeto del proyecto. Se utiliza para tener en cuenta en el dimensionamiento la disminución de la rigidez que se produce en los materiales bituminosos en las zonas en rampa como consecuencia de la reducción de la velocidad de los vehículos pesados. Se adoptará un coeficiente de valor 1,3 únicamente en aquellos subtramos del proyecto en rampa cuya pendiente longitudinal sea superior al 5% y se mantenga en una longitud de al menos 500 m. En el resto de los casos se tomará 1,0.

En consecuencia, el tráfico de proyecto a utilizar en la determinación de la categoría de tráfico para esta carretera es:

$$TP = 450 \times 365 \times 25 \times (0,50 \times 1,1 \times 1,3) = \mathbf{2.935.969}$$

Por lo que, atendiendo a este valor, se adoptará la sección de firme correspondiente a una categoría de tráfico **T2B**.

5 Nivel de Servicio

En este apartado se va a obtener el Nivel de Servicio que prestará la carretera en el año horizonte (2.044). Con ello se pretende determinar si resulta necesario establecer tratamiento destinados a la mejora de la circulación. En este caso, en el tramo de la BI-2405 correspondiente al alto de Milloi, la necesidad de salvar un desnivel importante impone la presencia de rampas de cierta inclinación, con especial incidencia en la marcha de los vehículos pesados.

Para la obtención del Nivel de Servicio se procede a aplicar los contenidos del Manual de Capacidad de Carreteras HCM-2010 así como de la Instrucción de Trazado 3.1-IC del Ministerio de Fomento.

5.1 Tramo con rampas especiales

Dado que el tramo objeto del presente proyecto engloba el alto de Milloi, resulta necesario realizar el cálculo de Nivel de Servicio para la zona con rampas especiales correspondiente a dicho alto y determinar la necesidad o no de complementar la actuación con la disposición de un carril adicional en el sentido de subida.

5.1.1 Cálculo del nivel de servicio

Datos de partida

- Clasificación de la carretera: se considera que debe englobarse en la Clase II.
- Ancho de carriles: 3,5 m
- Ancho de arcenes: 1,0 m
- Densidad de accesos: 1,22 accesos/km
- Tipo de terreno: con rampas especiales
- % prohibición de adelantamiento: De acuerdo con la señalización existente en la actualidad, en el sentido Oleta-Plazakola, en la subida (de 2.812 m de longitud) se permite el adelantamiento en un total de 230 m. En el sentido contrario, está permitido solamente en un tramo de 20 m. Por tanto, considerando el sentido más desfavorable, se adopta un % de prohibición de adelantamiento del 99,4 %.
- Límite de velocidad: 50 km/h
- Volumen de tráfico horario: 8% de la IMD correspondiente a día laborable. Es decir, $4.350 \cdot 0,08 = 348$ v/h
- Reparto por sentidos en hora punta: 60/40
- Factor de hora punta: dada la ausencia de datos reales, se toma por defecto el valor 0,88
- % vehículos pesados: 10 %

Estimación de la Velocidad en flujo libre (FFS)

Aplicando la ecuación 15-2:

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

En este caso, $f_{LS} = 4,82$ km/h y $f_A = 0,80$ km/h, por lo que:

$$FFS = 44,41 \text{ km/h}$$

Ajuste de la demanda para PTSF

Aplicando la ecuación 15-7:

$$V_i = V_f / (PHF \cdot f_{g,PTSF} \cdot f_{HV,PTSF})$$

En este caso:

$$V_d = 348 \cdot 0,6 = 208,8 \text{ v/h}$$

$$PHF = 0,88$$

$$f_{g,PTSF} = 1 \text{ (factor de ajuste por pendientes, obtenido de la tabla 15-17)}$$

$$f_{HV,PTSF} = 1 / (1 + P_T (E_T - 1) + P_R (E_R - 1)) \text{ (factor de ajuste por vehículos pesados)}$$

De acuerdo a la tabla 15-19, $E_T = 1$ y $E_R = 1$. Como $P_T = 0,10$, se obtiene:

$$f_{HV,PTSF} = 1$$

Y por tanto:

$$V_d = 208,8 / (0,88 \cdot 1 \cdot 1) = 237,27 \text{ v/h}$$

Para el sentido contrario de circulación se tiene:

$$V_o = 348 \cdot 0,4 = 139,2 \text{ v/h}$$

$$E_T = 1,80 \text{ y } E_R = 1$$

$$V_o = 139,2 / (0,88 \cdot 0,77 \cdot 0,926) = 172,73 \text{ v/h}$$

Estimación del porcentaje de tiempo en cola (PTSF)

Aplicando la ecuación 15-9:

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSF} \cdot (V_{d,PTSF} / (V_{d,PTSF} + V_{o,PTSF}))$$

$$BPTSF_d = 100 \cdot (1 - \exp(-a \cdot V_d^b))$$

Donde a y b son coeficientes obtenidos interpolando en la tabla 15-20:

$$a = -0,0015 \text{ y } b = 0,968$$

$$BPTSF_d = 25,827 \%$$

$$f_{np,PTSF} = 55,797 \text{ (de la tabla 15-21)}$$

$$\text{Por lo que } PTSF_d = 54,662 \%$$

Para el sentido contrario:

$$a = -0,0015 \text{ y } b = 0,964$$

$$BPTSF_o = 23,965 \%$$

$$f_{np,PTSF} = 555,797 \text{ (de la tabla 15-21)}$$

$$\text{Por lo que } PTSF_o = 50,928 \%$$

Determinación del Nivel de Servicio

Teniendo en cuenta los criterios definidos en la Tabla 15-3 del HCM-2010, se puede concluir que, en el año horizonte 2.044, el tramo correspondiente al alto de Milloi operará en **Nivel de Servicio B** ($40 < PTSF_d < 55$).

5.1.2 Necesidad de carril adicional en rampa

De acuerdo con la Norma de Trazado, el establecimiento de un carril adicional en rampa en una carretera convencional exigirá el cumplimiento simultáneo de las tres condiciones siguientes:

- La intensidad de vehículos en el sentido de subida es mayor que 200 vehículos por hora. En el caso del tramo correspondiente al alto de Milloi, $v_d = 237,27 > 200 \text{ v/h}$, por lo que SI se cumple.
- La intensidad de vehículos pesados en el sentido de subida es mayor que 20 vehículos por hora. Considerando un porcentaje de vehículos pesados del 10%, se obtiene $0,10 \times 237,27 = 23,73 > 20 \text{ vp/h}$, por lo que esta segunda condición SI se cumple.
- Se produce alguna de las tres circunstancias siguientes:
 - Reducción de la velocidad de los vehículos pesados en 15 Km/h o más, respecto a la velocidad de proyecto. En el tramo correspondiente al alto de Milloi, con un 6% de pendiente media, la reducción sería de 8 km/h respecto a la velocidad de proyecto (50 km/h), de acuerdo a la gráfica 8.16 de la Norma 3.1-IC. Por lo que esta condición no se cumple.
 - Nivel de servicio D o E en la rampa. Como se ha determinado anteriormente, el nivel de servicio en el año horizonte será B en este caso.
 - Pérdida de dos niveles de servicio respecto al existente en el tramo de aproximación. Tampoco se cumple.

Por tanto no es necesario el establecimiento de un carril adicional en rampa.

Conclusión:

Los resultados obtenidos se ajustan a lo indicado en la tabla 7.1 de la Instrucción 3.1-I.C para carreteras C-50, la cual exige como mínimo un Nivel de Servicio E en el año horizonte. En consecuencia, la carretera objeto de este proyecto no requiere adoptar medidas adicionales de mejora de la circulación.