



ANEJO Nº 5:
ANÁLISIS DEL TRÁFICO

AUTOR: BERTA FLORES MARTÍNEZ
TUTOR: FRANCISCO JAVIER CAMACHO TORREGROSA



Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	DATOS DE TRÁFICO	5
3.	PROGNOSIS DE TRÁFICO	6
3.1.	AÑO DE PUESTA EN SERVICIO.....	6
3.2.	INTENSIDAD MEDIA DIARIA	6
3.3.	INTENSIDAD DE HORA PUNTA	6
4.	AFOROS	6
5.	CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO	8
6.	NIVEL DE SERVICIO.....	8
6.1.	NIVEL DE SERVICIO DE LA CARRETERA EXISTENTE	9
6.2.	NIVEL DE SERVICIO TRAS EL ACONDICIONAMIENTO	10
6.3.	ESTIMACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS.....	10
7.	ANÁLISIS DE MONTE CARLO	11
	APÉNDICE 1: FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN AFÍN	13

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anejo es analizar y justificar la previsión de la evolución del tráfico hasta el año de puesta en servicio del tramo comprendido entre el P.K. 2+000 y el P.K. 6+123 de la carretera CV-941. Esta vía conecta los municipios de San Miguel de Salinas y Dehesa de Campoamor, forma parte de la Red Básica Local de la Diputación de Valencia y forma parte de un itinerario a mejorar.

En primer lugar se recogen y se analizan los datos históricos relacionados con el tráfico de la carretera. Además, se determina tanto el año de puesta en servicio como el año horizonte de acuerdo a las diferentes hipótesis de evolución del tráfico.

Posteriormente se complementa la información histórica existente a partir de los datos adicionales recogidos tras realizar el trabajo de campo y se estima el nivel de servicio.

Para el año de puesta en servicio, en este documento, se aceptarán las siguientes hipótesis:

- En la calzada de doble sentido de circulación, cada uno de los carriles soporta la mitad del total de vehículos pesados que circulan.
- La estimación de IMD que proporciona la Generalidad Valenciana se ha calculado teniendo en cuenta la variación diaria, semanal y mensual, así como la evolución histórica del tráfico. Por lo tanto, no será preciso corregir este valor.
- El porcentaje de vehículos pesados se establece, según datos obtenidos por la Generalidad Valenciana en el año 2.015, en un 6,1%.

Finalmente, se incluye una estimación estadística de las posibles variaciones del nivel de servicio obtenidas a partir del análisis de Monte Carlo.

2. DATOS DE TRÁFICO

Según datos de la Generalidad Valenciana, existe una estación de aforo situada en la carretera CV-941 clasificada como secundaria. Además, en la zona existen otras estaciones que son utilizadas para obtener datos de tráfico. Concretamente, una estación secundaria y otra permanente se encargan de aforar el tráfico que circula por la carretera CV-95, mientras que otra estación permanente obtiene datos sobre la carretera CV-940.

La Ilustración 1, donde aparece el mapa de tráfico para la CV-941, permite analizar la situación de las estaciones, así como la intensidad en cada una de ellas. Además, en la Ilustración 2 puede observarse la evolución del tráfico en los últimos años, según los datos que proporciona la Generalidad Valenciana.

En este caso, se tomará la estación localizada en la propia carretera CV-941 como estación afín.

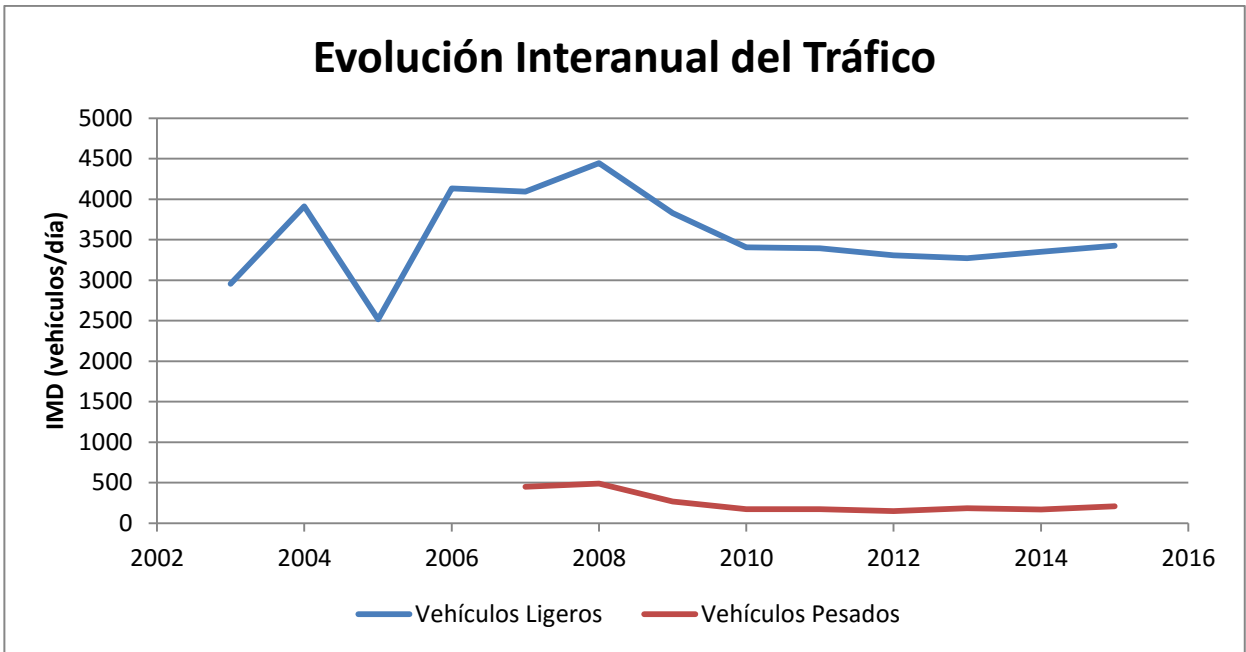
Ilustración 1: Detalle del tráfico en la CV-941. Mapa tráfico 2.015



Fuente: CITMA

De esta se han obtenido los siguientes resultados a lo largo de los últimos años:

Ilustración 2: Evolución del tráfico de la CV-941 entre 2.003 y 2.015



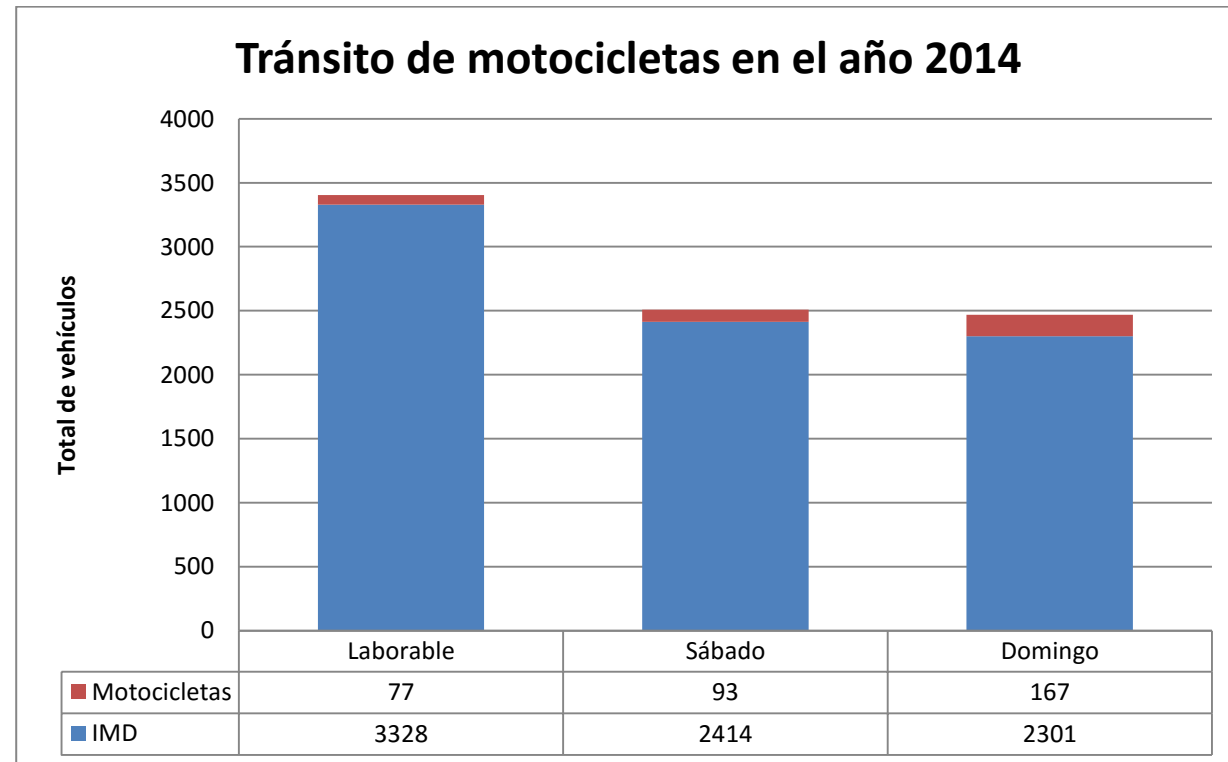
Fuente; Elaboración propia

La IMD de la carretera CV-941 ha oscilado en los últimos años entre los 2.500 y 4.500 vehículos diarios, aunque en los últimos años cerca de 3.500 vehículos transitan diariamente la carretera.

Por otra parte, el número de vehículos pesados que circulan diariamente por la carretera ha evolucionado de manera proporcional al total de vehículos. Es decir, ha ido disminuyendo desde los casi 500 vehículos pesados del año 2.008 hasta estabilizarse en una cifra próxima a los 170 vehículos pesados diarios.

El tráfico de motocicletas fue aforado en el año 2014, determinándose que estos usuarios han de ser considerados en la composición del tráfico de la vía. Concretamente, los domingos son el día que más usuarios de motocicletas transitan por la carretera CV-941.

Ilustración 3: Tránsito de motocicletas aforadas en el año 2.014



Fuente: Elaboración propia

3. PROGNOSIS DE TRÁFICO

El objetivo de este punto es estimar el tráfico que soportará la carretera CV-941 tras llevar a cabo las obras de acondicionamiento.

3.1. AÑO DE PUESTA EN SERVICIO

Teniendo en cuenta que el año de redacción del presente estudio es 2.016 y la estimación de la duración de las obras necesarias para llevar a cabo el acondicionamiento, se establece que el año de puesta en servicio será 2.020.

3.2. INTENSIDAD MEDIA DIARIA

La intensidad media diaria de la carretera varía con el paso de los años según un factor acumulativo. Por este motivo es necesario corregir la intensidad actual a partir de las siguientes expresiones:

$$IMD_t = IMD_i \cdot (1 + p)^n = 3424 \cdot \left(1 + \frac{1,44}{100}\right)^{2020-2016} = 3625 \frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$$

$$IMD_{tp} = IMD_{pi} \cdot (1 + p)^n = 209 \cdot \left(1 + \frac{1,44}{100}\right)^{2020-2016} = 221 \frac{\text{vehículos pesados}}{\text{día}}$$

3.3. INTENSIDAD DE HORA PUNTA

Según lo visto anteriormente, es posible conocer el número de vehículos que transitan por una sección de la vía durante la hora de mayor tráfico. Este valor servirá posteriormente como referencia en el cálculo del paquete de firmes, entre otros.

Debido a que no se tienen datos exactos de la intensidad de hora punta de la estación afín, esta se ha estimado como un 10% de la intensidad media diaria (IMD).

$$IHP = 0,1 \cdot IMD_t = 362 \text{ vehículos/hora}$$

4. AFOROS

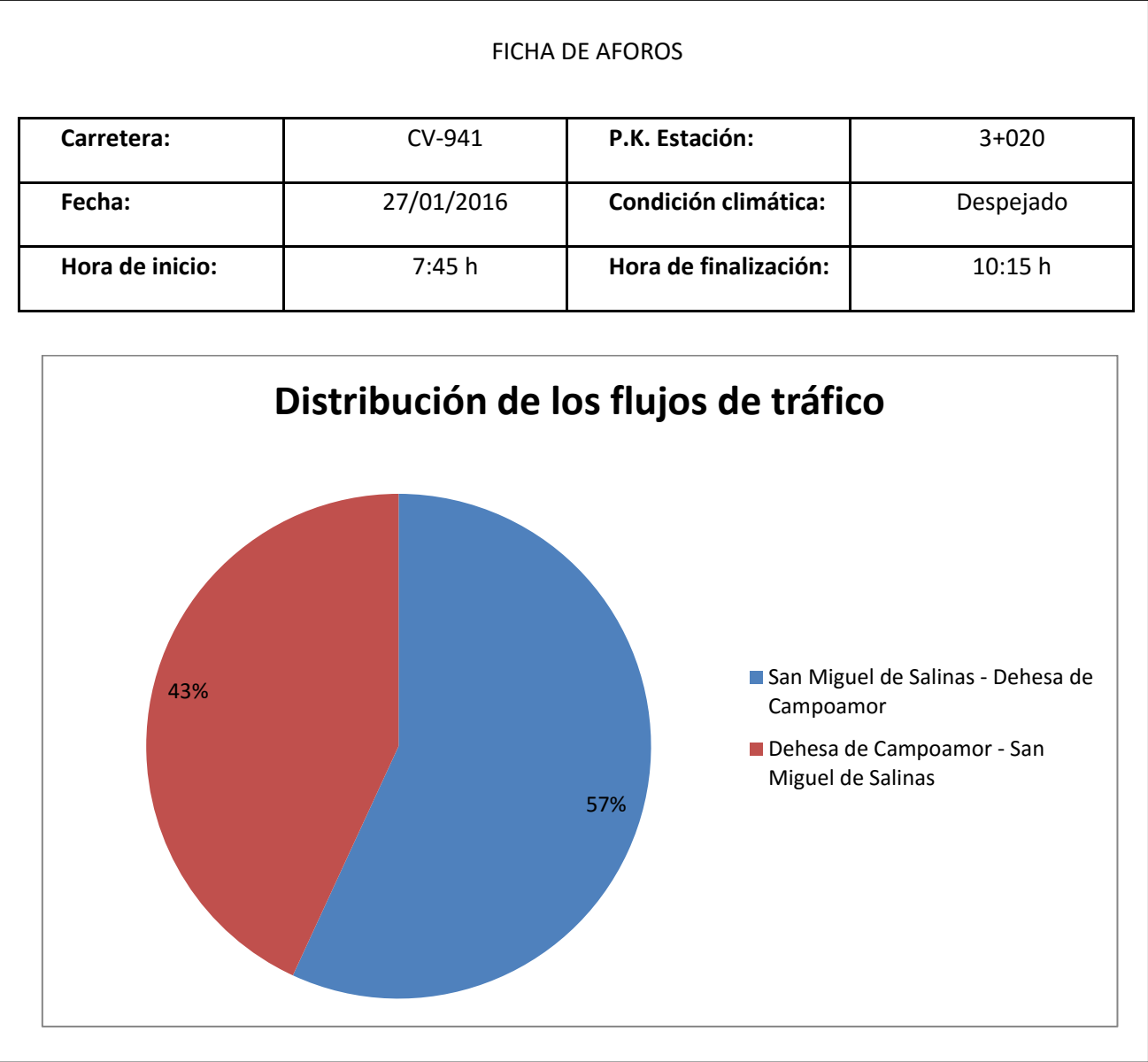
Con el objetivo de conocer la composición y el comportamiento del tráfico del tramo de carretera CV-941 comprendido entre el P.K. 2+000 y el P.K. 6+123 se ha llevado a cabo la realización de un aforo. De esta manera es posible obtener valores de tráfico conocidos y estimar así las diferencias existentes entre los valores reales y estimados de la IMD.

El punto elegido para realizar el aforo se encuentra en el P.K. 3+020 de la carretera CV-941 entre San Miguel de Salinas y Dehesa de Campoamor. Se afora la sección del tronco en ambas direcciones.

El aforo se realiza durante 2 horas y 30 minutos de un día laborable.

Posteriormente, los aforos serán extrapolados a IMD aplicando los coeficientes correspondientes con la estación afín que se disponga.

Ilustración 4: Distribución del flujo estimada a partir de aforos

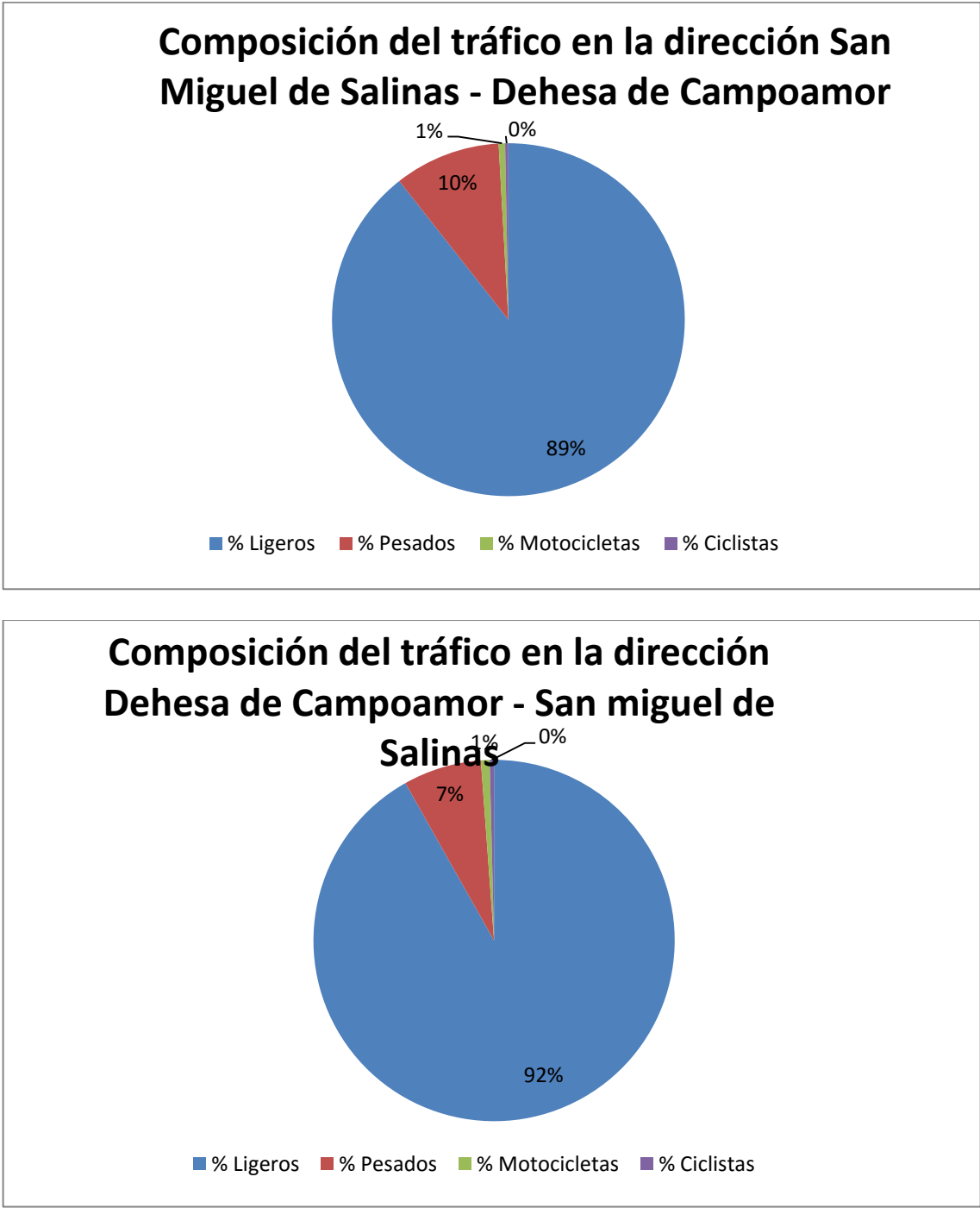


Fuente: Elaboración propia

Así, se estima que existe un mayor volumen de tráfico que utiliza la carretera CV-941 para desplazarse desde el municipio de San Miguel de Salinas hacia Dehesa de Campoamor que el sentido opuesto, concretamente, el 56, 88% frente al 43, 12%.

De los aforos se ha extraído además la composición del tráfico en ambos sentidos. Cabe destacar que este es bastante similar y que, en ambos casos, el tráfico de vehículos de al menos cuatro ruedas es el principal componente del flujo.

Ilustraciones 5 y 6: Composición del tráfico en ambos sentidos de la carretera CV-941



Fuente: Elaboración propia

En la dirección más utilizada por los usuarios, desde San Miguel de Salinas hacia Dehesa de Campoamor, los principales usuarios de la vía son vehículos ligeros. Además, destaca la utilización de la carretera por parte de vehículos pesados, suponiendo estos un 10% del tráfico total. Por otra parte, los usuarios minoritarios son los ciclistas y las motocicletas, siendo estos un porcentaje inferior al 2% del tráfico total.

Por otra parte, en la dirección opuesta, desde Dehesa de Campoamor hacia San Miguel de Salinas, la composición es algo diferente. Destaca que el total de vehículos ligeros que utilizan la carretera CV-941 supone el 92% del tráfico total, los vehículos pesados el 7% y, igual que en el caso anterior, las motocicletas y los ciclistas ocupan un porcentaje inferior al 2%.

5. CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO

A partir de lo expuesto en el apartado 3.2 Intensidad Media Diaria de este mismo anejo, se ha estimado que la IMD de vehículos pesados en el año de puesta en servicio será:

$$IMD_p = 221 \text{ veh. pesados/día}$$

Como no se dispone de datos concretos sobre la asignación por carriles para el tráfico pesado en el año 2.020, se estima que sobre cada uno de los carriles incide la mitad de los vehículos pesados que circulen por la calzada. Por lo tanto:

$$IMD_{p \text{ POR CARRIL}} = 0,5 \cdot IMD_p = 110 \text{ veh. pesados/día}$$

Existen ocho categorías de tráfico pesado definidas en la normativa vigente (Norma 6.1 IC. Secciones de firme) según la IMD_p que se prevea para el carril de proyecto en el año de puesta en servicio

Ilustración 7: Categoría de tráfico pesado

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMD_p	<200	<100	<50	<25
(vehículos pesados/día)	≥100	≥50	≥25	

Fuente: Norma 6.1-IC. Secciones de firme

Por lo tanto, se estima que en el año de puesta en servicio, teniendo en cuenta el crecimiento estimado anteriormente en este mismo documento, la categoría del tráfico pesado será T31.

6. NIVEL DE SERVICIO

Para el cálculo de niveles de servicio se aplicará la metodología del Manual de Capacidad 2010 del Transportation Research Board de los Estados Unidos de América (HCM 2010).

Este define las funciones que las carreteras convencionales tienen dentro del sistema de comunicación terrestre y establece que:

- Las carreteras convencionales dan servicio a una amplia variedad de funciones del tráfico.
- Dichas carreteras soportan un gran número de viajes en bicicletas y debe tenerse en cuenta la variedad o disparidad de las funciones que coexisten en estas vías.
- La principal función es favorecer un sistema de movilidad eficiente.
- Estas vías premian la accesibilidad entre diferentes puntos del territorio.

Además, clasifica las carreteras convencionales en diferentes clases:

- Clase 1: los motoristas desean ir a una velocidad relativamente elevada y la principal ruta une dos ciudades. En general, son vías que soportan largos desplazamientos.
- Clase 2: los motoristas no esperan ir a altas velocidades y, generalmente, sirven como vías de acceso a las carreteras de Clase 1. Además, los viajes que soportan son relativamente cortos, o bien el principio o final de un trayecto más largo. También puede tratarse de viajes en los que el paisaje, el entorno o las vistas jueguen un papel fundamental.
- Clase 3: situadas en zonas moderadamente desarrolladas. Pueden ser parte de una carretera convencional clasificada en algunas de las clases anteriores que cruce una pequeña ciudad o un área en desarrollo. Generalmente estas carreteras o segmentos de carreteras suelen tener asociada una reducción del límite de velocidad que refleja la alta actividad.

Teniendo en cuenta los efectos geométricos, el tráfico y los factores ambientales, puede clasificarse la carretera CV-941 como una carretera convencional de clase 2.

6.1. NIVEL DE SERVICIO DE LA CARRETERA EXISTENTE

Para obtener la velocidad en flujo libre es necesario conocer:

- Factor de ajuste fls. A partir de un ancho del carril de 10,66 ft y un ancho de arcén de 0,98 ft, se obtiene que fls = 5,3 mi/h
- El factor de ajuste debido a la densidad de accesos, fa, es 1,257 teniendo en cuenta que el tramo de estudio presenta 4,99 accesos/mi de media
- La velocidad en flujo libre base, BFFS, es 47,3 mi/h

La velocidad en flujo libre es, por tanto:

$$FFS = BFFS - fls - fa = 40,7 \text{ mi/h}$$

Con el objetivo de conocer el porcentaje de tiempo en cola debe estimarse:

- Flujo de vehículos en ambas direcciones, desde San Miguel de Salinas hacia Dehesa de Campoamor (identificada como dirección 1 en las tablas adjuntas) y viceversa (correspondiente a la dirección 2).
- Factor de pendiente, Fg,ptsf, teniendo en cuenta que el tipo de terreno objeto de estudio es llano
- Factor de equivalencia de pesados, Et, a partir del tipo de terreno y el tráfico pesado usuario de la vía.
- Factor de equivalencia de recreativos, Er, teniendo en cuenta el tipo de usuarios de la carretera.
- Factor de ajuste de pesados, Fhv,ptsf, obtenido a partir de la distribución de los usuarios de la vía y de los factores de equivalencia calculados previamente.
- Tasa de flujo de demanda, Vd,ptsf, entendido como el cociente entre el flujo de vehículos que utiliza cada una de las direcciones y el producto del factor de pendiente y el factor de ajuste de pesados.
- Los coeficientes a y b que permitan calcular el porcentaje base
- Porcentaje base, BPTSFd.
- Total de vehículos que recorre el tramo de vía en ambas direcciones cada hora.
- Factor de ajuste de no adelantamiento.

Todos estos valores se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 1: Cálculo del nivel de servicio

Flujo en dirección 1	219	vh/h
Flujo en dirección 2	166	vh/h
	Dirección 1	Dirección 2
Factor de pendiente Fg,ptsf	1.00	1.00
Factor equivalencia pesados Et	1.10	1.10
Factor equivalencia recreativos Er	1.00	1.00
Factor ajuste de pesados Fhv,ptsf	1.00	1.00
Tasa de flujo demanda Vd,ptsf	221.000000	167.000000
Coefficiente a	-0.0013	-0.0015
Coefficiente b	0.981	0.970
Porcentaje base BPTSFd (%)	22.373	19.187
v	388	pc/h
Factor ajuste no adelantamiento	63.032	%

Fuente: Elaboración propia

Y a partir de ellos es posible estimar el porcentaje de tiempo en cola, PTSF:

$$PTSF_{dirección\ 1} = BPTSFd + f_{np,PTSF} \cdot \left(\frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}} \right) = 58,3 \%$$

$$PTSF_{dirección\ 2} = BPTSFd + f_{np,PTSF} \cdot \left(\frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}} \right) = 46,3 \%$$

Teniendo en cuenta que la carretera CV-941 es una carretera de Clase 2, a partir del factor de tiempo en cola puede estimarse el nivel de servicio. En la dirección donde el volumen de tráfico es mayor, desde San Miguel de Salinas hacia Dehesa de Campoamor, el nivel de servicio es B. Sin embargo, en la dirección opuesta, desde Dehesa de Campoamor hacia San Miguel de Salinas, el nivel de servicio es C.

Por lo tanto, el nivel de servicio del tramo de la carretera objeto de estudio es

NIVEL DE SERVICIO C

6.2. NIVEL DE SERVICIO TRAS EL ACONDICIONAMIENTO

En este caso se procede de forma análoga al apartado anterior. Deberá tenerse en cuenta que la intensidad media diaria calculada para el año horizonte en el apartado 3.2 de este documento. Además, la composición del flujo de vehículos para cada sentido de circulación se supone invariable, es decir, la ruta San Miguel de Salinas-Dehesa de Campoamor será utilizada por un 56,88% del total de vehículos que utilicen la carretera CV-941.

Las variables a tener en cuenta se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2: Cálculo del nivel de servicio

Flujo en dirección 1	230	vh/h
Flujo en dirección 2	174	vh/h
	Dirección 1	Dirección 2
Factor de pendiente F_g, ptsf	1.00	1.00
Factor equivalencia pesados E_t	1.10	1.10
Factor equivalencia recreativos E_r	1.00	1.00
Factor ajuste de pesados F_{hv}, ptsf	1.00	1.00
Tasa de flujo demanda V_d, ptsf	232.000000	175.000000
Coefficiente a	-0.0013	-0.0015
Coefficiente b	0.979	0.968
Porcentaje base BPTSFD (%)	23.614	20.236
v	407	pc/h
Factor ajuste no adelantamiento	63.499	%

Fuente: Elaboración propia

Y, por lo tanto, el porcentaje de tiempo en cola, PTSF:

$$PTSF_{\text{dirección 1}} = BPTSFD + f_{np,PTSF} \cdot \left(\frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}} \right) = 59,8 \%$$

$$PTSF_{\text{dirección 2}} = BPTSFD + f_{np,PTSF} \cdot \left(\frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}} \right) = 47,5 \%$$

Así, en el año 2.020, año de puesta en servicio, se estima que la carretera CV-941 tendrá un nivel de servicio:

NIVEL DE SERVICIO C

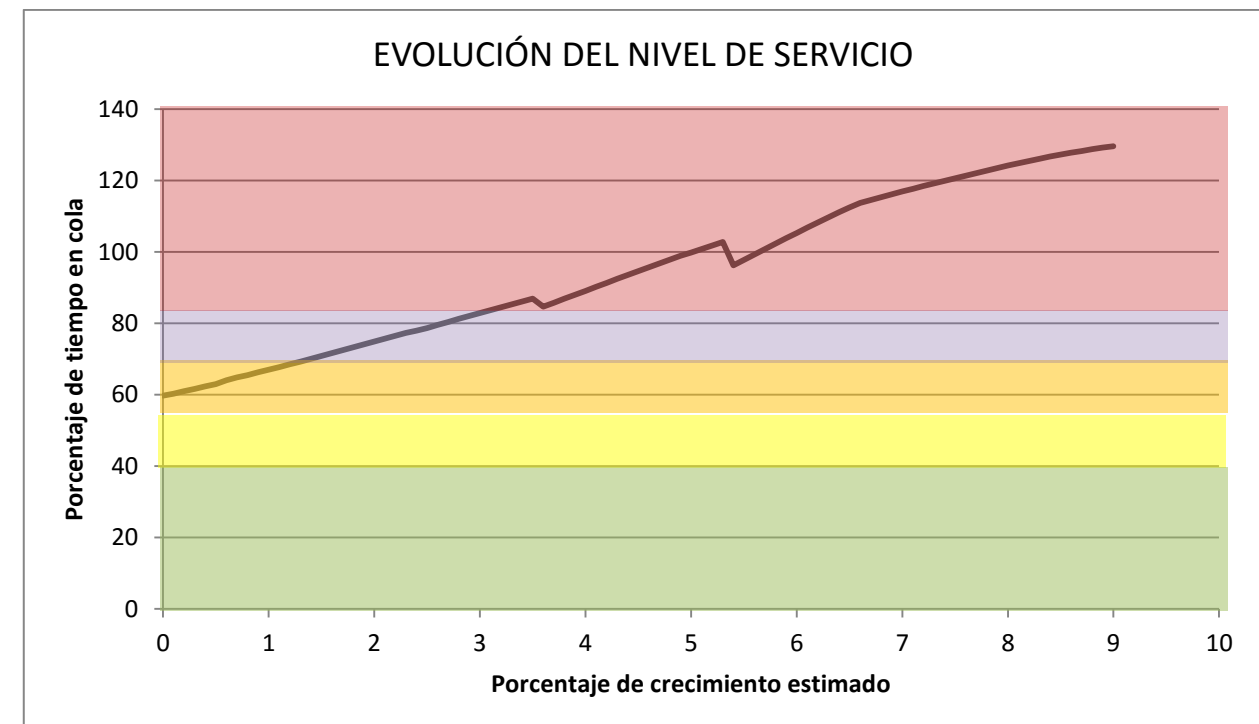
6.3. ESTIMACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS

La estimación del tráfico en un tiempo futuro conlleva siempre una determinada incertidumbre. Además, las oscilaciones que ha sufrido el volumen de tráfico que circula por las carreteras españolas en los últimos años dejan una situación incierta en la que aumenta la dificultad de conocer escenarios futuros. A pesar de estas dificultades, puede suponerse que en un escenario futuro:

- La carretera CV-941 soportará al menos el mismo volumen de tráfico que soporta en el año de redacción de este proyecto, 2.016.
- Ante un crecimiento del tráfico, el nivel de servicio de la carretera aumentará, mermando así la capacidad de la misma.

Suponiendo diversas hipótesis de crecimiento, pueden estudiarse los posibles escenarios futuros que determinarán la capacidad de la carretera en el año horizonte, 2.040.

Ilustración 8: Nivel de servicio en posibles escenarios futuros



Fuente: Elaboración propia

Las dos primeras franjas, de color amarillo y verde, corresponden a un porcentaje de tiempo en cola inferior al 55%, es decir, a un nivel de servicio A y B respectivamente. En el año de redacción del presente proyecto el nivel de servicio estimado era peor desde el punto de vista de la capacidad, por lo que no existe probabilidad de que estos escenarios aparezcan en el año horizonte.

Si el volumen de tráfico en el año horizonte ha aumentado entre un 0 y un 1,3%, el nivel de servicio de la carretera CV-941 será C, tal como se ha representado en la Ilustración anterior. Este intervalo se ha destacado en color naranja.

La franja violeta representa un escenario en el que el nivel de servicio de la carretera sería D. Este se daría en caso de que el crecimiento de tráfico estuviera comprendido entre un 1,4% y un 3,2% respecto al volumen del año de puesta en servicio de la infraestructura.

Finalmente, en caso de que el aumento de tráfico fuera superior a un 3,3%, lo que implicaría una intensidad media diaria (IMD) superior a 7.900 vehículos diarios, el nivel de servicio sería E y la capacidad de la vía estaría en pésimas condiciones de capacidad.

7. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El objeto de este análisis es obtener una estimación estadística de las posibles variaciones de nivel de servicio de la carretera CV-941 en función de diferentes composiciones de flujo. Así, se simulará una posible situación futura a partir de una muestra obtenida de manera aleatoria.

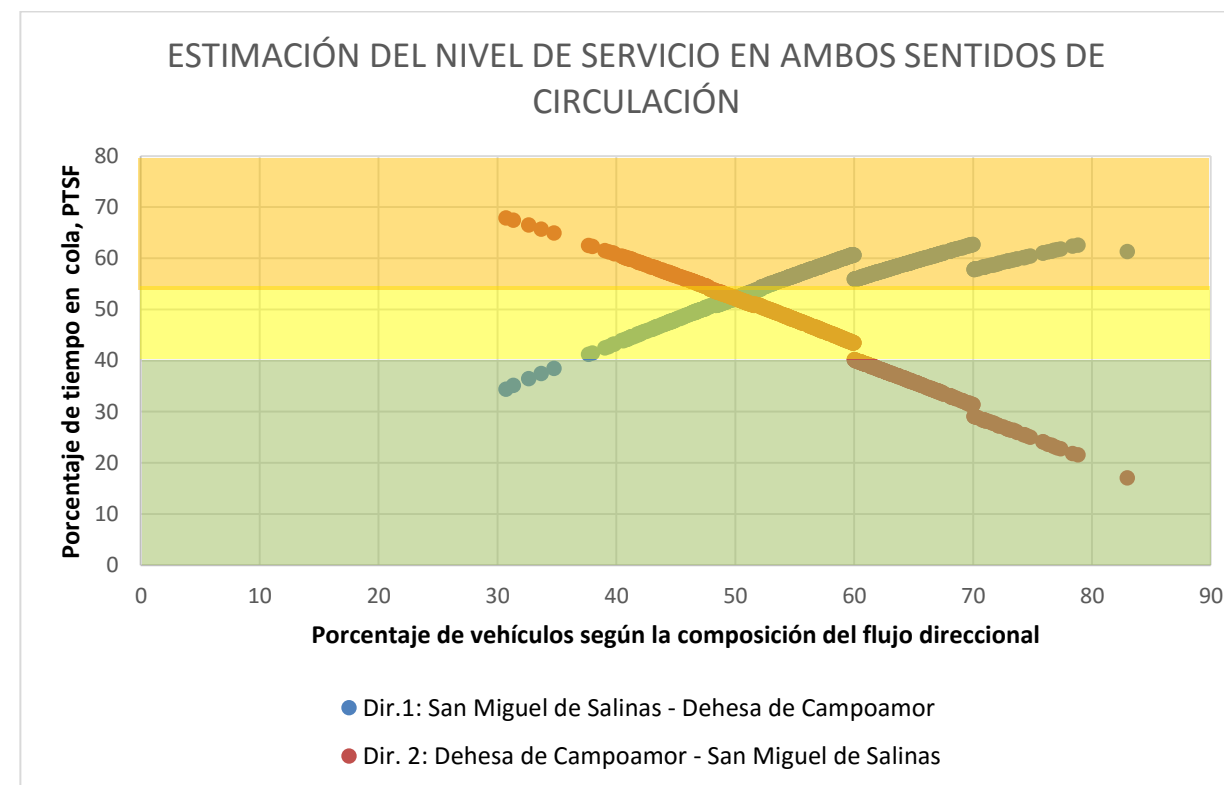
A partir de las variables utilizadas para estimar el nivel de servicio, en el análisis de MonteCarlo se estiman los valores de porcentaje de tiempo en cola que se obtendrían en 1.000 situaciones diferentes. El número de escenarios a estudiar puede variar en función de la precisión que se requiera obtener en los resultados.

La distribución estadística que sigue la función de probabilidad utilizada en esta estimación se aproxima a una distribución binomial, de la que ha de obtenerse la función de distribución de probabilidad asociada. En este caso, la función viene definida por los parámetros:

- Media esperada: 56. Corresponde con el porcentaje de flujo de tráfico en la dirección que soporta un volumen de tráfico superior.
- Desviación típica esperada: 8%

Representando los datos obtenidos en ambas direcciones se obtiene el siguiente esquema:

Ilustración 9: Estimación del nivel de servicio a partir del análisis de sensibilidad



Fuente: Elaboración propia

La primera zona, señalada en color verde, delimita la zona comprendida entre 0 y 40 del valor de PTSF, es decir, lo que en una carretera del grupo 2 como la CV-941 implica un nivel de servicio A. La probabilidad de que se de esta situación es bastante baja e implicaría que la mayor parte del tráfico estuviera soportado por el sentido contrario al de P.K., es decir, desde Dehesa de Campoamor hacia San Miguel de Salinas.

La zona comprendida entre los porcentajes de tiempo en cola entre el 40 y el 55% se ha representado en color amarillo y corresponde a un nivel de servicio B para carreteras del grupo 2. Esta zona supone que el flujo de tráfico en ambas direcciones sea similar, distando un sentido del otro un 20% como máximo. Destaca también que esta zona es la que engloba mayor probabilidad, es decir, entre todas las situaciones estudiadas, el flujo de vehículos que transita por la carretera supone mayoritariamente que el nivel de servicio de la misma sea B.

En caso de que sea el sentido más cargado el que va desde San Miguel de Salinas hacia Dehesa de Campoamor, el nivel de servicio de la carretera CV-941 será C. Este caso se ha representado en color naranja y, tras el estudio de 1.000 escenarios diferentes mediante la simulación de Monte Carlo, es la situación más improbable.



APÉNDICE 1

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN AFÍN

