

Trabajo final de Grado

ANEJO 2 – ANÁLISIS DEL TRÁFICO

Análisis funcional y de seguridad vial de la carretera N-332 a su paso por los términos municipales de Gandía y Bellreguart entre los PK 220+700 y PK 220+900 (provincia de Valencia)

GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS

SEPTIEMBRE 2019

Curso 2018/19

Autor: Renato A. Aragundi Echeverría

Tutor: Vicente Melchor Ferrer Pérez



ÍNDICE DEL ANEJO 2

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO	3
2. ANÁLISIS DEL TRÁFICO ACTUAL	3
2.1. ÁREA DE ESTUDIO	3
2.2. RED VIARIA ACTUAL	3
2.3. ESTACIONES DE AFORO. DATOS INICIALES.	3
2.4. AFOROS MANUALES	5
2.5. ESTABLECIMIENTO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE TRÁFICO	6
3. DETERMINACIÓN DEL TRÁFICO FUTURO	7
3.1. SIN VARIANTE	7
3.1.1. OBTENCIÓN DEL TRÁFICO PARA EL AÑO DE PUESTA EN SERVICIO (2020) Y AÑO HORIZONTE (2040).	7
3.1.2. PROGNOSIS DE TRÁFICO	7
3.2. CON VARIANTE	7
3.2.1. OBTENCIÓN DEL TRÁFICO PARA EL AÑO DE PUESTA EN SERVICIO (2023) Y AÑO HORIZONTE (2043).	7
3.2.2. AFECCIÓN DE LA VARIANTE EN EL TRÁFICO FUTURO	8
4. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO	9
4.1. CAPACIDAD DE LA CARRETERA ACTUAL	9
4.2. CAPACIDAD DE LA ALTERNATIVA 1. ANÁLISIS DE LA GLORIETA.	9
4.2.1. MÉTODO DE CÁLCULO	9
4.2.1. EFECTO DE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS	10
4.2.2. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE GLORIETAS	11
4.3. NIVEL DE SERVICIO DE LA CARRETERA ACTUAL	11
4.3.1. INTRODUCCIÓN AL CÁLCULO DEL NIVEL DEL SERVICIO	12
4.3.1.1. Clases de carreteras del HCM	12
4.3.1.2. Indicadores para el cálculo del Nivel de Servicio en función de la clase de carretera	12
4.3.1.3. Metodología de análisis	12
4.3.1.4. Método para el cálculo del nivel de servicio	13
4.3.1.5. Determinación de la velocidad a flujo libre	13
4.3.1.6. Determinación de la intensidad de la demanda (Intensidad horaria equivalente)	13
4.3.1.7. Cálculo del Factor Pendiente o de trazado (Fi).	14
4.3.1.8. Cálculo del Factor de corrección por vehículos pesados (fp)	14
4.3.1.9. Estimación de la velocidad media de recorrido	14



4.3.1.10. Estimación del porcentaje de velocidad libre	14
4.3.1.11. Determinación del nivel de servicio	15
4.3.2. CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO.	15
4.3.2.1. Datos de partida.	15
4.3.2.2. Cálculos realizados	15
4.4. NIVEL DE SERVICIO DE LA ALTERNATIVA 2. GLORIETA	15
5. REFERENCIAS	16
APÉNDICE 1 – DATOS DE AFORO MANUAL	17
APÉNDICE 2 – TABLAS PARA EL CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO	20
APÉNDICE 3 – CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO	22
APÉNDICE 4 – CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA GLORIETA	25

1. Introducción y objeto del estudio

El principal objetivo de este anejo es analizar el tráfico y la afección que supone el paso de la N-332 por el municipio de Bellreguart, más en concretamente entre los PK 219+700 y 220+900, así como también su confluencia con otras vías. Para ello, se harán uso de las distintas estaciones de aforo, que se encuentran localizadas en la traza de la nacional y sus accesos, y de los aforos manuales realizados el día jueves 6 de junio del 2019.

A su vez, se determinará la capacidad de la vía y el nivel de servicio que dispone el trazado actual, así como de las diferentes soluciones propuestas.

2. Análisis del tráfico actual

2.1. Área de estudio

La zona en la que se ha centrado el estudio es un tramo de la travesía de la carretera N-332 a su paso por el municipio de Bellreguart, en la provincia de Valencia. Para poder analizar la variabilidad del tráfico, es necesario establecer una zona o tramo de estudio donde poder centrarse. Por tanto, se tendrá que delimitar dicha zona antes de proceder al análisis detallado del tráfico existente. Para este proyecto concretamente, los puntos kilométricos que comprende el área de estudio son del 219+900 al 220+700, teniendo en cuenta que el sentido ascendente es de Sur a Norte. Es necesario puntualizar que el tramo de estudio comprende desde la glorieta que conecta la N-332 con los municipios de Gandía y Bellreguart hasta la calle del Xalet del municipio de Bellreguart. En la Fig.1 se muestran los puntos correspondientes a los P.K citados.

El tramo de estudio comprende parte dos municipios, Gandía y Bellreguart, por lo que será necesaria la coordinación entre estos para su desarrollo

2.2. Red Viaria actual

Se dispone de un eje principal, correspondiente con la nacional N-332 en el tramo de estudio, que transcurre por el término municipal de Bellreguart. El tramo de estudio atraviesa un polígono industrial cuya titularidad es del municipio de Gandía. Se deberá tener presente que el trazado de la nacional discurre por suelo urbano. El tramo de estudio tiene una longitud aproximada 0,800 km, aunque la longitud total de la travesía es de 1,8 km. En la travesía se conectan dos carreteras autonómicas, la CV-673 y la CV-681, dichas carreteras conectan el municipio de Bellreguart a otros municipios cercanos. De esta forma, todo ello supone la existencia de una gran intensidad de tráfico con mucha variedad de movimientos a realizar y, por tanto, mayor dificultad para analizar el tráfico de la zona.

Las carreteras que discurren dentro del área de afección se resumen en la *Tabla1- Carreteras ubicadas dentro del área de estudio* con sus respectivas características



Fig 1. Vista aérea del tramo de estudio y de las carreteras circundantes. Fuente: Google Earth

Carretera	Extensión	Titularidad	Características
N-332	De Almería a Valencia	Ministerio de Fomento. Pertenece a la red de interés general del Estado (RIGE).	Calzada única de doble sentido de circulación. Carriles de 3,5m de ancho y arcén mínimo variable entre 0,20 y 0,75m.
	De Bellreguart a Guardamar de la Safor	Diputación de Valencia	Calzada única de doble sentido de circulación. Carriles de 3,5m de ancho y arcén variable
CV-681	De Bellreguart a Almoines	Diputación de Valencia	Calzada única de doble sentido de circulación. Carriles de 3,5m de ancho y arcén variable

Tabla 1. Descripción de carreteras que afectan a nuestro tramo de estudio

2.3. Estaciones de aforo. Datos iniciales.

Para poder caracterizar el tráfico de la zona, se ha partido de datos de aforos de distintas estaciones que se localizan a lo largo de la N-332 y de las carreteras que conectan con la anterior. Esta información se ha obtenido del Mapa de Tráfico 2017 del Ministerio de Fomento.

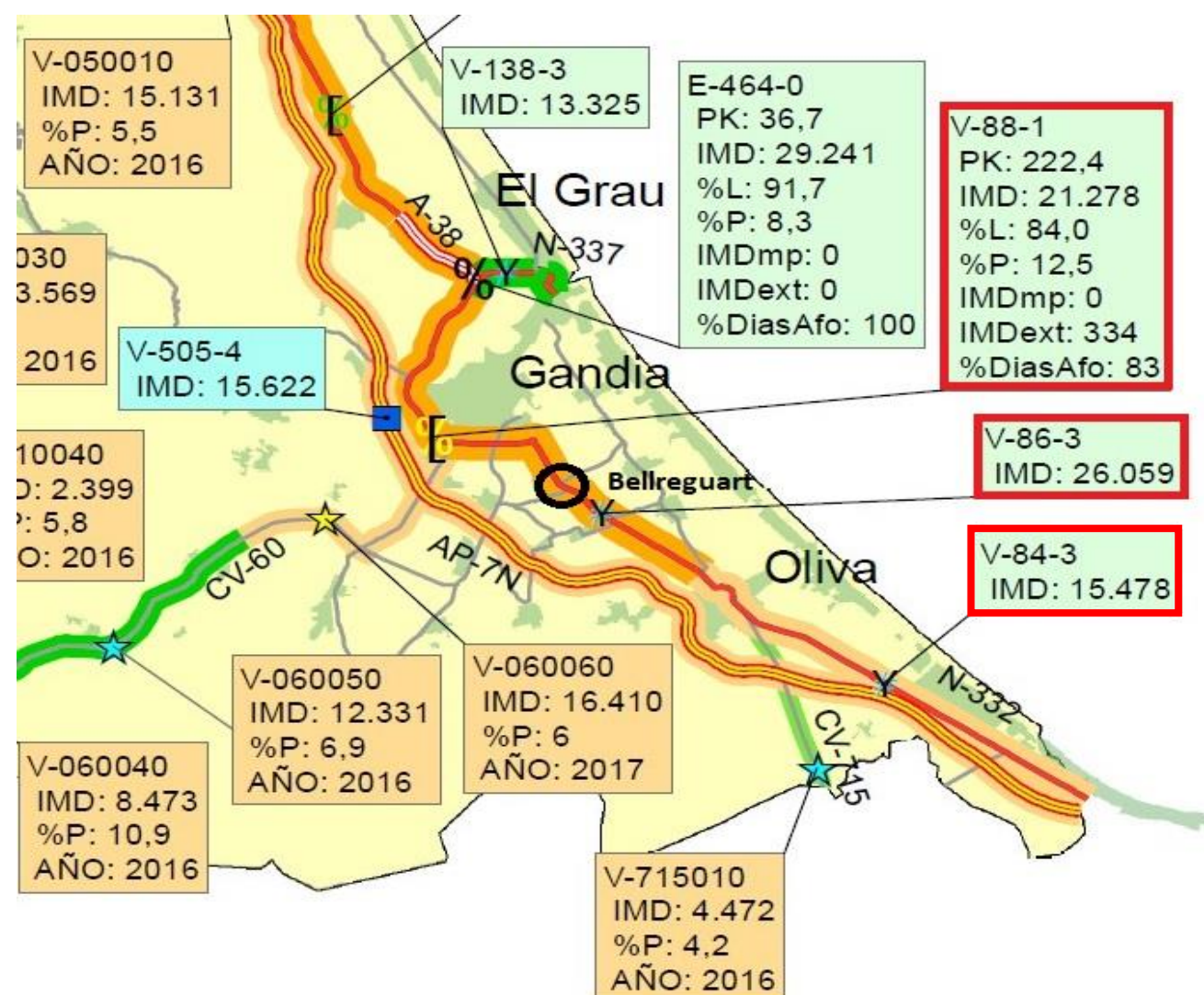


Fig.2. Posición de estaciones de aforo.

Para facilitar la comprensión, se ha estimado conveniente representar en una misma figura esquemática, la confluencia de las carreteras con el eje principal (la N-332) y, a su vez, la ubicación de las distintas estaciones de aforo que servirán para obtener los datos de aforo en los apartados sucesivos. Ver Fig. 2.

Las estaciones de aforo permanentes aforan 24 horas al día durante 365 días al año, mientras que las de cobertura aforan 24 horas durante 1 día laborable al año, las estaciones primarias aforan 24 horas durante 42 ó 49 días, distribuidos en 6 ó 7 semanas completas durante meses alternativos y siempre incluyendo agosto, y las estaciones secundarias aforan 24 horas durante 12 días laborables, distribuidos en dos días laborables cada dos meses.

La denominación de las estaciones de aforo correspondientes al Ministerio de Fomento consta de tres dígitos cuyo significado es el siguiente:

1º dígito: siglas de matrícula de la provincia. En el caso de estudio, V (Valencia) en las estaciones de cobertura. En el caso de las permanentes se sustituye por la letra E.

2º dígito: número de la estación. Código de tres cifras en la Red de Carreteras del Estado y de cantidad variable en las autonómicas.

3º dígito: tipo de estación. Indica la tipología y el tiempo teórico de aforo:

- O: Permanente
- 2: Secundaria
- 1: Primaria
- 3: Cobertura

Obtención de datos a partir de las estaciones de aforo

Una vez identificado el lugar donde se encuentran las distintas estaciones de aforos que rodean el tramo objeto del estudio, se procederá a mostrar los datos de IMD y % de pesados que aportan.

Se ha redactado una tabla con los diferentes datos obtenidos de distintas fuentes a lo largo de varios años. Ver *Tabla 2-Datos de las estaciones situadas en la zona de estudio y anexas con sus respectivos valores de IMD*.

El ministerio de Fomento recoge en su Mapa de Tráfico de 2017 y en su página web (www.fomento.es) cualquier tipo de dato que se desee obtener de las distintas estaciones que tiene distribuidas. Estos datos abarcan, en algunos casos, información actualizada desde el año 2017, siendo éstos últimos los más recientes en la actualidad.

Para el análisis de la carretera actual se han empleado los datos de aforo pertenecientes a las siguientes estaciones: la **V-88-1** de tipo cobertura situada en el PK 222,4 de la N-332, la **V-86-3** de tipo cobertura situada en el PK 219,3 de la N-332.

También se han tenido en cuenta otra estación que está más alejada del tramo de estudio pero que puede ser útil para analizar el tráfico que discurre por las partes sur y norte del tramo de estudio. La estación **V-84-3** situada en el PK 210,1 de la N-332.

Hay que tener en cuenta que la estación **V-84-3** de Oliva se encuentra bastante alejada del área de estudio, pero nos ayuda a hacer una aproximación del tráfico que pasará por nuestro tramo una vez construida la variante de la autovía A-38, variante de la Safor.

Estación	Código	V-88-1				V-86-3				V-84-3			
	Tipo	Primaria				Cobertura				Cobertura			
	Población	Gandia				Alqueria de la Conde				Oliva			
	Carretera	N-332											
	P.K.	222,4				218,3				210,1			
	Fuente	Ministerio de Fomento											
IMD		IMD _{TOTAL}	IMD _{LIGEROS}	IMD _{PESADOS}	%P	IMD _{TOTAL}	IMD _{LIGEROS}	IMD _{PESADOS}	%P	IMD _{TOTAL}	IMD _{LIGEROS}	IMD _{PESADOS}	%P
Años	2017	21278	18618	2660	12.5	26059	22802	3257	12.5	15478	14377	1101	7.1
	2016	20601	17882	2719	13.2	25512	22147	3368	13.2	15810	14716	1094	6.9
		2015	20139	17307	2832	14.06	22927	19562	3210	14	15460	14129	1140
	2014	19502	16951	2551	13.08	18938	16265	2462	13	15087	13810	1109	7.3
	2013	18830	16352	2478	13.16	21280	18419	2724	12.8	15115	13971	1060	7
		2012	19618	17639	1979	10.09	19785	17154	2572	13	15797	13723	1981
	2011	19710	17583	2127	10.79	21636	18566	2769	12.8	14695	12613	1884	12.8
	2010	20135	18081	2054	10.2	21522	19150	2195	10.2	14376	12792	1470	10.2
	2009	21220	19013	2207	10.4	21817	19371	2313	10.6	12944	11408	1367	10.6

Tabla 2- Datos de las estaciones situadas en la zona de estudio y anexas con sus respectivos valores de IMD. Fuente: Elaboración propia.

NOTA: IMD_T ≡ IMD_{total} ; IMD_L ≡ IMD_{ligeros} ; IMD_P ≡ IMD_{pesados} ; %P ≡ %P
Las casillas con el signo “-” significa que no se disponen de dichos datos

2.4. Aforos manuales

Desde un principio se podría haber partido de los datos de aforo que ofrecen las estaciones de aforo que dispone el Ministerio de Fomento, pero debido a los motivos expuestos con anterioridad, los puntos donde se encuentran las estaciones no representarían correctamente el flujo de vehículos que discurren por la nacional. Por lo tanto, se ha visto la necesidad de realizar un aforo manual en un punto concreto de la travesía.

Se decidió realizar un aforo manual en el entorno del acceso 1, de esta manera no sólo se obtenían los aforos de la N-332, sino que además se podía estudiar el funcionamiento de dicha intersección para posteriores estudios. La toma de aforos manual se realizó el día XX de junio desde las 8am hasta las 14:00am, de acuerdo con las características de aforamiento de las estaciones de aforo de cobertura de Ministerio de Fomento, con el fin de aportar suficiente información para caracterizar el tráfico de la zona.

El aforo se basó en el cómputo de vehículos distinguiendo entre vehículos ligeros, entre ellos, automóviles y motocicletas, y por otro lado vehículos pesados. Es importante destacar que se realizó en un día laborable en el cual las condiciones meteorológicas eran buenas.

En la Fig. 3 se muestra la zona dónde se realizó el aforamiento así como los distintos movimientos que fueron aforados para posteriormente determinar la IMD en distintas secciones de la carretera de estudio.

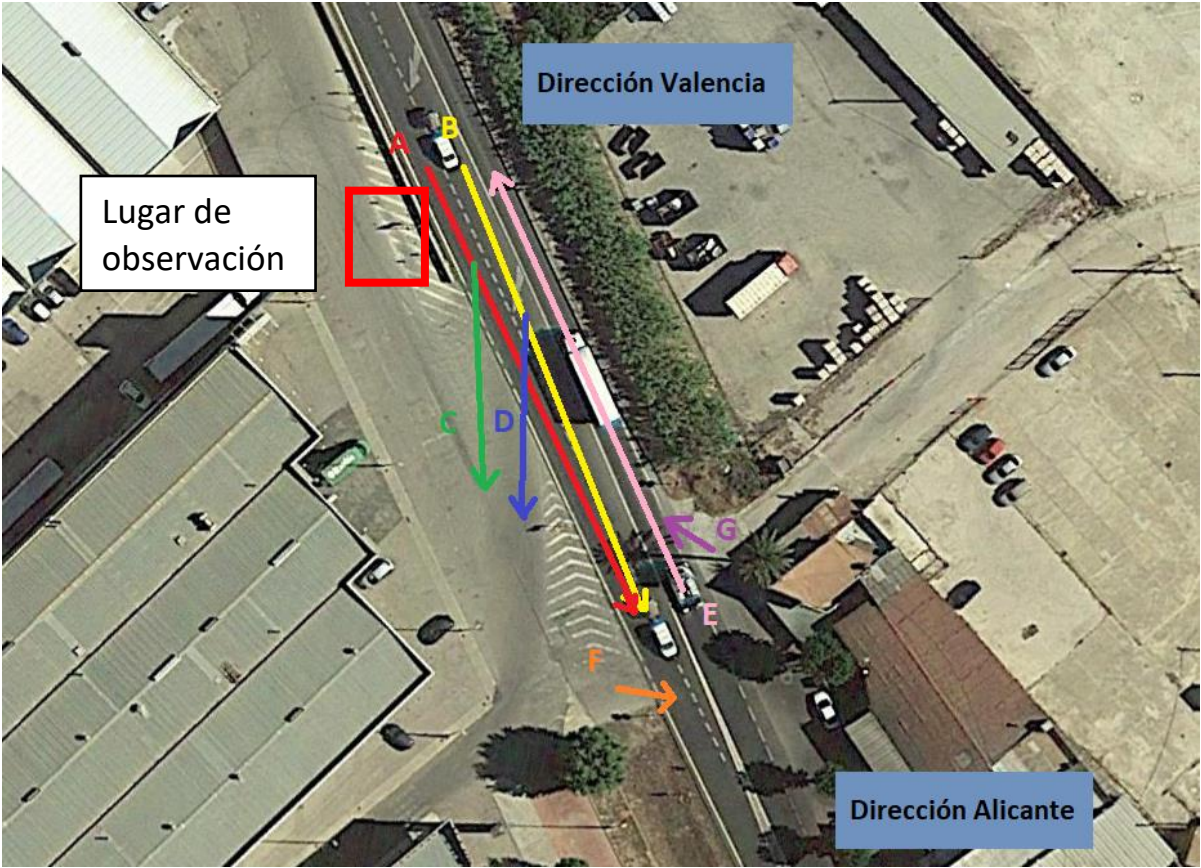


Fig 3. Movimientos aforados de la N-332 y el acceso 1

Movimiento	A	B	C	D	E	F	G
Ligeros	2209	1419	582	313	3947	50	5
Pesados	397	80	28	24	555	2	2
Motos	65	38	56	28	176	0	0
Total	2671	1537	665	365	4679	52	7

Tabla 3-Datos del aforo manual. Fuente: Elaboración propia.

Además, se han incluido en el Apéndice 1 los estadillos correspondientes a la toma de datos. En la Tabla 3- Datos del aforo manual se muestran los resultados obtenido tras el aforo distinguiendo entre ligeros, motocicletas y pesados.

A continuación, se va a proceder al cálculo de la IMD a partir de los datos obtenidos de las estaciones de aforo manuales. Estos datos corresponden a la intensidad de tráfico de las 6 horas aforadas, en un día cualquiera. Por este motivo, partiendo de los mismos se deberá obtener un valor equivalente de IMD que corresponda a la intensidad diaria real.

2.5. Establecimiento de la situación actual de tráfico

En primer lugar, se han de tratar los datos obtenidos del aforo manual para poder trabajar con unos resultados óptimos. Para la obtención de la IMD de la N-332 en dirección Alicante se sumarán los movimientos A+B+C+D+F. Por otro lado, para obtener la IMD de la N-332 en dirección Valencia se sumarán los movimientos E+G. En la tabla 4- Datos de IMD se muestran las IMD durante 6 horas divididas por sentidos y secciones de cada carretera.

	Ligeros	Pesados	Motocicletas	Total
Sentido Norte	4523	529	187	5238
Sentido Sur	3952	557	176	4686
Total N-332	8475	1086	363	9924
%Pesados	11%			

Tabla 4. Aforos manuales según sentidos

Como se han partido de datos de aforamientos de estaciones de cobertura manual, para la obtención de la IMD se necesitarán unos coeficientes pertenecientes a las estaciones afines, los cuales son variables cada año. Hay que tener en cuenta que el aforo manual se realizó en junio de 2019.

Por lo tanto, la IMD que se obtendrá de ese dato corresponderá al año 2019. Pero, los datos de estaciones de aforo afines para la obtención de los coeficientes son pertenecientes al Mapa de Tráfico del Ministerio de Fomento del año 2017. Como a fecha de la realización del presente trabajo no se disponen de datos más actuales, se van a hacer uso de los mismos, a sabiendas de que no son realmente los más recientes.

En resumen, para obtener la situación actual del tráfico por la nacional se partirá de los datos de los aforamientos realizados en junio de 2019, y los coeficientes de las estaciones afines del año 2017.

Para la obtención de los coeficientes de las estaciones afines de la N-332 se va a hacer uso de la estación de aforo V-88-1. Debido al carácter de la nacional y por proximidad se ha estimado conveniente establece la estación de V-88-3 como estación afín al tramo de estudio. Por tanto, se tomarán los coeficientes de dicha estación.

El cálculo de la IMD a partir de los datos de aforo se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$IMD = IMDA16 \cdot F = IMDA6 \cdot K \cdot F$$

Siendo:

IMD \equiv Intensidad media diaria de vehículos, medida en veh/día.

IMDA16 \equiv Intensidad media diaria de vehículos registrada con los aforos de 16 horas de duración, medida en veh/día.

IMDA6 \equiv Intensidad media diaria de vehículos registrada con los aforos de 6 horas de duración, medida en veh/día.

F \equiv Factor de conversión que se obtiene del producto de los factores de nocturnidad (N), de estacionalidad (L) y de festivos (S). Es decir: $F = N \cdot L \cdot S$

K \equiv Factor de expansión que relaciona directamente la IMDA16 con la IMDA6.

El método clásico de utilización de los coeficientes L, N, S permite conocer el comportamiento de un cierto periodo de tiempo respecto a otro mayor (días, meses, años) de forma que con aforos o encuestas realizadas en un breve período de tiempo se puede expandir a la totalidad del día, mes o año.

Los factores de conversión y expansión vienen definidos por los datos que se recogen en las estaciones de aforo, en este caso por la estación V-88-1.

Estos factores normalmente vienen determinados para cada mes del año. Por tanto, para el cálculo de la IMD en el mes junio se tomarán los factores de conversión y expansión del mes junio. También hay que recalcar que estos factores están diferenciados, en el caso de los datos que provienen del Ministerio de Fomento, en función de si se trata de ligeros, pesados o se contabilizan de forma total.

Estación	Factor Mes	Estacionalidad	Expansión	Nocturnidad	Festivos
V-88-1	Junio	0.95	2.48	1.12	0.96

Tabla 5. Coeficientes de estación afín V-86-3. Fuente: Mapa de tráfico 2017

Por tanto, se obtiene una IMD total y de pesados de:

$$IMD = (IMDA16) \cdot i \cdot F_i = (IMDA6) \cdot i \cdot K_i \cdot F_i$$

IMD 6h	9924
IMD 16h	24611
IMD 24h	25138
IMD Pesados	2752

Tabla 6. Situación del tráfico actual

Únicamente hemos considerado la utilización de los coeficientes de la estación V-88-1 ya que es la estación con coeficientes más próxima al tramo de estudio y que mejor refleja el tráfico existente.

En este caso, después de haber aplicado los coeficientes que relacionan la estación de aforo de cobertura V-88-1 con el conteo de nuestro aforo manual, se ha obtenido una IMD de 25699 veh/día, con un volumen de pesados de 2810 veh/día. Además, se va a considerar una distribución 50/50 para ambos sentidos de circulación en ambas carreteras.

3. Determinación del tráfico futuro

3.1. Sin variante

3.1.1. Obtención del tráfico para el año de puesta en servicio (2020) y año horizonte (2040).

Una vez conocido el tráfico actual, se plantea conocer el valor que tendrá éste en el que se ha determinado como año horizonte del proyecto de variante que concierne a este anejo, 2043. Se aprovecha para recordar que el año horizonte se establece 20 años después de la puesta en servicio de la carretera, en este caso, 2023.

En este caso solamente ha sido necesario aplicar los coeficientes expuestos en el Boletín Oficial del Estado publicado el 23 de diciembre de 2010 en la "Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento", concretamente en el anexo II- Parámetros de eficiencia para los estudios y proyectos de carreteras, los valores concretos son los que aparecen reflejados en la Tabla 7.

Incremento anual acumulativo	
2010-2012	1.08%
2013-2016	1.12%
2017 en adelante	1.44%

Tabla 7- Incrementos anuales acumulativos

La fórmula que se necesita para aplicar el correspondiente incremento anual es la siguiente:

$$IMD_{pt} = IMDPI \cdot (1 + c)^n$$

Siendo:

$IMD_{pt} \equiv$ La intensidad media diaria de vehículos del año final de la serie de datos. En este caso 2020.

$IMDPI \equiv$ La intensidad media diaria de vehículos del año origen. En este caso, 2019.

$c \equiv$ Porcentaje de crecimiento anual del tráfico en tanto por uno.

$n \equiv$ Años transcurridos entre el año inicial y el año final que se quiere estimar. Esto es 2023-2019=4.

Aplicando la formulación descrita se obtiene una IMD para el año de puesta en servicio, 2023, de 26618 veh/día y 2752 veh pesados/día

Año	2019	2020	2021	2022	2023
Incremento anual acumulativo	1.44%				
IMD (Vh/día)	25138	25500	25868	26240	26618
IMD Pesados	2752	2791	2832	2872	2914

3.1.2. Prognosis de tráfico

En base a las predicciones de crecimiento indicadas en la Tabla 6- Incrementos anuales acumulativos, se determinarán las IMD's resultantes de la prognosis de tráfico en la que se dispone de la prognosis anual de tráfico que, a modo de resumen de todo lo enunciado hasta ahora, abarca desde el año 2019 hasta el año horizonte 2043.

3.2. Con Variante

3.2.1. Obtención del tráfico para el año de puesta en servicio (2023) y año horizonte (2043).

En la actualidad, se encuentra en fase de licitación Variante de Safor de la Autovía A-38, Tramo Oliva Sur – Inicio de la variante de Gandía. Dicho tramo de autovía evitará el paso de gran parte del tráfico actual por el tramo de análisis y, por tanto, la IMD del tramo de estudio de este proyecto variará considerablemente una vez esta variante esté construida. Véase figura 4.

Según consta en el acta de licitación, se prevé el inicio de las obras en diciembre de 2019 con un plazo de ejecución de 29 meses. Por ello hemos considerado apropiado suponer que el año de puesta en servicio de la variante será en 2023.

En ocasiones es una incógnita los cambios que puede implicar la modificación del trazado en el comportamiento de los usuarios. Aún así, es necesario realizar algunas hipótesis con el fin de prever de la mejor manera posible el tráfico en la zona de estudio y, con ello, actuar en consecuencia.

3.2.2. Afección de la variante en el tráfico futuro

En primer lugar, podemos suponer que al conectarse la nueva variante con el inicio de la variante de Gandía de la N-332, los vehículos de largo recorrido que anteriormente cruzaban la población de Bellreguart para dirigirse al Sur en dirección Alicante, tomarán la nueva variante.

Por otra parte, también podemos suponer que los vehículos que antes pasaban por la población de Bellreguart para dirigirse hacían el Norte en dirección Valencia o a la población de Gandía, en un futuro tomarán la nueva variante.

Estas dos suposiciones nos llevan a concluir que, en un futuro, una vez finalizada y puesta en marcha la variante de la Safor de la autovía A-38, será únicamente el tráfico local el que haga uso de nuestro tramo de estudio. Es por ello que se acepta como válida la hipótesis de que en nuestro tramo se producirá una reducción del tráfico proporcional a la diferencia que hay en la actualidad entre la IMD de la estación V-88-1, 21278 veh/día y la estación V-86-3, 26059 veh/día. Obtenemos un valor del tráfico local de 4781 veh/día por lo que con la nueva variante se producirá una reducción del tráfico del 81.6% y el porcentaje de pesados pasará a ser únicamente del 5%.

Fig.4. Tramo Oliva Sur-Inicio de la variante de Gandía. Autovía A-38. Variante de la Safor.

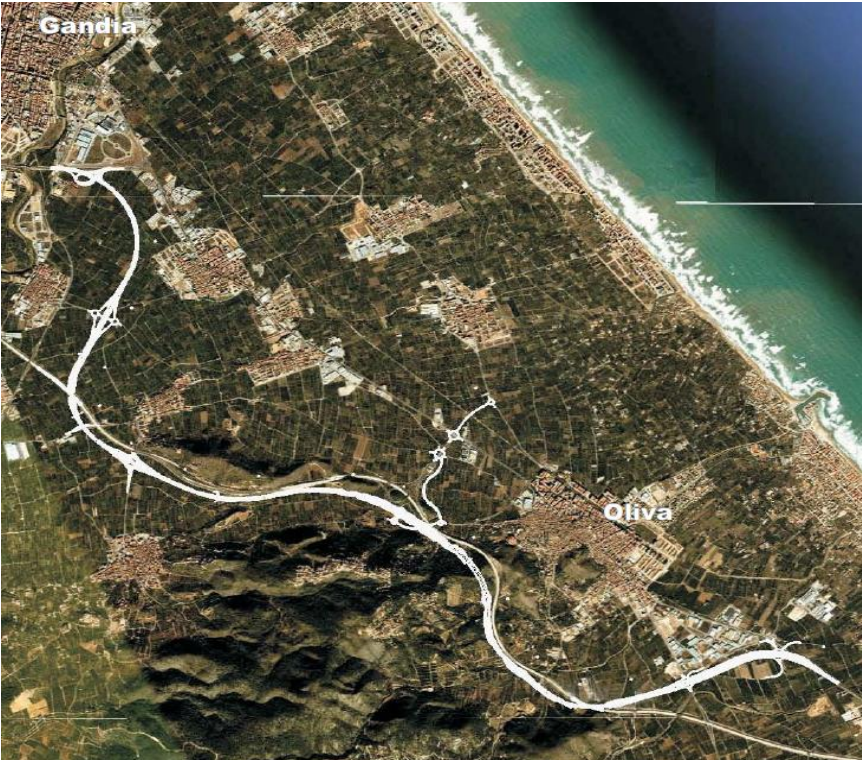


Fig. 5. Posición del tramo de estudio respecto a la variante.



Año	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
Incremento anual	1.44%																			
acumulativo																				
IMD (Vh/día)	4878	4949	5020	5092	5166	5240	5315	5392	5470	5548	5628	5709	5792	5875	5960	6045	6132	6221	6310	6401
IMD Pesados	242	246	249	253	257	260	264	268	272	276	280	284	288	292	296	300	305	309	314	318

	IMD (veh/día)	%Pesados
Año de puesta en servicio (2023)	4878	5%
Año horizonte (2043)	6401	

4. Estudio de la capacidad y niveles de servicio

El objetivo principal del este apartado es la realización de un análisis de la capacidad y el nivel de servicio de la N-332 en el tramo que va desde el PK 219+700 hasta el PK 220+900 para estimar cuál es la máxima intensidad que puede soportar nuestra vía en condiciones óptimas y razonables sin alcanzar el colapso de ella. Por tanto, debemos estudiar el número de vehículos que podrían circular en un determinado tiempo para unas condiciones específicas. Para el análisis de la capacidad y los niveles de servicio se ha utilizado el *Highway Capacity Manual 2010*.

El *Highway Capacity Manual (HCM) 2010* proporciona a los profesionales del transporte e investigadores un sistema coherente de técnicas para la evaluación de la calidad del servicio en las instalaciones de la carretera. El HCM no establece políticas relativas a una cualidad deseable por diversas regiones o circunstancias. Sus objetivos incluyen proporcionar un conjunto lógico de métodos de evaluación de los servicios de transporte.

4.1. Capacidad de la carretera actual

Se entiende por capacidad la máxima intensidad que puede atravesar una sección determinada de carretera durante un periodo de quince minutos, en unas condiciones dadas de la propia vía y del tráfico correspondiente. Se cuantifica en vehículos/hora y no se trata de un máximo absoluto, sino un máximo relativo a las condiciones geométricas de la carretera y a las características funcionales de su circulación.

Las condiciones patrón o ideales para las carreteras convencionales son las siguientes:

- Corriente ininterrumpida (sin semáforos, glorietas, etc.)
- Tráfico equilibrado
- Vehículos ligeros exclusivamente
- Anchura de carril $\geq 3,6\text{m}$
- Anchura de arcén $\geq 1,8\text{m}$
- Perfil longitudinal llano
- Sin zonas con adelantamiento prohibido

Obviamente coincidir al completo con estas características es una hazaña que se torna en la mayoría de los casos imposible. Razón por la cual se aplican una serie de coeficientes que corrigen en cierto modo las desviaciones respecto del patrón. Concretamente estos intervienen en la formulación que se expresa a continuación:

$$Cd = 1700 \cdot Fi \cdot Fp$$

Siendo:

$Fi \equiv$ factor de pendiente para velocidad media (Tabla 3-Apéndice II)

$Fp \equiv$ factor de pesados para velocidad media (Tabla 4-Apéndice II)

Está asociada a carreteras de clase III ya que el tramo de estudio se engloba en esta clase porque es una vía por la que los conductores no esperan circular a velocidades elevadas. Así pues, el cálculo de la capacidad en este tipo de carreteras se basa en la velocidad media de recorrido, al igual que la obtención del nivel de servicio (NS), como se verá en los vinientes apartados. En cuanto a los factores que aparecen, una puntualización importante es que a pesar de emplearse las mismas tablas para buscarlos que las necesarias para el cálculo del nivel de servicio, se ha de considerar como datos de entrada en dichas tablas un FHP igual a la unidad y una intensidad superior a los 900 veh/h.

En condiciones ideales, la máxima capacidad teórica es de 3200 vehículos ligeros/hora para la calzada completa y de 1700 vehículos ligeros/hora para un solo sentido.

4.2. Capacidad de la alternativa 1. Análisis de la glorieta.

Con el objetivo de evitar el colapso de las glorietas que se han planteado instalar en esta alternativa, se pretende calcular la capacidad de las mismas y posteriormente calcular su nivel de servicio.

Una calzada anular no funciona como una serie de tramos de trenzado, sino que se comporta como una suma de intersecciones en “T” en la que los vehículos entrantes se insertan directamente en el flujo circular cuando se produce el hueco necesario para ello.

Por tanto, esto lleva a sustituir el concepto global de capacidad de una glorieta, por el concepto de capacidad de una entrada y se admite que ésta no deriva exclusivamente de sus características geométricas sino, en gran medida, del tráfico circulante por la calzada anular de la glorieta. Por lo tanto, cuando se trata de valorar la capacidad de una glorieta, el concepto no es un parámetro global o único, sino la capacidad de cada una de las entradas.

4.2.1. Método de cálculo

Los métodos de cálculo de la capacidad de una entrada se basan en la obtención de una fórmula o sistema de ábacos que represente la relación inversa existente entre el tráfico que discurre por la calzada anular y el máximo que podría incorporarse en una entrada.

Existen varios métodos para el cálculo de la capacidad de las entradas de glorietas. En este trabajo se ha preferido escoger el método inglés o de Kimber.

Dicho método parte de la hipótesis de que la relación entre los dos tráfico, el que circula por el anillo y el entrante, es una relación lineal o cuasi lineal, del tipo:

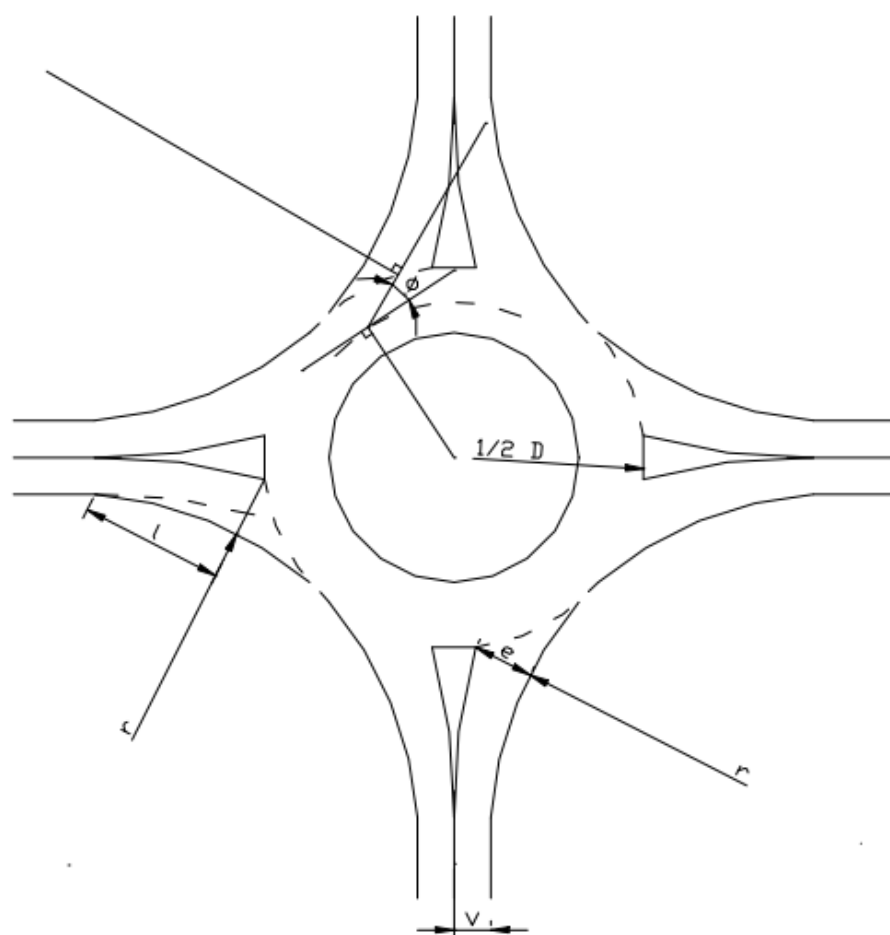
$$Q_e = k \cdot (F - f \cdot Q_c)$$

Siendo:

$Q_e \equiv$ Capacidad de una entrada, en vehículos ligeros equivalentes/h.

$Q_c \equiv$ Tráfico que circula por el anillo, en vehículos ligeros equivalentes/h.

K , F y $f \equiv$ parámetros dependientes de las características geométricas de la entrada y de la glorieta.



Para la determinación de las constantes k , F y f se parte de conteos de tráfico en un número importante de glorietas saturadas y de la elaboración de rectas de regresión que den la correspondencia entre la geometría y las constantes. De forma que se obtiene lo siguiente:

$$K = 1 - 0,00347(\phi - 30^\circ) - 0,978\left(\frac{1}{r} - 0,05\right)$$

$$F = 303x$$

$$f_c = 0,21 t_D (1 + 0,2 x_s)$$

$$x = v + \frac{e - v}{1 + 2S}$$

$$S = \frac{e - v}{l}$$

$$t_D = 1 + \frac{0,5}{1 + e^{\frac{D-60}{10}}}$$

Dónde e representa el ancho de la entrada, r el radio de la entrada, v el ancho de la vía antes del abocinamiento de la entrada y D el diámetro del círculo inscrito en la rotonda (diámetro exterior)

4.2.1. Efecto de los parámetros geométricos

Kimber reagrupa las características geométricas en cuatro categorías según la importancia de los efectos que sus variaciones producen sobre la capacidad de una entrada:

- Parámetros más influyentes: anchura de la entrada (e) y las características del abocinamiento (S).
- Parámetros medianamente influyentes: el diámetro del círculo inscrito (D).
- Parámetros poco influyentes: el ángulo de entrada (ϕ) y el radio de la entrada (r)
- Parámetros sin influencia apreciable: el ancho del anillo de circulación (u) y la anchura de la sección de trenzado (w).

El propio Kimber estima que la fórmula tiene una precisión del orden de $\pm 15\%$.

4.2.2. Procedimiento para el cálculo de la capacidad de glorietas

Antes de proceder a la aplicación de las fórmulas descritas en el apartado anterior, es necesario realizar una serie de pasos previos. El procedimiento a seguir será el siguiente:

1) Establecer una matriz origen-destino en vehículos ligeros equivalentes para la hora de proyecto. Es decir, se deberá analizar la trayectoria de los vehículos equivalentes a ligeros cuando circulan por la entrada i de una glorieta, dirigiéndose hacia la salida j.

Con el objetivo de homogeneizar la composición del tráfico, se considerará que un camión, autobús o vehículo de peso superior a 3.500 kg. equivaldrá a dos vehículos ligeros. Al igual que una motocicleta equivaldrá a 0,5 vehículos ligeros.

2) A continuación, se establecerá el tráfico entrante Q_e de la entrada i como la suma de todos los tráficos que salen por las restantes salidas.

3) Lo mismo que se efectúa con el tráfico entrante se deberá realizar con el tráfico saliente (Q_s). En este caso, se deberá obtener el tráfico saliente por la salida i como la suma de todos los tráficos cuyo destino es dicha salida.

4) Por último, se deberá determinar el tráfico en el anillo frente a cada salida (Q_c). este valor se hallará sumando los tráficos que entran y salen por una respectiva salida y que pasen frente a la salida que se está estudiando. A este valor se le suma la mitad de los vehículos que salen por la misma salida de estudio.

Una vez realizados los pasos anteriormente descritos, ya se están en plenas condiciones para introducir los datos en las fórmulas y comprobar si excede o no la capacidad de cada entrada.

4.3. Nivel de servicio de la carretera actual

Para determinar el nivel de servicio (NS) es necesario aclarar que este concepto es una medición cualitativa del funcionamiento de un elemento viario y que, a su vez, tiene en cuenta la valoración de la calidad de la circulación por parte de los usuarios. Una vez definido el concepto a analizar, cabe especificar que en todas las situaciones abajo desarrolladas se han seguido las indicaciones estipuladas en el Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010). La metodología empleada por éste tiene en cuenta factores tales como: la fluidez con la que un conductor circula por la carretera teniendo en cuenta el tiempo que éste se encuentra parado o no va a la velocidad deseada, la comodidad de los conductores al discurrir por ella o el coste que le supone recorrerla.

En vías interurbanas, el Manual de Capacidad define seis niveles de servicio para un régimen continuo de circulación, es decir, sin detenciones producidas por intersecciones o semáforos. Estos niveles se hallan numerados de la A a la F, en orden decreciente de calidad. Cada nivel de servicio

representa una gama de condiciones de funcionamiento y la percepción del conductor de esas condiciones. La seguridad no está incluida en las medidas que establecen los niveles de servicio.

Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles				
Nivel de Servicio	Carretera clase I		Carretera clase II	Carretera clase III
	Velocidad media de recorrido (km/h)	Porcentaje de tiempo en cola (%)	Porcentaje de tiempo en cola (%)	Porcentaje de velocidad libre(%)
A	>88.5	<35	<40	>91.7
B	88.5-80.5	35-50	40-55	83.3-91.7
C	80.5-72.4	50-65	55-70	75-83.3
D	72.4-64.4	65-80	70-85	66.7-75
E	<64.4	>80	>85	<66.7
F	Cuando se excede la capacidad			

Nivel de servicio A: Representa las características de la circulación libre y fluida, sólo posible cuando la intensidad de servicio es pequeña y la velocidad del trayecto elevada, donde los conductores pueden desarrollar la velocidad por ellos mismos elegida con gran libertad de maniobra.

Nivel de servicio B. Indica la zona donde la circulación es libre pero la velocidad comienza a sentirse restringida por algunas condiciones del tráfico. Sin embargo, los conductores aún poseen una libertad razonable para seleccionar su propia velocidad y carril de circulación.

Nivel de Servicio C. Este nivel representa aún las características de circulación estable y fluida, aunque la velocidad posible a desarrollar y la libertad de maniobra de los conductores están ya más ligadas a las condiciones impuestas por el tráfico que por la propia voluntad de aquellos. La mayor parte de los usuarios encuentran dificultades para seleccionar su propia velocidad, cambiar de carril y adelantar a otros vehículos.

Nivel de Servicio D. Dentro de esta zona las condiciones de operación se aproximan a la inestabilidad, con velocidad real notable, aunque difícil de mantener constante a través de un trayecto largo. Los conductores encuentran poca libertad de maniobra y comodidad.

Nivel de servicio E. Determina las características de una circulación inestable con velocidad variable y paradas de breve duración; la velocidad oscila normalmente alrededor de los 50 km/h y las intensidades de servicio se acercan mucho más a la capacidad de la vía.

Nivel de servicio F. Representa las condiciones de tráfico de circulación forzada con pequeña velocidad y paradas frecuentes de menor o mayor duración debidas a la congestión del tráfico, en casos extremos la velocidad y la intensidad de servicio pueden descender a 0.

4.3.1. Introducción al cálculo del nivel del servicio

En el siguiente apartado se procederá a mostrar el método que se ha seguido para el cálculo del nivel de servicio de la carretera actual. Esto se ha hecho en base a la metodología que se describe en el Manual de Capacidad del año 2010 (HCM 2010).

4.3.1.1. Clases de carreteras del HCM

Para la realización de este cálculo, el Highway Capacity Manual distingue tres clases de carreteras dentro de las convencionales, de calzada única con dos carriles y doble sentido de circulación:

Clase I: se trata de aquellas carreteras que presentan una función principal de movilidad. Los conductores esperan viajar a velocidades elevadas. Para la obtención del nivel de servicio influye en el porcentaje de tiempo en cola y la velocidad media de recorrido.

Clase II: en este caso, las carreteras adquieren una función que facilita en mayor medida la accesibilidad. Los conductores no esperan viajar a velocidades elevadas. Facilita la realización de viajes más cortos. En el cálculo influirá el porcentaje de tiempo en cola.

Clase III: esta es una nueva clase incorporada al Manual del 2010 y se tratan de aquellas carreteras que discurren por áreas moderadamente urbanizadas. Pueden ser partes de carreteras de la clase I y II que pasan a través de pequeñas ciudades o zonas recreativas desarrolladas. En estos segmentos, el tráfico local a menudo se mezcla con el tráfico de paso. En la clase III también pueden incluirse aquellos tramos largos que pasan a través de apartadas zonas recreativas. Tales tramos de carretera suelen ir acompañados de señalización limitando la velocidad, tratando de reflejar el alto nivel de actividad de la zona. En la determinación del nivel de servicio influirán en el porcentaje con velocidad libre.

En nuestro caso, es evidente que si se analiza toda la nacional desde Almería hasta Valencia se centrará en una función de movilidad más que de accesibilidad dentro del territorio. Permite dar comunicación entre estas dos ciudades, y desde estos puntos poder continuar por ejemplo hacia Castellón o Murcia. Por tanto, toda esta carretera de forma genérica, actuaría como carretera de clase I.

Pero si se analiza concretamente el tramo de estudio, se observa que discurre por una zona urbana con gran cantidad de accesos en sus márgenes. Esto evidencia que su función dentro del tramo es más bien de aportar accesibilidad al territorio además de ser la única alternativa para el paso del tráfico exterior. Por ese motivo, se estudiará como carretera de clase III.

4.3.1.2. Indicadores para el cálculo del Nivel de Servicio en función de la clase de carretera

Debido a la gran variedad de situaciones en que se encuentran las carreteras de dos carriles, se han desarrollado tres indicadores de efectividad que se incorporan a la metodología de cálculo para determinar el nivel de servicio de las carreteras:

- **Velocidad media del recorrido (ATS).** Refleja la movilidad en una carretera de dos carriles. Se define como el cociente entre la longitud del tramo de carretera entre el tiempo medio que tardan los vehículos en recorrerlo.

- **Porcentaje de tiempo en cola (PTSF).** Sustituye al parámetro anterior denominado porcentaje de demora ya que no era bien entendido y se aproximaba por el porcentaje de vehículos circulando con un intervalo máximo de 5 segundos. Ahora se reconoce la realidad que se quiere representar: un vehículo estará demorado si tiene que mantenerse detrás de otro más lento. Estudios de simulación han indicado que este porcentaje se estima mejor con un intervalo máximo de 3 segundos. En cualquier caso, el porcentaje de tiempo en cola representa el porcentaje aproximado de vehículos que circulan en pelotones (colas).

- **Porcentaje de velocidad libre (PFFS).** Representa la capacidad de los vehículos de circular con una velocidad próxima al límite establecido.

En una carretera de clase I, las restricciones de velocidad y de demora son importantes. Por lo tanto, en estas carreteras el nivel de servicio se define mediante la velocidad media de recorrido y el porcentaje de tiempo en cola. En las carreteras de clase II, la velocidad de recorrido no es ningún problema para los conductores y, por tanto, el nivel de servicio se define solamente mediante el porcentaje de tiempo en cola. En las carreteras de clase III, caso del estudio, no se espera que se recorran a velocidades elevadas ya que la longitud de los tramos suele ser reducida y las restricciones en cuanto a los adelantamientos de vehículos no suelen aportar mayor preocupación. En estos casos, a los conductores les interesa realizar el trayecto a velocidad constante y cerca del límite establecido.

4.3.1.3. Metodología de análisis

La metodología de análisis que expone el Manual es que ambos sentidos pueden ser analizados por separado, diferenciándose entre tres tipos:

- Tramo direccional en perfil llano/ondulado.
- Tramo direccional en terreno montañoso ($i \geq 3\%$ y $L \geq 1\text{km}$)
- Rampas específicas
- Pendientes específicas
- Tramos direccionales integrando carriles de adelantamiento.

En este caso la travesía se ha clasificado como tramo llano/ondulado ya que posee una pendiente menor al 3%.

4.3.1.4. Método para el cálculo del nivel de servicio

A continuación, se va a proceder al análisis detallado del método que se empleará para el cálculo del nivel de servicio.

El procedimiento a seguir en el análisis es el siguiente:

- 1) Datos de partida: Geometría, estimación de la intensidad de demanda, clase de carretera.
- 2) Determinación de la velocidad a flujo libre.
- 3) Estimación de la velocidad media de recorrido
- 4) Estimación del porcentaje con velocidad libre
- 5) Determinación del nivel de servicio.

A partir de este procedimiento, se comparará la intensidad de demanda con la capacidad. Para estudios de la calzada completa, si el valor supera los 3200 vehículos ligeros/hora el nivel de servicio será F, mientras que para valores inferiores debe consultarse la tabla del “Manual de capacidad 2010” de criterios límite según clase de carretera, reflejada en la tabla 9.

4.3.1.5. Determinación de la velocidad a flujo libre

La velocidad de flujo libre es la velocidad media que pueden desarrollar los vehículos ligeros con intensidades de tráfico desde bajas hasta moderadas en un segmento uniforme de carretera. Para determinarla, se puede medir tanto directamente en campo como a partir de estimaciones. En este trabajo se obtendrá según este último método.

Se estima partiendo de la velocidad de diseño estimada y ajustándola a la anchura de carril y arcén y a la densidad de accesos. La ecuación que permite obtener dicha velocidad es la marcada como [15-2] en el HCM 2010:

$$VL = VL_b - F_{st} - F_a$$

Siendo:

VL \equiv velocidad de flujo libre
VL,B \equiv Velocidad libre básica
Fst \equiv factor de sección transversal
Fa = factor de densidad de accesos

La velocidad libre básica se puede tomar como la velocidad límite, 50 km/h en este caso más 16 Km/h, por tanto, 66 km/h.

Para conocer el valor que corresponde al factor de sección transversal se deberá entrar en la *Tabla 1- Factor de sección transversal para determinar la velocidad en flujo libre*- situada en el apéndice II.

En el caso del factor de densidad de accesos, se deberá atender a la *Tabla 2 – Factor de densidad de accesos* localizada en el apéndice II del presente documento. En los puntos de acceso a la vía, los conductores se encuentran con mayores distracciones así como con limitaciones de la velocidad que suponen una disminución en la velocidad libre de recorrido. El HCM-2010 sólo considera como punto de acceso aquellas intersecciones y entradas para vehículos que realmente puedan influir en el flujo de tráfico. Se calcula dividiendo el número total de intersecciones sin señalizar y entradas para vehículos de ambos lados del tramo de carretera por la longitud del tramo.

4.3.1.6. Determinación de la intensidad de la demanda (Intensidad horaria equivalente)

La intensidad horaria, en vehículos reales, hay que convertirla en una intensidad horaria de coches en el periodo punta de 15 minutos. La formulación a aplicar según el Manual de Capacidad 2010 [15-3] es la siguiente:

$$I_D = \frac{IHP}{FHP \cdot F_L \cdot F_P}$$

Siendo:

ID \equiv Intensidad de la demanda (veh-lig/h)
IHP \equiv Intensidad de hora punta (veh/h)
FHP \equiv Factor de hora punta
Fi \equiv factor de pendiente

FP \equiv Factor de pesados. Será imprescindible calcular a priori el factor de equivalencia de camiones.

De todos estos componentes, en primer lugar se ha de proceder a conocer la intensidad de hora punta y luego el factor de hora punta. En cuanto a la intensidad de hora punta, puesto que el comportamiento de la carretera corresponde con el de una vía urbana, el porcentaje de IMD generalmente atribuido a la intensidad de hora punta en este tipo de carreteras es de aproximadamente un 9% (K). Éste hace referencia al porcentaje de IMD que únicamente es superado durante 30 horas al año. Por tanto, la IMD se ajusta según la siguiente ecuación:

$$IHP = IMD \cdot K$$

O bien:

Coeficiente	Area	
	Urbana	Rural
FHP	0.92	0.88
K	0.09	0.105
D	0.6	0.6

Los criterios empleados por el manual para calcular intensidades de servicio se refieren a intensidades horarias medidas en los 15 minutos de mayor tráfico, por lo que es necesario aplicar el factor de hora punta (FHP) a la intensidad aforada durante la hora punta (IHP). El FHP tiene en cuenta las variaciones a corto plazo, en periodos menores de una hora, que pueden producir la saturación de la vía. Se obtiene midiendo durante la hora punta las intensidades cada 15 min siendo I15 el número de vehículos que pasan durante los 15 minutos de mayor circulación, e I60 la intensidad horaria durante toda la hora punta. El factor de hora punta se define como:

$$FHP = \frac{I_{60}}{4 \cdot I_{15}}$$

En caso de desconocerse estos datos también se pueden emplear los propuestos por el manual. Véase la *tabla 10 – Típicos valores por defecto de FHP, K y D*.

4.3.1.7. Cálculo del Factor Pendiente o de trazado (Fi).

Es el factor de ajuste debido al grado de inclinación. Considera el efecto del terreno sobre la velocidad de desplazamiento y sobre el porcentaje de tiempo empleado en seguir un vehículo sobre tramos de dos vías. Para evaluar dicho factor se detallan las tablas que aparecen en el HCM 2010. Estas tablas varían en función de si se analiza para obtener la velocidad media, o bien, para obtener el porcentaje de tiempo en cola. Hay que considerar que las tablas se duplicarán en función de la metodología que se emplee. Si se considera terreno llano/ondulado se empleará la *Tabla 3-Factor de ajuste debido a la inclinación*- que se puede localizar en el apéndice II del final del presente documento.

4.3.1.8. Cálculo del Factor de corrección por vehículos pesados (fp)

El factor de ajuste para vehículos pesados se da conforme a la siguiente ecuación:

$$Fp = \frac{100}{100 + Pc * (Ec - 1) + Pr * (Er - 1)}$$

Siendo:

Pc ≡ porcentaje de camiones

Ec ≡ Factor de equivalencia de camiones

Pr ≡ Porcentaje de vehículos recreativos. No se disponen datos de los vehículos recreativos.

Er ≡ Factor de equivalencia de vehículos pesados recreativos.

La *Tabla 4 - Factor de equivalencia de pesados para determinar la velocidad en flujo libre* necesaria para obtener los factores de equivalencia de camiones está definida en el apéndice II del presente anejo.

4.3.1.9. Estimación de la velocidad media de recorrido

Este paso se aplica sólo a las carreteras de clase I y III. La clase II de carreteras no emplea la velocidad media de recorrido para obtener el nivel de servicio.

La velocidad media de recorrido se estima a partir de la velocidad de flujo libre en la dirección del análisis, de la intensidad de la demanda y de un factor de ajuste por tramos con prohibición de adelantamiento. La formulación [ecuación 15-6 del Manual de Capacidad 2010] es la siguiente:

$$VM = VL - 0.0125 \cdot ID - FNA$$

Siendo:

VM ≡ Velocidad media de recorrido.

VL ≡ Velocidad de flujo libre. Valor conocido.

ID ≡ Intensidad de demanda. Valor conocido.

FNA ≡ Factor de ajuste por tramos con prohibición de adelantamiento.

El único dato que se desconoce a priori es el factor de ajuste por tramos con prohibición de adelantamiento. Este valor se encuentra localizado en la *Tabla 5 -Factor de ajuste por tramos con prohibición de adelantamiento*- situada en el apéndice II, al final de este documento.

4.3.1.10. Estimación del porcentaje de velocidad libre

Este paso sólo está incluido en las carreteras de clase III del Manual de Capacidad 2010. El cálculo de este porcentaje se obtiene de manera directa ya que los factores que intervienen ya se han calculado en apartados anteriores. Se establece el cociente entre la velocidad media de recorrido y la velocidad de flujo libre. De dicha relación se obtiene un porcentaje de velocidad libre.

$$\%vel\ libre = \frac{VM}{VL}$$

Siendo:

VM \equiv Velocidad media de recorrido

VL \equiv Velocidad de flujo libre

4.3.1.11. Determinación del nivel de servicio

Una vez obtenido todos los valores anteriores, ya se está a disposición de obtener el nivel de servicio, mediante la Tabla 9- Clasificación de las vías a partir de NS.

Un apunte importante a hacer es el hecho de que si la capacidad calculada es inferior a la intensidad de demanda, el nivel de servicio pasa a ser directamente “F” ya que no es posible para la carretera albergar ese tráfico e incurrirá en aglomeraciones y retenciones.

4.3.2. Cálculo del nivel de servicio.

4.3.2.1. Datos de partida.

Para proceder al cálculo del nivel de servicio del tramo de la nacional, primero se detallarán los datos básicos de partida necesarios para evaluar la situación de la carretera.

Datos	Valores
Carril	3.5 m
Arcén	1 m
Longitud del tramo	750m
IMD	25699
% Pesados	11%
Distribución por sentidos	50/50
Entorno	Urbano
Tipo de terreno	Llano

4.3.2.2. Cálculos realizados

Para obtener el nivel de servicio de la carretera actual, se ha empleado el programa Microsoft Office Excel. En él se han programado todos los cálculos y operaciones necesarias descritas en el apartado anterior.

En el *Apéndice III – Cálculo de los niveles de servicio de la carretera actual del presente documento*, se detallarán los resultados obtenidos tanto para el año de puesta en servicio como para el año horizonte y para ambas situaciones, con variante y sin variante.

A la vista de los resultados se puede observar que la carretera tiene un nivel de servicio F. Este resultado es normal dado que nos encontramos ante una travesía como mucho tráfico donde es habitual que se produzcan retenciones. Sin embargo, comparando los resultados con el nivel de servicio para la situación en la que la variante esté construida, el nivel de servicio pasa a ser C, una situación estable y aceptable para encontrarse dentro de una travesía.

4.4. Nivel de servicio de la alternativa 2. Glorieta

El concepto de nivel de servicio y los criterios empleados para su definición provienen del Manual de Capacidad 2010 (HCM 2010). En los anteriores manuales, el análisis de las glorietas comúnmente se incluía en el capítulo de las intersecciones no semaforizadas. Pero este nuevo manual ya incluye un capítulo donde en exclusiva se trata todo lo referente a las glorietas.

Se recuerda que esta alternativa está concebida con la implantación de dos glorietas, una en cada extremo del tramo de estudio. Éstas se encargan de advertir a los usuarios del cambio de “escenario” en el que van a circular y, por ende, de reducir su velocidad de aproximación.

Se ha de tener en consideración que a cada glorieta no le corresponde un único nivel de servicio, sino que cada ramal de entrada dispondrá de uno. Por este motivo, se parte de los cálculos realizados en la obtención de la capacidad de cada entrada.

Para obtener el nivel de servicio de las glorietas, se emplea el concepto de demora. La forma de obtenerla es mediante la siguiente fórmula:

$$d = \frac{3600}{Q_{e \text{ máx}}} + 900 \cdot T \cdot \left(\frac{Q_e}{Q_{e \text{ máx}}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{Q_e}{Q_{e \text{ máx}}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{Q_{e \text{ máx}}} \right) \cdot \left(\frac{Q_e}{Q_{e \text{ máx}}} \right)}{450 \cdot T}} \right) + 5$$

Siendo:

d \equiv Demora media (seg/veh)

Q_e \equiv Tráfico de entrada a la glorieta por el acceso i

Q_{e máx} \equiv Capacidad de la entrada a la glorieta por el acceso i.

T \equiv Periodo de análisis (horas). Para un periodo de 15 min, T = 0.25.

Si el tráfico que entra a la glorieta por el acceso i es menor al 80 % de la capacidad máxima que puede entrar por el mismo acceso, la fórmula anterior se puede aproximar por:

$$d = \frac{3600}{Q_{e \text{ máx}} - Q_e} + 5$$

Siendo:

$d \equiv$ Demora media (seg/veh)

$Q_e \equiv$ Tráfico de entrada a la glorieta por el acceso i .

$Q_{e \text{ máx}} \equiv$ Capacidad de la entrada por el acceso i .

El manual establece unos rangos que delimitan los niveles de servicio en función de la demora. Habrá que tener presente que si el cociente entre el tráfico de entrada a la glorieta por el acceso i y la capacidad máxima de entrada es mayor o igual a la unidad, se le asignará automáticamente un nivel de servicio F.

La relación entre demora y niveles de servicio que establece el manual es la siguiente:

Nivel de Servicio	Demora Media (seg/veh)
A	0-10
B	> 10-15
C	> 15-25
D	> 25-35
E	> 35-50

En el apéndice IV del presente anejo se detallan los niveles de servicio obtenidos para la situación con variante y sin variante.

5. Referencias

[1] DE LA HOZ, C. Y POZUETA, J. Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas. Madrid 1995, Dirección General de Transportes.

[2] MINISTERIO DE FOMENTO (1999). Recomendaciones sobre glorietas. Series normativas, Instrucciones de construcción (MOPU). Dirección general de carreteras.

[3] TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway Capacity Manual. HCM 2010. Washington, D.C. 2010. www.TRB.org Volumen 1. ISBN 978-0-309-16078-0.

[4] TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway Capacity Manual. HCM 2010. Washington, D.C. 2010. www.TRB.org Volumen 2. ISBN 978-0-309-16079-7.

[5] TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Highway Capacity Manual. HCM 2010. Washington, D.C. 2010. www.TRB.org Volumen 3. ISBN 978-0-309-16080-3



APÉNDICE 1 – DATOS DE AFORO MANUAL



APÉNDICE 1 – DATOS DE AFORO MANUAL

Los números que se muestran en la siguiente hoja de toma de datos manuales corresponden a los intervalos horarios que se muestran a continuación:

- (1) 8:00 – 8:30
- (2) 8:30 – 9:00
- (3) 9:00 – 9:30
- (4) 9:30 – 10:00
- (5) 10:00 – 10:30
- (6) 10:30 – 11:00
- (7) 11:00 – 11:30
- (8) 11:30 – 12:00
- (9) 12:00 – 12:30
- (10) 12:30 – 13:00
- (11) 13:00 – 13:30
- (12) 13:30 – 14:00

Hora												
Movimiento	A		B		C		D		E		F	
Vehículos Ligeros	(1) 158 (2) 211 (3) 230 (4) 264 (5) 200 (6) 210	(7) 198 (8) 198 (9) 188 (10) 188 (11) 184 (12) 166	(1) 92 (2) 123 (3) 145 (4) 120 (5) 90 (6) 101	(7) 91 (8) 96 (9) 136 (10) 150 (11) 159 (12) 146	(1) 32 (2) 42 (3) 51 (4) 68 (5) 51 (6) 56	(7) 51 (8) 51 (9) 41 (10) 42 (11) 42 (12) 43	(1) 10 (2) 11 (3) 18 (4) 19 (5) 22 (6) 16	(7) 19 (8) 16 (9) 21 (10) 40 (11) 52 (12) 42	(1) 342 (2) 460 (3) 425 (4) 372 (5) 355 (6) 320	(7) 256 (8) 307 (9) 340 (10) 369 (11) 293 (12) 263	(1) 1 (2) 2 (3) 4 (4) 3 (5) 0 (6) 2	(7) 4 (8) 2 (9) 6 (10) 6 (11) 3 (12) 0
Vehículos Pesados	(1) 30 (2) 40 (3) 38 (4) 44 (5) 33 (6) 36	(7) 33 (8) 33 (9) 26 (10) 29 (11) 31 (12) 23	(1) 13 (2) 13 (3) 7 (4) 8 (5) 6 (6) 7	(7) 6 (8) 6 (9) 9 (10) 12 (11) 5 (12) 4	(1) 1 (2) 1 (3) 3 (4) 3 (5) 2 (6) 3	(7) 4 (8) 5 (9) 2 (10) 2 (11) 2 (12) 2	(1) 1 (2) 1 (3) 3 (4) 5 (5) 2 (6) 1	(7) 1 (8) 1 (9) 0 (10) 3 (11) 4 (12) 2	(1) 23 (2) 30 (3) 43 (4) 52 (5) 39 (6) 43	(7) 39 (8) 39 (9) 42 (10) 63 (11) 76 (12) 66	(1) 0 (2) 0 (3) 1 (4) 0 (5) 1 (6) 0	(7) 0 (8) 0 (9) 0 (10) 3 (11) 0 (12) 1
Motocicletas	(1) 5 (2) 7 (3) 6 (4) 7 (5) 5 (6) 6	(7) 5 (8) 5 (9) 4 (10) 4 (11) 5 (12) 4	(1) 2 (2) 2 (3) 4 (4) 5 (5) 3 (6) 6	(7) 4 (8) 3 (9) 3 (10) 4 (11) 4 (12) 2	(1) 5 (2) 6 (3) 10 (4) 7 (5) 7 (6) 5	(7) 4 (8) 3 (9) 1 (10) 5 (11) 1 (12) 1	(1) 5 (2) 3 (3) 1 (4) 1 (5) 1 (6) 0	(7) 2 (8) 3 (9) 0 (10) 1 (11) 1 (12) 1	(1) 9 (2) 20 (3) 18 (4) 12 (5) 15 (6) 13	(7) 17 (8) 16 (9) 11 (10) 13 (11) 12 (12) 1	(1) 1 (2) 0 (3) 0 (4) 2 (5) 0 (6) 2	(7) 0 (8) 1 (9) 0 (10) 0 (11) 0 (12) 0



APÉNDICE 2 – TABLAS PARA EL CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

Factor de ajuste por tramos con prohibición de adelantamiento (F_{NA})					
Reducción de la velocidad media para velocidad de flujo libre de $\leq 72\text{Km/h}$					
Intensidad del sentido opuesto ID opuesto (veh-lig/h)	Tramos con prohibición de adelantamiento				
	≤ 20	40	60	80	100
≤ 100	0,20	0,60	2,70	3,50	3,90
200	1,40	2,60	5,00	6,10	6,40
400	1,40	0,80	3,20	4,00	4,30
600	0,60	0,50	2,10	2,70	2,90
800	0,50	0,50	1,30	1,80	1,90
1000	0,50	0,50	1,00	1,30	1,80
1200	0,50	0,50	1,00	1,10	1,60
1400	0,50	0,50	1,00	1,00	1,10
≥ 1600	0,50	0,50	0,60	0,60	1,00

Factor de sección transversal (FST) para el cálculo de velocidad en flujo libre				
Anchura de carril- A (m)	Reducción de la velocidad libre (km/h)			
	Anchura de arcén(m)			
	0,0-0,6	0,6-1,2	1,2-1,8	$\geq 1,8$
$2,7 \leq A < 3,0$	10,3	7,7	5,6	3,5
$3,0 \leq A < 3,3$	8,5	6	3,9	1,8
$3,3 \leq A < 3,6$	7,6	4,8	2,7	0,6
$A \geq 3,6$	6,8	4,2	2,1	0

Factor de densidad de accesos (FA) para cálculo de velocidad en flujo libre	
Densidad de accesos (n° accesos/km)(ambas direcciones)	Reducción de la velocidad libre (km/h)
0	0
6	4
12	8
18	12
≥ 25	16

Factor de ajuste debido a la inclinación (F_i) para el cálculo de la velocidad media		
Intensidad direccional (veh/h)	Pendiente longitudinal	
	Llano o pendiente específica	Ondulado
≤ 100	1	0,67
200	1	0,75
300	1	0,83
400	1	0,9
500	1	0,95
600	1	0,97
700	1	0,98
800	1	0,99
≥ 900	1	1

Factores equivalencia de pesados E_c y E_r - Para la determinación de la velocidad en flujo libre			
Tipo de vehículo	Intensidad direccional (veh/h)	Perfil longitudinal	
		Llano o pendiente específica	Ondulado
Camiones, E_c	≤ 100	1,90	2,70
	200	1,50	2,30
	300	1,40	2,10
	400	1,30	2,00
	500	1,20	1,80
	600	1,10	1,70
	700	1,10	1,60
	800	1,10	1,40
	≥ 900	1,00	1,30
Vehículos Recreativos, E_r	Todos	1,00	1,10

Fuente: Highway Capacity Manual 2010

APÉNDICE 3 – CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

Nivel de Servicio de la Carretera Actual

Datos de la vía		
Clase de carretera	III	
Longitud de tramo	750	km
Ancho de carril	3.5	m
Ancho de arcén	1	m
% recorrido con prohibición de adelantar	100	%
Puntos de acceso al tramo	6	accesos
Densidad de accesos (accesos por km)	5	acc/km
Tipo de terreno	Terreno llano	

Datos de tráfico y velocidad		
Factor de hora punta	0.92	
IMD en 2019	25138	Vh/día
% de camiones y autobuses	11%	
% de vehículos de recreo	0	
Distribución por sentidos	50/50	
Velocidad libre básica (V _{lb})	66	km/h

Cálculo de la intensidad horaria	
Factor K	0.09
Factor D	0.6

	Año	2019	2020	2021	2022	2023
IMD (Veh/día)	IMD	25138	25500	25868	26240	26618
Determinación del Nivel de Servicio						
Intensidad Horaria Punta (Veh/h)	IHP	2262	2295	2328	2362	2396
Intensidad Horaria de Proyecto en la máxima Dirección (Veh/h)	IHP _{max D}	1131	1148	1164	1181	1198
Estimación de la velocidad en flujo libre						
Velocidad libre básica	V _{lb}	66	66	66	66	66
Factor de corrección por sección transversal	F _{st}	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
Factor de corrección por densidad de accesos	F _a	4	4	4	4	4
Velocidad de flujo libre	V _l	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2
Intensidad horaria equivalente						
Factor de corrección por efecto del trazado (inclinación)	F _i	1	1	1	1	1
Factor de equivalencia para vehículos pesados	E _c	1	1	1	1	1
Factor de equivalencia para vehículos recreativos	E _r	1	1	1	1	1
Factor de corrección por vehículos pesados	F _{vp}	1	1	1	1	1
Intensidad horaria equivalente (Veh lig./h)	IHE	2459	2495	2531	2567	2604
Intensidad horaria equivalente por sentido (Veh lig./h)	IHE _{sentido}	1230	1247	1265	1283	1302
Velocidad Media						
ID opuesto (veh lig/h)	Idop	1131	1148	1164	1181	1198
Factor de corrección por prohibición de adelantamiento	F _{na}	1.65	1.65	1.6	1.6	1.6
Velocidad Media	V _m	24.8	24.4	24.0	23.5	23.1
Porcentaje de Velocidad Libre	%V _l	43.4%	42.6%	41.9%	41.1%	40.3%
Nivel de Servicio	NS	E	E	E	E	E



Nivel de Servicio de la Carretera Actual

Año	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
IMD	4882	4952	5023	5096	5169	5244	5319	5396	5473	5552	5632	5713	5795	5879	5964	6049	6137	6225	6315	6405
Determinación del Nivel de Servicio																				
IHP	439	446	452	459	465	472	479	486	493	500	507	514	522	529	537	544	552	560	568	576
IHP _{max D}	220	223	226	229	233	236	239	243	246	250	253	257	261	265	268	272	276	280	284	288
Estimación de la velocidad en flujo libre																				
V _{lb}	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
F _{st}	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
F _a	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
V _l	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2	57.2
Intensidad horaria equivalente																				
F _i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E _c	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
E _r	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F _{vp}	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
I _d	485	492	499	506	513	521	528	536	541	549	556	564	573	581	589	598	606	615	624	633
I _d _{sentido}	242	246	249	253	257	260	264	268	270	274	278	282	286	290	295	299	303	308	312	316
Velocidad Media																				
F _{na}	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
V _m	45.1	45.1	45.0	44.9	44.8	44.7	44.6	44.5	44.4	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9	43.8	43.7	43.6	43.5	43.4	43.3
%V _l	78.9%	78.8%	78.6%	78.5%	78.3%	78.1%	78.0%	77.8%	77.7%	77.5%	77.3%	77.2%	77.0%	76.8%	76.6%	76.4%	76.3%	76.1%	75.9%	75.7%
NS	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

APÉNDICE 4 – CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA GLORIETA

APÉNDICE 4 – CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA GLORIETA

En el presente apartado del apéndice se expondrán los cálculos realizados con el objetivo de obtener la capacidad máxima de cada entrada de las glorietas y sus correspondientes niveles de servicio, con y sin variante, para el año de puesta en servicio (2020).

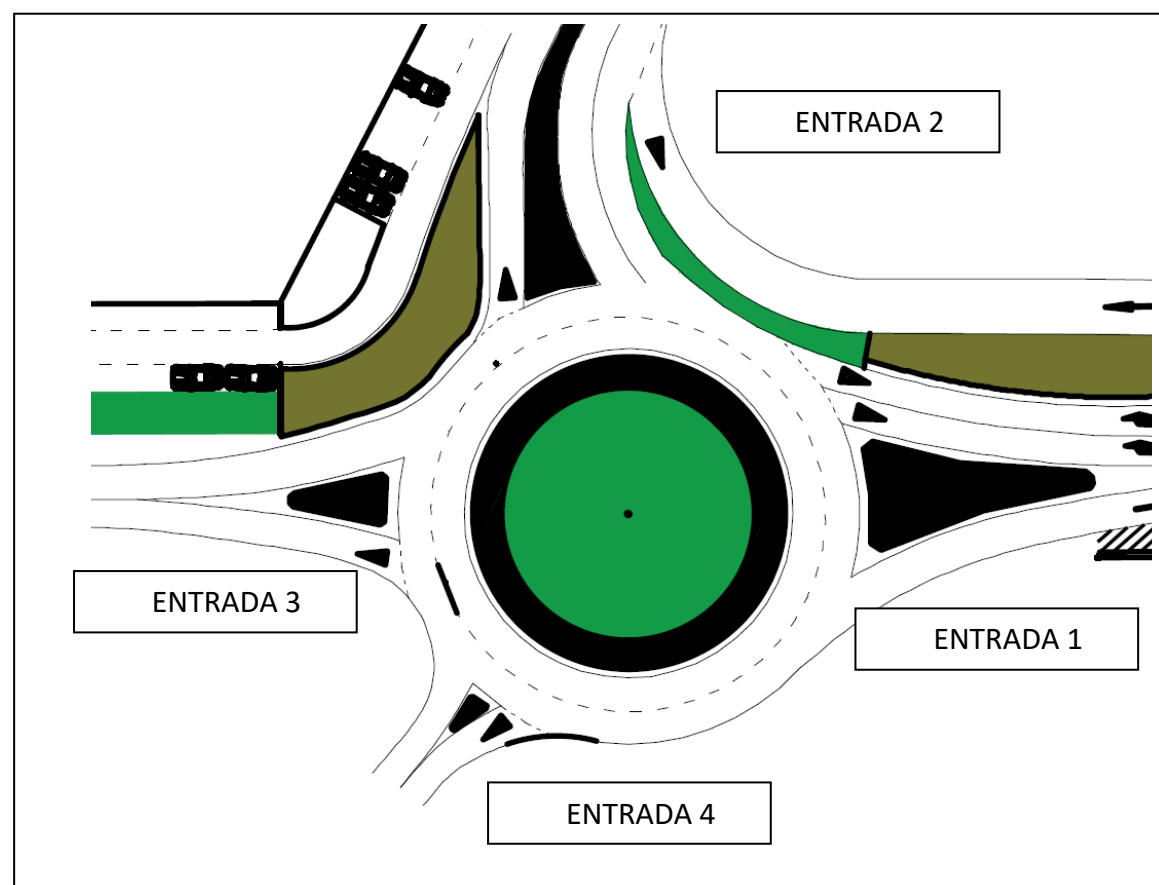
Para la obtención del nivel de servicio correspondiente a cada entrada, se puede obtener de dos formas distintas. Bien tal y como dice el manual de Capacidad, obteniéndolo mediante el concepto de demora, explicado en el apartado 4.4 – *Nivel de servicio de la alternativa 1. Glorietas*. O bien, puede obtener realizando el cociente entre los vehículos que realmente entran a la glorieta con relación a la capacidad máxima de dicha entrada. En función del valor de dicho cociente el nivel de servicio será:

Nivel de Servicio	Demora Media (seg/veh)
A	0-10
B	> 10-15
C	> 15-25
D	> 25-35
E	> 35-50

Nivel de Servicio de la Glorieta SIN Variante

IHP equivalentes (veh-equi/h)	2523
-------------------------------------	------

Porcentajes estimador por salida	41% salida 1
	11% salida 2
	41% salida 3
	7% salida 4



		Salidas de la glorieta							
		E1	S1	S2	S3	S4	Total		
Entradas a glorieta	E1	0	180	1046	18	1244	Vehículos totales que acceden en cada entrad		
	E2	31	0	40	30	101			
	E3	1045	59	0	25	1129			
	E4	21	13	15	0	49			
		Total	1097	252	1101	73	2523		
		Vehículos totales que salen en cada entrada							

Tráfico de Acceso en cada entrada (Qe)	
Qe1	1244
Qe2	101
Qe3	1129
Qe4	49

Tráfico de salida en cada entrada (Qs)	
Qs1	1097
Qs2	252
Qs3	1101
Qs4	73

Tráfico en el anillo frente a cada entrada (Qc)	
Qc1	635.5
Qc2	1205
Qc3	629.5
Qc4	1171.5



Entrada 1			
Características geométricas			
Anchura de la entrada	e	6.6	metros
Semianchura de la calzada de acceso	v	3.5	metros
Longitud del abocinamiento de la entrada	L	52	metros
Ángulo entre las trayectorias de entrada y anular	θ	22	grados
		24.55	gonios
Mínimo radio de la trazectoria de entrada	r	46.57	metros
Diámetro de la isleta central	D	36.6	metros

Resultados	
s	0.09538462
t	1.49402937
k	1.04681086
x	6.10335917
f	0.69672728
F	1849.31783
Qe max	1472.38934

NIVEL DE SERVICIO	C
-------------------	---

Demora	20.1815545	seg/veh
--------	------------	---------

Entrada 2			
Características geométricas			
Anchura de la entrada	e	3.9	metros
Semianchura de la calzada de acceso	v	3.5	metros
Longitud del abocinamiento de la entrada	L	15.82	metros
Ángulo entre las trayectorias de entrada y anular	θ	39	grados
		43.33	gonios
Mínimo radio de la trazectoria de entrada	r	11.56	metros
Diámetro de la isleta central	D	36.6	metros

Resultados	
s	0.04045512
t	1.48012693
k	0.97592359
x	3.87005848
f	0.55141012
F	1172.62772
Qe max	495.943406

NIVEL DE SERVICIO	B
-------------------	---

Demora	14.1152301	seg/veh
--------	------------	---------



Entrada 3			
Características geométricas			
Anchura de la entrada	e	5.7	metros
Semianchura de la calzada de acceso	v	3.5	metros
Longitud del abocinamiento de la entrada	L	28	metros
Ángulo entre las trayectorias de entrada y anular	θ	43	grados
		47.7	gonios
Mínimo radio de la trazectoria de entrada	r	12.14	metros
Diámetro de la isleta central	D	36.6	metros

Resultados	
s	0.12571429
t	1.49162686
k	0.96075969
x	5.25799087
f	0.64264598
F	1593.17123
Qe max	1141.98355

NIVEL DE SERVICIO	F
-------------------	---

Demora	73.5145219	seg/veh
--------	------------	---------

Entrada 4			
Características geométricas			
Anchura de la entrada	e	4.32	metros
Semianchura de la calzada de acceso	v	3.5	metros
Longitud del abocinamiento de la entrada	L	11.39	metros
Ángulo entre las trayectorias de entrada y anular	θ	15	grados
		16.66	gonios
Mínimo radio de la trazectoria de entrada	r	17.04	metros
Diámetro de la isleta central	D	36.6	metros

Resultados	
s	0.11518876
t	1.48422339
k	1.06846849
x	4.16646211
f	0.57141325
F	1262.43802
Qe max	633.631084

NIVEL DE SERVICIO	B
-------------------	---

Demora	11.1577294	seg/veh
--------	------------	---------


Nivel de Servicio de la Glorieta CON Variante

IHP
equivalentes
(veh-equi/h)

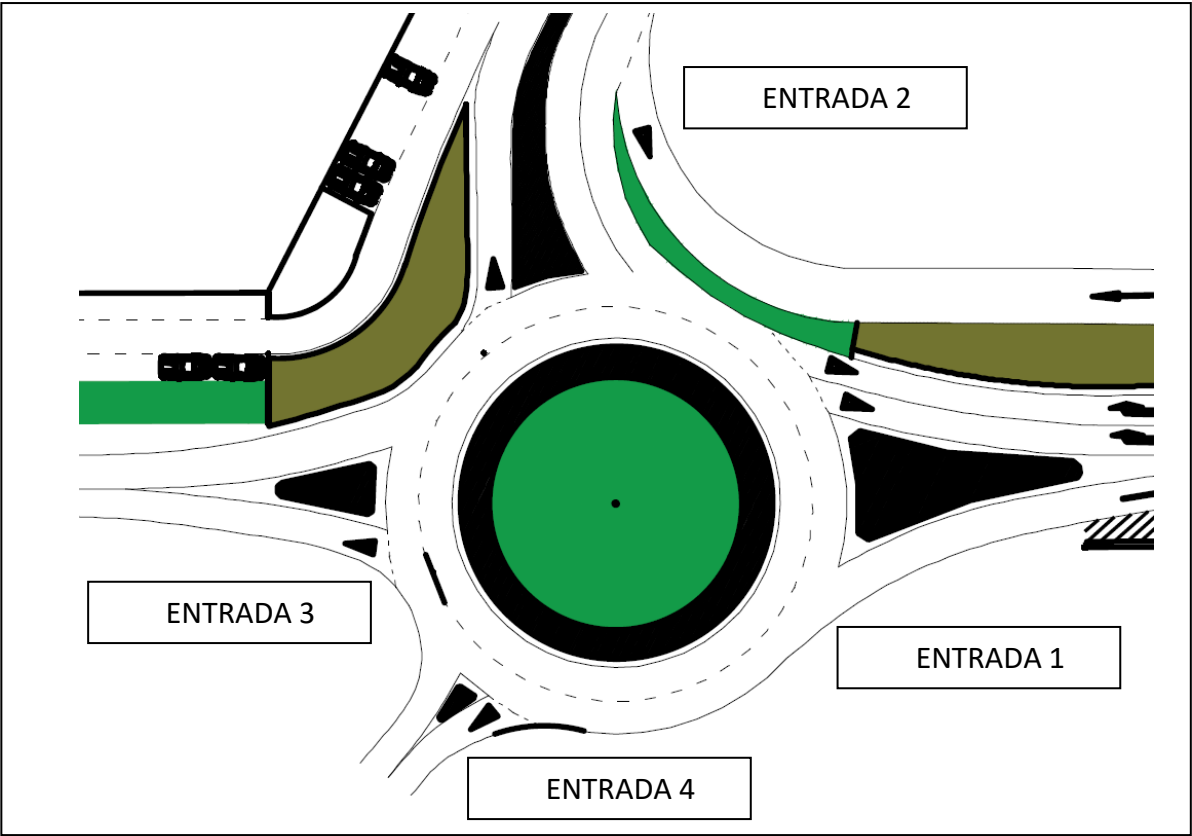
608

Porcentajes estimador
por salida

35% salida 1
21% salida 2
35% salida 1
9% salida 4



Salidas de la glorieta							
	S1	S2	S3	S4	Total		
Entradas a glorieta	E1	0	62	151	25	238	Vehículos totales que acceden en cada entrada
	E2	56	0	46	20	122	
	E3	112	41	0	9	162	
	E4	40	24	22	0	86	
	Total	208	127	219	54	608	



Tráfico de Acceso en cada entrada (Qe)	
Qe1	238
Qe2	122
Qe3	162
Qe4	86

Tráfico de salida en cada entrada (Qs)	
Qs1	208
Qs2	127
Qs3	219
Qs4	54

Tráfico en el anillo frente a cada entrada (Qc)	
Qc1	191
Qc2	261.5
Qc3	210.5
Qc4	236

Entrada 1			
Características geométricas			
Anchura de la entrada	e	6.6	metros
Semianchura de la calzada de acceso	v	3.5	metros
Longitud del abocinamiento de la entrada	L	52	metros
Ángulo entre las trayectorias de entrada y anular	θ	22	grados
		24.55	gonios
Mínimo radio de la trazectoria de entrada	r	46.57	metros
Diámetro de la isleta central	D	36.6	metros

Resultados	
s	0.09538462
t	1.49402937
k	1.04681086
x	6.10335917
f	0.69672728
F	1849.31783
Qe max	1796.58172

NIVEL DE SERVICIO	A
-------------------	----------

Demora	7.30979227	seg/veh
--------	------------	---------

Entrada 2			
Características geométricas			
Anchura de la entrada	e	3.9	metros
Semianchura de la calzada de acceso	v	3.5	metros
Longitud del abocinamiento de la entrada	L	15.82	metros
Ángulo entre las trayectorias de entrada y anular	θ	39	grados
		43.33	gonios
Mínimo radio de la trazectoria de entrada	r	11.56	metros
Diámetro de la isleta central	D	36.6	metros

Resultados	
s	0.04045512
t	1.48012693
k	0.97592359
x	3.87005848
f	0.55141012
F	1172.62772
Qe max	1003.67297

NIVEL DE SERVICIO	A
-------------------	----------

Demora	9.0831466	seg/veh
--------	-----------	---------

Entrada 3			
Características geométricas			
Anchura de la entrada	e	4.4	metros
Semianchura de la calzada de acceso	v	3.5	metros
Longitud del abocinamiento de la entrada	L	28	metros
Ángulo entre las trayectorias de entrada y anular	θ	43	grados
		47.7	gonios
Mínimo radio de la trazectoria de entrada	r	12.14	metros
Diámetro de la isleta central	D	36.6	metros

Resultados	
s	0.05142857
t	1.48486638
k	0.96075969
x	4.31606218
f	0.58099052
F	1307.76684
Qe max	1138.95019

NIVEL DE SERVICIO	A
-------------------	---

Demora	8.6849371	seg/veh
--------	-----------	---------

Entrada 4			
Características geométricas			
Anchura de la entrada	e	4.32	metros
Semianchura de la calzada de acceso	v	3.5	metros
Longitud del abocinamiento de la entrada	L	11.39	metros
Ángulo entre las trayectorias de entrada y anular	θ	15	grados
		16.66	gonios
Mínimo radio de la trazectoria de entrada	r	17.04	metros
Diámetro de la isleta central	D	36.6	metros

Resultados	
s	0.11518876
t	1.48422339
k	1.06846849
x	4.16646211
f	0.57141325
F	1262.43802
Qe max	1204.7885

NIVEL DE SERVICIO	A
-------------------	---

Demora	8.21776637	seg/veh
--------	------------	---------