



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

ANTEPROYECTO DEL TRAMO DE CARRETERA N-232 A SU PASO POR HÍJAR (TERUEL). MODELADO BIM.

Anejo II: Estudio de tráfico y Nivel de Servicio.

TRABAJO FINAL DE GRADO

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Curso: 2018/2019

Fecha: Valencia, septiembre 2019

Autor: Víctor José Baeza López

Tutor: José Ángel Aranda Domingo

Índice

| | |
|--|----|
| 1. Introducción..... | 1 |
| 2. Estudio del tráfico. | 1 |
| 2.1. Localización del área de estudio..... | 1 |
| 2.2. Estudio de intensidades. | 2 |
| 2.2.1. Elección y datos de la estación de aforos. | 2 |
| 2.2.2. Demanda de tráfico estimada en el año horizonte. | 4 |
| 3. Análisis de la Capacidad y Nivel de Servicio. | 5 |
| 3.1. Objetivo. | 5 |
| 3.2. Nivel de servicio. | 5 |
| 3.2.1. Variables para el cálculo. | 7 |
| 3.2.2. Datos para el cálculo. | 7 |
| 3.2.3. Cálculo del Nivel de Servicio. | 8 |
| 3.2.3.1. Estimación de la velocidad en flujo libre (FFS). | 8 |
| 3.2.3.2. Determinación de las intensidades de Demanda para la Velocidad Media (v_i, ATS). | 8 |
| 3.2.3.3. Estimación de la Velocidad Media de Recorrido (ATS_d)..... | 9 |
| 3.2.3.4. Estimación del porcentaje de Velocidad Libre ($PFFS$). | 10 |
| 3.2.3.5. Determinación del nivel de servicio. | 10 |
| 3.3. Capacidad de la vía. | 11 |
| Apéndice I: Resultados del cálculo del Nivel de Servicio..... | 0 |

1. Introducción.

El objetivo de este anejo es el estudio de los efectos de la ejecución del nuevo trazado, previo análisis del tráfico.

Para ello, se estudiará tanto el trazado existente como el trazado de la solución futura.

Para realizar este estudio, partimos de los datos proporcionados por la estación de aforos elegida, además de una serie de variables conocidas de nuestra travesía.

Posteriormente, se calcula el IMD en la actualidad y en el año horizonte. Con este cálculo y unos datos de partida, podremos determinar la capacidad de la vía y el nivel de servicio en la actualidad y en el año horizonte.

2. Estudio del tráfico.

2.1. Localización del área de estudio.

En cuanto a la localización, se trata del tramo de carretera N-232 a su paso por el municipio de Híjar (Teruel) entre los PK. 164+800 - 165+750.



Figura 1 - Carretera de estudio. Fuente: Google Earth.

Esta carretera conecta ciudades importantes de la provincia de Teruel como Alcañiz, con la capital de la Comunidad Autónoma de Aragón, Zaragoza. La zona de estudio se centra en el paso de dicha carretera por el pueblo de Híjar.

Para el desarrollo de este anejo será necesario usar datos históricos de intensidades del tráfico. Para ello, usaremos webs como la del Ministerio de Fomento o la del Gobierno Autonómico de Aragón para obtener dicha información. El primer paso será encontrar la estación de aforo que nos de la información del tráfico acorde a nuestro tramo de estudio.

Se escogerá la estación de aforos correspondiente a dicho tramo para la realización del estudio. Para ello, buscaremos nuestro tramo en la web del Ministerio de Fomento y seleccionaremos el aforo más cercano a nuestra zona de estudio.

Distinguimos varios tipos diferentes de estaciones de aforo:

- Estaciones permanentes: aforan los 365 días/año durante las 24 horas del día.
- Estaciones de control primario: aforan una semana cada dos meses de lunes a domingo las 24 horas del día, con un total de 42 días al año.
- Estaciones de control secundario: aforan 2 días laborables cada dos meses, las 24 horas del día, con un total de 12 días laborables al año.
- Estaciones de cobertura: pueden ser automáticas o manuales, en caso de las automáticas aforan 1 día laboral al año, durante las 24 horas del día. Mientras que las manuales aforan 1 día laboral al año, durante 6 horas del día.

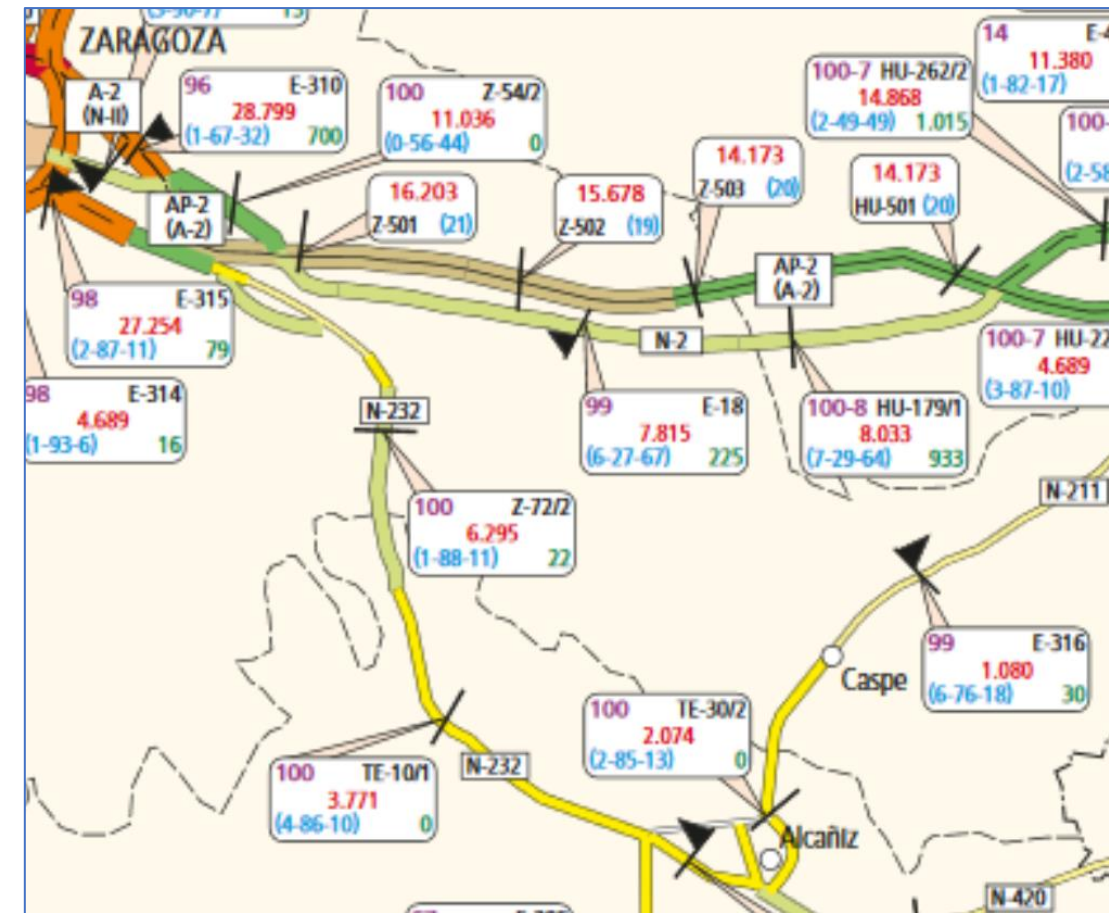


Figura 2 - Mapa de tráfico del año 2017 con las estaciones de aforo. Fuente: Red de Carreteras, del Ministerio de Fomento.

De esta forma, el aforo elegido es el que podemos ver en la *Figura 1 – Mapa de tráfico del año 2017* con las estaciones de aforo. La información aportada es la siguiente:

- Estación: TE-10/1
- Tipo: Primaria.
- Funcionamiento: 100%
- Punto kilométrico: 165,57
- Porcentaje motos, vehículos ligeros y vehículos pesados: 4 - 86 - 10 %
- I.M.D: 3.771 veh/día (Pesados = 377 veh/día)
- I.M.D. extranjero: 0 veh/día

El aforo se encuentra en el PK 165,57 de la carretera N-232. Podemos ver una imagen de su localización en la *Figura 3 - Estación de aforo TE-10/1, carretera N-232, PK. 165,57*.



Figura 3 - Estación de aforo TE-10/1, carretera N-232, PK. 165,57

También se ha consultado los datos que ofrece la web del Gobierno de Aragón, que son idénticos a los de Ministerio de Fomento, como es lógico, con el único inconveniente que la última actualización data de 2016.

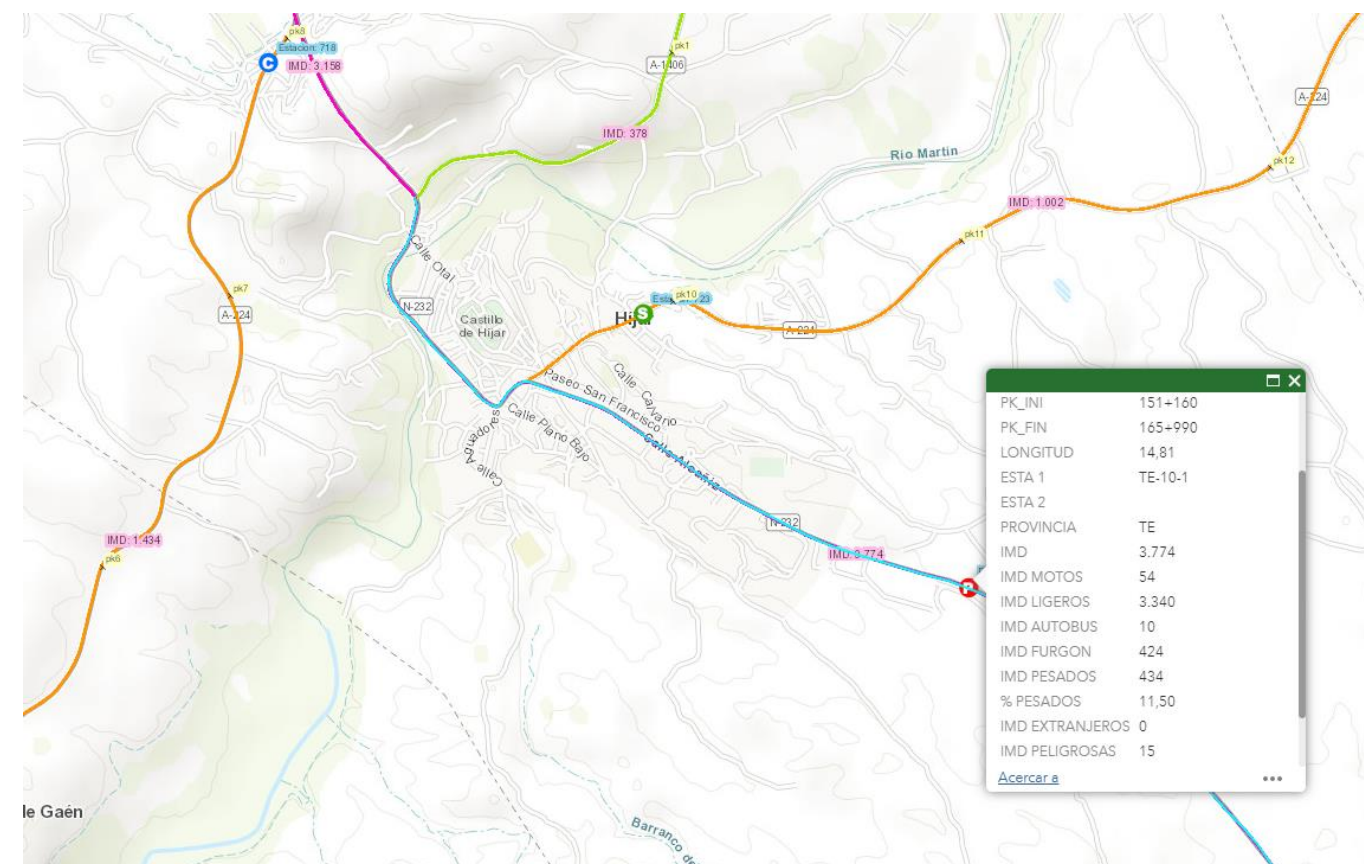


Figura 4 - Aforos en Aragón. Fuente: Gobierno de Aragón

Se puede observar en las siguientes tablas los datos históricos de tráfico y unos diagramas de su evolución en el tiempo:

| Tramo | P.K. Estación | IMD REGISTRADA | | | | | | | |
|-------|---------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| | 151+160 | 3,984 | 3,983 | 3,136 | 3,152 | 3,459 | 3,430 | 3,774 | 3,771 |
| | | 558 | 613 | 328 | 346 | 323 | 328 | 434 | 366 |

Tabla 1 - Datos históricos de la IMD registrada en nuestra estación de aforo. Fuente: Ministerio de Fomento.

| Tramo | P.K. Estación | IMDp REGISTRADA | | | | | | | |
|-------|---------------|-----------------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|
| | | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| | 151+160 | 558 | 613 | 328 | 346 | 323 | 328 | 434 | 366 |
| | | 14.00% | 15.39% | 10.46% | 10.98% | 9.34% | 9.56% | 11.50% | 9.71% |

Tabla 2 - Datos históricos de la IMDp registrada en nuestra estación de aforo. Fuente: Ministerio de Fomento.

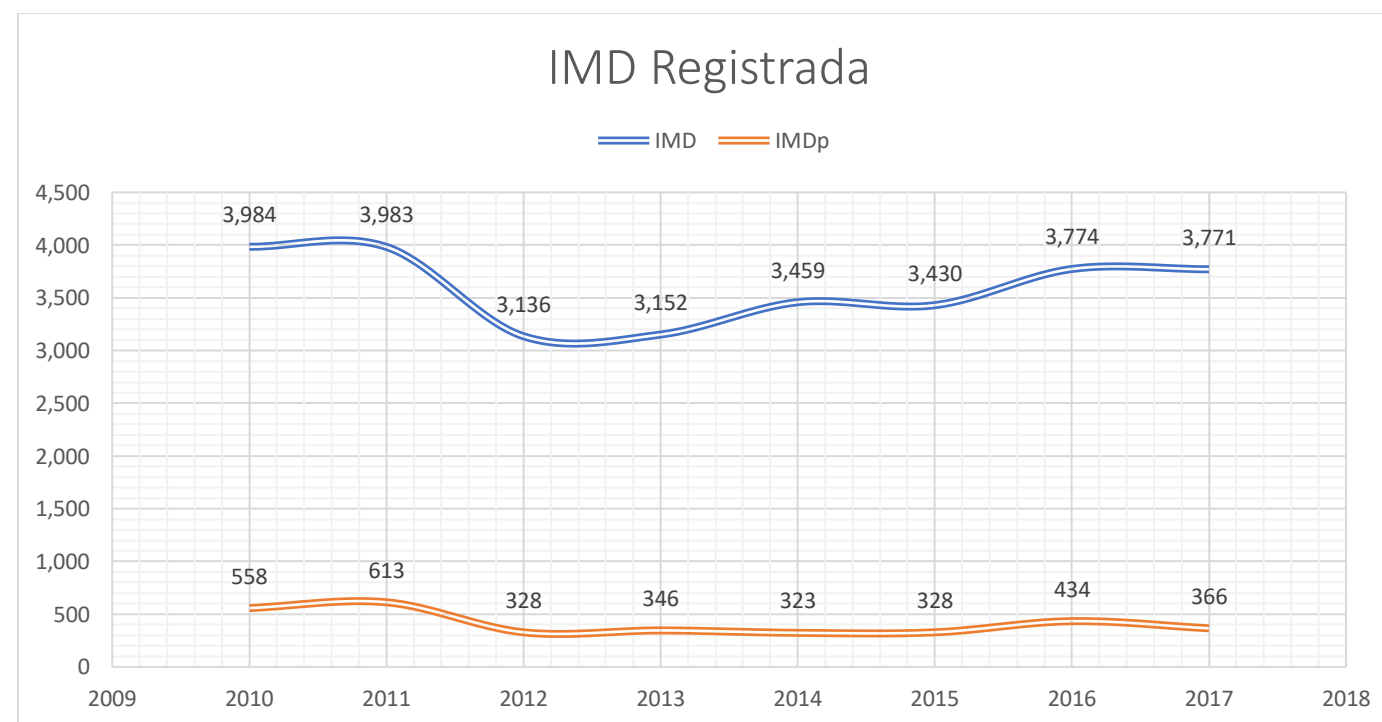


Figura 5 - Gráfica de los datos históricos de la estación de aforo. Fuente: Ministerio de Fomento

Se puede observar un decrecimiento del tráfico en el año 2012. Además, el tráfico está creciendo desde 2012, sin llegar en 2017 a las cantidades entre las que rondaba en 2011. En cuanto al porcentaje de tráfico pesado, también era superior en los años 2010 y 2011, estando actualmente entre 4-6 puntos por debajo de esos años.

2.2.2. Demanda de tráfico estimada en el año horizonte.

Se tiene como objetivo en este epígrafe, obtener la IMD de nuestra carretera en los próximo 20 años, o lo que es lo mismo, el año horizonte. Para su cálculo nos apoyaremos en un crecimiento anual que se recoge en la Orden FOM/3317/2010 y que mostramos en la *Tabla 3 – Incremento anual acumulativo*.

| Incremento de tráfico a utilizar en el estudio según Orden FOM/3317/2010 | |
|--|------------------------------|
| Período | Incremento anual acumulativo |
| 2010 - 2012 | 1.08% |
| 2013 - 2016 | 1.12% |
| 2017 en adelante | 1.44% |

Tabla 3 – Incremento anual acumulativo. Fuente: Orden FOM/3317/2010.

Siendo:

- IMDt = Intensidad media diaria de vehículos en el año requerido.
- IMDi = Intensidad media diaria de vehículos en el año inicial.
- p = Porcentaje en tanto por uno del incremento anual acumulativo. En nuestro caso es 1,44%.
- n = Años transcurridos desde el año inicial hasta el año requerido.

La estimación de la IMD en los años venideros, la mostramos en la *Tabla 4 – Prognosis del tráfico pesado hasta el año horizonte*.

| AÑO | IMD | IMDp |
|------|-------|------|
| 2018 | 3,825 | 371 |
| 2019 | 3,880 | 377 |
| 2020 | 3,936 | 382 |
| 2021 | 3,993 | 388 |
| 2022 | 4,050 | 393 |
| 2023 | 4,109 | 399 |
| 2024 | 4,168 | 405 |
| 2025 | 4,228 | 410 |
| 2026 | 4,289 | 416 |
| 2027 | 4,351 | 422 |
| 2028 | 4,413 | 428 |
| 2029 | 4,477 | 435 |
| 2030 | 4,541 | 441 |
| 2031 | 4,607 | 447 |
| 2032 | 4,673 | 454 |
| 2033 | 4,740 | 460 |
| 2034 | 4,809 | 467 |
| 2035 | 4,878 | 473 |
| 2036 | 4,948 | 480 |
| 2037 | 5,019 | 487 |
| 2038 | 5,092 | 494 |

Tabla 4 – Prognosis del tráfico pesado hasta el año horizonte.

Así, la prognosis de tráfico en el año de puesta en servicio (2021) y en el año horizonte (2038) será:

$$IMD_{2021} = 3993 \text{ vehículos/hora}$$

$$IMDp_{2021} = 388 \text{ vehículos/hora}$$

$$IMD_{2038} = 5092 \text{ vehículos/hora}$$

$$IMDp_{2038} = 494 \text{ vehículos/hora}$$

3. Análisis de la Capacidad y Nivel de Servicio.

3.1. Objetivo.

El fin de este epígrafe es analizar el nivel de servicio y la capacidad de nuestra travesía de estudio para evaluar las condiciones de circulación y operatividad en la que pueden desenvolverse los vehículos sin llegar al colapso.

Es por eso que se calculará el número de vehículos que pueden llegar a circular por nuestra travesía en unas condiciones específicas.

Se tendrá en cuenta para el desarrollo del epígrafe el Manual de capacidad de carreteras (Highway Capacity Manual (HCM) 2010).

Este manual permite, bajo unas condiciones específicas, calcular los niveles de servicio y la capacidad de la carretera estudiada. Se adaptan esas condiciones específicas a nuestro caso mediante el uso de unas tablas de ajuste facilitadas por este mismo manual.

3.2. Nivel de servicio.

El nivel de servicio se da como una medida cualitativa y descriptiva de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico, en función de unos factores determinados:

- Velocidad.
- Tiempo de trayecto.
- Libertad de maniobra.
- Interrupciones del tráfico.
- Comodidad.
- Fluidez.
- Seguridad.

El resultado final es una letra mayúscula que va de la A a la F y que significan lo siguiente:

- Circulación Fluida (A): La velocidad de los vehículos es igual a la que los conductores elegirían libremente de no verse obligados a modificarla por la presencia de otros vehículos. Cuando se produce el alcance de un vehículo más lento por otro más rápido, este último podrá adelantarlo sin sufrir casi demora alguna, por lo que el conductor percibirá que está circulando libre de “molestias”. Esto se corresponde con una situación cómoda para él, tanto física como psicológicamente hablando.
- Estable a alta velocidad (B): Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito. La demora de los conductores no es mayor al 50% del total del tiempo de viaje.
- Estable (C): Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad. La demora de los conductores alcanza el 65% del total del tiempo de viaje.
- Casi Inestable (D): Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar. La demora de los conductores es cercana al 80% del total del tiempo de viaje.
- Inestable (E): Flujo inestable, suceden pequeños congestionamientos. La demora de los conductores es mayor al 80% del total del tiempo de viaje. Límite de la capacidad.
- Flujo forzado (F): condiciones de «pare y siga», congestión.

Podemos ver un ejemplo gráfico del nivel de servicio obtenido del HCM (2010), en la siguiente figura:

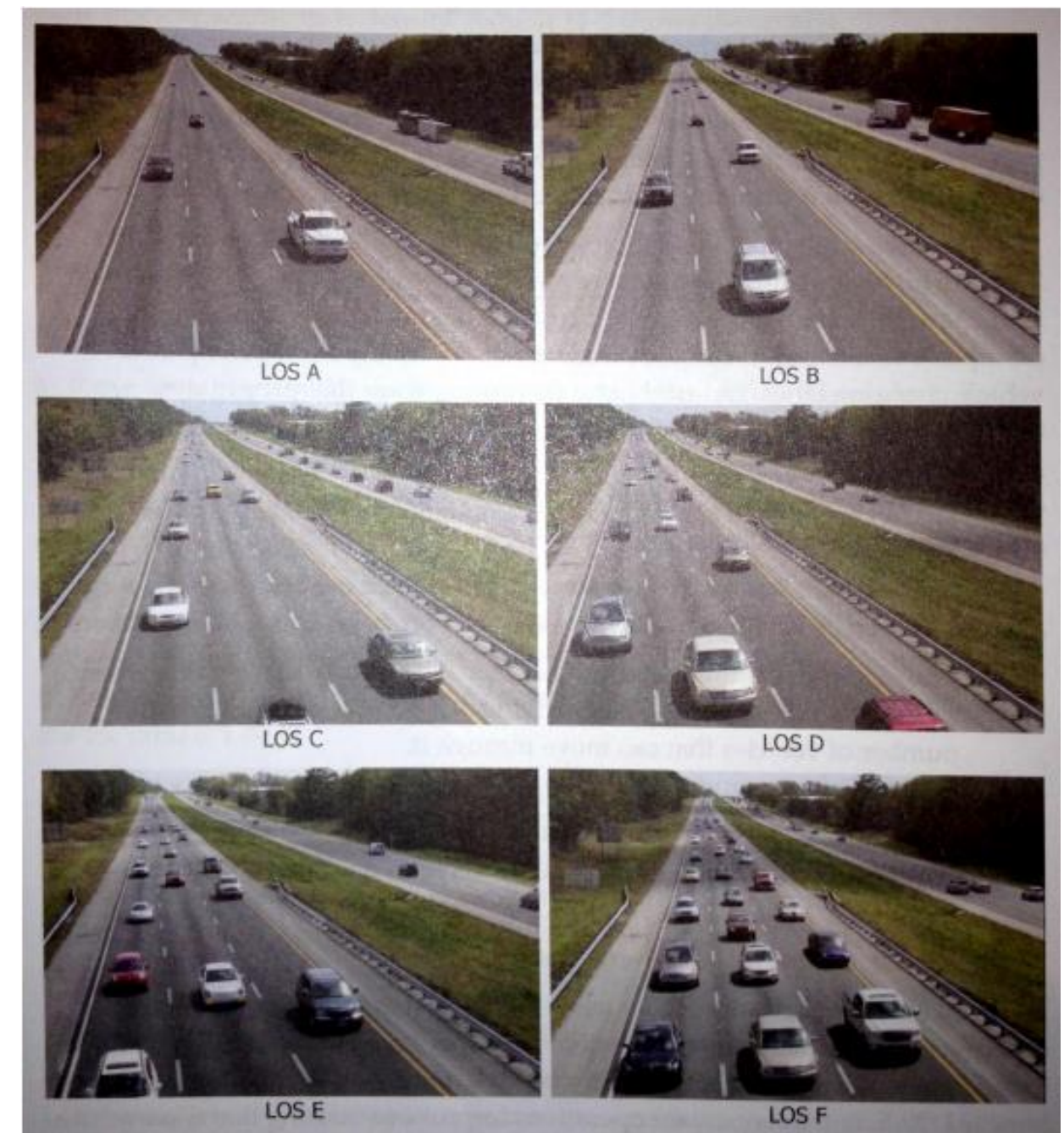


Figura 6 - Ejemplos de Nivel de Servicio. Fuente: HCM 2010.

3.2.1. Variables para el cálculo.

Como hemos comentado en el epígrafe anterior, el procedimiento a utilizar es el que indica el manual de capacidad de carreteras (Highway Capacity Manual (HCM) 2010). Cabe mencionar que en España se carece de un manual similar, por lo que la Instrucción de Trazado hace referencia a este.

Encontramos tres variables:

- Velocidad de recorrido (ATS): es el cociente entre la longitud del segmento de carretera y el tiempo medio de recorrido. Representa la movilidad.
- Porcentaje de tiempo en cola (PTSF): porcentaje medio del tiempo en que los vehículos deben circular en pelotones detrás de vehículos lentos por la imposibilidad de adelantar. Representa la comodidad del viaje y libertad de elección de la velocidad.
- Porcentaje de velocidad libre (PFFS): cociente entre la velocidad media de recorrido y la velocidad límite. Representa la capacidad de circular con velocidad cercana al límite de velocidad.

3.2.2. Datos para el cálculo.

El cálculo del Nivel de servicio se hará hasta el año horizonte (2038) y los datos para su cálculo serán los siguientes:

- Intensidades medias diarias obtenidas en el estudio del tráfico de este mismo anejo.
- La longitud del tramo, que es de 950 metros (PK. 164+800 - 165+750).
- Número de carriles: la N-232 es una carretera convencional de 2 carriles, uno en cada sentido de circulación.
- El ancho de carril es variable, pero se toma una media de 3,5 metros.
- No hay arcenes.

- Clasificación de la carretera: suponemos una clase III, por ser una travesía donde hay una velocidad límite reducida. Podemos ver en la siguiente figura un ejemplo gráfico que nos ofrece el HCM 2010 sobre la clasificación de carreteras de dos carriles.

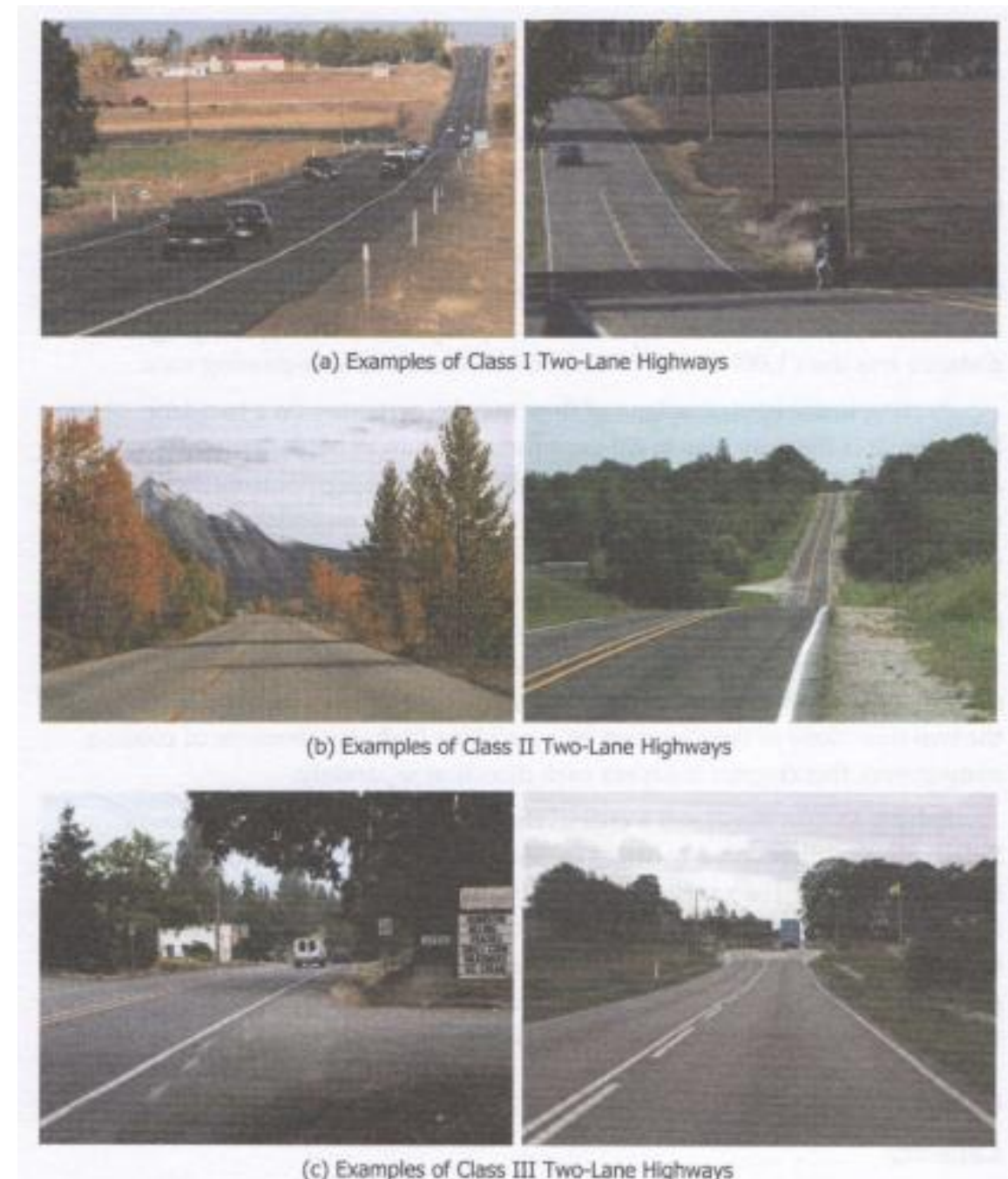


Figura 7 - Clasificación de carreteras de dos carriles. Fuente: HCM 2010.

- Suponemos un 40% de zona de adelantamiento no permitido.
- Terreno ondulado.
- Consideramos 10 accesos por kilómetro.
- Tráfico repartido al 50-50 en cada sentido.
- Carretera suburbana (PHF = 0,95).
- Porcentaje de vehículos pesados, indicado en el epígrafe 2 de este anejo.
- Porcentaje de vehículos recreacionales (0%).

3.2.3. Cálculo del Nivel de Servicio.

Se resolverá el mismo proceso para cada año, desde 2018 hasta el año horizonte 2038.

3.2.3.1. Estimación de la velocidad en flujo libre (FFS).

Teniendo en cuenta la ecuación 15-2 del HCM (2010), para la estimación de la FFS:

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

Siendo:

- **BFFS**: velocidad de flujo libre base.
- f_{LS} : ajuste por la anchura de arcén (en nuestro caso es 0) y de carril.
- f_A : ajuste por densidad de accesos.

Es importante conocer para el cálculo que las unidades son distintas a las de los anteriores apartados, por lo que hay que hacer una conversión, de km/h a mi/h.

Se utilizan las siguientes tablas para su resolución:

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

Tabla 5 - Factor de Sección Transversal. Fuente: HCM 2010.

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

Tabla 6 - Factor de densidad de accesos. Fuente: HCM 2010.

3.2.3.2. Determinación de las intensidades de Demanda para la Velocidad Media ($v_{i,ATS}$).

Teniendo en cuenta la ecuación 15-3 del HCM (2010), para la estimación de la $v_{i,ATS}$:

$$v_{i,ATS} = \frac{v_i}{PHF * f_{g,ATS} * f_{HV,ATS}}$$

Siendo:

- $v_{i,ATS}$: intensidad de demanda para la velocidad media en la dirección de análisis (pc/h).
- v_i : intensidad de demanda en la dirección de análisis (veh/h).
- **PHF**: factor de hora punta. En nuestro caso, al ser una carretera suburbana es 0,95.
- $f_{g,ATS}$: factor de pendiente para la velocidad media.
- $f_{HV,ATS}$: factor de pesados para velocidad media.

Para el cálculo del factor de pesados para ATS, se utilizará la ecuación 15-4:

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

Siendo:

- $f_{HV,ATS}$: factor de pesados para ATS.
- P_T : porcentaje de pesados.
- E_T : factor de equivalencia de pesados.
- P_R : porcentaje de vehículos recreativos.
- E_R : factor de equivalencia de vehículos recreativos.
- Como hemos comentado anteriormente, nuestro P_T es cero.

| Vehicle Type | Directional Demand Flow Rate, v (veh/h) | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
|---------------|---|---------------------------------------|-----------------|
| Trucks, E_T | ≤100 | 1.9 | 2.7 |
| | 200 | 1.5 | 2.3 |
| | 300 | 1.4 | 2.1 |
| | 400 | 1.3 | 2.0 |
| | 500 | 1.2 | 1.8 |
| | 600 | 1.1 | 1.7 |
| | 700 | 1.1 | 1.6 |
| | 800 | 1.1 | 1.4 |
| | ≥900 | 1.0 | 1.3 |
| RVs, E_R | All flows | 1.0 | 1.1 |

Tabla 8 – Factor de equivalencia de pesados y de vehículos recreativos. Fuente: HCM 2010.

3.2.3.3. Estimación de la Velocidad Media de Recorrido (ATS_d).

Las tablas por utilizar son las siguientes:

| One-Direction Demand Flow Rate, v_{vph} (veh/h) | Adjustment Factor | |
|---|---------------------------------------|-----------------|
| | Level Terrain and Specific Downgrades | Rolling Terrain |
| ≤100 | 1.00 | 0.67 |
| 200 | 1.00 | 0.75 |
| 300 | 1.00 | 0.83 |
| 400 | 1.00 | 0.90 |
| 500 | 1.00 | 0.95 |
| 600 | 1.00 | 0.97 |
| 700 | 1.00 | 0.98 |
| 800 | 1.00 | 0.99 |
| ≥900 | 1.00 | 1.00 |

Tabla 7 - Factor de pendiente. Fuente: HCM 2010.

Para el cálculo de la ATS_d , se utilizará la ecuación 15-6:

$$ATS_d = FFS - 0,00776 * (v_{d,ATS} + v_{0,ATS}) - f_{np,ATS}$$

Siendo:

- ATS_d : velocidad media de recorrido.
- FFS : velocidad en flujo libre.
- $v_{d,ATS} = v_{0,ATS}$: intensidad de demanda para la velocidad media, igual en ambas direcciones.
- $f_{np,ATS}$: factor de ajuste por zonas de prohibición de adelantamiento.

La tabla por utilizar es la siguiente:

| Opposing Demand Flow Rate, v_o (pc/h) | Percent No-Passing Zones | | | | |
|--|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | ≤ 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| FFS ≥ 65 mi/h | | | | | |
| ≤100 | 1.1 | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 3.1 |
| 200 | 2.2 | 3.3 | 3.9 | 4.0 | 4.2 |
| 400 | 1.6 | 2.3 | 2.7 | 2.8 | 2.9 |
| 600 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.0 |
| 800 | 0.7 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 |
| 1,000 | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| 1,400 | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| ≥1,600 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 |
| FFS = 60 mi/h | | | | | |
| ≤100 | 0.7 | 1.7 | 2.5 | 2.8 | 2.9 |
| 200 | 1.9 | 2.9 | 3.7 | 4.0 | 4.2 |
| 400 | 1.4 | 2.0 | 2.5 | 2.7 | 3.9 |
| 600 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.0 |
| 800 | 0.6 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.4 |
| 1,000 | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |
| 1,200 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 1.1 |
| 1,400 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |
| ≥1,600 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| FFS = 55 mi/h | | | | | |
| ≤100 | 0.5 | 1.2 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 200 | 1.5 | 2.4 | 3.5 | 3.9 | 4.1 |
| 400 | 1.3 | 1.9 | 2.4 | 2.7 | 2.8 |
| 600 | 0.9 | 1.1 | 1.6 | 1.8 | 1.9 |
| 800 | 0.5 | 0.7 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| 1,000 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.0 |
| 1,400 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.9 |
| ≥1,600 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| FFS = 50 mi/h | | | | | |
| ≤100 | 0.2 | 0.7 | 1.9 | 2.4 | 2.5 |
| 200 | 1.2 | 2.0 | 3.3 | 3.9 | 4.0 |
| 400 | 1.1 | 1.6 | 2.2 | 2.6 | 2.7 |
| 600 | 0.6 | 0.9 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 800 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.3 |
| 1,000 | 0.4 | 0.4 | 0.7 | 0.9 | 1.1 |
| 1,200 | 0.4 | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 1.0 |
| 1,400 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| ≥1,600 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| FFS ≤ 45 mi/h | | | | | |
| ≤100 | 0.1 | 0.4 | 1.7 | 2.2 | 2.4 |
| 200 | 0.9 | 1.6 | 3.1 | 3.8 | 4.0 |
| 400 | 0.9 | 0.5 | 2.0 | 2.5 | 2.7 |
| 600 | 0.4 | 0.3 | 1.3 | 1.7 | 1.8 |
| 800 | 0.3 | 0.3 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| 1,000 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 |
| 1,200 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 |
| 1,400 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| ≥1,600 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

Note: Interpolation of k_{up} for percent no-passing zones, demand flow rate, and FFS to the nearest 0.1 is recommended.

Tabla 9 - Factor de ajuste por zonas de prohibición de adelantamiento. Fuente: HCM 2010.

3.2.3.4. Estimación del porcentaje de Velocidad Libre ($PFFS$).

Para el cálculo de la $PFFS$, se utilizará la ecuación 15-11:

$$PFFS = \frac{ATS_d}{FFS}$$

Ambas variables han sido obtenidas en los anteriores apartados.

3.2.3.5. Determinación del nivel de servicio.

Nos apoyamos en la siguiente tabla:

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

Tabla 10 – Determinación del nivel de servicio

Tenemos que irnos a la última columna de la tabla, pues nuestra carretera es de Clase III. Dependiendo del porcentaje que tengamos de Velocidad Libre ($PFFS$), obtendremos una letra de la primera columna, que corresponde al Nivel de Servicio, explicado en el epígrafe 3.2 Nivel de Servicio.

Podemos ver en el Apéndice I: Resultados del cálculo del Nivel de Servicio, la tabla Excel resumen de resultados. Podemos resumir, que nuestra travesía tiene un Nivel de Servicio "C", en los veinte años calculados.



3.3. Capacidad de la vía.

Se entiende por capacidad de la vía la intensidad máxima que puede absorber un elemento viario, en un periodo de tiempo de quince minutos, en unas condiciones determinadas de la propia vía y del tráfico correspondiente. Su unidad de medida es en vehículo hora.

Se puede tomar como valor orientativo en carreteras de sentido único, una capacidad de 1700 vehículo por hora, o 3200 por calzada completa.

Concluimos exponiendo que ningún año futuro alcanzará el nivel E, según nuestros cálculos, y que no se superará esa barrera de los 1700 vehículos por hora o 3200 por calzada completa, siendo los cálculos muy lejanos a estos extremos.

Apéndice I: Resultados del cálculo del Nivel de Servicio.

| 50 / 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Año | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 |
| IMD (Veh/día) | | 3771 | 3825 | 3880 | 3936 | 3993 | 4050 | 4109 | 4168 | 4228 | 4289 | 4351 | 4413 | 4477 | 4541 | 4607 | 4673 | 4740 | 4809 | 4878 | 4948 | 5019 | 5092 |
| | | DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intensidad Horario Proyecto (veh/h) | IHP | 377.1 | 383 | 388 | 394 | 399 | 405 | 411 | 417 | 423 | 429 | 435 | 441 | 448 | 454 | 461 | 467 | 474 | 481 | 488 | 495 | 502 | 509 |
| Valor según el carácter de la carretera | K | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Factor de hora punta (veh/h) | PHF | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |
| | | ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD EN FLUJO LIBRE (FFS) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ajuste por ancho de carril (ft) | fa | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| Ajuste por distancia al obstáculo lateral derecho (ft) | f LS | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 | 4.7 |
| Velocidad de flujo libre base | BFFS | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 | 37.282 2 |
| Estimación de la velocidad en flujo libre | FFS | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 |
| | | Ajustar la demanda para estimar velocidad media recorrido (ATS) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intensidad de demanda | Vi, ATS | 188.55 | 191.27 | 194.02 | 196.81 | 199.65 | 202.52 | 205.44 | 208.40 | 211.40 | 214.44 | 217.53 | 220.66 | 223.84 | 227.06 | 230.33 | 233.65 | 237.01 | 240.43 | 243.89 | 247.40 | 250.96 | 254.58 |
| Factor de pendiente | fg, ATS | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 | 0.766 |
| Factor de pesados | Fhv, ATS | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 | 0.8803 |
| Intensidad demandada (tur/h) | Id | 294.34 | 298.57 | 302.87 | 307.24 | 311.66 | 316.15 | 320.70 | 325.32 | 330.00 | 334.75 | 339.58 | 344.47 | 349.43 | 354.46 | 359.56 | 364.74 | 369.99 | 375.32 | 380.72 | 386.21 | 391.77 | 397.41 |
| | | ESTIMAR ATS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estimación de la velocidad en flujo libre | FFS | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 | 30.082 2 |
| | | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 | 0.0077 6 |
| Intensidad de demanda sentido ida | vd, ATS | 294.34 | 298.57 | 302.87 | 307.24 | 311.66 | 316.15 | 320.70 | 325.32 | 330.00 | 334.75 | 339.58 | 344.47 | 349.43 | 354.46 | 359.56 | 364.74 | 369.99 | 375.32 | 380.72 | 386.21 | 391.77 | 397.41 |
| Intensidad de demanda sentido vuelta | vo, ATS | 294.34 | 298.57 | 302.87 | 307.24 | 311.66 | 316.15 | 320.70 | 325.32 | 330.00 | 334.75 | 339.58 | 344.47 | 349.43 | 354.46 | 359.56 | 364.74 | 369.99 | 375.32 | 380.72 | 386.21 | 391.77 | 397.41 |
| Factor de ajuste por zona | fnp, ATS | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 | 0.964 |
| Estimación de la velocidad media de recorrido | ATS d | 24.55 | 24.48 | 24.42 | 24.35 | 24.28 | 24.21 | 24.14 | 24.07 | 24.00 | 23.92 | 23.85 | 23.77 | 23.70 | 23.62 | 23.54 | 23.46 | 23.38 | 23.29 | 23.21 | 23.12 | 23.04 | 22.95 |
| | | ESTIMACIÓN % DE LA VELOCIDAD LIBRE (PFFS) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estimación de la velocidad media de recorrido | ATS d | 24.55 | 24.48 | 24.42 | 24.35 | 24.28 | 24.21 | 24.14 | 24.07 | 24.00 | 23.92 | 23.85 | 23.77 | 23.70 | 23.62 | 23.54 | 23.46 | 23.38 | 23.29 | 23.21 | 23.12 | 23.04 | 22.95 |
| Estimación de la velocidad en flujo libre | FFS | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 | 30.08 |
| Estimar % de velocidad libre de operación | PFFS | 81.61 | 81.39 | 81.17 | 80.94 | 80.72 | 80.48 | 80.25 | 80.01 | 79.77 | 79.52 | 79.28 | 79.02 | 78.77 | 78.51 | 78.24 | 77.98 | 77.71 | 77.43 | 77.15 | 76.87 | 76.58 | 76.29 |
| | | NIVEL DE SERVICIO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NIVEL DE SERVICIO | NS | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C |