



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada del Puente del Real, Paseo de la Alameda, C/ San Pío V, C/ del general Elio y C/ de Monforte de la ciudad de Valencia mediante la aplicación del Highway Capacity Manual 2010.

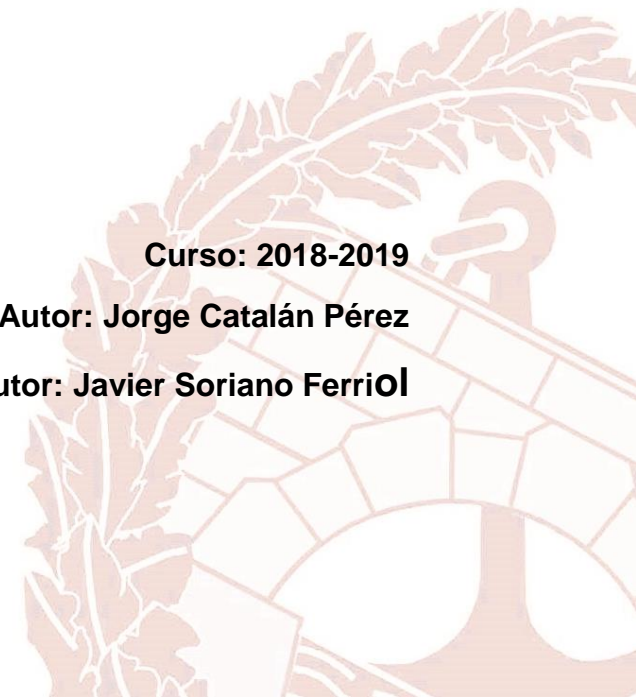
Trabajo Final de Máster

Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2018-2019

Autor: Jorge Catalán Pérez

Tutor: Javier Soriano Ferriol





1. ANTECEDENTES.....	4
2. OBJETO	5
3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	6
4. ESTADO DEL ARTE.....	7
4.1. INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	7
4.2. PROBLEMÁTICA DE CONGESTIÓN EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	8
4.3. SEMÁFOROS	8
4.4. TIPOS DE MOVIMIENTOS	10
4.5. CAPACIDAD DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	12
4.5.1. <i>Concepto</i>	12
4.5.2. <i>Factores</i>	12
4.6. NIVEL DE SERVICIO.....	16
5. METODOLOGÍA DEL HCM 2010	20
5.1. INTRODUCCIÓN	20
5.2. PERIODO DE ANÁLISIS.....	21
5.3. DETERMINAR GRUPOS DE CARRILES	21
5.4. DETERMINAR LA INTENSIDAD POR GRUPOS DE CARRILES	23
5.5. DETERMINAR EL AJUSTE DE LA INTENSIDAD DE SATURACIÓN.	23
5.6. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN.	31
5.7. CÁLCULO DE LA DEMORA MEDIA	32
5.8. OBTENCIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO	35
6. CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN DE ESTUDIO	36
6.1. CARACTERIZACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO.	36
6.1.1. <i>Caracterización del entorno</i>	36
6.1.2. <i>Caracterización de la intersección</i>	37
6.1.3. <i>Caracterización del tráfico</i>	44
6.2. TOMA DE INFORMACIÓN.....	51
6.2.1. <i>Metodología</i>	51
6.2.2. <i>Vehículos</i>	52
6.2.3. <i>Demanda peatonal</i>	52
7. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE ENTRADA DE LA INTERSECCIÓN SEGÚN EL HCM 2010.	54
7.1. PARÁMETROS DE ENTRADA.....	54
7.1.1. <i>Características geométricas</i>	55



7.1.2.	Condiciones del tráfico.....	58
7.1.3.	Regulación semafórica.....	67
7.2.	APLICACIÓN DEL HCM	71
7.2.1.	Cálculo de la intensidad de saturación	71
7.2.2.	Determinar la duración de fase del semáforo	73
7.2.3.	Cálculo de la capacidad de la intersección	73
7.2.4.	Cálculo de la demora	76
7.2.5.	Cálculo del nivel de servicio	78
7.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	79
7.4.	CONCLUSIONES	88
8.	PRESENTACIÓN Y ELECCIÓN DE PROPUESTAS	92
8.1.	INTRODUCCIÓN	92
8.2.	PRESENTACIÓN DE PROPUESTAS	93
8.2.1.	Variación del ciclo semafórico.	95
8.2.2.	Glorieta.	96
8.2.3.	Variación en los accesos a la intersección.	98
8.2.4.	Paso subterráneo Paseo de la Alameda – Calle San Pio V.....	100
9.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROPUESTAS	102
9.1.	VARIACIÓN DEL CICLO SEMAFÓRICO.....	102
9.2.	GLORIETA	105
9.3.	VARIACIÓN EN LOS ACCESOS	109
9.4.	PASO SUBTERRÁNEO PASEO DE LA ALAMEDA – CALLE SAN PIO V.....	113
9.5.	COMPARATIVA DE SOLUCIONES	115
10.	DISEÑO DE LA PROPUESTA ELEGIDA	118
10.1.	PASO INFERIOR	118
10.1.1.	Condicionantes.....	118
10.1.2.	Trazado	120
10.2.	ACCESO DIRECTO PUENTE DEL REAL – CALLE DEL GENERAL ÉLIO	127
10.2.1.	Diseño	127
10.3.	AFINIDAD AL PMUS	128
10.3.1.	Transporte público	128
10.3.2.	Transporte privado.....	129
10.4.	ARQUEOLOGÍA.....	131
	ANEXO 1	133
	ANEXO 2	137



PLANOS 146



1. ANTECEDENTES

La finalidad de este trabajo es realizar el estudio de una intersección en su estado actual, valorando la utilidad y la capacidad de servicio de la misma. Para ello, se debe recoger, procesar y analizar la información requerida mediante una campaña de toma de datos.

Posteriormente, se plantean, calculan y valoran una serie de posibles medidas o actuaciones a adoptar para mejorar la funcionalidad de la intersección mejorando de este modo, si es posible, la situación inicial.

Se trata de una intersección que presenta momentos de la jornada en la que se encuentra saturada de usuarios que provocan el colapso de la misma, por lo que se plantea realizar el presente estudio para que pueda dar una solución a la misma.



2. OBJETO

El siguiente trabajo se redacta en calidad de Trabajo Fin de Máster (TFM) por el alumno Jorge Catalán Pérez perteneciente a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) de la Universitat Politècnica de València (UPV).

La realización de este trabajo tiene como finalidad la obtención del título de Máster en Ingeniería de Caminos Canales y Puertos.

El trabajo Fin de Máster denominado ESTUDIO Y MEJORA DE LA CAPACIDAD Y FUNCIONALIDAD DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA DE EL PUENTE DEL REAL, PASEO DE LA ALAMEDA, C/ SAN PÍO V, C/ DEL GENERAL ELIO Y C/ DE MONFORTE DE LA CIUDAD DE VALENCIA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010 se ha redactado por el alumno mencionado.



3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El ámbito de la actuación se localiza en la Plá del Real de la ciudad de Valencia, a la cual llegan las siguientes calles y vías

- Puente del Real.
- Calle del General Elio.
- Paseo de la Alameda.
- Calle de Monforte.



Sistema de Referencia: ETRS89-UTM Huso 30 Escala = 1:4,514 Coordenadas: X(mín.)=725.925,11 m. Y(mín.)=4.372.642,66 m. X(máx.)=727.008,47 m. Y(máx.)=4.373.500,32 m.



4. ESTADO DEL ARTE

4.1. Intersecciones semaforizadas.

Se consideran intersecciones semaforizadas aquellas que están reguladas permanente o mayoritariamente mediante sistemas de luces que establecen las prioridades de paso por la intersección.

La semaforización de intersecciones puede ser un instrumento eficaz para la reducción de la congestión, la mejora de la seguridad o para apoyar diversas estrategias de transporte (promoción del transporte público, reforzamiento de la jerarquía viaria, potenciación de peatones y ciclistas, etc.).

Prácticamente, cualquier tipo de intersección es susceptible de semaforización. No obstante, un buen aprovechamiento de los sistemas modernos de semaforización puede requerir modificaciones en la localización de las intersecciones y en el diseño de sus elementos (isletas canalizadoras, etc.).

En el caso de la intersección de estudio se corresponde a una intersección a la que llegan diversas calles con distintas intensidades de vehículos y ésta se encuentra gobernada por una regulación semaforica que permite un tránsito ordenado de los usuarios, tratando de evitar congestiones y sobresaturación del nudo.

Este tipo de intersecciones son habitualmente empleadas en ciudades y espacios urbanos con una intensidad de tráfico moderada o importante, priorizan el paso de vehículos desde diferentes ramales según la importancia de los mismos. El flujo dominante de uno de los flujos de entrada puede provocar un desequilibrio en la intersección, produciéndose atascos o retenciones si la regularización semaforica no es adecuada o suficiente. Además, este tipo de demoras suelen llevar asociados comportamientos temerarios provocados por la tensión o los nervios por la espera y que pueden acabar por convertirse en un accidente.

Es necesario tener en cuenta que, en una zona urbana, existen también otros usuarios además de los vehículos, el tráfico peatonal y ciclista debe ser tenido en consideración a la hora de proyectar una intersección y diseñar su funcionamiento, o programar el ciclo semaforico.



Es probable que, por cuestiones de tiempo de recorrido o seguridad en la intersección, cierto tipo de vehículos de transporte público como pueden ser autobuses o tranvías tengan prioridad en el tráfico o en el diseño de la intersección, dándoles preferencia de cualquier tipo.

Estos son algunos de los aspectos que las intersecciones urbanas deben considerar y tener en cuenta mediante la regulación semaforizada.

4.2. Problemática de congestión en intersecciones semaforizadas.

El diseño, el comportamiento de los conductores y las características del tráfico influyen en la capacidad y los niveles de servicio de una intersección semaforizada. La eficiencia de su comportamiento depende de las características geométricas y los flujos de vehículos que intervienen, así pues, grandes flujos provenientes de ramales con pocos carriles pueden saturar la intersección, y el caso contrario (pocos vehículos provenientes de grandes avenidas) indica una baja optimización de la intersección.

En el caso de la intersección semaforizada de estudio, el funcionamiento llega en ciertas horas del día a un volumen de tráfico notablemente alto, lo que conlleva a la congestión del enlace en dichas horas.

Para considerar que una intersección semaforizada se encuentra en estado de congestión, es suficiente con que alguno de los ramales o accesos a la intersección no cumplan satisfactoriamente el nivel de servicio requerido, pese a que el resto del nudo funcione mejor, pues esto ocasiona colas y demoras en los usuarios.

En un entorno urbano, en caso de proximidad entre distintas intersecciones, la acumulación de vehículos en un carril puede llegar a tener efecto sobre elementos aguas arriba de la red viaria, sin embargo, esto es poco probable en el caso de la intersección de estudio, puesto que se encuentra relativamente alejada de otros nudos, permitiendo un gran espacio de almacenamiento de vehículos detrás de las líneas de detención en los semáforos.

4.3. Semáforos

Este tipo de intersecciones están reguladas por semáforos. El semáforo es la variable directa de las intersecciones semaforizadas, el cual distribuye el tiempo



entre los distintos movimientos que se dan, para poder dar un correcto funcionamiento a la intersección, así como no saturar sus accesos.

Los semáforos tienen operaciones que afectan directamente a la circulación, tales como: el plan de fases, la asignación de tiempos en verde, la duración del ciclo, los distintos tipos de giros protegidos, permitidos o sin oposición, entre otros. A continuación, se definirán algunos de estos conceptos.

- Ciclo: es la secuencia completa de indicaciones de un semáforo, es decir el tiempo total que se suma de “verde”, “ámbar” y “rojo”.
- Duración de ciclo: es el tiempo total que necesita el semáforo para completar un ciclo, expresado en segundos.
- Intervalo: es el período de tiempo en el que todas las indicaciones semafóricas permanecen constantes.
- Fase: es el tiempo durante el cual no se produce ningún cambio de color en los semáforos.
- Tiempo de “ámbar”: es el tiempo que transcurre entre el cambio de verde a rojo, actualmente fijo con una duración de 3 a 4 segundos.
- Tiempo de cambio: intervalos de “ámbar” más el “todo rojo” con el fin de que la intersección quede totalmente despejada, para que se puedan poner en funcionamiento el tiempo de “verde”, el tiempo de “verde” efectivo, y el tiempo de “rojo” efectivo.
- Tiempo de “rojo”: es el tiempo durante el cual la intersección no está utilizada por ningún movimiento. Estos tiempos ocurren durante el intervalo de cambio y al principio de cada fase cuando los primeros vehículos sufren retrasos en el arranque.
- Tiempo de “verde” efectivo: es el tiempo de verde más el intervalo de cambio menos el tiempo perdido de fase, expresado en segundos.
- Tiempo de rojo “efectivo”: es el tiempo durante el cual no se permite la circulación, algún movimiento específico o un conjunto de movimientos. Es la duración del ciclo menos el tiempo de verde efectivo para una fase específica, expresado en segundos.



Dentro de las señales de tráfico, el manual de capacidad de carreteras, denominado en inglés Highway Capacity Manual (HCM), contempla dos tipos de operaciones para la señalización semaforizada: la operación prefijada y la operación accionada.

La operación prefijada es una acción que consiste en una secuencia de fases fijas, que están en un orden repetitivo, la duración de cada fase es precisa siempre con los mismos tiempos, es decir, todos los intervalos de cambio están prefijados, pero el intervalo de verde puede cambiar ya sea por el día de la semana o acomodándose a unas horas o condiciones predeterminadas.

La operación accionada se define como la fase de la secuencia en que la presentación de cada fase depende o está asociada a los movimientos del tráfico. Este tipo de operación se puede describir como: actuado, semi actuado y coordinado-actuado.

- Semáforos actuados: se da cuando las fases están actuadas y todos los movimientos de tráfico de la intersección están controladas por detectores. Este tipo de control no está asociado con un ciclo constante y así las duraciones del ciclo y los tiempos de verde pueden variar según la demanda que se tenga.
- Semáforos semi actuados: se trata de un tipo de control que utiliza las fases actuadas para servir los menores movimientos (calles secundarias) de una intersección mientras que los mayores movimientos que se producen en la intersección están operados con fases no actuadas, tratando de estar siempre en fase verde, así cuando las calles secundarias detecten un flujo vehicular, se les dará paso con un intervalo determinado. La secuencia y duración de cada fase actuada está determinada por la demanda de tráfico. Este tipo de control no está asociado a un ciclo constante.
- Semáforos coordinados-actuados: este tipo de control es similar al anterior y asocia la fase coordinada aquellos movimientos menores en la intersección.

4.4. Tipos de movimientos

Dentro de los diversos factores que afectan a la capacidad de una intersección regulada por semáforos, aparte de los mismo, los movimientos realizados por los



usuarios afectan de una manera importante, deben tenerse en cuenta la disposición de los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases del ciclo semafórico.

En conjunto pueden distinguirse cuatro tipos de movimientos:

- De paso: En el que el vehículo continua en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección. De todos los movimientos posibles, es el de menor requerimiento por parte del sistema.
- Giro permitido: el vehículo que lo efectúa debe atravesar bien una corriente peatonal o un flujo vehicular en el sentido opuesto. Un ejemplo práctico puede ser un giro a izquierdas que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico de paso en sentido opuesto se considera permitido. Asimismo, un movimiento de giro a la derecha simultáneo con un cruce de patones tras realizar el giro, también sería un giro permitido. Este tipo de movimientos exigen un mayor consumo del tiempo en verde, debido a la necesidad de encontrar hueco para realizar el movimiento y a la mayor dificultad del mismo.
- Giro protegido: semejante al giro permitido, pero evitando el tráfico o tránsito de peatones al realizar el movimiento. En este tipo de movimientos, el vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal a la hora de realizar la maniobra. Sería el caso de giros a la izquierda realizados en una fase exclusiva para ellos, una flecha verde adicional en el semáforo o de giros a la derecha con una prohibición de cruce para los peatones.
- Giro sin oposición: a diferencia del caso anterior, esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposibles que se den conflictos o interferencias con el tráfico de paso. Se dan sobre todo en calles de sentido único en intersecciones en T que operan con dos fases separadas para cada dirección.

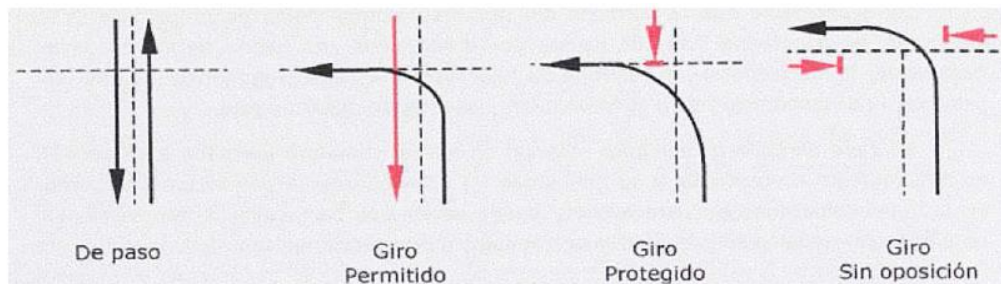


Figura 1 - Tipos de movimientos

4.5. Capacidad de las intersecciones semaforizadas

4.5.1. Concepto

El estudio de capacidad de una intersección pretende ser un estudio tanto cualitativo como cuantitativo y permite evaluar el servicio tanto en calidad (cualitativamente) como valores objetivo que establezcan la suficiencia del mismo (cuantitativamente).

El Highway Capacity Manual, define la capacidad de una infraestructura vial como el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por una intersección durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

Para determinar la capacidad de un sistema vial, rural o urbano, es necesario conocer diversos factores relativos no solo a sus características geométricas o físicas si no también relativa a los usuarios de dicho sistema, en este caso los conductores y vehículos que transcurren por la intersección.

4.5.2. Factores

Los principales factores que son condicionantes en la capacidad de una intersección se enumeran y detallan a continuación, los más importantes son aquellos que afectan a la geometría del entorno de estudio, el tráfico que circula por la intersección (composición, maniobras, trayectorias) y el entorno que rodea los viales, ya sea por factores como estacionamiento o situación geográfica de la intersección.



4.5.2.1. Geometría de la intersección.

La geometría es una parte fundamental que da forma a la intersección, limita la zona en la que los vehículos pueden circular y permiten encauzar las trayectorias que deben seguir para realizar cada uno de los movimientos. A su vez, permite encarrilar los carriles mediante isletas y elementos que ordenan el tráfico, la forma de la intersección debe estar dimensionada para permitir también movimientos cómodos por parte de los conductores.

Uno de los factores más significativos a la hora de evaluar la capacidad de la intersección es la anchura de la calle, incluso puede ser más influyente que el número de carriles. La anchura del acceso no varía significativamente con la de la calle, sino que depende de otros factores como la disposición de las marcas viales o la presencia de isletas y otros obstáculos.

El número de filas en que se dispone el tráfico no sólo depende de que así se haya señalado, ya que, con frecuencia, sobre todo en horas punta, los vehículos se sitúan formando más filas que las definidas por las marcas viales. Esto no quiere decir que una buena demarcación de carriles no contribuya a aumentar la capacidad de la intersección, por norma general.

Otro factor que ejerce influencia en la capacidad es la inclinación de la rasante, ya que puede favorecer o dificultar el movimiento de los vehículos, especialmente de los pesados.

4.5.2.2. Condiciones de tráfico

Diferentes tipologías de tráfico dan lugar a distintas capacidades para una misma intersección. por ejemplo, la proporción de vehículos pesados existente en la corriente de tráfico se hace patente en la capacidad individual de cada acceso y de la intersección en conjunto. Como es conocido, el vehículo pesado es más lento y voluminoso, además tiene una menor movilidad y por tanto sus maniobras en el ámbito urbano están más restringidas, debido a su mayor radio de giro.

Por otro lado, los autobuses influyen doblemente, ya que, aparte de poder considerarlos vehículos pesados, su frecuencia de parada en los puntos destinados a la subida y bajada de viajeros, paradas de autobús, modifica la capacidad del acceso donde existan este tipo de zonas.



Por otra parte, vehículos muy ligeros de dos ruedas como motocicletas, si bien tienen más movilidad, tampoco otorgan ningún beneficio al flujo de vehículos. Se pueden considerar como un vehículo ligero normal y no tener en cuenta ninguna consideración especial. Para valorar su influencia real deberían suponer una proporción importante en cuanto a la tipología total de vehículos.

4.5.2.3. Estacionamiento

La existencia de vehículos parados, detenidos o estacionados en las proximidades de la intersección es un factor que afecta doblemente a la capacidad de la intersección, disminuye la anchura eficaz del acceso y retarda la circulación de vehículos, en el caso de existir vehículos realizando maniobras de estacionamiento.

Por tanto, la presencia de vehículos estacionados en las inmediaciones de la intersección reducirá notablemente su capacidad de la misma. Por otro lado, si se destina una zona de la vía a este fin, puede obtenerse mejoras notorias de la capacidad.

4.5.2.4. Maniobras de giro

Ante la presencia de una intersección semaforizada, y dependiendo de la tipología y la regulación de ésta, el conductor del vehículo tiene una serie de posibles trayectorias a seguir, que genéricamente son: continuar en dirección que llevan, girar a la derecha o girar a la izquierda.

Se ha comprobado experimentalmente que el porcentaje de vehículos que efectúan maniobras de giro afecta negativamente a la capacidad de la intersección. En el caso de los giros a la derecha, la presencia de peatones con prioridad de paso reduce aún más su capacidad.

En determinadas circunstancias puede ser recomendable proteger un giro: un giro protegido es aquél que se realiza en fase exclusiva, sin oposición de ninguna corriente, peatonal o de tráfico. Un giro protegido no afecta a la capacidad de acceso.

4.5.2.5. Factor de hora punta

Sin duda, el momento más crítico para la intersección, en lo que a capacidad se refiere, se produce durante la hora punta, por lo que será necesario tener en



cuenta el factor de hora punta, denominado con las siglas FHP, definido en el Highway Capacity Manual como el cociente entre la intensidad de la hora punta y cuatro veces la intensidad de los quince minutos más cargados.

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

El FHP será de aplicación en intersecciones donde se afore la intensidad de la hora punta (IHP) y no la máxima de los 15 minutos (I_{15}), ya que los criterios de nivel de servicio que adopta el Highway Capacity Manual se refieren a esta última. En zonas urbanas, dicho factor se halla comprendido normalmente entre 0,75 y 0,90, tomándose como factor medio 0,85.

4.5.2.6. Situación de la intersección

La localización de una intersección dentro de la ciudad influye en la fluidez del tráfico y en la capacidad de una intersección, a efectos de cálculo se distinguen cuatro zonas distintas.

- Centro: zona en la que el uso predominante del suelo es la actividad mercantil y de negocios. Se caracteriza por el gran número de peatones, por la frecuencia con la que los vehículos cargan y descargan mercancías, por la alta demanda de estacionamiento y por la alta rotación del mismo.

Muchos factores pueden perjudicar la capacidad de la intersección, sobre todo maniobras de aparcamiento y el tráfico se puede incrementar notablemente debido a la cantidad de vehículos que están buscando aparcamiento en lugar de vehículos que transitan hacia su destino.

- Zona intermedia: zona contigua al centro, donde se mezcla la actividad mercantil con suelo residencial de alta densidad. La mayor parte del tráfico no tiene su origen ni su destino dentro de la zona, caracterizada por la presencia de un número moderado de peatones.

Semejante a la zona anterior esta zona puede contar con vías o arterias de mayor capacidad debido a la planificación urbana. Posibilidad de encontrar mucho tráfico relativo al transporte público como autobuses.



- Subcentros o centros periféricos: de menor entidad que el centro, aunque de características similares, con la diferencia de que se observa una mezcla de tráfico de paso con el existente dentro de la propia zona.
- Zonas residenciales: son aquellas en las que predomina el uso residencial, y que se caracterizan por poseer una baja densidad peatonal y una renovación de estacionamiento muy baja.

4.6. Nivel de servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación del tráfico en un momento dado. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos:

- Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamiento o direccionales, etc.

- Los externos se encuentran las características físicas, tales como el ancho de los carriles, la distancia libre lateral, el ancho de las banquetas, las pendientes, etc.

Analizar los volúmenes de tráfico es útil para entender la naturaleza general del tráfico en un área, pero no nos indica la capacidad de la vía para absorber un flujo adicional, ni nos describe el funcionamiento de la vía o intersección. Para esto se ha desarrollado este concepto de nivel de servicio.

En el manual de capacidad, se han establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, ordenados progresivamente de un mejor nivel de servicio al peor.



La demora cuantifica el aumento del tiempo de viaje debido al control de las señales de tráfico, además, indirectamente sirve de medida para conocer la disconformidad del usuario y el consumo de gasolina. Por otro lado, el índice de capacidad calculado cuantifica el grado de un Grupo de Carril en cuanto a capacidad se refiere.

Nivel de Servicio	Demora media (s/veh)
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
C	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$D > 80$

Tabla 1 - Nivel de servicio según demora

Los niveles de servicio en intersecciones semaforizadas se obtienen a partir de la demora media obtenida, concepto que se atribuye a molestias, retrasos o tiempo de viaje perdido por el conductor. Los niveles de servicio A, B y C indican unas condiciones de tráfico en la que los vehículos no tienen demoras significativas en los periodos punta de demanda, se pueden considerar niveles de servicio aceptables. Los niveles de servicio D y E indican un empeoramiento progresivo de las condiciones operacionales en los periodos punta mientras, que el nivel de servicio F indica que la demanda excede la capacidad de la intersección.

En general los niveles de servicio se relacionan con las siguientes condiciones de operación:

- Nivel de servicio A:

Destaca por operaciones con muy poca demora y el avance de los vehículos es extremadamente favorable, no requieren apenas paradas o detenciones durante la circulación. La mayoría de los vehículos llegan en fase verde



- Nivel de servicio B

Las operaciones tienen una demora un poco mayor pero aun así ligera. El avance de los vehículos es favorable, produciéndose detenciones esporádicas. Se da en intersecciones con buena progresión y ciclos semafóricos cortos.

- Nivel de servicio C

La demora empieza a ser considerable y la progresión de los vehículos es de mediana calidad, el ciclo suele ser más largo. Se empiezan a producir detenciones de un número significativo de vehículos.

- Nivel de servicio D

La demora en este caso es elevada y empieza a ser molesta para los usuarios de la vía. Hay una notable influencia de la congestión, con progresiones desfavorables y ciclos largos. Muchos vehículos deben detenerse y falta capacidad en ciclos individuales.

- Nivel de servicio E

Se producen operaciones con gran demora. El avance de los vehículos es lento y se producen largas detenciones durante los ciclos. Existe un alto grado de detención. Durante los diferentes ciclos individuales hay una frecuente falta de capacidad.

- Nivel de servicio F

La demora supera los 80 segundos por vehículo, se considera un nivel inaceptable para los usuarios de la intersección. En general la intensidad de llegada supera la capacidad de la intersección. Progresión deficiente con ciclos muy prolongados.

Debe enfatizarse una vez más que, en contraste con otros sitios, el nivel de servicio en una intersección con semáforo no tiene una relación unívoca simple con la capacidad. Por ej. En los tramos de los caminos de acceso controlado, la relación (v/c) es de 1.00 en los límites superiores del nivel de servicio E.

También es posible tener demoras cortas en el acceso cuando la razón (v/c) sea igual a 1.00 es decir, un acceso saturado, que puede ocurrir si existen las siguientes condiciones: Duraciones cortas de ciclo y un avance favorable de las



fases del semáforo, lo cual implica que en un alto porcentaje de vehículos llegan durante la fase de luz verde.



5. METODOLOGÍA DEL HCM 2010

5.1. Introducción

Para el cálculo de la capacidad máxima de la intersección, el flujo de vehículos capaz de atravesarla y el nivel de servicio, se va a hacer uso del Highway Capacity Manual 2010. En el capítulo 19 trata las intersecciones señalizadas, estableciendo el método de evaluación de la capacidad y el nivel de servicio proporcionado a los usuarios a través de una intersección semaforizada.

El nivel de servicio y la capacidad son dos valores necesarios para establecer el estado de una intersección en un momento dado, en este caso en el momento del análisis, y poder definir con certeza cómo el tráfico fluye a través de este elemento. La capacidad y el nivel de servicio son dos parámetros que se calculan por separado, sin embargo, comenzando por la toma de datos mediante aforos o registros del tráfico, se puede realizar el análisis para calcular la capacidad y con ella el nivel de servicio en el que se encuentra, tal y como se ha mostrado en el apartado anterior.

Cuando se aplica la metodología propuesta por el HCM, el nivel de análisis puede desglosarse en tres niveles distintos:

- El nivel operacional.

Es análisis operacional es la aplicación más detallada y requiere de información sobre el tráfico, tanto condiciones geométricas como de señalización

- El nivel de diseño.

El análisis de diseño también requiere información detallada sobre las condiciones de tráfico y niveles de servicio, así como sobre las condiciones geométricas y de señalización. Este análisis busca determinar unos valores razonables para las condiciones no previstas

- El nivel en base a la planificación e ingeniería preliminar.

Requiere solamente de información proporcionada por el analista, mientras que otros datos de entrada necesarios son tomados mediante unos valores por defecto.



5.2. Periodo de análisis

El periodo de análisis es el intervalo de tiempo representado por la evaluación de actuación. Se compone de uno o más periodos de análisis consecutivos. Un periodo de análisis es el intervalo de tiempo evaluado por una sola aplicación de la metodología.

La metodología se basa en la suposición de que las condiciones de tráfico son constantes durante el periodo de análisis, es decir, el cambio sistemático en el tiempo es despreciable. Por esta razón el periodo de análisis varía desde 0,25 hasta 1 hora. Hay que tener especial precaución con los periodos de análisis que exceden de 1 hora ya que las condiciones de circulación generalmente no son estables durante largos periodos de tiempo.

Uno de los enfoques que más se utilizan se basa en la evaluación del número de vehículos en los 15 minutos más cargados del periodo de estudio. El periodo de análisis es de 0,25 horas. Por tanto, se describe como el factor de hora punta a la relación entre la intensidad horaria de la hora punta y cuatro veces la intensidad del cuarto de hora más cargado de dicha hora punta.

La estructura de la metodología para el cálculo de la capacidad y el nivel de servicio en intersecciones semaforizadas presenta una secuencia de cálculos necesarios para estimar las medidas de actuación. Estos cálculos se detallan a continuación.

5.3. Determinar grupos de carriles

Para hallar la capacidad o el nivel de servicio, es imprescindible entender en primer lugar la forma en que se agrupan los carriles, identificado como: movimientos por carriles o movimientos por grupos de carril, definiendo el grupo de carriles como el mismo movimiento que se lleva a cabo en uno o más carriles. En segunda medida para hallar la capacidad y el nivel de servicio, se debe analizar por grupos de carriles, los cuales acceden a la intersección, e identificar la demora media en parada para cada grupo de carriles de la intersección. Este factor se encuentra alterado por la calidad de progresión, de duración de la fase verde, del ciclo y de la capacidad.

La designación de un grupo de carriles es útil para la descripción de los cálculos asociados a una intersección.



Las siguientes reglas son las más utilizadas para determinar grupos de carriles en una intersección.

- Uno o más carriles exclusivos de giro a la izquierda deben ser designados como un grupo de carriles separado. Del mismo modo ocurre en carriles exclusivos de giro a derechas.
- Cualquier carril compartido debe ser designado como un grupo de carriles.
- Aquellos carriles que no sean carriles de giro exclusivos o carriles compartidos debe combinarse en un nuevo grupo de carriles.

Estas reglas son el resultado de la asignación de una o más de las siguientes posibilidades de grupos de carriles en una intersección.

- Carril (o carriles) exclusivo de giro a la izquierda.
- Carril (o carriles) exclusivo de movimiento de frente.
- Carril (o carriles) exclusivo de giro a la derecha.
- Carril (o carriles) compartidos directo y giro a la derecha.
- Carril compartido giro a la derecha y giro a la izquierda.
- Carril compartido de movimiento de frente y giro a la derecha.
- Carril compartido giro a la derecha, movimiento de frente y giro a la izquierda.

La metodología puede aplicarse a cualquier combinación lógica de estos grupos de carriles. La siguiente tabla muestra los grupos de carriles más comunes que se utilizan para el análisis.



Number of Lanes	Movements by Lanes	Lane Groups (LG)
1	Left, thru., & right:	LG 1:
2	Exclusive left: Thru. & right:	LG 1: LG 2:
2	Left & thru.: Thru. & right:	LG 1: LG 2:
3	Exclusive left: Exclusive left: Through: Through: Thru. & right:	LG 1: LG 2: LG 3:

Figura 2 - Grupos de carriles más comunes

5.4. Determinar la intensidad por grupos de carriles

En este paso se determina la intensidad por grupo de carriles. Si no hay carriles compartidos en la intersección o sólo tiene un carril, hay una correspondencia exacta entre grupo de carriles y carriles, por lo que la intensidad de los grupos de carriles será igual que la intensidad del ramal completo.

Si hay uno o más carriles compartidos en la actuación o dos o más carriles, entonces la intensidad por grupo de carriles se basa en el deseo que asumen los conductores al elegir el carril que minimice su tiempo de servicio en la intersección, donde la intensidad de saturación es utilizada para estimar las diferencias relativas en ese momento entre los diferentes carriles.

5.5. Determinar el ajuste de la intensidad de saturación

El procedimiento para la obtención del nivel de servicio de cada una de las intersecciones se basa en el cálculo de la intensidad de saturación de cada uno de los grupos de carriles que la componen. Para dicho cálculo se emplea la siguiente formula.

$$S = S_0 \cdot F_W \cdot F_{HV} \cdot F_g \cdot F_p \cdot F_{bb} \cdot F_a \cdot F_{LU} \cdot F_{LT} \cdot F_{RT} \cdot F_{Lpb} \cdot F_{Rpb}$$

Dónde:



S_0 = a la intensidad de saturación base.

F_W = factor de ajuste por la anchura del carril.

F_{HV} = factor de ajuste por vehículos pesados.

F_g = factor de ajuste por pendiente del ramal.

F_p = factor de ajuste por maniobras de estacionamiento.

F_{bb} = factor de ajuste por estacionamiento de autobuses en el ramal.

F_a = factor de ajuste por el tipo de zona en la que se encuentra la intersección.

F_{LU} = factor de ajuste por el uso de los carriles.

F_{LT} = factor de ajuste por giros a la izquierda en un grupo de carriles.

F_{RT} = factor de ajuste por giros a la derecha en un grupo de carriles.

F_{Lpb} = factor de ajuste por movimientos a la izquierda de peatones.

F_{Rpb} = factor de ajuste por movimientos a la derecha de peatones y ciclistas.

Cada uno de los factores que la componen aumenta o disminuye la intensidad de saturación, dichos factores se detallan a continuación:

- Intensidad de saturación para un carril aislado (S_0)

Este es el valor base para la intensidad que supera un carril aislado. Este factor tiene un valor establecido de 1900 veh/hora y representa el valor máximo de vehículos en un carril para una relación entre intensidad y capacidad igual a 1.

Es sobre este valor sobre el que, mediante el resto de factores, se ajusta la capacidad del grupo de carriles, aumentado o disminuyendo.



- Factor de ajuste por anchura de carril (F_w)

Este factor tiene en cuenta el efecto que la anchura de los carriles puede tener sobre la capacidad del carril. Una anchura mayor puede provocar un incremento de la capacidad debido a la comodidad en la conducción.

Este factor tiene una cuenta una anchura estándar de aproximadamente 3,5 metros, para este valor el factor tiene un valor igual a 1, mientras que, si es muy ancho, (mayor de 4,8 metros) el carril debe considerarse como dos carriles separados, aumentando notablemente la capacidad. Por el lado contrario, un valor menor de 2,4 metros considera que la anchura es insuficiente para ser considerado un carril. Finalmente, este factor tiene un valor de:

0,96 para un carril de ancho (W) \leq 3 metros

1 para un carril de ancho $3 < (W) < 3,9$ metros

1,04 para un carril de ancho (W) \geq 3,9 metros

- Factor de ajuste por vehículos pesados (F_{HV})

Los vehículos pesados disminuyen la capacidad de una intersección debido a su menor velocidad, aceleración y maniobrabilidad, además del mayor espacio que ocupan.

$$F_{HV} = \frac{100}{(100 + P_{HV} (E_T - 1))}$$

Donde:

P_{HV} es el porcentaje de vehículos pesados en el grupo de carriles.

$E_T = 2$ para camiones y autobuses, que son los únicos vehículos pesados que se consideran en este estudio.

- Factor por pendiente del ramal (F_g)

Este factor tiene en cuenta la facilidad o dificultad que tiene un vehículo en función de si la pendiente es favorable a la marcha o viceversa.



$$F_g = 1 - P_G/200$$

Donde:

P_G es la pendiente en % del ramal y con límites en -6% y 10%, se considera valor negativo con la pendiente abajo.

- Factor que depende de las maniobras de aparcamiento. (F_p)

Este factor depende de la presencia de aparcamiento contiguo al grupo de carriles de estudio. La existencia de maniobras de incorporación al tráfico o aparcamiento hace que el tránsito de vehículos se reduzca, deteniendo en ocasiones los vehículos.

La fórmula que establece el HCM 2019 establece una duración promedio de bloqueo del carril de 18 segundos, evidentemente la influencia de este factor es menor cuantos más carriles haya en el grupo, debido a la posibilidad de los vehículos de elegir carril. Este factor vale 1 cuando no hay aparcamiento.

$$F_p = \frac{N - 0,1 - \left(18 \cdot \frac{N_m}{3600}\right)}{N} \geq 0,05$$

Donde:

N es el número de carriles en el grupo de carriles.

N_m es el número de maniobras por hora en los 75 metros aguas arriba de la intersección y con límite de 180.

En el caso de que no exista aparcamiento $F_p = 1$.

- Factor por bloqueo de carriles por la existencia de autobuses que se detienen en la zona (F_{bb}).

El factor de ajuste de bloqueo del autobús explica los impactos de los autobuses de tránsito local que se detienen para descargar o recoger pasajeros en una



parada de autobús cercana o lejana a menos de 75 m de la línea de parada (aguas arriba o aguas abajo). Este factor sólo se debe usar cuando la parada de autobuses bloquea el flujo de tráfico en el grupo de carriles en cuestión. Si existen más de 250 autobuses por hora, se debe utilizar un límite práctico de 250. Cuando se cree que los autobuses de tránsito local son un factor importante en el rendimiento de la intersección, se puede consultar el Capítulo 27 del HCM para obtener más información sobre este efecto. El factor utilizado aquí asume un tiempo promedio de bloqueo de 14,4 s durante una indicación verde.

$$F_{bb} = \frac{N - \left(14,4 \cdot \frac{N_b}{3600}\right)}{N} \geq 0,05$$

Donde:

N es el número de carriles en el grupo de carriles.

N_B es el número de autobuses parando 75m aguas arriba o aguas debajo de la intersección, con límite de 250.

- Factor por el tipo de zona en la que se encuentra la intersección (F_a).

Este factor tiene en cuenta un fenómeno que diferencia dos intersecciones con una demanda vehicular similar en función de la zona en la que se encuentra, por lo tanto:

F_a equivale a 1 para zonas no comerciales o de negocios.

F_a equivale a 0,9 para zonas comerciales.

- Factor que depende del uso de los carriles (F_{LU}).

En el caso de que los vehículos no estén distribuidos homogéneamente en el grupo de carriles este factor aplica una penalización en función del desequilibrio que se produzca.

$$F_{LU} = \frac{V_g}{N \cdot V_{g1}}$$



Donde:

V_g es el volumen de tráfico del grupo de carriles.

N es el número de carriles del grupo.

V_{g1} es el volumen de tráfico del carril más cargado.

- Factor por giros a la izquierda (F_{LT}).

Este factor tiene en cuenta la geometría adoptada para realizar movimientos hacia la izquierda desde un determinado grupo de carriles mediante la siguiente fórmula:

$$F_{LT} = \frac{1}{E_L}$$

Donde:

$E_L = 1,05$ para vehículos que giran a la izquierda desde un carril protegido.

$E_L = 0,85$ para carril compartido o único.

$E_L = 0,75$ para doble carril.

- F_{RT} es un factor por giros a la derecha (F_{RT}).

$$F_{RT} = \frac{1}{E_R}$$

Donde:

$E_R = 1,18$ para vehículos que giran a la derecha desde un carril protegido.

$E_R = 0,95$ para carril compartido o único.

$E_R = 0,92$ para doble carril.

- Factor ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas. (F_{Lpb})



- Factor ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas (F_{Rpb}).

Debido a la similitud entre ambos apartados se exponen ambos de manera conjunta.

En el caso de este último factor de ajuste, es necesario calcular la influencia de los peatones y ciclistas en la calzada, tanto en intensidad como la ocupación media. Finalmente establece zonas de conflicto ocupacional y, por último, el factor de ajuste.

Para determinar la ocupación media peatonal en primer lugar se establece la intensidad de peatones durante la fase verde peatonal

$$v_{pedg} = v_{ped} \cdot (C/g_{ped})$$

Donde:

v_{pedg} = es la intensidad peatonal durante la fase verde.

v_{ped} = es la demanda peatonal en la intersección.

C/g_{ped} = proporción efectiva de verde para el paso de peatones.

Una vez obtenida la intensidad es posible calcular la ocupación media peatonal en función de la intensidad.

Tanto para giros a la derecha como para giros a la izquierda, en el caso de que v_{ped} sea menor a 1000 ped/h.

$$OCC_{pedg} = (v_{ped}/2000) \leq 0,5$$

Y en el caso de que v_{ped} sea mayor a 1000 ped/h hasta un límite de 5000 ped/h.

$$OCC_{pedg} = (0,4 + v_{ped}/10000) \leq 0,9$$

Donde:

OCC_{pedg} = es la ocupación media peatonal.



Para determinar la ocupación media ciclista, en primer lugar se establece la intensidad de ciclista durante la fase verde peatonal.

$$v_{bicg} = v_{bic} \cdot (C/g)$$

Donde:

v_{bicg} = es la intensidad de ciclistas durante la fase verde.

v_{bic} = es la demanda de ciclistas en la intersección.

C/g = proporción efectiva de verde.

Una vez obtenidas las intensidades se pueden calcular las ocupaciones medias ciclistas.

Para bicicletas en el caso de que v_{bicg} sea menor a 1900.

$$OCC_{bicg} = (0,02 + v_{bicg}/2700)$$

Donde:

OCC_{bicg} = es la ocupación media ciclista.

Una vez obtenidos las ocupaciones medias se deben establecer las zonas de conflicto de la zona de ocupación.

Para giros-izquierda desde calle de un sentido o giros derecha sin bicicletas:

$$OCC_r = g_{ped}/g \cdot OCC_{pedg}$$

En giros derecha con presencia de ciclistas:

$$OCC_r = \frac{g_{ped}}{g} \cdot OCC_{pedg} + OCC_{bicg} - \left(\frac{g_{ped}}{g}\right) \cdot OCC_{pedg} \cdot OCC_{bicg}$$

En último lugar se establecen los factores de ajuste, estos se obtienen en función del número de carriles desde los que se inicia el giro y el número de carriles que reciben dicho movimiento.



Si el número de carriles que reciben el giro es mayor que el número de carriles que lo produce se puede elegir carril para esquivar el peatón o bici y por lo tanto la fórmula empleada es:

$$A_{pbT} = 1 - 0,6 \cdot OCC_r$$

Donde:

A_{pbT} = al ajuste por fase permitida.

Si el número de carriles que reciben el giro es igual que el número de carriles que lo produce, no existe tanta facilidad para esquivar el peatón o bici:

$$A_{pbT} = 1 - OCC_r$$

Finalmente, el factor ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas.

$$A_{pbT} = f_{Lpb}$$

Finalmente, el factor ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas.

$$A_{pbT} = f_{Rpb}$$

5.6. Determinación de la capacidad de la intersección

La capacidad de un grupo de carriles cualquiera se define como la máxima cantidad de vehículos que dicho grupo de carriles puede desaguar en un tiempo determinado.

Este concepto depende directamente del grupo de carriles, así como de la intensidad de saturación calculada para un solo carril y del tiempo efectivo de verde para dicho grupo de carriles.

La capacidad de la intersección está basada en el concepto de intensidad de saturación:

$$c_i = N \cdot s_i \cdot g_i / C$$

Donde:

c_i = capacidad del grupo de carriles i (veh/h).



s_i = intensidad de saturación de un carril (veh/h).

g_i/C = proporción efectiva de verde para el grupo de carriles i .

Es la relación entre la capacidad y la intensidad para un grupo de carriles lo que define la cerca que está dicho grupo de carriles de la saturación, así como determinar el grupo de carriles crítico de una intersección y que, por tanto, establece el mínimo tiempo de verde para dicho movimiento.

$$X_i = V_i/c_i$$

Donde:

X_i = es la proporción entre el volumen de vehículos y la capacidad del grupo de carriles.

V_i = es la demanda de vehículos del grupo de carriles (veh/h).

c_i = es la capacidad del grupo de carriles (veh/h).

5.7. Cálculo de la demora media

El concepto demora se puede comprender como la diferencia de tiempo que le toma a un vehículo atravesar la intersección con unas condiciones determinadas, las mismas que hemos empleado para calcular la intensidad de saturación.

La obtención de este valor es compleja puesto que depende de múltiples factores que no siempre se pueden ajustar correctamente, sin embargo, se puede estimar mediante la siguiente fórmula:

$$d = d_1 \cdot PF + d_2 + d_3$$

Donde:

d = demora por vehículo debida al control del tráfico (s/veh).

d_1 = demora para un ritmo de llegadas constante.

PF = este es un factor de ajuste de progresión que considera los efectos de la progresión de la señal sobre la demora.

d_2 = incremento de demora por aleatoriedad de llegadas y sobrecapacidad de colas.



d_3 = demora inicial debido a la cola en el inicio del periodo de análisis.

Los distintos factores consideran diferentes aspectos sobre el cálculo de la demora, de este modo d_1 es la demora que se obtiene suponiendo un ritmo uniforme de llegada de vehículos y que, por tanto, no hay influencia sobre la intersección de lo que sucede aguas arriba de la misma. En el caso de que las llegadas tuvieran un patrón completamente uniforme, este valor sería un medio del tiempo en rojo de la intersección.

Para tener en cuenta el efecto de llegadas no uniformes PF actúa como un factor reductor de d_1 . Así pues, si las fases semafóricas estuvieran coordinadas de tal modo que los vehículos llegaran cuando el ciclo semafórico se encontrara en su fase verde, no habría demora, puesto que PF sería 0, o con un valor relativamente bajo.

Por tanto, la llegada de vehículos en una fase y otra de la intersección tiene una gran influencia sobre la demora uniforme, y a su vez sobre la demora total. La coordinación de los semáforos es importante en vistas de reducir este factor.

Este factor de ajuste se puede determinar mediante la siguiente tabla.

PF estimado como proporción de verde						
Solape de verde efectivo	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
No coordinada	1	1	1	1	1	1
Coordinada	0,92	0,86	0,78	0,67	0,50	0,22

Tabla 2 - Valores del factor de ajuste

Para otros casos la fórmula empleada es:

$$PF = (1 - 1.33 \cdot (g_i/C)) / (1 - g/C)$$

Donde:

g_i/C = proporción efectiva de verde para el grupo de carriles i .

El cálculo del factor d_1 se realiza mediante la siguiente fórmula que proporciona una estimación de la demora asumiendo llegadas uniformes, flujo estable y sin cola inicial. Está basado en el primer término de la formulación de demora de Webster y está ampliamente aceptada como una acertada representación de la



demora para el caso ideal de llegadas uniformes, Nótese que en ningún caso se permiten valores mayores a 1 en la relación demanda/capacidad:

$$d_1 = (0,5 \cdot C \cdot \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2) / (1 - (\min(1; X) \cdot g/C))$$

Donde:

g_i/C = proporción efectiva de verde para el grupo de carriles i .

X = es la proporción entre el volumen de vehículos y la capacidad del grupo de carriles.

El término d_2 se refiere a la demanda incremental y se estima debido a las llegadas no uniformes y a fallos temporales del ciclo, así como las causadas por periodos de sobresaturación. Por ello, esto es sensible a la relación demanda-capacidad (X) del grupo de carriles, a la duración del periodo de análisis (T) y la capacidad del grupo de carriles (c).

El término de demora incremental es válido para todos los valores de X , incluyendo sobresaturaciones altas en los grupos de carriles.

La siguiente ecuación para obtenerlo asume que no hay demanda sin servicio causada por filas residuales en el comienzo del periodo de análisis (T).

$$d_2 = 900 \cdot T \cdot ((X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + (4 \cdot X)/(c \cdot T)})$$

Donde:

d_2 = término de demora incremental.

T = es la duración del periodo de análisis (horas).

X = es la proporción entre el volumen de vehículos y la capacidad del grupo de carriles.

c = es la capacidad del grupo de carriles (veh/hora/carril).



5.8. Obtención del nivel de servicio

El nivel de servicio de una intersección será el más restrictivo de cada una de las intersecciones de las que se compone. Para determinarlo, el HCM proporciona una tabla que establece el nivel de servicio en función de la demora media de los vehículos.

Además, se considera que el nivel de servicio puede no ser aceptable en el caso de que se cumpla alguna de estas situaciones.

- La capacidad es inferior a la demanda ($X > 1$).
- Un vehículo debe esperar dos ciclos consecutivos en una misma intersección.



6. CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN DE ESTUDIO

6.1. Caracterización del tramo de estudio

6.1.1. Caracterización del entorno

La intersección a estudiar se encuentra dentro de la ciudad de Valencia, en su centro urbano. Se trata de un tramo de especial interés puesto que se encuentra próximo a parques y espacio públicos. Constituye parte de una de las grandes vías de circulación con demandas superiores a los 5000 vehículos a la hora.

Este tramo se encuentra rodeado por espacios públicos y edificaciones que limitan la extensión de la actuación, no debiendo expandirse más del espacio actualmente ocupado.



Figura 3 - Emplazamiento de la intersección

La intersección se encuentra al noroeste lindando con los Jardines del Real o Jardines de Viveros, estos constituyen un espacio público verde peatonal, con un número alto de usuarios, por lo que se requiere mantener un acceso constante al mismo. Dicho espacio está limitado por la calle del General Elio que llega hasta la intersección desde el Norte, siguiendo la dirección Norte-Sur y por la Calle San Pío V, que parte de la intersección y sigue en dirección Oeste.



La salida Sur de la intersección es el Puente del Real, el cual termina en el centro de la ciudad y cruza elevado el Antiguo Cauce del Río Turia y, por tanto, el parque de su interior.

Desde la dirección Sureste y limitando con el Antiguo Cauce del Río Turia llega a la intersección la Avenida de la Alameda. Esta avenida cuenta con carriles en ambas direcciones siguiendo la margen del Antiguo Cauce y, separado por una amplia mediana, tiene dos carriles más en dirección a la intersección.

Finalmente, en direcciones Este y Noreste respectivamente llegan a la intersección las calles Micer Mascó y la Calle de Monforte que confluyen justo antes de la intersección, haciendo que la entrada de vehículos sea conjunta para ambas calles.

Actualmente en la entrada a la intersección de la Avenida de la Alameda, se encuentra una fuente decorativa, la fuente de las cuatro estaciones situada como centro de una glorieta.



Figura 4 - Fuente de las 4 estaciones

6.1.2. Caracterización de la intersección

Debido a la configuración de la intersección, es realmente complejo asimilar el nudo completo a un tipo de intersección que permita su estudio directamente, por lo que se opta por subdividir la intersección global en intersecciones semaforizadas más simples, obteniendo de este modo elementos a estudio que se pueden analizar individualmente. El comportamiento de cada uno de estos elementos aislados ayudará a valorar el estado del tramo de red viaria.



6.1.2.1. Intersección 1



Figura 5 - Emplazamiento de la intersección 1

Se trata de una intersección semaforizada en la que confluyen la avenida de la alameda por un lado y los vehículos canalizados desde el Puente del Real, así como todos los vehículos provenientes de la Calle del General Elio que no se dirigen a la Calle San Pío V o al Puente del Real.

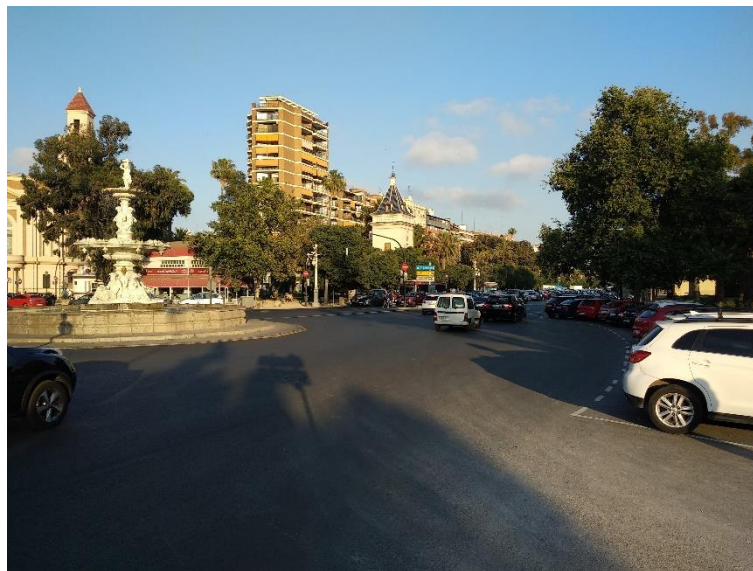


Figura 6 - Fotografía intersección 1

- En esta intersección, la demanda principal de vehículos procede de la Avenida de la alameda, que recibe tráfico de los diversos puentes que



cruzan el Antiguo Cauce, así como otras calles y vías principales a lo largo de sus tres Kilómetros de longitud.

En el encuentro del Paseo de la Alameda con la intersección se encuentra un paso de peatones, y unos pocos metros antes una parada de autobús sin carril propio que da servicio a diversas líneas. De igual modo, en el margen derecho hay estacionamiento en batería y en el margen izquierdo, separando ambas direcciones de circulación estacionamiento doble en línea.

El Paseo de la Alameda está compuesto por un total de 3 carriles con un ancho total de 7,5 metros.

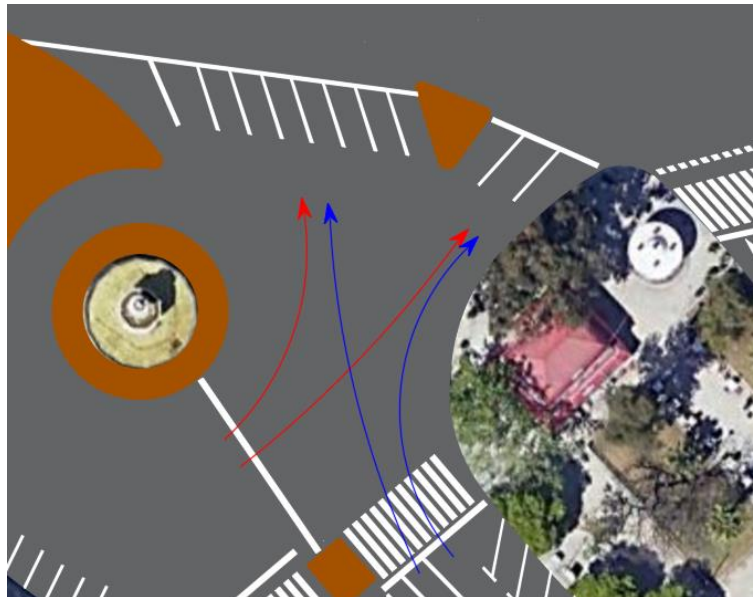


Figura 7 - Movimientos permitidos en la intersección 1



6.1.2.2. Intersección 2



Figura 8 - Emplazamiento de la intersección 2

La intersección 2 incluye todos los vehículos que proceden de la intersección anterior y los procedentes de la confluencia entre el Pase de la Alameda, en su margen derecho y la calle Micer Mascó. Se trata de una intersección semaforzada.



Figura 9 - Fotografía intersección 2

Los vehículos procedentes de la intersección 1 son canalizados en función del destino, así pues, si se dirigen hacia la Calle de Monforte, de sentido único,



tienen 3 carriles a la derecha de una isleta y el resto de destinos hacia la izquierda.

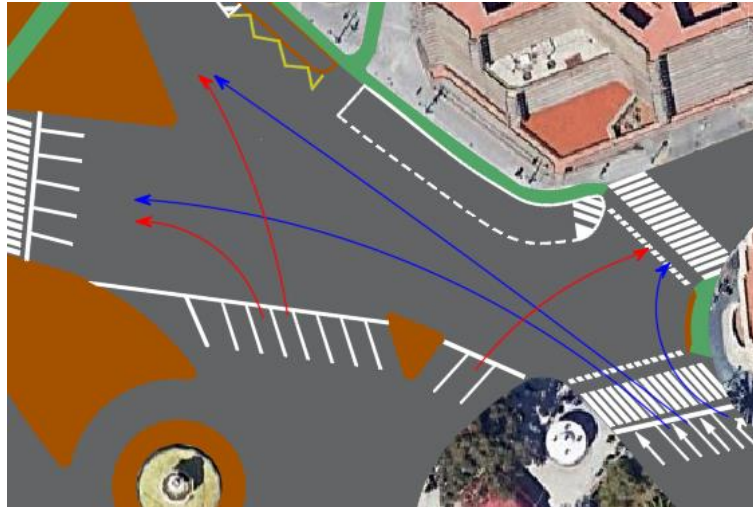


Figura 10 - Movimientos permitidos en la intersección 2

6.1.2.3. Intersección 3

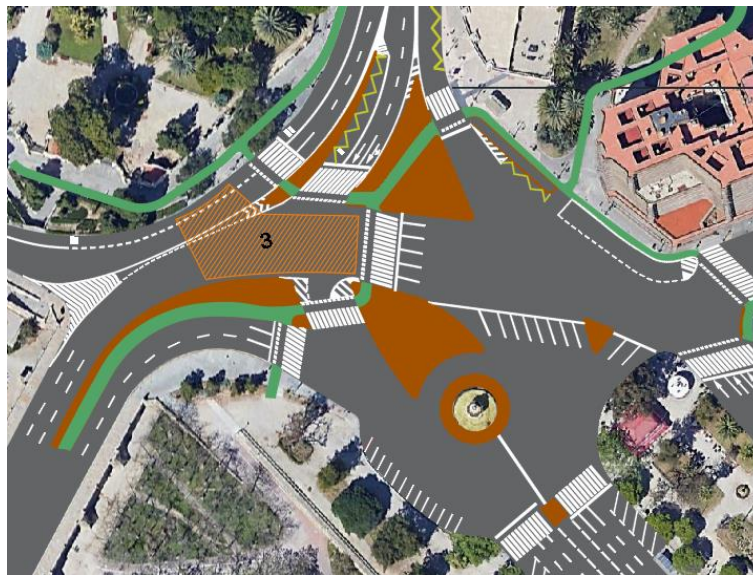


Figura 11 - Emplazamiento de la intersección 3

En la intersección 3 se encuentran todos los vehículos que se dirigen al Puente del Real o a la Calle San Pío V desde el paseo de la alameda, Micer Mascó o el Puente del Real. Estos vehículos entran en conflicto con todos los provenientes de la Calle del General Elio, sea cual sea su destino.



En el caso de los provenientes de la Calle del General Elio, se encuentra una isleta que canaliza el tráfico, separando entre los que continúan por la Calle San Pío V y los que tienen cualquier otra dirección. Dicha isleta es aprovechada para colocar una parada de autobús que da servicio a diversas rutas, proporcionándole un carril propio, asimismo sirve de zona intermedia de un paso de cebra que incluye además carril bici, puesto que la distancia entre ambas márgenes de la calzada sería de unos 27 metros.



Figura 12 - Fotografías intersección 3

De los tres carriles que quedan a la derecha de la isleta y que por lo tanto se dirigen a la Calle San Pío V uno de ellos es carril bus, puesto que también hay una para de autobús para dichos carriles.

Los vehículos procedentes de las intersecciones uno y dos se detienen también detrás de un paso de cebra y carril bici, para después tener acceso a cualquiera de los destinos sin ningún tipo de elemento que canalice el tráfico a excepción de las propias marcas viales.



Figura 13 - Movimientos permitidos en la intersección 3



6.1.2.4. Intersección 4

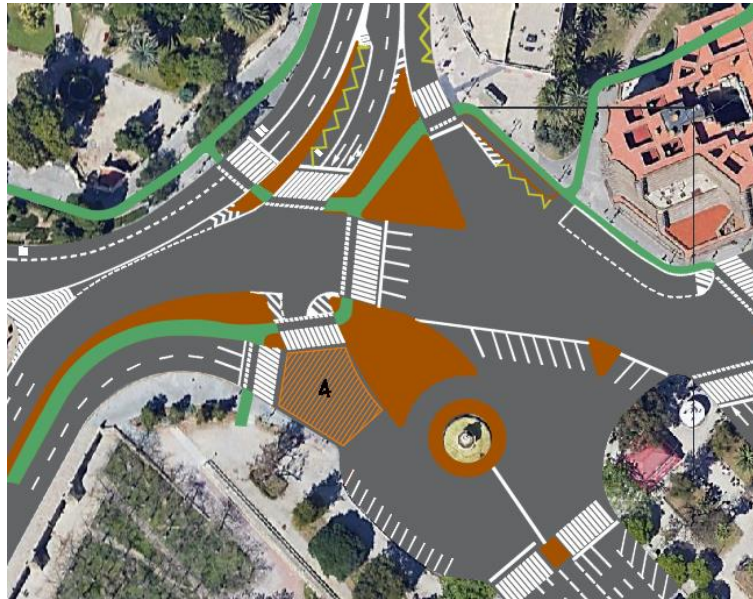


Figura 14 - Emplazamiento de la intersección 4

En la intersección 4 se encuentran los vehículos procedentes del Puente del Real con todos los vehículos procedentes de la Calle del General Elio que deseen continuar por la Calle de Monforte o por el Paseo de la Alameda, así como aquellos que procedentes del margen derecho del Paseo de la Alameda, desean cambiar de sentido.

El flujo principal de vehículos procede del Puente del Real, dos carriles que, justo antes de la intersección amplían el ancho para aumentar el espacio de almacenamiento.

En ambos casos los vehículos se detienen detrás de un paso de peatones que incluye carril bici.



Figura 15 - Fotografía intersección 4



Figura 16 - Movimientos permitidos en la intersección 4

6.1.3. Caracterización del tráfico

6.1.3.1. Transporte privado

Debido a la localización de la intersección y al tipo de vías que llegan hasta ella se puede considerar este tramo de especial atención en la movilidad del transporte urbano de la ciudad de Valencia.



movimiento, lo que retrasa el tiempo de viaje. Esto se ve reflejado en el Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) de Valencia en el que se buscan distintas medidas con el objetivo de dar cierta prioridad al transporte público de superficie (Propuesta 6.1.2_ Actuaciones prioritarias de mejora de la circulación de EMT).

La mayor parte de transporte público son autobuses de la Empresa Municipal de Transportes que tienen varias paradas en las cercanías de la intersección:

- Parada 1021 -Albereda – Pla del Real

Esta parada se sitúa en el Paseo de la Alameda en su margen izquierda pero con sentido hacia la intersección, la zona de detención de autobuses se encuentra muy cercana a la línea de detención de los vehículos, por lo que afecta significativamente. En esta parada hay un total de 9 líneas diurnas y 1 nocturna que tienen parada en este punto.



Figura 18 - Líneas de autobús intersección 1

- Parada 872 Misser Mascó – Montfort.

Situada en la calle Micer Mascó, esta parada está colocada justo antes de la línea de detención de la intersección que conecta Micer Mascó con el margen derecho del Paseo de la Alameda. En esta línea hay 1 parada de bus diurna.

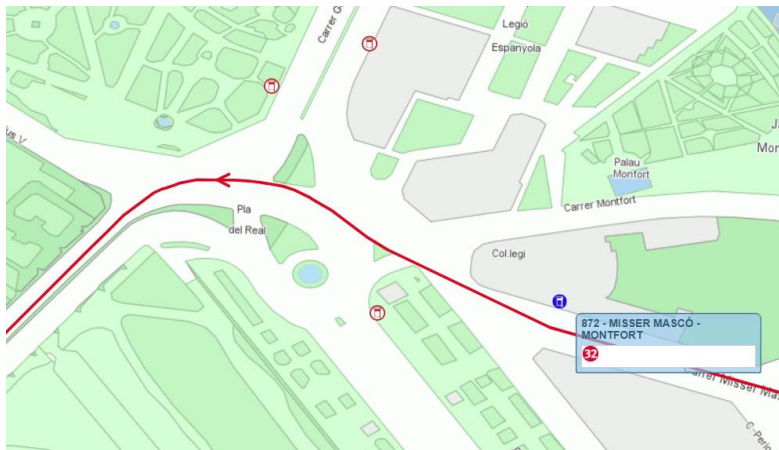


Figura 19 - Líneas de autobús intersección 2

- Parada 223 General Elio – Blasco Ibáñez

Esta parada está situada en la Calle del General Elio, a la salida de la intersección, por lo que realmente no tiene mucha relevancia a la hora de tener en cuenta el transporte público. Hay dos líneas de autobús que tienen parada en este punto.



Figura 20 - Líneas de autobús intersección 3



- Parada 224 General Elio-Vivers

Situada en el sentido contrario de la parada anterior esta parada está compuesta de dos estacionamientos. El primero de ello se sitúa en la acera situada al lado del Parque de Viveros, en la cual tiene parada el autobús de la línea 70. Esta parada cuenta con carril Bus Taxi,

El otro estacionamiento se encuentra en la isleta que separa los autobuses que se dirigen hacia la Calle San Pio V de todos los demás. En este caso la parada está justo antes de la línea de detención de vehículos teniendo espacio reservado para que los vehículos privados no se detengan justo delante de la parada. En este punto paran 4 líneas diurnas y una nocturna.

Asimismo, son habituales autobuses que realizan rutas interurbanas que, realizando su entrada a la ciudad por la Avenida Cataluña, son canalizadas por esta intersección, a través del carril Bus, hasta la estación de autobuses de Valencia.



Figura 21 - Líneas de autobús intersección 3

6.1.3.3. Carril bici

A través de esa intersección se da continuidad a diversos carriles bici que confluyen en este tramo:

- Carril bici en la Calle del General Elio, en la dirección del Parque de Viveros.
- Carril bici proveniente de la Plaza de la Legión Española.



- Carril bici en la calle de Micer Mascó.
- Carril bici en el Cauce del Antiguo Río Turia. Conectando a través de un paso subterráneo por debajo de Calle San Pio V.
- Carril Bici por encima del Puente del Real.

Además de los carriles bici ya establecidos y mencionados, el Ayuntamiento de Valencia prevé prolongar el carril bici a lo largo del Paseo de la Alameda, situándolo en la margen más cercana al Antiguo Cauce del Río Turia.

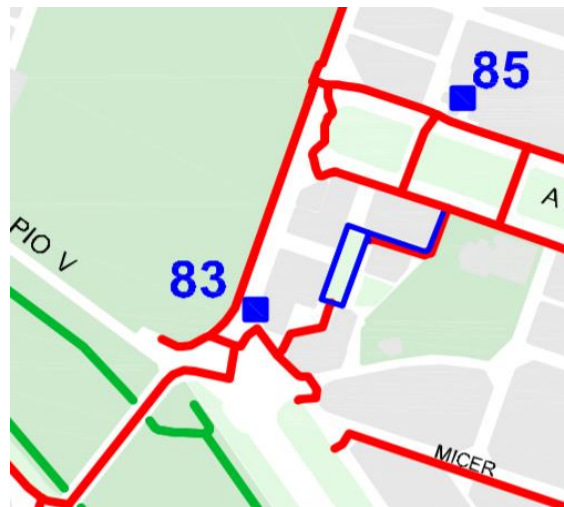


Figura 22 - Carril bici

Adicionalmente, en la Calle del General Elio se encuentra una estación de bicicleta pública del servicio Valenbisi, por lo que el movimiento de este tipo de tráfico es frecuente y continuo.

6.1.3.4. Tráfico peatonal

Debido a la situación próxima de las zonas verdes compuestas por los Jardines del Real y el Antiguo Cauce del Río Turia, la cantidad de peatones que se movilizan a través de la intersección es destacable.

Algunas de las calles que confluyen en la intersección tienen paso de peatones en la inmediatez de la misma que permiten cambiar de acera, estas son:

- Paseo de la Alameda.
- Calle del General Elio.
- Calle de Monforte.
- Calle de Micer Mascó.



Debido a la necesidad de canalizar de manera continua el tráfico en la Calle San Pío V, se optó por colocar un paso subterráneo que conecte la salida sur de los Jardines del Real con el parque del Antiguo Cauce del Río Turia, y de este modo, no interrumpir el tráfico con una semaforización.

El Puente del Real no permite ser cruzado en el extremo que da a la intersección, siendo necesario ir al otro extremo en la Plaza Tetuán.

Por último, mediante pasos de peatones que cruzan de Norte a Sur la intersección se permite a los viandantes cruzar llegar al otro extremo sin necesidad de rodear el nudo completo.

6.1.3.5. Aparcamiento

En el entorno del nudo de estudio hay diferentes zonas dispuestas para aparcamiento de vehículos que pueden afectar de manera más o menos significativa a la capacidad de la intersección, debido a las maniobras que ejecutan para estacionar o incorporarse a la circulación.

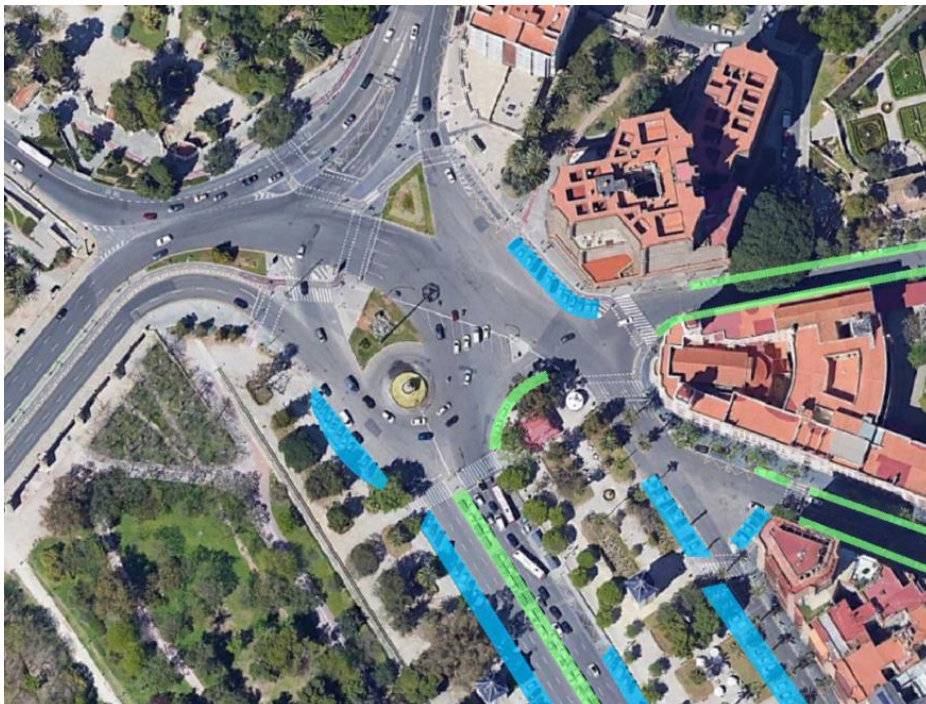


Figura 23 - Zonas y tipos de aparcamiento azul: batería; verde: línea



6.2. Toma de información

La toma de información es una parte necesaria para la obtención del nivel de servicio de la intersección.

6.2.1. Metodología

Para la toma de datos se han realizado distintos aforos manuales en diferentes puntos de la intersección tratando de recopilar, número de vehículos, caracterización de los mismos y destino. Asimismo, se ha tratado de detallar la posición de los vehículos al llegar a la intersección en fase roja para determinar el carril que toman en función de la salida elegida.

Los datos obtenidos se han completado adicionalmente con datos procedentes del Centro de Control de Tráfico accesibles desde la web del ayuntamiento de Valencia, tales como:

- Intensidades mensuales de bicicletas.
- Intensidades mensuales de vehículos motorizados.
- Videos del Centro de Gestión de Tráfico.

La situación de los puntos de aforo se sitúa principalmente a los lugares de detención de los semáforos de cada una de las entradas de la intersección.



Figura 24 - Puntos de toma de información



Los aforos se han realizado días laborables, de lunes a jueves, para tener en cuenta los días de mayor intensidad de tráfico, evitando los meses festivos.

6.2.2. Vehículos

Los aforos realizados a los vehículos usuarios de la intersección se han realizado con el objetivo de obtener información sobre distintos aspectos.

- El volumen de vehículos que llegan a la intersección.

Este valor es absolutamente necesario para saber si la demanda supera a la capacidad de la intersección.

- Trayectorias de los vehículos.

Con esta información puede estimarse una matriz origen-destino que permite saber los movimientos que los vehículos realizan dentro de la intersección.

- Composición vehicular.

Conocer cuántos vehículos son ligeros y cuantos pesados es útil, pues no afectan del mismo modo a la hora de obtener la capacidad de la intersección, el comportamiento y movilidad de los vehículos pesados como por ejemplo autobuses, afectan al rendimiento del nudo completo.

- Uso de los carriles.

El uso de los carriles depende del destino de cada conductor, pues tienden a posicionarse en un lugar u otro en función del movimiento que deseen realizar, un alto desequilibrio en los carriles afectará al nivel de servicio de la intersección.

6.2.3. Demanda peatonal

La demanda peatonal de la intersección no presenta a priori un problema para el funcionamiento de la misma. Se ha establecido una cantidad de usuarios de 250 peatones por hora para la estimación de los cálculos necesarios, siendo este número una sobreestimación de la realidad.

Por otra parte, esta demanda peatonal sólo afecta para el cálculo de aquellos movimientos que presentan un punto de conflicto con movimiento de peatones,



ninguno de estos movimientos son los principales del estudio o presentan problemas, por lo que la simplificación puede admitirse.



7. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE ENTRADA DE LA INTERSECCIÓN SEGÚN EL HCM 2010

En el este capítulo se aplica la metodología empleada en el Highway Capacity Manual para la obtención del nivel de servicio de la intersección objeto de estudio.

7.1. Parámetros de entrada

La obtención del nivel de servicio requiere de unos parámetros de entrada, dicho parámetros están relacionados con diferentes aspectos de cada una de las intersecciones en las que se divide la intersección completa.

Estos están relacionados con:

- Características geométricas:
 - Número de carriles por cada grupo (N).
 - Anchura media de los carriles (W) medida en metros.
 - Pendiente 30 metros antes de la intersección (%G) positiva en caso ascendente.
 - Existencia de carriles separados para giros a derecha o a izquierda.
 - Longitud de la zona de almacenamiento para giro a izquierda o a derecha (Lm) medida en metros.
 - Existencia de aparcamiento antes de la intersección.

- Condiciones de tráfico:
 - Movimientos y grupos de carriles.
 - Volumen de demanda por grupos de carriles. (V) medida en Veh/h.
 - Porcentaje de Vehículos pesados (%HV).
 - Flujo de peatones (V_p) medida en peatones/h.
 - Paradas de bus 75 metros antes de la intersección (N_b) medidas en (Bus/h).
 - Maniobras de aparcamiento 75 metros antes de la intersección (N_m) medido en maniobras/h.

- Regulación semafórica:
 - Ciclo (C) medido en segundos.
 - Tiempo de verde (g) medido en segundos.



- Tiempo de cambio de cambio de fase y despeje, este tiempo equivale a ámbar más todo rojo, medido en segundos.
- Periodo de análisis (T) medido en horas.
- Mínimo de tiempo de verde para peatones (G_p) medido en segundos.

7.1.1. Características geométricas

Las características geométricas anteriormente mencionadas en cada una de las intersecciones son:

7.1.1.1. Intersección 1

En sentido antihorario:

- De suroeste a noreste una línea de detención de 16,5 metros, tras observaciones de campo se puede asemejar a 4 carriles de 3,5 metros de ancho cada uno.

La pendiente cerca de la intersección se considera nula.

Existen 40 metros de aparcamiento en batería antes de la intersección.

- De sureste a noroeste el Paseo de la Alameda está formado por 3 carriles de 8,5 metros de ancho.

La pendiente es nula y existe aparcamiento a ambos lados de los carriles, en batería a la derecha y en línea a la izquierda.

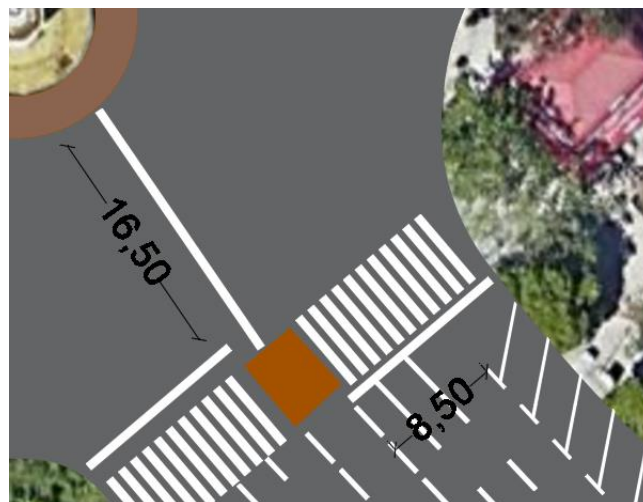


Figura 25 - Dimensiones de la intersección 1



7.1.1.2. Intersección 2

En sentido antihorario:

- Zona de almacenamiento para retener a los vehículos que vienen del Paseo de la Alameda, con 25,60 metros de longitud. En la práctica se forman 8 carriles de unos 3,2 metros de ancho.

La pendiente cerca de la intersección se considera nula y no hay aparcamiento que pueda interferir en la intersección.

- Tres carriles para acceso a la Calle de Monforte, sin embargo, uno de los cuales está habitualmente ocupado como aparcamiento en línea, aunque no está señalizado como tal. Finalmente se establecen dos carriles de 3,35 metros de ancho.

La pendiente cerca de la intersección se considera nula y no hay aparcamiento que pueda interferir en la intersección.

- 4 carriles dirección noroeste, 3 para continuar recto con un ancho total de 11,10 metros y uno para giro a derechas de 2,60 metros.

La pendiente se considera nula y hay aparcamiento en batería tras, aproximadamente, 20 metros aguas arriba de la línea de detención a uno de los lados.

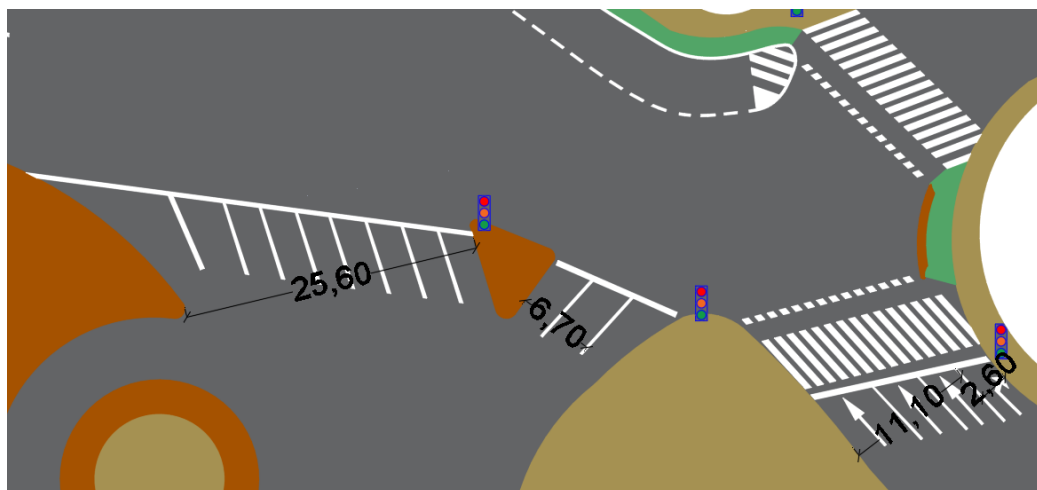


Figura 26 - Dimensiones de la intersección 2

7.1.1.3. Intersección 3

En sentido antihorario:

- En primer lugar, zona de almacenamiento de los vehículos que se dirigen al Puente del Real o a la calle San Pío V. Con una anchura de 19,20 metros, está formada por 6 carriles, con pendiente plana y sin almacenamiento en las proximidades que pueda interferir.
- Los dos carriles provenientes de la calle del General Elio con cualquier destino (excepto calle San Pío V) tienen una anchura de 6 metros. Adicionalmente hay un carril paralelo de uso exclusivo para el bus. La pendiente es plana y no hay aparcamiento en las proximidades.
- Existen, además, dos carriles contiguos a los anteriormente mencionados y con dirección al Puente del Real tienen un ancho total de 6,20 metros y además tiene un carril bus paralelo. Se puede considerar totalmente plano y sin presencia de aparcamiento en las proximidades.

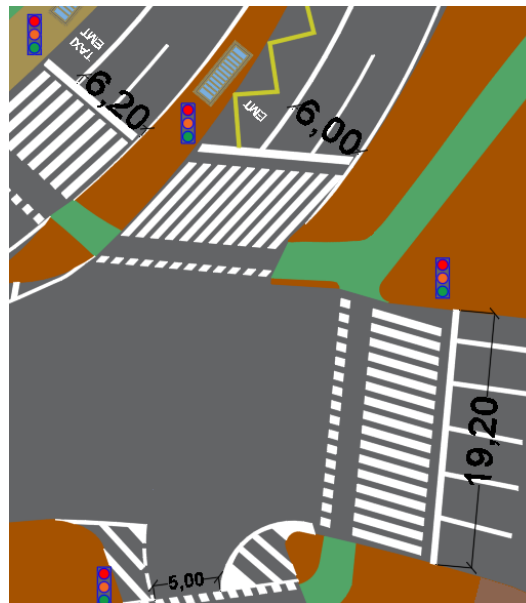


Figura 27 - Dimensiones de la intersección 3

7.1.1.4. Intersección 4

- En los carriles provenientes del Puente del Real la anchura es variable, mayor en la zona de detención, a pesar de que las marcas viales indican tres carriles, no se forman más de dos, por ello se toman dos carriles de 8,5 metros de anchura total.

Puesto que la calzada del puente está a más altura que la intersección se estima una pendiente aproximada de 1,5% en sentido descendente.

No hay aparcamiento cercano.

- El carril dirección Norte Sur con el que interceptan los vehículos que provienen del Puente del Real, tiene un ancho útil de 4 metros. Se puede considerar prácticamente llano y no hay aparcamiento en las proximidades.

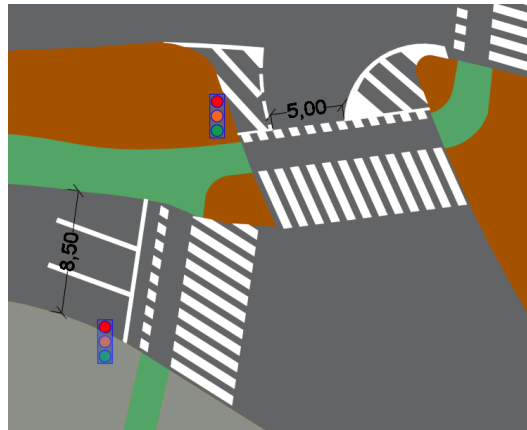


Figura 28 - Dimensiones de la intersección 4

7.1.2. Condiciones del tráfico

7.1.2.1. Grupos de carriles

Tal y como se ha explicado en el apartado correspondiente, antes de la aplicación de la metodología del HCM es necesario discretizar cada una de las intersecciones de estudios en los grupos de carriles que lo componen. Sobre dichos grupos de carriles hay que tener en consideración dos puntos clave:

- Las marcas viales presentes en la calzada. Ayudan a dar una orientación sobre los movimientos que se producen desde cada uno de los carriles.
- Los movimientos que realizan los conductores, independientemente de las marcas viales, es sobre estos sobre los que se deben hacer distinción de los grupos de carriles, especialmente en los casos de intersecciones anchas con muchos carriles. Ya que, a pesar de que no haya señalización, los vehículos de un determinado carril siempre tienden a realizar un movimiento concreto.

La numeración empleada para identificar los diferentes grupos de carriles es:

- Intersección en la que se encuentra.



- Ramal en el que se encuentra (identificados en el mismo sentido que en el apartado anterior).
- Número de grupo dentro del ramal.

7.1.2.1.1. Intersección 1



Figura 29 - Grupos de carriles en la intersección 1

El primer ramal se compone por un primer grupo de carriles compuesto por tres carriles que giran a la izquierda (1.1.1) y un segundo grupo compuesto por el carril en el que tienden a almacenarse los vehículos que siguen en dirección recta, dirección Calle de Monforte (1.1.2).

En el segundo ramal se puede considerar que los tres carriles pertenecen a un mismo grupo (1.2.1), puesto que la cantidad de vehículos que giran a la derecha desde el carril derecho es muy poca en relación al total de vehículos que transcurren por el ramal.



7.1.2.1.2. Intersección 2

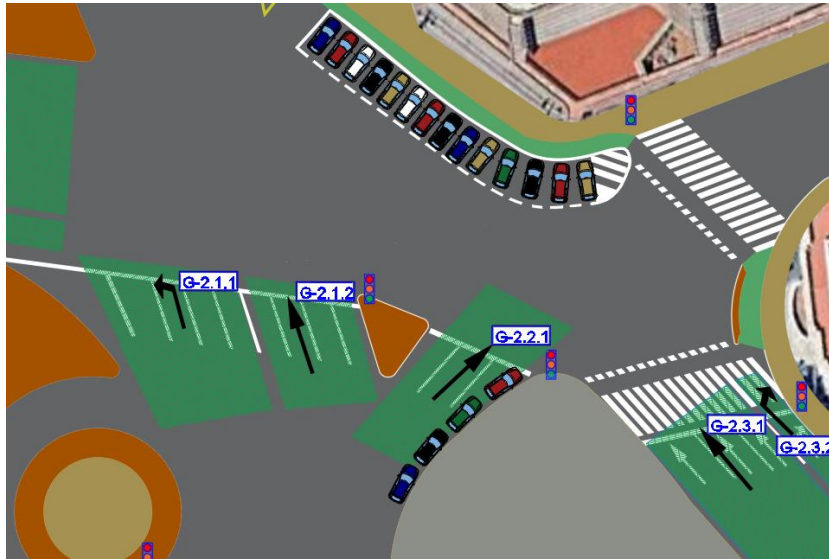


Figura 30 - Grupos de carriles en la intersección 2

En la zona de almacenamiento los vehículos se colocan formando dos grupos de carriles diferentes en función de la dirección que desean seguir, los que quieren girar a la izquierda, tienden a formar 5 carriles situados más a la izquierda (2.1.1), mientras los que continúan por la Calle del General Elio ocupan los tres restantes (2.1.2).

Los conductores que siguen por la Calle de Monforte forman un grupo de carriles formado por dos carriles, puesto que uno de ellos se encuentra semipermanentemente ocupado por vehículos estacionados (2.2.1).

En el último ramal de los 4 carriles existentes los 3 de la izquierda forman un grupo para los vehículos que siguen recto (2.3.1), mientras que hay un carril específico para los giros a Calle de Monforte (2.3.2).

7.1.2.1.3. Intersección 3

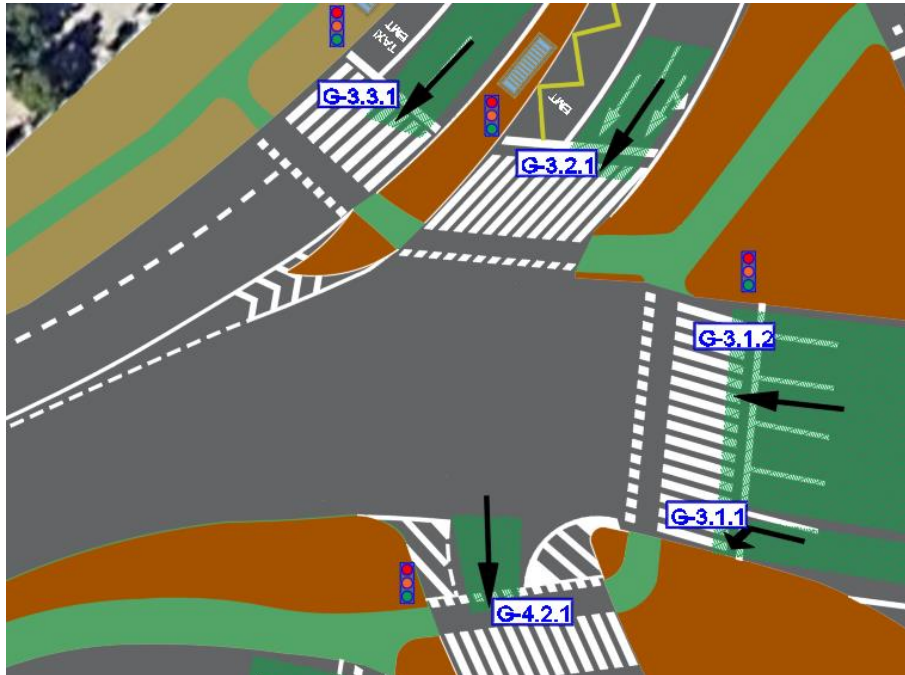


Figura 31 - Grupos de carriles en la intersección 3

En el caso de la intersección 3, en el primer ramal se forma un grupo de carriles (3.1.1) por el carril situado más a la izquierda para realizar ese giro. El resto de los 6 carriles que componen el ramal se consideran un solo grupo (3.1.2) puesto que continúan recto, aunque posteriormente se difieran entre los que continúan por el Puente del Real o por la Calle San Pío V.

Por último, de los carriles provenientes de la Calle del General Elio, de los 3 que continúan por el Puente del Real, dos forman un grupo de carriles (3.2.1) y el tercero está reservado para el carril bus. La misma distinción se realiza para los que continúan por la Calle de San Pío V (3.3.1).

7.1.2.1.4. Intersección 4

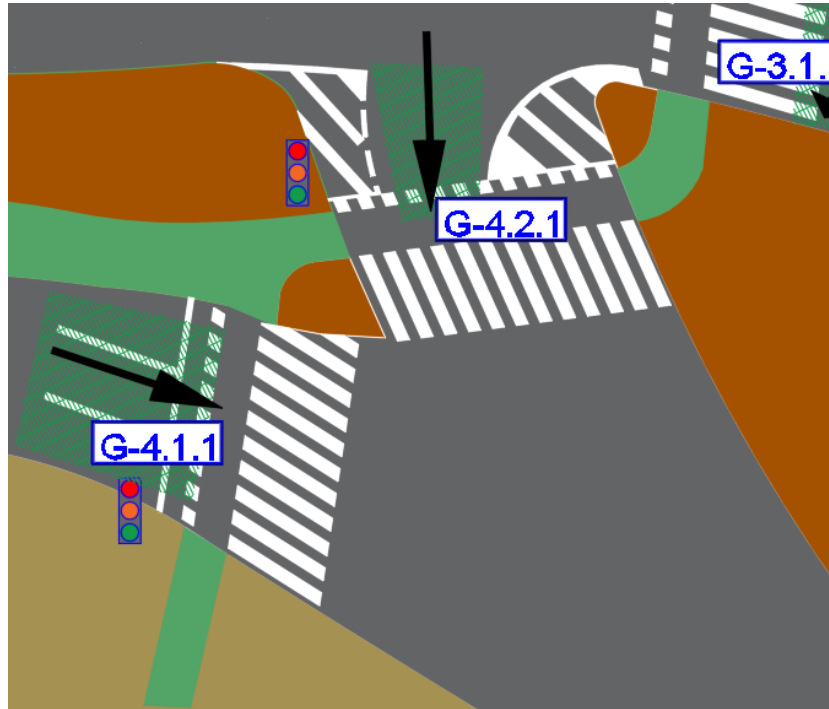


Figura 32 - Grupos de carriles en la intersección 4

El ramal procedente del Puente del Real forma un grupo de carriles (4.1.1) puesto que hay una única dirección posible, por otro lado, el único carril que se encuentra en el otro ramal forma otro grupo de carriles (4.2.1).

7.1.2.2. Demanda por grupos de carriles

El cálculo del nivel de servicio se realiza para las horas con más demanda en la intersección, en este caso entre las 19:00 y las 20:00.

La intensidad se mide como vehículos que atraviesan una sección por hora, teniendo en cuenta los aforos a la entrada y la dirección que los vehículos toman se puede obtener las intensidades en cada una de las intersecciones de estudio.

La matriz Origen-Destino queda:



Veh/h		Destino					
Origen		Calle del General Elio	Calle San Pio V	Puente del Real	Paseo de la Alameda	Calle Monforte	TOTAL
	Calle del General Elio	-	1136	672	236	-	2044
	Puente del Real	256	444	-	56	56	812
	Paseo de la alameda (junto a cauce)	124	1168	204	-	24	1520
	Alameda + Micer Mascó	96	584	104	-	48	832
	TOTAL	476	3332	980	292	128	

Tabla 3 - Matriz origen destino

7.1.2.2.1. Intersección 1

- Grupo de carriles G-1.1.1: 700 vehículos/hora y 10 pesados/hora.

Incluye los vehículos:

Desde el Puente del Real a la Calle del General Elio.

Desde el Puente del Real a la Calle San Pío V.

- Grupo de carriles G-1.1.2: 56 vehículos/hora y 0 pesados/hora.

Incluye los vehículos:

Desde el Puente del Real a la Calle de Monforte.

Desde el Calle del General Elio a la Calle de Monforte.

- Grupo de carriles G-1.2.1: 1520 vehículos/hora y 68 pesados/hora.

Incluye los vehículos:

Desde el Paseo de la Alameda hacia todas las direcciones.



7.1.2.2.2. Intersección 2

- Grupo de carriles G-2.1.1: 1816 vehículos/hora y 60 pesados/hora:

Incluye los vehículos:

Desde el Puente del Real hacia la Calle San Pío V.

Desde el Paseo de la Alameda hacia el Puente del Real.

Desde el Paseo de la Alameda hacia Calle San Pío V.

- Grupo de carriles G-2.1.2: 380 vehículos/hora y 15 pesados/hora:

Incluye los vehículos:

Desde el Puente del Real hacia la Calle del General Elio.

Desde el Paseo de la Alameda la Calle del General Elio.

- Grupo de carriles G-2.2.1: 80 vehículos/hora y 0 pesados/hora.

Incluye los vehículos:

Desde el Puente del Real hacia la Calle de Monforte.

Desde el Paseo de la Alameda a la Calle de Monforte.

Desde la Calle del General Elio hacia la Calle de Monforte.

- Grupo de carriles G-2.3.1: 784 vehículos/hora y 8 pesados/hora.

Incluye los vehículos:

Desde el Paseo de la Alameda y Micer Mascó hacia la Calle del General Elio.

Desde el Paseo de la Alameda y Micer Mascó hacia la Calle San Pío V.



Desde el Paseo de la Alameda y Micer Mascó hacia el Puente del Real.

- Grupo de carriles G-2.3.2: 48 vehículos/hora y 0 pesados/hora.

Incluye los vehículos:

Desde el Paseo de la Alameda y Micer Mascó hacia la Calle de Monforte.

7.1.2.2.3. Intersección 3

- Grupo de carriles G-3.1.1: el tráfico de este grupo de carriles es muy bajo, debido a que solo es usado por vehículos que cambian de sentido desde el Paseo de la Alameda

Incluye los vehículos:

Cambios de sentido del Paseo de la Alameda.

Desde la Calle Micer Mascó al Paseo de la Alameda.

- Grupo de carriles G-3.1.2: 2504 Vehículos/hora y 68 pesados/hora

Incluye los vehículos:

Desde Paseo de la Alameda hacia Puente del Real.

Desde Paseo de la Alameda hacia Calle San Pío V.

Desde la Calle Micer Mascó hacia Puente del Real.

Desde la Calle Micer Mascó hacia Calle San Pío V.

Desde el Puente del Real hacia Calle San Pío V.

- Grupo de carriles G-3.2.1: 672 Vehículos/hora y 25 pesados/hora

Incluye los vehículos:



Desde la Calle del General Elio hacia el Puente del Real.

- Grupo de carriles G-3.3.1: 1136 vehículos/hora y 15 pesados/hora

Incluye los vehículos:

Desde la Calle del General Elio hacia la Calle San Pío V.

7.1.2.2.4. Intersección 4

- Grupo de carriles G-4.1.1: 812 vehículos/hora y 0 pesados/hora

Incluye los vehículos:

Desde el Puente del Real en cualquier dirección.

- Grupo de carriles G-4.2.1: 236 vehículos/hora y 10 pesados/hora:

Incluye los vehículos:

Desde la Calle del General Elio hacia Paseo de la Alameda.

Desde la Calle del General Elio hacia Calle de Monforte.

7.1.2.3. Paradas de autobús

7.1.2.3.1. Intersección 1

En la intersección 1, tal y como se describe en el apartado correspondiente, una parada de autobuses se encuentra en la zona de afección, ésta cuenta con 9 líneas que tienen parada.

Según los horarios publicados por la EMT la frecuencia de parada de las líneas se estima, generalmente entre 8 y 12 minutos por lo que se puede tomar, con



poco margen de error 10 minutos entre 2 paradas consecutivas de una misma línea de autobuses.

Finalmente se establecen 54 paradas de autobús cada hora.

7.1.2.3.2. Intersección 2

En esta intersección se encuentra una sola línea de autobús que afecta a la intersección, teniendo en cuenta la frecuencia anteriormente mencionada, se establecen 6 paradas de autobús a la hora.

7.1.2.4. Intersección 3

En esta intersección hay una parada en cada ramal, sin embargo, ambos accesos contienen un carril específico para Bus, con lo que no intervienen en el cálculo del nivel de servicio.

7.1.3. Regulación semafórica

Conocer los ciclos semafóricos de cada uno de los semáforos que componen la intersección es necesario a la hora de evaluar su capacidad, así como el orden y la relación entre ellos.

Los ciclos se muestran en las siguientes gráficas, siendo una continuación de la otra y mostrando, en su conjunto un ciclo semafórico completo, puesto que todos los semáforos tienen la misma duración de ciclo.

Los ciclos semafóricos de cada una de las intersecciones tienen una duración total de 120 segundos entre los que se reparten las fases verdes, ámbar y rojo.

La duración de la fase verde es variable entre los distintos semáforos, llegando desde los 40 a los 70 segundos de duración, la fase ámbar en todos los casos tiene una duración de 3 segundos y el resto del ciclo lo compone la fase roja hasta llegar a los dos minutos.

Adicionalmente a los semáforos aquí expuestos, hay dos semáforos más que no está representados mediante ningún número, estos son:

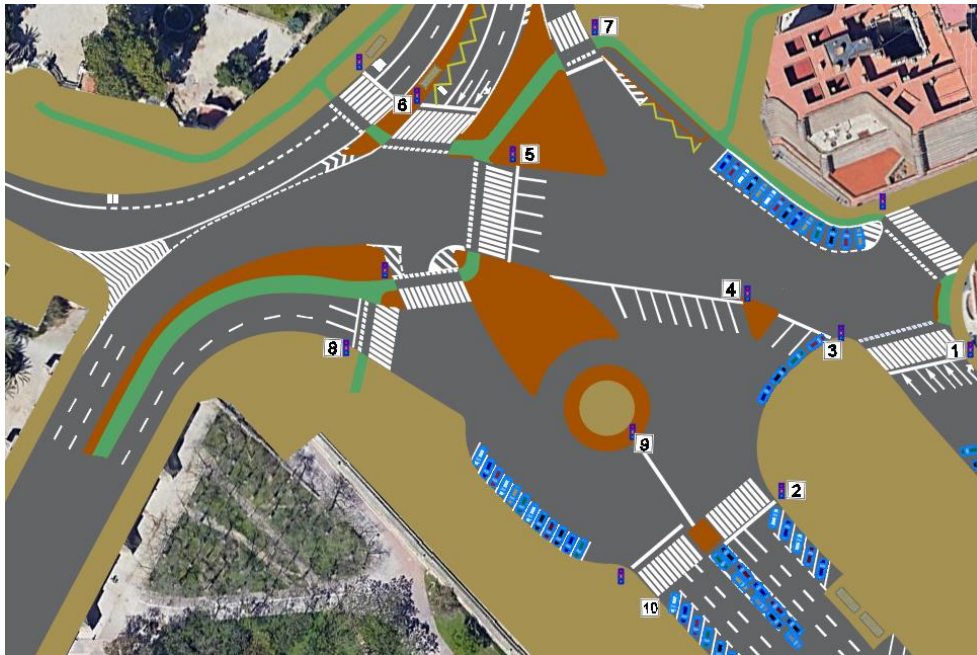
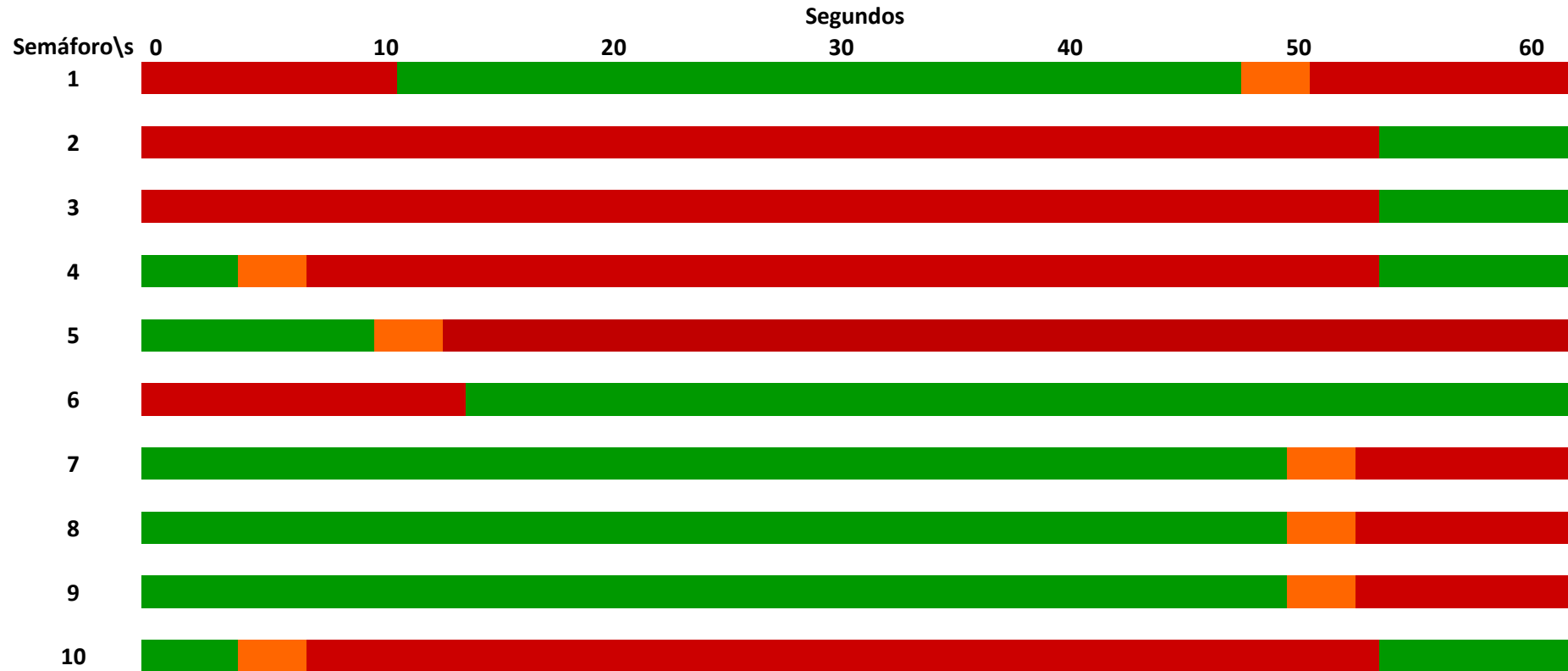


Figura 33 - Disposición semafórica

El semáforo presente a la entrada de la calle de Monforte, Este semáforo reparte su ciclo entre una fase ámbar intermitente cuando tienen permitido el acceso los vehículos con origen Micer Mascó o el paseo de la Alameda y en rojo para peatones cuando los vehículos tienen cualquier otra procedencia.

El semáforo de la intersección 4 que permite que los vehículos que provienen de la Calle del General Elio se incorporen a la salida del Puente del Real, en este caso el semáforo se encuentra en todo momento en fase ámbar.



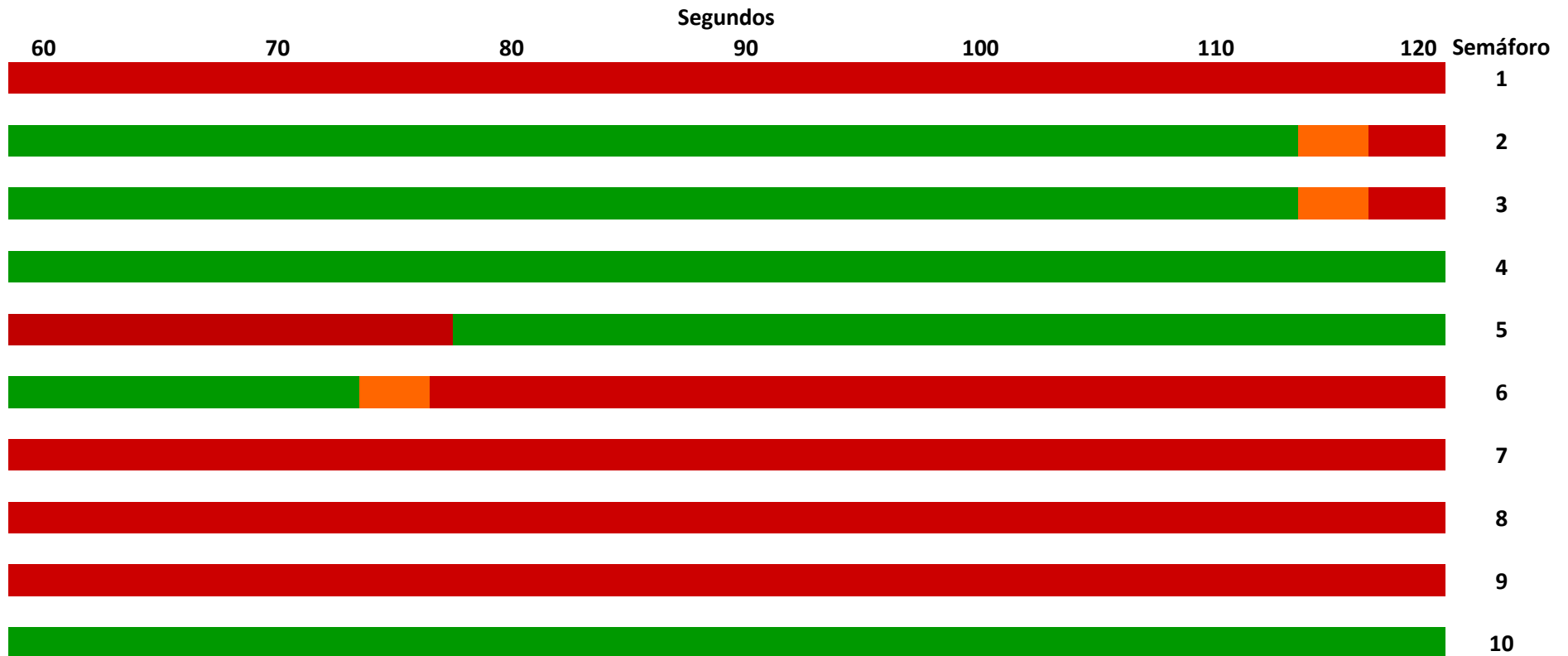


Tabla 4 - Ciclo semafórico



7.2. Aplicación del HCM

Con todos los datos expuestos en el apartado anterior se puede proceder a calcular el nivel de servicio de la intersección analizando cada una de las intersecciones en las que se ha dividido.

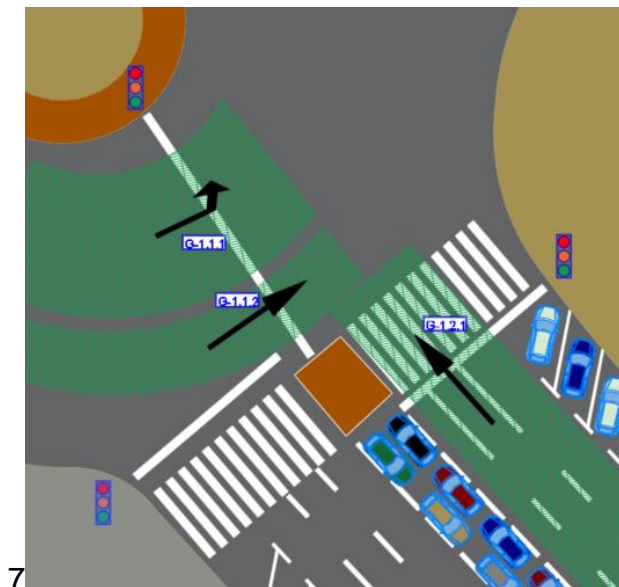
7.2.1. Cálculo de la intensidad de saturación

Para el cálculo de la intensidad de saturación, como ya se detalló en el apartado correspondiente, está basado en la siguiente ecuación. Esta intensidad se ve afectada por varios factores que se ajustan a la intensidad de saturación base (s_0) que se considera con un valor de 1900 veh/h/carril.

$$S = S_0 \cdot F_W \cdot F_{HV} \cdot F_g \cdot F_p \cdot F_{bb} \cdot F_a \cdot F_{LU} \cdot F_{LT} \cdot F_{RT} \cdot F_{Lpb} \cdot F_{Rpb}$$

Por tanto, para cada grupo de carriles de cada intersección obtenemos una intensidad de saturación.

7.2.1.1. Intersección 1

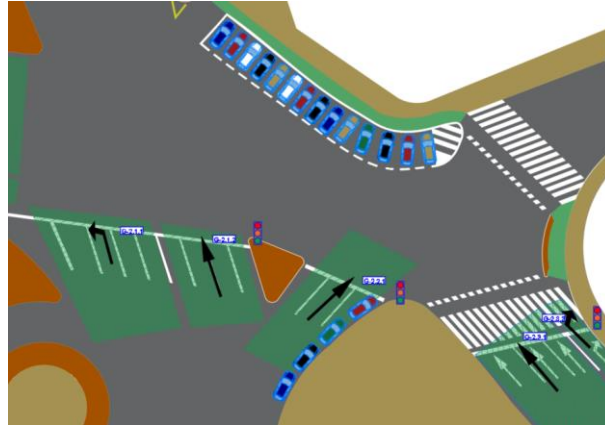


Intersección 1			
	G-1.1.1	G-1.1.2	G-1.2.1
Intensidad de saturación	4683	1343	3577



Tabla 5 - Intensidad de saturación, intersección 1

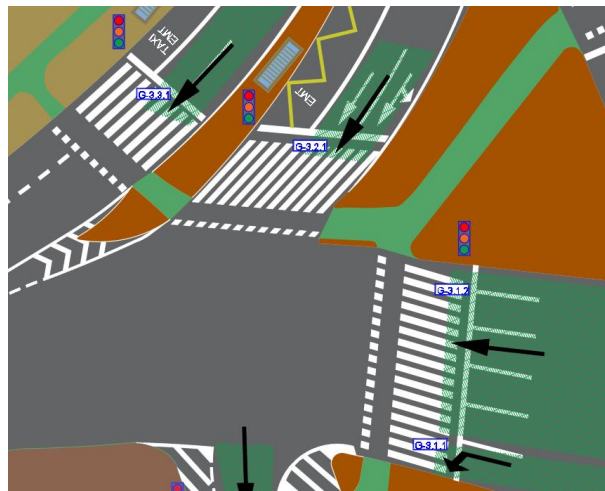
7.2.1.2. Intersección 2



Intersección 2					
	G-2.1.1	G-2.1.2	G-2.2.1	G-2.3.1	G-2.3.1
Intensidad de saturación	7663	4569	2976	4138	1053

Tabla 6 - Intensidad de saturación, intersección 2

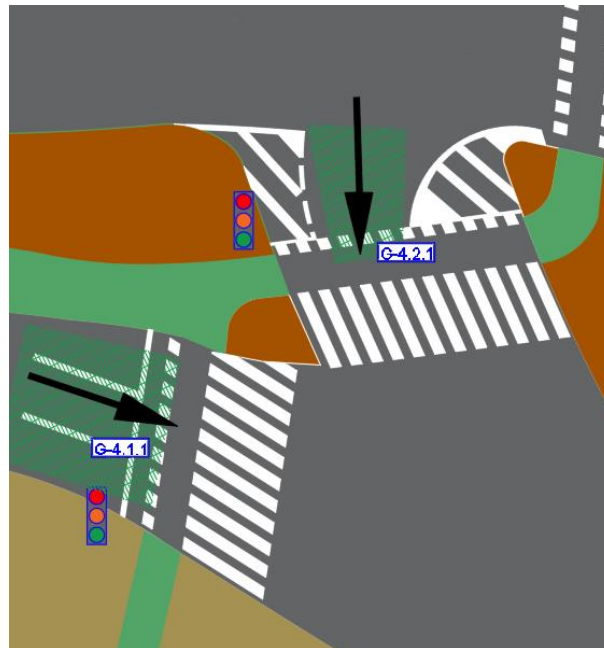
7.2.1.3. Intersección 3



Intersección 3				
	G-3.1.1	G-3.1.2	G-3.2.1	G-3.3.1
Intensidad de saturación	1508	7707	3053	3125

Tabla 7 - Intensidad de saturación, intersección 3

7.2.1.4. Intersección 4



Intersección 4		
	G-4.1.1	G-4.2.1
Intensidad de saturación	3318	1579

Tabla 8 - Intensidad de saturación, intersección 4

7.2.2. Determinar la duración de fase del semáforo

Para determinar la duración de fase de los semáforos es necesario saber qué tipo de control se utiliza en la intersección, ya que, si la intersección tiene un control prefijado, entonces la duración de fase es una entrada y este paso se debe omitir, si, por el contrario, la duración de fase es desconocida, entonces se ha de considerar un procedimiento de cálculo que permita prefijar dicha duración para que se adapte lo mejor posible a los distintos usuarios.

En este estudio al tratarse de una intersección con un control prefijado, se puede omitir este paso en el procedimiento.

7.2.3. Cálculo de la capacidad de la intersección

Como se ha detallado en su correspondiente apartado, la capacidad de la intersección está relacionada con la intensidad de saturación ya calculada y la proporción de verde efectivo para cada uno de los grupos de carriles.



$$c = s \cdot \left(\frac{g}{C}\right)$$

Donde:

s equivale a la intensidad de saturación.

g/C es la proporción de verde efectivo del grupo de carriles.

Con estos datos se obtiene la siguiente capacidad para cada uno de los grupos de carriles.

7.2.3.1. Intersección 1

	G 1.1.1.	G 1.1.2	G 1.2.1
s	4683	1343	3578
g/C	0,42	0,42	0,50
Capacidad veh / hora	1951	560	1789

Tabla 9 - Capacidad de saturación, intersección 1

7.2.3.2. Intersección 2

	G 2.1.1	G 2.1.2	G 2.2.1	G 2.3.1	G 2.3.2
s	7663	4570	2977	4138	1052
g/C	0,58	0,58	0,50	0,33	0,33
Capacidad veh/hora	4470	2666	1488	1379	351

Tabla 10 - Capacidad de saturación, intersección 2

7.2.3.3. Intersección 3

	G 3.1.1	G 3.1.2	G 3.2.1	G 3.3.1
s	1507	7707	3053	3125
g/C	0,42	0,42	0,50	0,50
Capacidad veh/hora	628	3211	1526	1562

Tabla 11 - Capacidad de saturación, intersección 3



7.2.3.4. Intersección 4

	G 4.1.1	G 4.2.1
s	3318	1580
g/C	0,5	1
Capacidad veh/hora	1382	1579

Tabla 12 - Capacidad de saturación, intersección 4

7.2.3.5. Volumen/capacidad

Una vez obtenida la capacidad de cada uno de los grupos de carriles se puede calcular la proporción entre el volumen de usuarios de cada uno de los grupos y la capacidad de la intersección. Si bien esta relación no es la que se utiliza para obtener el nivel de servicio, da una idea aproximada del estado de la congestión del tráfico.

Es la relación entre la capacidad y la intensidad para un grupo de carriles lo que define la cerca que está dicho grupo de carriles de la saturación, así como determinar el grupo de carriles crítico de una intersección y que, por tanto, establece el mínimo tiempo de verde para dicho movimiento.

$$X_i = V_i/c_i$$

Donde:

X_i = es la proporción entre el volumen de vehículos y la capacidad del grupo de carriles.

V_i = es la demanda de vehículos del grupo de carriles (veh/h).

c_i = es la capacidad del grupo de carriles (veh/h).

	Intersección 1		
	G 1.1.1.	G 1.1.2	G 1.2.1
v	700	56	1520
c	1951	560	1789
X	0,359	0,100	0,849

Tabla 13 - Relación Volumen/Capacidad, intersección 1



	Intersección 2				
	G 2.1.1	G 2.1.2	G 2.2.1	G 2.3.1	G 2.3.2
v	1616	380	80	784	48
c	4470	2666	1488	1379	495
X	0,406	0,142	0,054	0,568	0,0,136

Tabla 14 - Relación Volumen/Capacidad, intersección 2

	Intersección 3			
	G 3.1.1	G 3.1.2	G 3.2.1	G 3.3.1
v	20	2504	672	1136
c	686	3211	1526	1562
X	0,031	0,780	0,44	0,727

Tabla 15 - Relación Volumen/Capacidad, intersección 3

	Intersección 4	
	G 4.1.1	G 4.2.1
v	812	236
c	1382	1579
X	0,587	0,149

Tabla 16 - Relación Volumen/Capacidad, intersección 4

7.2.4. Cálculo de la demora

Para obtener la demora de cada uno de los grupos de carriles es necesario obtener los 3 términos que la componen.

$$d = d_1 \cdot PF + d_2 + d_3$$

Donde:

d_1 = demora para un ritmo de llegadas constante.

PF = este es un factor de ajuste de progresión que considera los efectos de la progresión de la señal sobre la demora.

d_2 = incremento de demora por aleatoriedad de llegadas y sobresaturación de colas.

d_3 = demora inicial debido a la cola en el inicio del periodo de análisis.



Para tener en cuenta el efecto de llegadas no uniformes PF actúa como un factor d_1 . El cálculo del factor d_1 se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$d_1 = (0,5 \cdot C \cdot (1 - \frac{g}{C})^2) / (1 - (\min(1; X) \cdot g/C))$$

El término d_2 se refiere a la demanda incremental y se estima debido a las llegadas no uniformes y a fallos temporales del ciclo, así como las causadas por periodos de sobresaturación. Por ello, esto es sensible a la relación demanda-capacidad (X) del grupo de carriles, a la duración del periodo de análisis (T) y la capacidad del grupo de carriles (c).

El término de demora incremental es válido para todos los valores de X, incluyendo sobresaturaciones altas en los grupos de carriles.

$$d_2 = 900 \cdot T \cdot ((X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + (4 \cdot X)/(c \cdot T)})$$

Finalmente, el término d_3 que tiene en cuenta la demora por cola inicial, representa la demora experimentada por todos los vehículos que llegan durante el periodo de análisis. Por tanto, esta demora debe agregarse en caso de existencia de cola inicial de un ciclo semafórico anterior. En el caso de este estudio se considera inicialmente como nula, sin embargo, esto no será del todo correcto como veremos posteriormente. En cualquier caso, considerar este término como 0 proporcionará una menor demora total y por lo tanto un nivel de servicio inferior, que se deberá de tener en cuenta a la hora de hacer un análisis de los resultados.

	Intersección 1		
	G 1.1.1.	G 1.1.2	G 1.2.1
d1	24,0	21,30	26,1
PF	0,78	0,78	1
d2	2,0	1,42	18,0
demora	20,8	19,74	44,05

Tabla 17 - Cálculo de la demora, intersección 1



	Intersección 2				
	G 2.1.1	G 2.1.2	G 2.2.1	G 2.3.1	G 2.3.2
d1	13,7	8,10	15,4	32,90	31,16
PF	0,67	0,67	0,67	1	1
d2	1,10	0,44	0,27	6,65	3,22
demora	10,24	8,06	10,60	39,55	31,15

Tabla 18 - Cálculo de la demora, intersección 2

	Intersección 3			
	G 3.1.1	G 3.1.2	G 3.2.1	G 3.3.1
d1	20,69	30,24	19,233	23,57
PF	0,86	1,00	1	1
d2	0,37	7,39	3,656	11,24
demora	18,17	37,63	22,889	34,80

Tabla 19 - Cálculo de la demora, intersección 3

	Intersección 4	
	G 4.1.1	G 4.2.1
d1	27,03	.0
PF	1	1
d2	7,14	0,80
demora	34,17	0,80

Tabla 20 - Cálculo de la demora, intersección 4

7.2.5. Cálculo del nivel de servicio

Por último, se obtiene el nivel de servicio en función de los resultados obtenidos en el cálculo de la demora en el apartado anterior. Para ello, se emplea la tabla que relaciona el nivel de servicio en función de la demora experimentada por el usuario.

Nivel de Servicio	Demora media (s/veh)
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
C	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$D > 80$

Tabla 21 - Relación demora - Nivel de Servicio



		Intersección 1		
		G 1.1.1.	G 1.1.2	G 1.2.1
Demora		20,8	19,74	44,05
Nivel de Servicio		C	B	D

Tabla 22 - Nivel de Servicio, intersección 1

		Intersección 2				
		G 2.1.1	G 2.1.2	G 2.2.1	G 2.3.1	G 2.3.2
Demora		10,24	8,06	10,60	20,61	16,17
Nivel de Servicio		B	A	B	C	B

Tabla 23 - Nivel de Servicio, intersección 2

		Intersección 3			
		G 3.1.1	G 3.1.2	G 3.2.1	G 3.3.1
Demora		17,09	34,66	22,889	34,80
Nivel de Servicio		B	C	C	C

Tabla 24 - Nivel de Servicio, intersección 3

		Intersección 4	
		G 4.1.1	G 4.2.1
Demora		34,17	0,80
Nivel de Servicio		D	A

Tabla 25 - Nivel de Servicio, intersección 4

7.3. Análisis de resultados

Tras la aplicación de la metodología propuesta por el Highway Capacity Manual, se puede observar que en general el nivel de servicio obtenido en la mayoría de las intersecciones es A, B o C e incluso algún nivel de servicio D, asimismo, la relación Volumen/Capacidad de los diferentes grupos de carriles es en todos los grupos de carriles menor de 1, por lo que en principio, todos los usuarios pueden transitar por la intersección sin problemas en cada ciclo semafórico, sin embargo se puede apreciar congestión en el tráfico en diversos tramos, particularmente en el trayecto proveniente desde el Paseo de la Alameda hacia la Calle San Pío V.

En las siguientes imágenes se puede apreciar dicha congestión:



PASEO DE LA ALAMEDA dirección PL. ZARAGOZA (19:13)



Figura 34 - Congestión captada por cámaras de tráfico

Es por tanto evidente que el análisis realizado no se ajusta fidedignamente a lo que sucede en la intersección en el transcurso natural del tráfico, puesto que en teoría no deberían surgir problemas relevantes en las intersecciones ni congestiones de ningún tipo.

Es necesario en este tipo de casos en los que la realidad no se ajusta a los cálculos, analizar el motivo de dicha discrepancia, teniendo en cuenta las limitaciones de la metodología empleada, así como si dicha metodología se ajusta correctamente a la situación de estudio.

El manual establece en su capítulo 16 que “la metodología no tiene en cuenta el potencial impacto de la congestión aguas abajo en la operación de la intersección”, sin embargo, la intersección objeto de estudio no se encuentra rodeada de otros elementos como intersecciones donde se produzca congestión del tráfico que pueda escalar aguas arriba produciendo colapso en la zona de análisis.

Por otra parte, no establece ningún otro tipo de limitación de la metodología referente a la situación, geometría u otras características propias del elemento.



En el siguiente análisis se va a tratar de discernir los motivos por los que se crean momentos de congestión en la intersección analizando tanto de manera individual como global cada una de las intersecciones conforme el ciclo semafórico avanza, teniendo en cuenta especialmente el almacenamiento de vehículos que se genera en los distintos espacios de almacenamiento y como esto afecta al tránsito de los usuarios.

Teniendo como momento de origen el segundo 0 del ciclo semafórico expuesto en el apartado 6.1.3 y tomando como situación de partida una intersección vacía, en la que no se encuentran vehículos retenidos como consecuencia de un ciclo semafórico anterior.

Los vehículos son representados como rectángulos que indican el área ocupada por el automóvil, del mismo, del mismo modo, el color de la línea de detención simbolizará el estado del semáforo en un momento concreto.

La cantidad de vehículos dibujados representa la cantidad de vehículos que se mueven por la intersección en un ciclo medio, acorde a los datos que se han obtenido con los aforos manuales en campo.

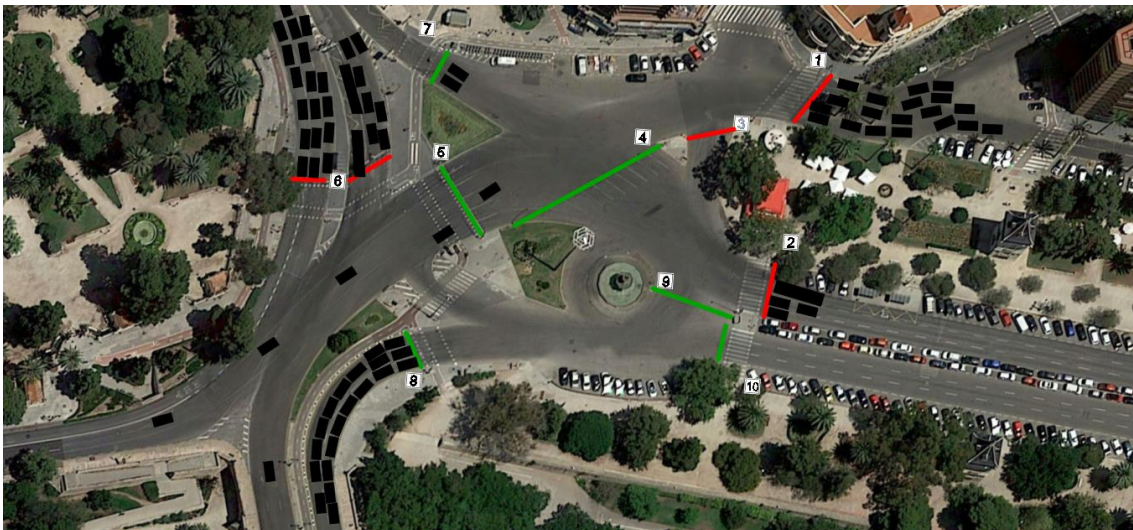


Figura 35 - Estado del tráfico, segundo 0

- Inicio del ciclo:

En el segundo 0 la intersección se encuentra evacuando los últimos vehículos que se dirigen tanto hacia la Calle San Pío V como al Puente del Real, en este momento solo los semáforos 4 y 5 se encuentran en los últimos segundos de su



fase verde, sin embargo, los semáforos 7, 8 y 10 inician su fase verde y permiten el acceso de los usuarios desde el Puente del Real y permiten su salida por la Calle del General Elio.

Desde el Puente del Real llegan 812 vehículos a la hora, lo que equivale a 28 vehículos en cada fase verde de cada ciclo, que, a partir de este momento se disponen a entrar en la intersección.

Por otra parte, los vehículos que desean abandonar el nudo por la Calle del General Elio empiezan a tener fase verde.

Los semáforos 2 y 3 llevan pocos segundos en rojo, por lo que han acumulado pocos vehículos en su espacio de almacenamiento.

En el segundo 5 el semáforo número 4 se pone en fase roja, impidiendo a los vehículos procedentes del Puente del Real acceder hacia la Calle San Pio V o la Calle del General Elio.

- Segundo 10 hasta segundo 50:

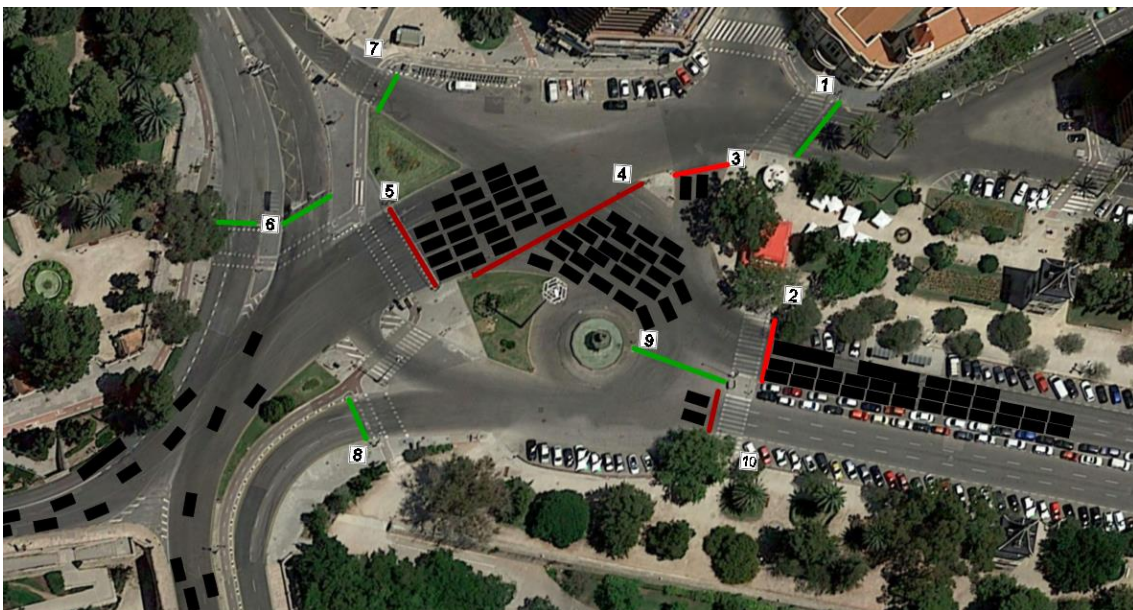


Figura 36 - Estado del tráfico, segundo 50

En el inicio de este periodo, los semáforos 1 y 6 inician su fase verde, mientras que los semáforos 7,8 y 9 continúan en su fase verde.



Los vehículos procedentes del Puente del Real se han colocado en el espacio de almacenamiento del semáforo 4, llenando el espacio de almacenamiento de algunos de los carriles, mientras que los vehículos que provienen de la Calle de Micer Mascó y del Paseo de la Alameda en su lado norte, se sitúan en el almacenamiento creado en el semáforo 5.

La puesta en verde del semáforo 6 permite la circulación de todo el tráfico que proviene de la Calle del General Elio que es canalizado hacia cualquiera de las direcciones.

Durante este tiempo los vehículos se han acumulado también en el semáforo a la entrada del ramal del Paseo de la Alameda, el más concurrido puesto que tiene un mayor número de vehículos y además incluye una cantidad de autobuses mayor en cada ciclo, siendo que la mayoría de ellos estacionan en las inmediaciones de la intersección, pueden causar retenciones.

La cantidad de vehículos que se almacenan en el semáforo 5 es de 25 vehículos de media, teniendo en cuenta que algunos de los usuarios han seguido recto por la Calle del General Elio o girado a la derecha por la Calle de Monforte.

Por otra parte, los vehículos provenientes del Puente del Real que no continúan por el Paseo de la Alameda o por la Calle del Monforte se ven obligados a detenerse en el semáforo 4 y de media se pueden considerar 24 vehículos por ciclo, dentro de los cuales es habitual encontrar algún autobús, aunque no en todos los ciclos.

A la vista de esta distribución, se puede intuir que los vehículos almacenados en los carriles interiores del semáforo 4 no podrán realizar sus maniobras hasta que el semáforo precedente no evacue el espacio de almacenamiento que tiene lleno, exceptuando quizá los vehículos que se encuentren en los carriles más a la derecha, que deseen continuar por la Calle del General Elio.

-Segundo 50:

A partir de este momento se produce un cambio en la mayoría de las luces de los semáforos, Los semáforos 1,7,8 y 9 cambian a su fase roja y no permiten más entradas de vehículos desde sus ramales correspondientes.



A partir de este momento se dan 3 segundos de despeje para los movimientos de los vehículos procedentes de los semáforos que acaban de cambiar a rojo, anteriormente mencionados. De este modo se evitan conflictos con los nuevos movimientos que se permiten en la intersección.

-Segundo 53:

Los semáforos 2, 3, 4 y 10 cambian a su fase verde, y ello permite el tránsito de vehículos procedentes del ramal del Paseo de la Alameda, sin embargo, el acceso desde la Calle del General Elio sigue abierto y por tanto sigue habiendo flujo de vehículos hacia la Calle San Pío V y el Puente del Real.

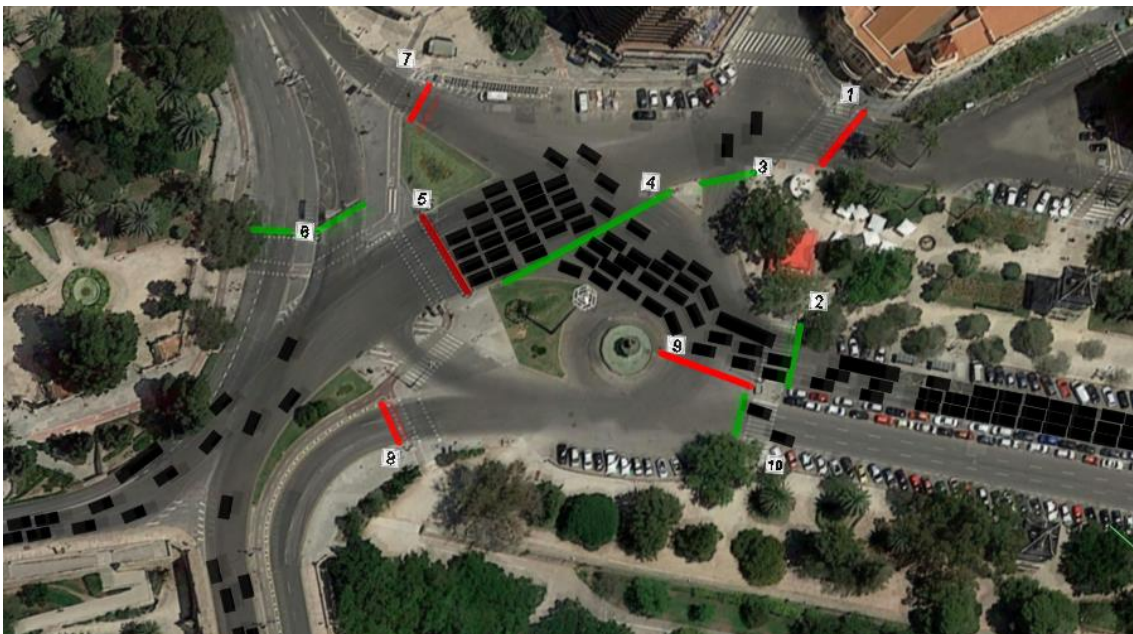


Figura 37 - Estado del tráfico, segundo 53

Unos instantes después la situación es semejante a la que se refleja en la imagen, los vehículos desde el Paseo de la Alameda avanzan hasta rellenar el espacio de almacenamiento disponible en el semáforo 4. De manera aproximada, este espacio de almacenamiento es suficiente para unos 3 vehículos por carril, a partir del cual los vehículos vuelven a situarse en la línea de detención del semáforo 2, teniendo una situación similar a la precedente, a la espera de que el semáforo 5 cambie de fase.



- Segundo 70:

En este instante del ciclo semafórico el semáforo 6 cambia a fase ámbar y 3 segundos después a fase roja, de este modo la intersección queda despejada para poder desaguar a todos los vehículos que se encuentran retenidos por el semáforo 5

- Segundo 75:

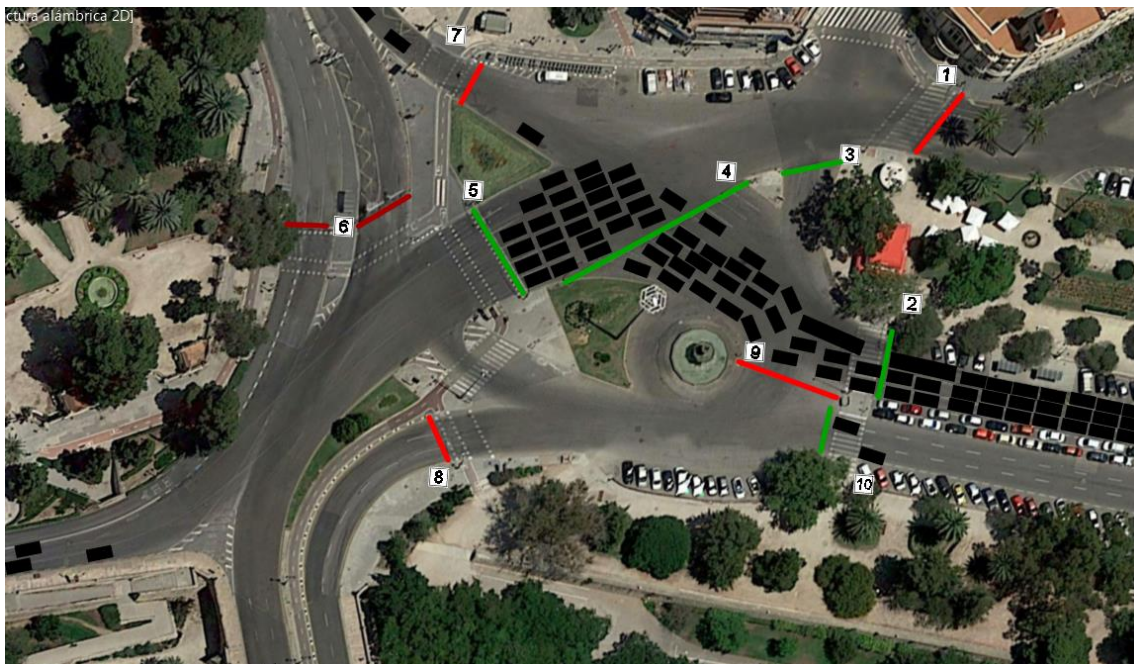


Figura 38 - Estado del tráfico, segundo 75

Después de unos segundos con el semáforo 6 en rojo para el despeje de la intersección. El semáforo 5 cambia de fase para la circulación de los vehículos restantes. Estos vehículos tienen principalmente dos opciones, continuar recto por la calle de San Pío V, que es la opción tomada por los vehículos situados en los carriles más a la derecha y tomar el Puente del Real en el caso de los vehículos más a la izquierda.

Por otra parte, los vehículos situados en el espacio de almacenamiento del semáforo 2, con objetivo la Calle del General Elio o Calle de Monforte, deben esperar a que los vehículos precedentes inicien la marcha antes de poder elegir su destino.

- Segundo 115:



En este momento los semáforos 2 y 3 cambian de fase a rojo, impidiendo el acceso de más vehículos a la intersección por el Paseo de la Alameda. Con este cambio de fase.

- Segundo 5 de la siguiente fase:

Cambia a rojo el semáforo 4 dando tiempo suficiente a los últimos vehículos que pasan por el semáforo 2 a llegar pasar la línea de detención para no obligarlos a permanecer un ciclo entero en la intersección esperando.

- Segundo 10 de la siguiente fase:

Análogamente al párrafo anterior, el semáforo 5 cambia de fase a rojo y se inicia de nuevo el ciclo.

En el siguiente gráfico se puede apreciar el mismo efecto con una gráfica espacio-tiempo, en él se han tenido una serie de consideraciones.

- Se muestra el efecto para solo uno de los carriles considerando una distribución uniforme de los vehículos en los mismos.
- El tiempo de puesta en marcha entre dos vehículos consecutivos tiene una duración de 1,5 segundos.
- El espacio entre el morro de dos vehículos consecutivos es de 5 metros.
- Al igual que el caso anterior, se parte de una intersección vacía, o lo que es lo mismo, no ha quedado ningún vehículo del ciclo anterior.
- La distribución de llegadas es uniforme, con una velocidad de 40 km/h, al igual que la de salida.
- Los vehículos que presumiblemente van a detenerse por segunda vez tienen una velocidad de salida menor.

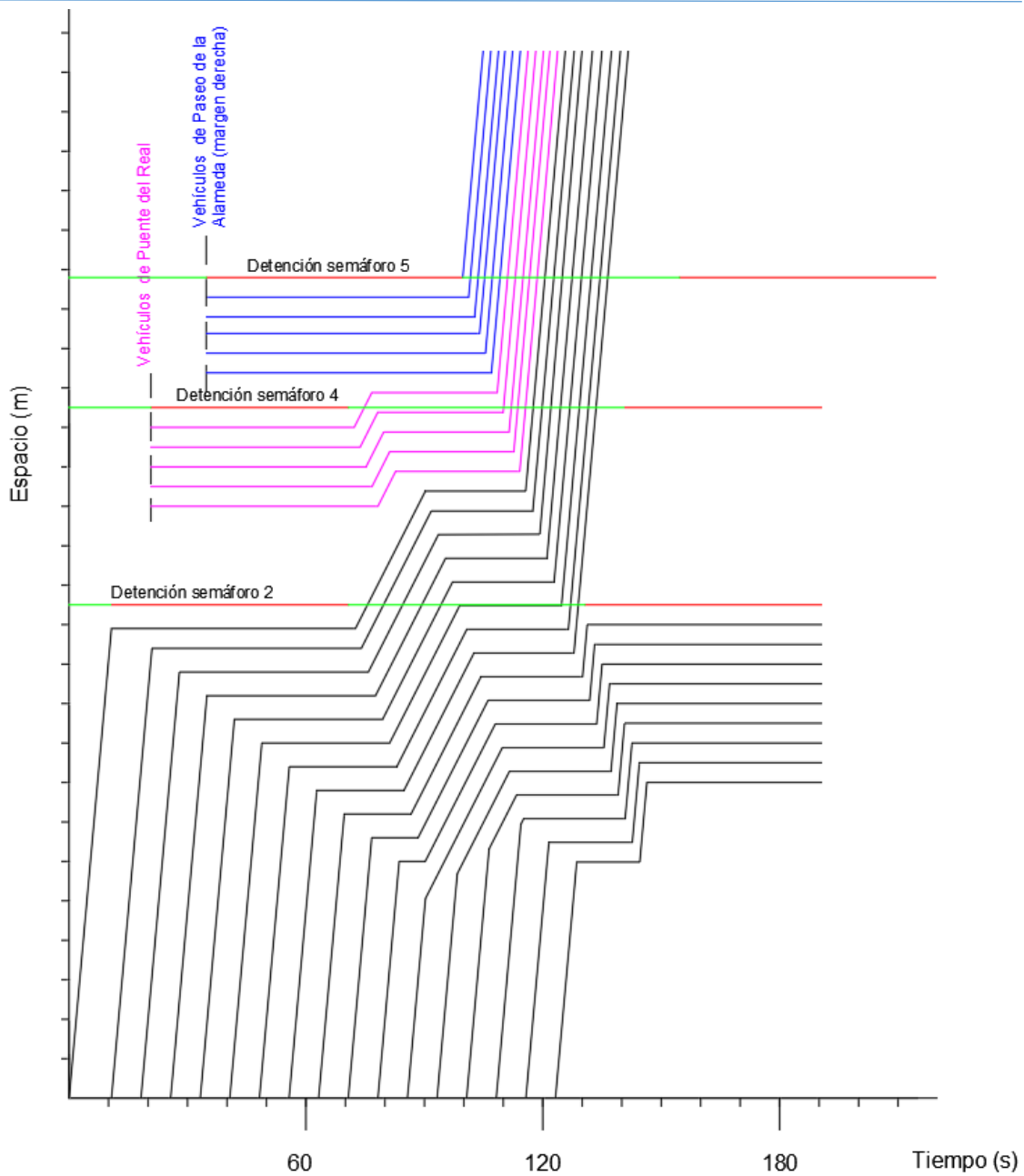


Figura 39 - Gráfico espacio tiempo

Como se puede apreciar, los vehículos marcados con línea negra no pueden salir a la velocidad que desearían al tener delante la cola de semáforos que aún no han desaguado sus vehículos, es por ello que al final del ciclo no son capaces de continuar todos los vehículos, representados por los vehículos en negro con líneas horizontales al final del tiempo representado.



7.4. Conclusiones

Como se ha podido apreciar durante el análisis detallado, la premisa tomada por el Highway Capacity Manual de la no interferencia de bloqueos aguas debajo de la intersección no es posible tenerla en cuenta.

La intersección funciona en general bien, sin embargo, cuando se encuentra volúmenes cercanos a las horas punta, la gran afluencia de vehículos que provienen del Paseo de la Alameda puede provocar que los últimos usuarios que llegan deban esperar un ciclo completo en el almacenamiento del semáforo correspondiente a la entrada de dicho ramal.

Esto es debido a la poca disponibilidad que tienen los vehículos del semáforo 2 para avanzar una vez éste entra en fase verde. Si bien es posible que haya un espacio libre, muchos de los vehículos no pueden avanzar mucho.

Este efecto puede verse agravado por la presencia de numerosos autobuses: en el caso de que un autobús deba detenerse metros antes de llegar a la parada situada en el Paseo de la Alameda debido a la cola ya presente, cuando el tránsito de vehículos se inicie y los que se encuentren por delante de él avancen, el autobús podrá arrancar y avanzar hasta su parada, donde se detendrá de nuevo durante 15 segundos como mínimo, reduciendo el número de carriles útiles a 2 y por lo tanto creando temporalmente un cuello de botella.

Este efecto no ocurre si el autobús ha llegado pronto a la marquesina, puesto que una vez el semáforo esté en verde tendrá vía libre para avanzar y no bloquear el carril.

Si bien sería necesario una simulación más compleja a la hora de estudiar este fenómeno, que tuviera en cuenta diversos factores relacionados con el comportamiento de los usuarios ante estas situaciones, el posicionamiento de los vehículos en las colas, la velocidad a la que la cola se deshace, etc. Es posible tratar de cuantificar numéricamente cuanto afecta este fenómeno al funcionamiento de la intersección.

Teniendo en cuenta los volúmenes medios con los que se ha trabajado durante todo el documento y considerando que la mayoría de los vehículos son vehículos ligeros (tal y como se ha empleado en el análisis pormenorizado de las fases semafóricas), se puede apreciar que una vez los vehículos procedentes del



Puentes del Real ocupan su espacio requerido en el almacenamiento del semáforo 4, cuando el semáforo da acceso a los vehículos desde el Paseo de la Alameda, unos 15 vehículos pueden pasar la línea de detención.

Teniendo en cuenta estos números se pueden hacer las siguientes suposiciones para obtener un nuevo nivel de servicio.

- Fase de verde

En lugar de establecer 60 segundos de fase de verde, ya que los vehículos no avanzan hasta que los que se encuentran por delante no inician la marcha; teniendo en cuenta los ciclos semafóricos anteriormente expuestos, el semáforo 5 se pone en verde 22 segundos después del semáforo 2, por lo que se puede suponer una reducción de 22 segundos en la fase de verde.

- Número de vehículos

Si bien la reducción de tiempo en verde tiene en cuenta el desfase entre fases semafóricas, también se debería tener en cuenta los vehículos que, si pueden avanzar pese a que el semáforo 5 no permita el paso, estos son los 15 vehículos por ciclo anteriormente mencionados.

Suponiendo el resto de datos iguales, número de pesados, factor de bloqueo por autobuses, etc. Se puede aplicar de nuevo la metodología del HCM.

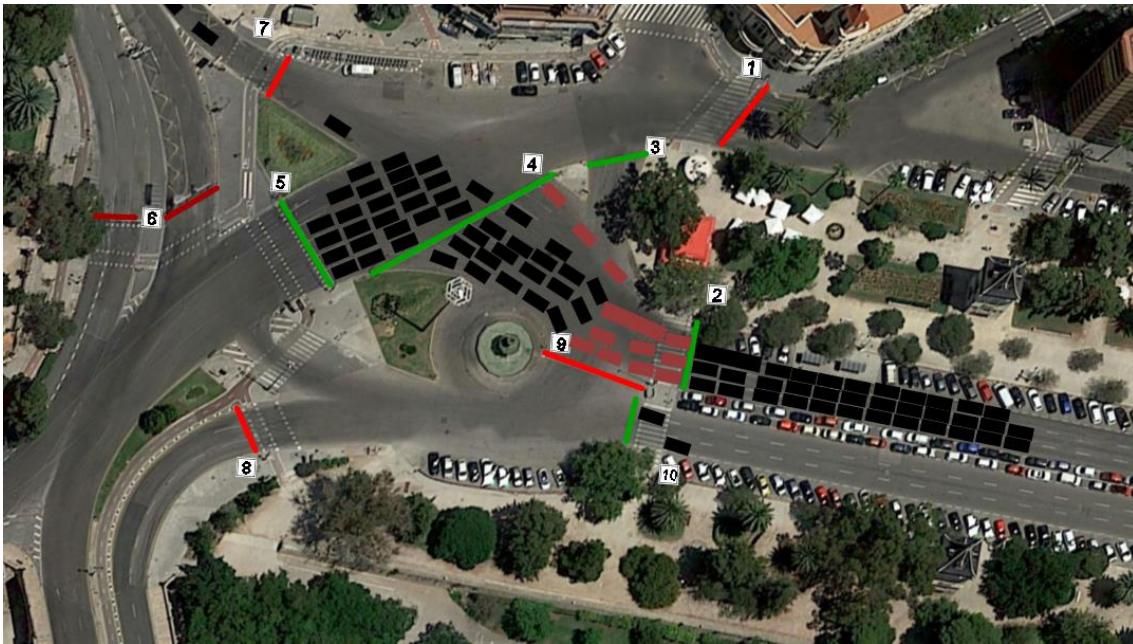


Figura 40 - Congestión, en rojo vehículos que quedan atascados al inicio de la fase verde

Intersección 1	
G-1.2.1	
Intensidad de saturación	3514

Tabla 26 - Intensidad de saturación, intersección 1, análisis detallado

G 1.2.1	
s	3514
g/C	0,317
Capacidad veh / hora	1112

Tabla 27 - Capacidad, intersección 1, análisis detallado

Intersección 1	
G 1.2.1	
v	1070
c	1112
X	0,961

Tabla 28 - Relación Volumen/Capacidad, intersección 1, análisis detallado



Intersección 1	
G 1.2.1	
d1	40.28
PF	1
d2	44.92
demora	85.20

Tabla 29 - Obtención de la demora, intersección 1, análisis detallado

Intersección 1	
G 1.2.1	
Demora	85.20
Nivel de Servicio	F

Tabla 30 - Nivel de servicio, Intersección 1, análisis detallado

Como se puede apreciar, el nivel de servicio ha bajado debido al notable aumento de la demora experimentada por los usuarios, que aumenta casi 30 segundos, sin tener en cuenta posibles efectos como los mencionados de embotellamiento por maniobras de un autobús que llega en esos 40 segundos en los que el tráfico fluye de una manera más continua.

Con esta demora media los últimos vehículos que llegan cuando el semáforo se pone en verde es posible que no lleguen a atravesar la intersección en ese ciclo, por lo que la espera es considerada demasiado larga.

Si bien la capacidad de la intersección no ha aumentado significativamente, si ha pasado a estar por encima de los 90%, lo cual es un indicio de la saturación de la intersección.

Con esta información se ha identificado el problema que sucede en las horas punta, y por tanto donde actuar a la hora de establecer soluciones plausibles para evitar la congestión de la intersección.



8. Presentación y elección de propuestas

8.1. Introducción

El objetivo de este apartado es buscar y encontrar una solución al problema de congestión que se crea en la intersección urbana en dichos momentos del día. Si bien las posibilidades pueden ser muchas y diversas, se van a tratar de valorar aquellas que presenten un menor impacto para el entorno de la zona de estudio, pero priorizando el confort y la seguridad vial para todos los usuarios.

Como ha quedado demostrado en el apartado anterior, es el volumen de vehículos provenientes del Paseo de la Alameda el que tiene problemas, sin embargo, la causa de los mismos se debe a una regulación semafórica que no permite trasegar todos los automóviles necesarios en el tiempo estipulado.

Dentro de las posibles formas de actuación, se destacan las siguientes:

- Modificar el entorno de la intersección

En ocasiones es posible mejorar el rendimiento de una intersección no cambiando elementos de la misma, si no cambiando las condiciones a las que ésta está sujeta; si se disminuye la demanda de vehículos y usuarios del elemento, evidentemente, la demora será menor y por tanto aumentará el nivel de servicio.

Para ello se pueden tomar medidas relacionadas con el tráfico que llega hasta la zona de estudio, desviando tráfico u ofreciendo alternativas de ruta para vehículos que eviten pasar por la intersección, se puede conseguir reducir la demanda.

- Modificar la regulación vial a través de señalización

Intervenir en diferentes aspectos de la señalización puede influir en la capacidad de la intersección. Entre otras, se pueden plantear opciones tales como: cambiar la señalización pintada en la calzada para dirigir el tráfico, haciendo que determinados movimientos como giros se almacenen en determinados carriles.

Además, se puede plantear un cambio en la distribución semafórica con el objetivo de eliminar la congestión que se produce en cada ciclo, teniendo siempre en cuenta la afección de dicho cambio al resto de movimientos, pues es



necesario que los distintos ciclos semafóricos se sincronicen con el objetivo de no causar conflictos en los distintos movimientos de los vehículos.

- Modificar elementos de la intersección

Como se ha visto a lo largo de la aplicación del método del Highway Capacity Manual, son muchos los factores que afectan a la capacidad de la intersección tales como, aparcamiento en las proximidades, presencia de vehículos pesados y estacionamiento de autobuses en las cercanías de la intersección. Modificar estos elementos puede suponer una gran diferencia en el flujo de vehículos puesto que en la mayoría de los casos entorpecen la circulación y el confort de los usuarios.

- Modificar la geometría de la intersección

En este caso los arreglos sobre la geometría en las intersecciones se pueden encargar de determinar características que afectan a factores como el tránsito, la velocidad y, por ende, la capacidad de la intersección, de modo que esta permita satisfacer una necesidad.

El diseño geométrico en una intersección de urbana está compuesto principalmente por isletas y elementos que canalizan el flujo de vehículos y peatones y debe estar organizado de tal modo que permitan la circulación cómoda y segura.

Es necesario tener en cuenta que no solo está condicionado a ser un elemento bidimensional puesto que también permite plantear alternativas como pasos a desnivel para salvar conflictos entre movimientos.

En el caso del diseño geométrico, hay una serie de condicionantes a los que tener en cuenta a la hora de plantear una solución, tales como: geometría de los ramales de entrada y de salida de la intersección, espacio disponible, capacidad de movilidad de los usuarios de la vía, etc.

8.2. Presentación de propuestas

La complejidad de la intersección radica principalmente en la cantidad de ramales que confluyen en ella, hasta un total de 5, algunos de ellos con intensidades de vehículos de importancia.



Como se ha demostrado, el principal objetivo de estas actuaciones debe ser el permitir aumentar la capacidad para evacuar todos los vehículos que provienen del Paseo de la Alameda, puesto que el resto de intersecciones no presentan problemas de gravedad a la hora de permitir el volumen de vehículos de una manera razonable.

Debido al entorno de la intersección, es complejo aplicar medidas relacionadas con el tráfico -tales como desvíos- antes de llegar hasta la misma. La mayor parte de los vehículos que ocasionan la congestión tienen como destino la Calle San Pío V y no hay otro acceso a la misma salvo dicha intersección, con lo que es necesario que pasen por este elemento.

La otra gran parte de vehículos afectados se dirigen hacia la Calle del General Elio. Si se estudia con un poco más de detalle el destino de estos usuarios, se puede apreciar que, desde la Calle del General Elio, la única posibilidad es continuar por la Avenida de Blasco Ibáñez, por lo que se considera este el destino de todos los vehículos que salen por este ramal.

Sin embargo, los direccionales muestran que los vehículos que provienen desde el Paseo de la Alameda tienen como principal destino la Calle San Pío V, el 90% de vehículos realiza este movimiento, por lo que los usuarios que deseaban ir hacia la Avenida Blasco Ibáñez ya han empleado rutas alternativas para llegar.

Por otra parte, los vehículos que toman dicha salida desde Micer Mascó, o desde el Puente del Real, como ya se ha visto en el apartado 6.3 no ocasiona problemas en la congestión ya que al cambiar el semáforo a su fase verde pueden continuar con el movimiento y no quedan atascados junto con el resto de vehículos.

Es por tanto necesario tomar medidas actuando sobre la propia intersección y para ello se plantean varias opciones que se evaluarán siguiendo los mismos criterios que se han empleado para la obtención del nivel de servicio del estado actual, realizando posteriormente una comparativa para obtener la mejor solución.



8.2.1. Variación del ciclo semafórico

La regulación el ciclo semafórico es una de las actuaciones más sencillas que se pueden plantear para solucionar un problema de este tipo. Se trata de encontrar una distribución de fases tal que, permita a la intersección más cargada mantener un nivel de servicio adecuado, sin embargo, el aumento de una fase de verde implica la reducción de otra, puesto que los movimientos pueden entrar en conflicto y ser causa de accidentes y esto debe ser tenido en consideración: descongestionar una intersección puede ser la causa de problemas en otra.

Tal y como se vio en el análisis, de los 60 segundos de fase en verde que tiene el grupo de carriles G-1.2.1, durante los 20 primeros se puede estimar que pasan unos 15 vehículos y que además se vacía el espacio de almacenamiento precedente y, suponiendo que los restantes tienen los 40 segundos restantes, se obtiene una demora de 72 segundos, correspondiente a un nivel de servicio E.

Como objetivo a satisfacer, se puede plantear obtener un nivel de servicio D con una demora alrededor de 40 segundos, variando para ello la duración de la fase de verde de este grupo de carriles.

Para lograr este objetivo se supone una prolongación de 10 segundos la fase de verde del semáforo 2, ello implica aumentar por lo tanto de igual manera la duración de las fases de verde de los semáforos 3 y 4, para permitir que los vehículos despejen la intersección y no se acumulen para el siguiente ciclo.

Por otra parte, el aumento de este tiempo requiere retrasar la puesta en verde de los semáforos cuyos movimientos entran en conflicto, esto es el semáforo 6 cuya duración en rojo debe incrementarse en 10 segundos.

A continuación, se muestra una imagen con el nuevo ciclo semafórico modificado, los tramos más oscuros son las extensiones realizadas a cada uno de los ciclos de la intersección.

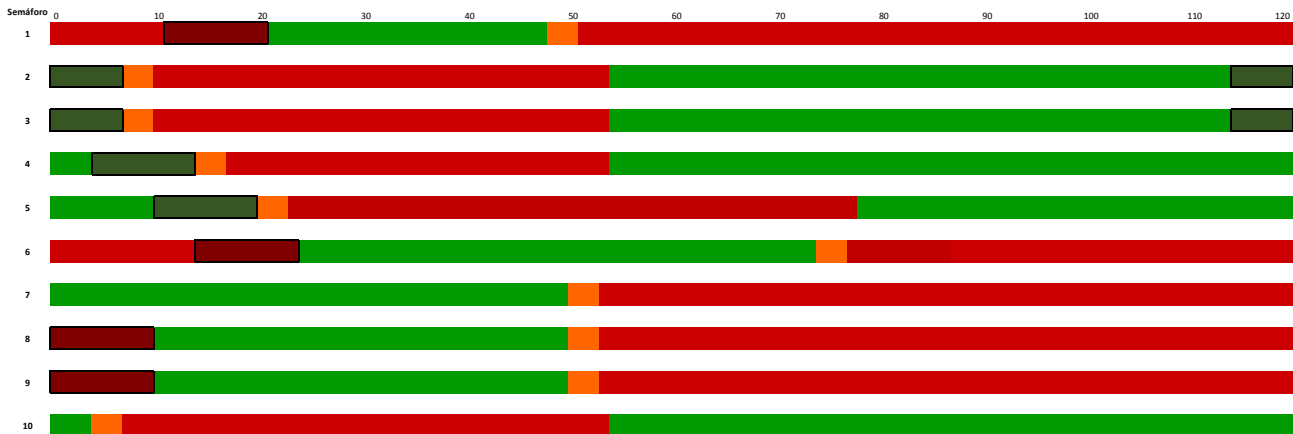
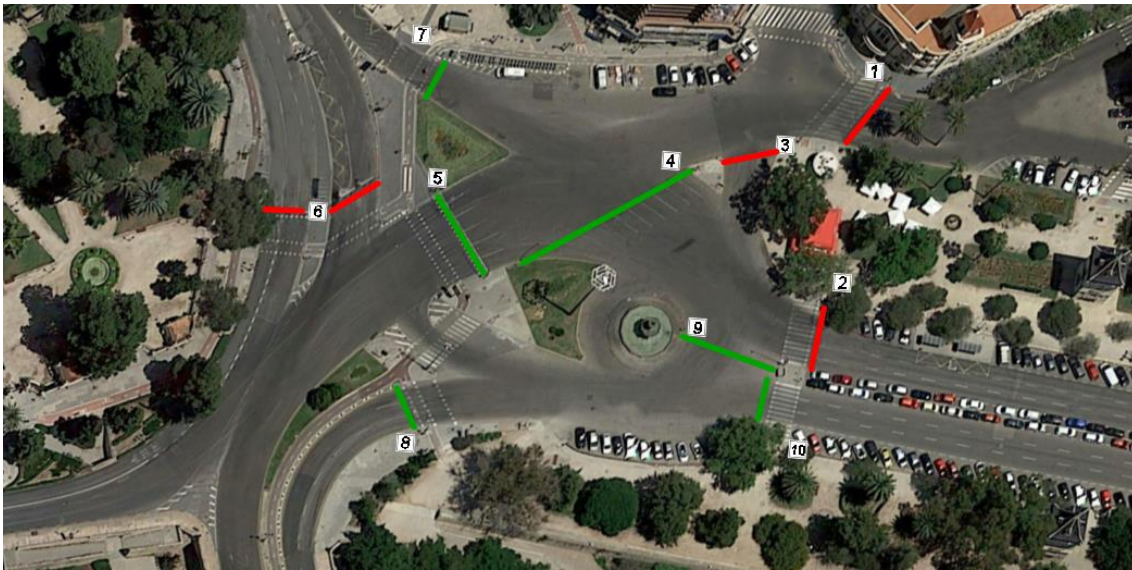


Figura 41 - Propuesta, regulación semafórica

8.2.2. Glorieta

En una intersección giratoria, o glorieta, las trayectorias de los vehículos ocasionan un menor número de puntos de conflicto que en otros tipos de intersección.

Una glorieta en este caso, debido al número de vehículos requiere regulación semafórica para permitir una entrada segura de vehículos a los carriles de la misma.

Sin embargo, de manera general, una glorieta aumenta el recorrido de los vehículos dentro de la intersección y pueden aparecer tramos que originen



problemas de capacidad, puesto que la saturación de carriles provoca que los ramales de entrada puedan quedar también bloqueados.

Las glorietas son soluciones adecuadas cuando:

- La importancia de los tramos que acceden a la intersección es similar, especialmente en zonas urbanas.
- La intersección tiene cuatro tramas con giros a la izquierda que presentan intensidades muy altas, ya que supone una disminución de la velocidad de los vehículos que acceden a la misma.

Si bien es cierto que la capacidad de una glorieta puede ser superior a la de una intersección canalizada, en el caso de tener intensidades de tráfico descompensadas en los ramales que acceden a ella, se pueden provocar demoras de importancia, con lo que el comportamiento no sería satisfactorio.

Uno de los grandes hándicaps a la hora de colocar una glorieta como solución a este problema es el espacio, al tratarse de una zona urbanizada totalmente constituida, no se puede emplear más espacio para la intersección del que actualmente hay en uso, esto implica dos limitaciones:

- Limitación en el número de carriles que puede tener la glorieta, pues es necesario una cantidad de carriles tal que pueda absorber y almacenar en el caso de detenciones en un semáforo todo el volumen de vehículos que acceda a la glorieta.
- Geometría de la misma, la forma de la glorieta debe adaptarse al entorno disponible en lugar de establecerse una glorieta circular como suele ser habitual, este diseño requiere de un radio variable que hace que la conducción sea menos cómoda de lo acostumbrado para el usuario.

Con esta modificación de la intersección no se da ningún tipo de mejora para dar prioridad de paso a los vehículos de transporte público tal y como se ha comentado en el apartado 6.3.1.

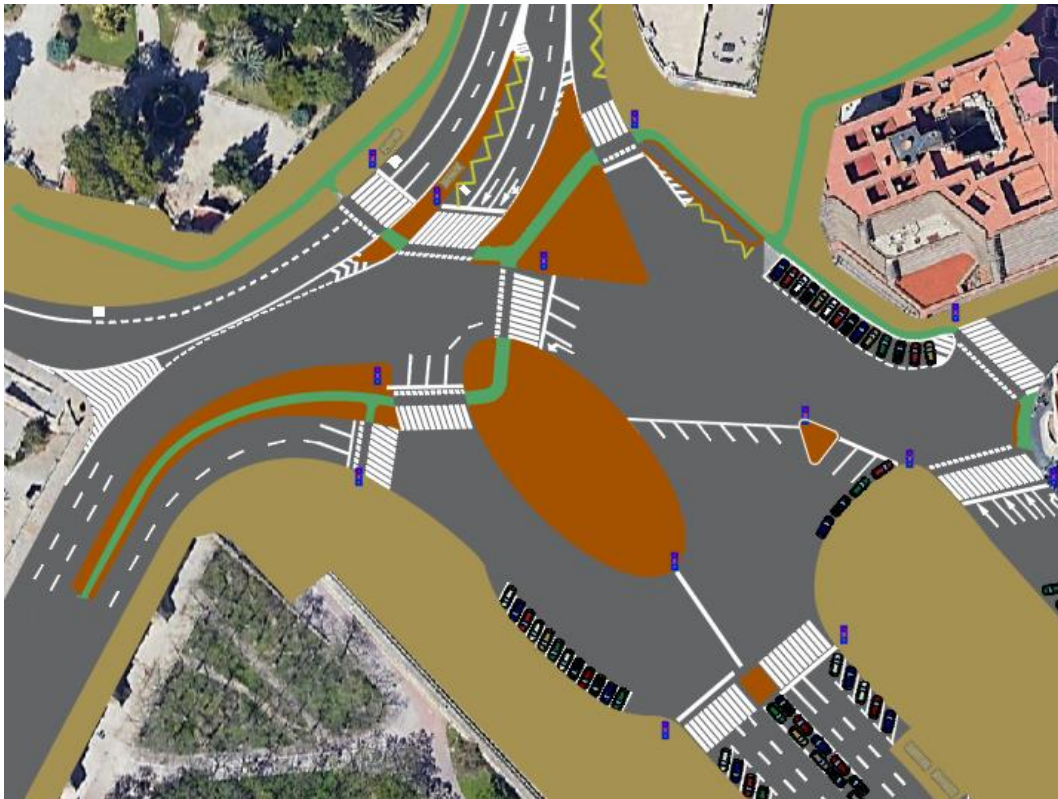


Figura 42 - Propuesta, glorieta

En el caso de una glorieta semaforizada, el ciclo semafórico se basa en dejar entrar alternativamente a los vehículos desde lados opuestos de la misma, almacenándolos en caso de que se pueda dar algún movimiento conflictivo dentro de la misma

8.2.3. Variación en los accesos a la intersección.

La principal causa de las retenciones es el almacenamiento de una gran cantidad de vehículos dentro de la intersección, que requieren más tiempo del deseado en vaciarse y provoca las retenciones. Por ello, una de las posibles soluciones es evitar el almacenamiento de vehículos dando prioridades de paso a ciertos movimientos.

Evidentemente, estas opciones muestran problemas semejantes a los descritos en las glorietas, el espacio disponible no permite una versatilidad en cuanto a opciones muy amplia, sin embargo, es posible realizar ciertos cambios.



Estableciendo un canal de acceso más directo para el movimiento Puente del Real – Calle del General Elio, se puede eliminar hasta un 30% del tráfico que se establece en el espacio de almacenamiento del semáforo 4. Lo cual incrementaría el volumen de vehículos que pueden avanzar cuando el semáforo de acceso del ramal del Paseo de la Alameda se pone en verde.

Como inconveniente sería necesario añadir una línea de detención para los vehículos que puede entrar en conflicto con los que provienen de la Calle del General Elio hacia el Paseo de la Alameda, cuyo volumen es un poco inferior al que se le da prioridad.

Del mismo modo, se puede tratar de modificar la entrada del ramal procedente del Paseo de la Alameda, ya que es de los más conflictivos. En este caso son pocas las actuaciones que se pueden hacer, sin embargo, se propone:

- Eliminar los estacionamientos de la margen derecha, disminuyendo de este modo el número de maniobras de aparcamiento y aumentando el factor que depende de esta actividad.



- Convertir el espacio obtenido con la medida anterior en un carril bus, para eliminar el bloqueo producido por los vehículos pesados.
- Retranquear las actuales paradas de autobús, actualmente son un saliente que invaden parte de la zona de estacionamiento, colocándolas dentro de la mediana y obligando al autobús a parar para recoger pasajeros en un carril destinado a ello se puede aumentar también el factor por estacionamientos de bus.

Con estas medidas se pretende aumentar ligeramente la capacidad de desagüe de la intersección, y lo más habitual es convertir este carril en un carril único Taxi-EMT que permita a los autobuses moverse por el Paseo de una manera más independiente y sin interferir en el resto de usuarios.

Estas medidas establecen una clara prioridad de paso para los vehículos de la EMT. Por un lado, los vehículos procedentes del Puente del Real pueden acceder hasta la Calle del General Elio de manera directa, sin ninguna detención excepto si la entrada de la intersección se encuentra en fase roja.

Por otra parte, establecer un carril exclusivo EMT también prioriza este tipo de vehículos al no compartirlo con el tráfico privado. Puede concluirse que esta medida es acorde con el PMUS de la ciudad de Valencia de 2013 y por tanto una actuación coherente con las necesidades planteadas en dicho documento.

8.2.4. Paso subterráneo Paseo de la Alameda – Calle San Pio V

En último lugar, con el objetivo de dar prioridad a la mayoría de vehículos posibles, y especialmente, a aquellos que sufren la mayor demora a la hora de utilizar la intersección, se plantea la construcción de un paso subterráneo que permite enlazar directamente el Paseo de la Alameda con la Calle San Pío V.

Este paso está condicionado principalmente por el espacio disponible en la desembocadura del mismo, no permitiendo situar más de un carril; sin embargo, debido a la ausencia de semáforos o regulación para su acceso, es capaz de admitir una capacidad base de hasta 1900 vehículos a la hora, notablemente mayor a la cantidad de vehículos que requieren dicho movimiento.

Debe tenerse también en cuenta que dicho paso no es de acceso para todos los vehículos, ya que estaría restringido a vehículos ligeros, mientras que los



pesados, tales como autobuses, o vehículos con carga, pueden seguir haciendo el movimiento de manera usual.

Esta solución permite que en semáforo donde se causa una mayor congestión se libere aproximadamente un 70 % de los todos los vehículos que deben circular por él, y aproximadamente un 20% del total, evitando completamente las situaciones de atasco.

Por otra parte, en la Calle San Pío V los carriles disminuirían de tres a dos, debido a la necesidad de implantar la salida del paso inferior, lo que deja aproximadamente una capacidad de 1900 vehículos cada medio ciclo, suficiente para absorber en cada ciclo tanto los que vienen desde la Calle del General Elio, como los provenientes del resto de entradas a la intersección.

Este tipo de pasos inferiores son una solución muy usada cuando se quiere dar prioridad a un determinado movimiento, salvando intersecciones y conflictos con otros vehículos, si bien suponen en general una actuación más costosa, permite a los usuarios evitar todo tipo de demoras.



9. Análisis comparativo de propuestas

En este apartado se evalúa de manera cuantitativa las diferentes propuestas a fin de establecer la mejor opción de actuación a la hora de mejorar el rendimiento de la intersección.

El procedimiento para determinar el nivel de servicio que obtiene cada grupo de carriles después de la actuación es idéntico al mencionado en el apartado correspondiente de este estudio, variando únicamente las condiciones iniciales tal y como se detallará en cada uno de los subapartados.

9.1. Variación del ciclo semafórico

Las condiciones iniciales son las mismas que las establecidas en el estudio de la situación actual en cuanto a lo referente al tráfico, y condiciones geométricas, la única excepción es la variación del ciclo semafórico.

Los siguientes grupos de carriles tienen una prolongación de 10 segundos en el tiempo de verde:

- G – 1.2.1
- G – 2.1.1
- G – 2.1.2
- G – 2.2.1
- G – 3.1.1
- G – 3.1.2

Los siguientes grupos de carriles tienen una prolongación de 10 segundos en el tiempo de rojo, en decremento del tiempo de verde:

- G – 3.3.1
- G – 3.2.1
- G – 4.1.1
- G – 1.1.1
- G – 1.1.2
- G – 2.3.1
- G – 2.3.2



Evidentemente, en estos cálculos se tiene en cuenta el efecto comentado en el análisis detallado de la intersección, en los 22 segundos primeros sólo pasan unos 15 vehículos por ciclo.

	Intersección 1		
	G-1.1.1	G-1.1.2	G-1.2.1
Intensidad de saturación	4683	1343	3515
g/C	0,33	0,33	0,42
Capacidad veh / hora	1561	448	1464
X	0,448	0,125	0,731

Tabla 31 - Capacidad intersección 1, solución 1

	Intersección 2				
	G-2.1.1	G-2.1.2	G-2.2.1	G-2.3.1	G-2.3.2
Intensidad de saturación s	7663	4570	2977	4138	1484
g/C	0,58	0,58	0,58	0,25	0,25
Capacidad veh / hora	4470	2666	1736	1034	371
X	0,406	0,143	0,046	0,758	0,129

Tabla 32 - Capacidad intersección 2, solución 1

	Intersección 3			
	G-3.1.1	G-3.1.2	G-3.2.1	G-3.3.1
Intensidad de saturación	1583	7707	3053	3125
g/C	0,50	0,50	0,42	0,42
Capacidad veh / hora	792	3854	1272	1302
X	0,025	0,650	0,528	0,872

Tabla 33 - Capacidad intersección 3, solución 1

	Intersección 4	
	G-4.1.1	G-4.2.1
Intensidad de saturación	3318	1580
g/C	0,33	1,00
Capacidad veh / hora	1106	1580
X	0,734	0,149

Tabla 34 - Capacidad intersección 4, solución 1

Y la obtención de la demora:



	Intersección 1		
	G 1.1.1.	G 1.1.2	G 1.2.1
d1	31,35	27,83	31,05
PF	0,78	0,86	1,00
d2	3,69	2,28	14,39
demora	28,15	26,22	45,44
Nivel de Servicio	C	C	D

Tabla 35 - Demora intersección 1, solución 1

	Intersección 2				
	G 2.1.1	G 2.1.2	G 2.2.1	G 2.3.1	G 2.3.2
d1	8,74	7,27	10,70	41,64	34,88
PF	0,67	0,67	0,67	1,00	1,00
d2	0,78	0,34	0,20	18,61	2,87
demora	6,63	5,21	7,37	60,25	37,74
Nivel de Servicio	A	A	A	E	D

Tabla 36 - Demora intersección 2, solución 1

	Intersección 3			
	G 3.1.1	G 3.1.2	G 3.2.1	G 3.3.1
d1	15,19	22,22	26,18	32,08
PF	0,86	1,00	1,00	1,00
d2	0,24	3,39	6,16	26,01
demora	13,30	25,61	32,34	58,08
Nivel de Servicio	B	C	C	E

Tabla 37 - Demora intersección 3, solución 1

	Intersección 4	
	G 4.1.1	G 4.2.1
d1	35,31	.0
PF	1,00	1
d2	15,87	0,80
demora	51,18	0,80
Nivel de Servicio	D	A

Tabla 38 - Demora intersección 4, solución 1

Si bien se podrían realizar un análisis más minucioso de cómo afecta la variación del ciclo semafórico hasta encontrar un óptimo, con este ajuste se determina la validez de realizar un ajuste de este tipo para mejorar la intersección.



9.2. Glorieta

En el caso de una glorieta los datos de los que se parten son muy diferentes a los que se tienen de origen, así pues, partiendo de la misma matriz origen destino, se deben establecer de nuevo los grupos de carriles y, por lo tanto, nuevas intensidades de demanda:

El ciclo semafórico propuesto se obtiene imitando glorietas similares situadas en el mismo Paseo de la Alameda, como pueden ser la que se encuentra en el Paseo de la Alameda con la Avenida Eduardo Boscá o Paseo de la Alameda con la Calle de Menorca.

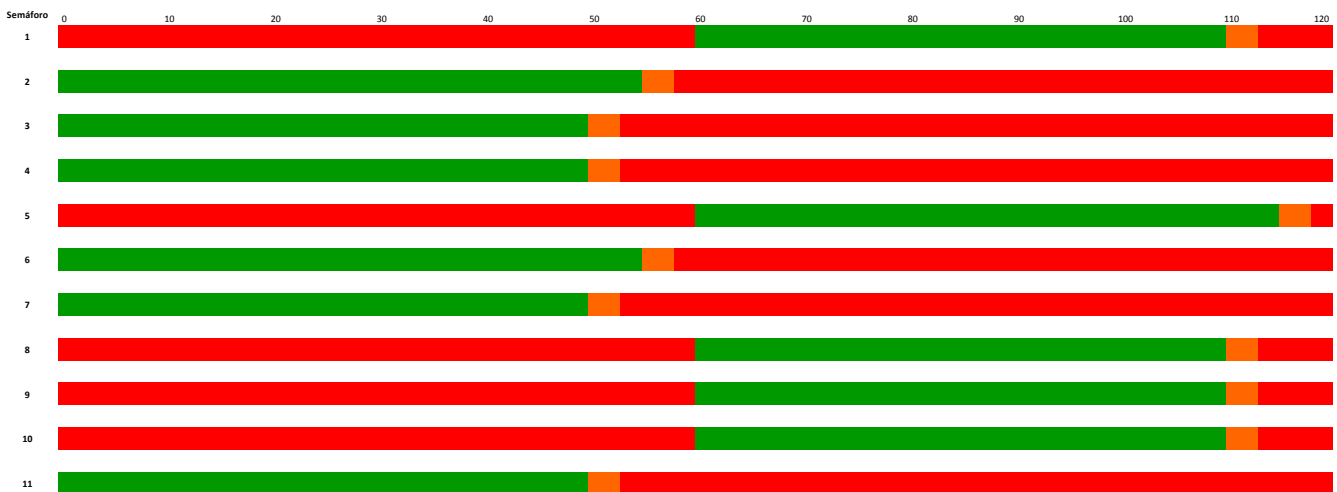


Figura 43 - Propuesta de ciclo semafórico, Solución 2

La glorieta se subdivide del mismo modo en las distintas intersecciones semaforizadas que componen los carriles de la glorieta y cada uno de los ramales que acceden a ella, de este modo tenemos 4 intersecciones semaforizadas muy semejantes a la situación inicial.

Los carriles de la glorieta tienen una anchura media de 3,3 metros, la geometría de los ramales de acceso no varía y el número de carriles de cada uno de los grupos de carriles puede verse en las siguientes imágenes.

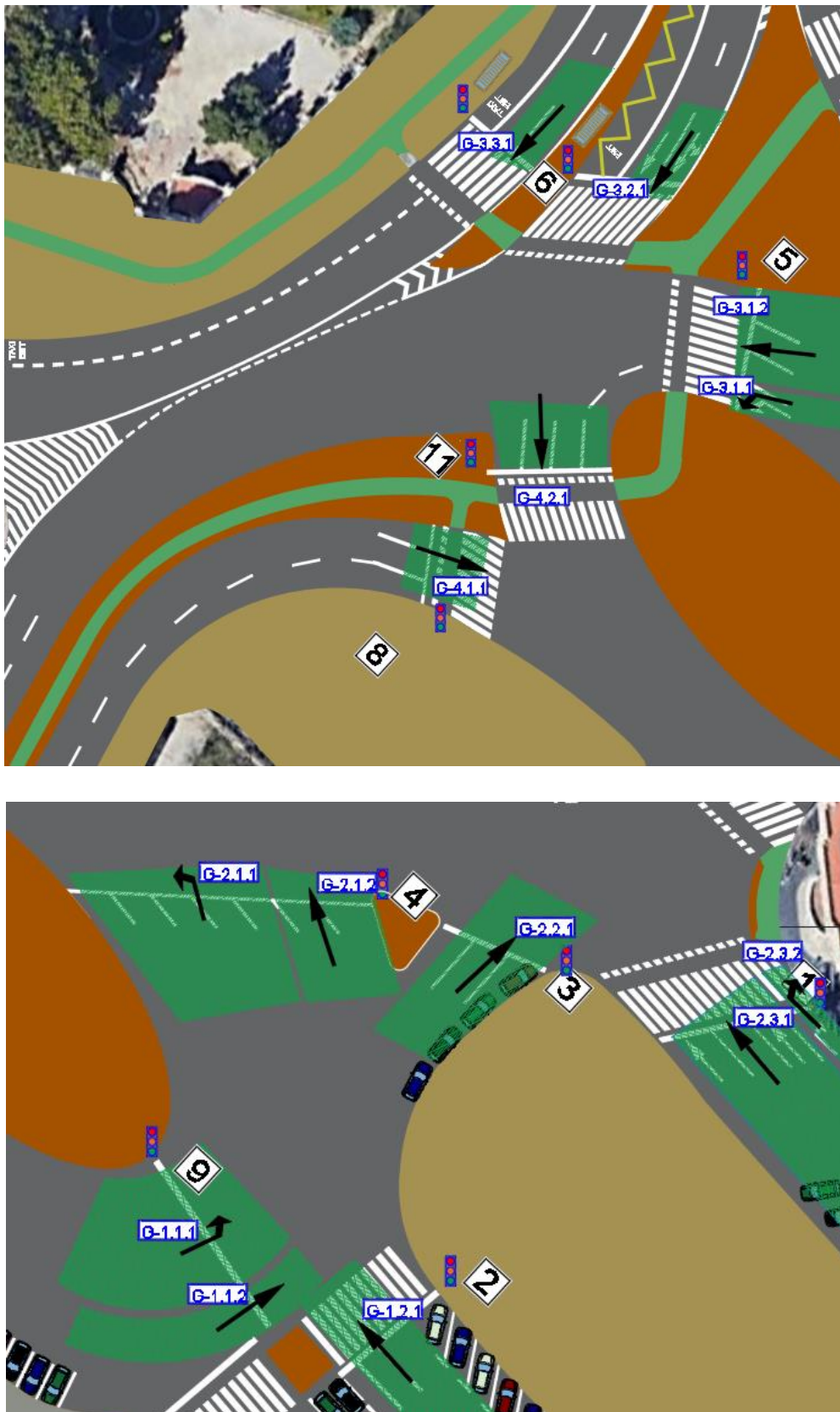


Figura 44 - Grupos de carriles, solución 2



	Intersección 1		
	G-1.1.1	G-1.1.2	G-1.2.1
Intensidad de saturación	4683	1343	3578
g/C	0,42	0,42	0,46
Capacidad veh / hora	1951	560	1640
X	0,359	0,100	0,927

Tabla 39 - Capacidad intersección 1, solución 2

	Intersección 2				
	G-2.1.1	G-2.1.2	G-2.2.1	G-2.3.1	G-2.3.2
Intensidad de saturación s	7663	3046	2977	4138	1151,94
g/C	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Capacidad veh / hora	3193	1269	1240	1724	479,98
X	0,569	0,299	0,065	0,455	0,10

Tabla 40 - Capacidad intersección 2, solución 2

	Intersección 3			
	G-3.1.1	G-3.1.2	G-3.2.1	G-3.3.1
Intensidad de saturación	1583	6166	3053	3125
g/C	0,46	0,46	0,46	0,46
Capacidad veh / hora	726	2826	1399	1432
X	0,028	0,886	0,480	0,793

Tabla 41 - Capacidad intersección 3, solución 2

	Intersección 4	
	G-4.1.1	G-4.2.1
Intensidad de saturación	3318	4557
g/C	0,42	0,42
Capacidad veh / hora	1383	1899
X	0,587	0,124

Tabla 42 - Capacidad intersección 4, solución 2



Y la obtención de la demora:

	Intersección 1		
	G 1.1.1.	G 1.1.2	G 1.2.1
d1	24,00	21,30	30,61
PF	0,67	0,67	1,00
d2	2,05	1,42	29,40
demora	18,13	15,70	60,00
Nivel de Servicio	B	B	E

Tabla 43 - Demora intersección 1, solución 2

	Intersección 2				
	G 2.1.1	G 2.1.2	G 2.2.1	G 2.3.1	G 2.3.2
d1	26,76	23,33	20,98	25,19	21,30
PF	0,67	0,67	0,78	1,00	1,00
d2	2,93	2,41	0,40	3,43	1,66
demora	20,86	18,03	16,76	28,62	22,96
Nivel de Servicio	B	B	B	C	C

Tabla 44 - Demora intersección 2, solución 2

	Intersección 3			
	G 3.1.1	G 3.1.2	G 3.2.1	G 3.3.1
d1	17,83	29,64	22,57	27,66
PF	1,00	1,00	1,00	1,00
d2	0,28	15,27	4,66	16,38
demora	18,11	44,91	27,23	44,04
Nivel de Servicio	B	D	C	D

Tabla 45 - Demora intersección 3, solución 2

	Intersección 4	
	G 4.1.1	G 4.2.1
d1	27,03	21,53
PF	1,00	1,00
d2	7,14	0,54
demora	34,17	22,07
Nivel de Servicio	C	C

Tabla 46 - Demora intersección 4, solución 2



9.3. Variación en los accesos

Con la variación propuesta, el almacenamiento ocupado en el semáforo 4 se reduciría aproximadamente un 30%, lo que permitiría a más vehículos parados en el Paseo de la Alameda ocupar este espacio cuando el semáforo cambie a su fase verde, aproximadamente unos 8 vehículos por ciclo.

Por otra parte, este cambio introduce una complejidad mayor desde el punto de vista de los usuarios, ya que aumenta la cantidad de puntos de conflicto de la intersección y la coordinación entre las distintas fases semafóricas para permitir a todos los usuarios -peatones y conductores- realizar sus movimientos.



Figura 45 - Propuesta de intersección, solución 3

Es necesario además añadir una detención extra a los vehículos que, desde la Calle del General Elio deseen ir al Paseo de la Alameda, diseñando para ello una zona de detención que sea capaz de almacenar todos los vehículos que quieran cruzar en un ciclo determinado.

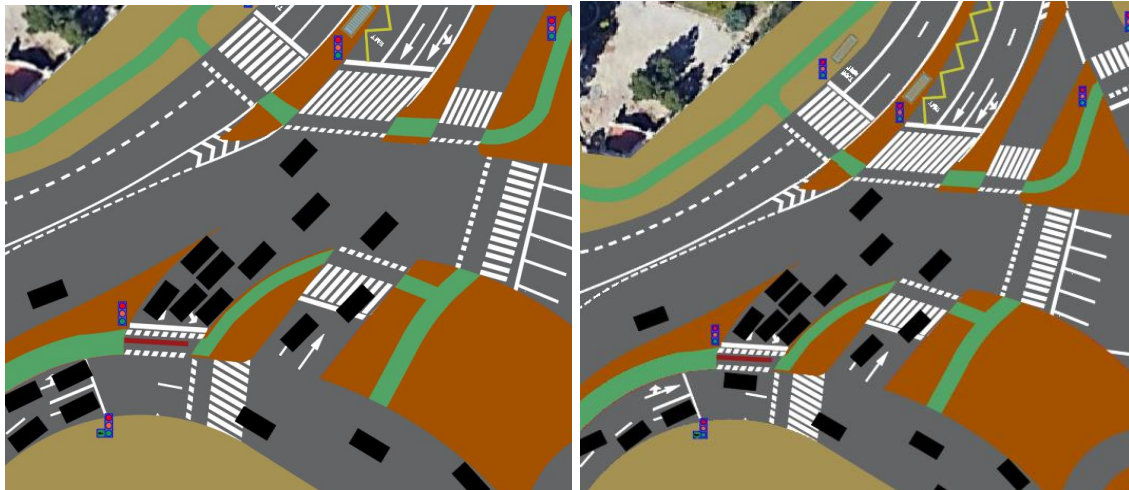


Figura 46 - Fases en el ciclo, solución 3

Por una parte el diseño de la solución es más complejo debido a la falta de espacio, es evidente que es necesario almacenar los vehículos que provienen de la Calle del General Elio debido a que si no crearían conflicto con los del Puente del Real. La estimación aproximada de vehículos por ciclo es de 7 vehículos, por lo que el almacenamiento debe estar dimensionado para que todos puedan estacionarse sin sobrepasarlo o crearían un “tapón” cuando se pusiera en verde el acceso a la Calle San Pío V y al Puente del Real. Sin embargo, este efecto no sería prolongado, puesto que el semáforo que regula este almacenamiento y el que da acceso a la Calle San Pío V entrarían en la fase verde a la vez por lo que los vehículos

Por otro lado, la continuación de los vehículos parados en la nueva zona de almacenamiento debe ser al mismo tiempo que los peatones y bicicletas hacen uso del paso de peatones para acceder al Antiguo Cauce, por lo que al continuar con un giro a izquierdas se encuentran con los peatones a los que deben dar paso. Posteriormente, se calculará la capacidad de este nuevo grupo de carriles (G-4.3.1) que tiene una demanda de 236 vehículos a la hora.

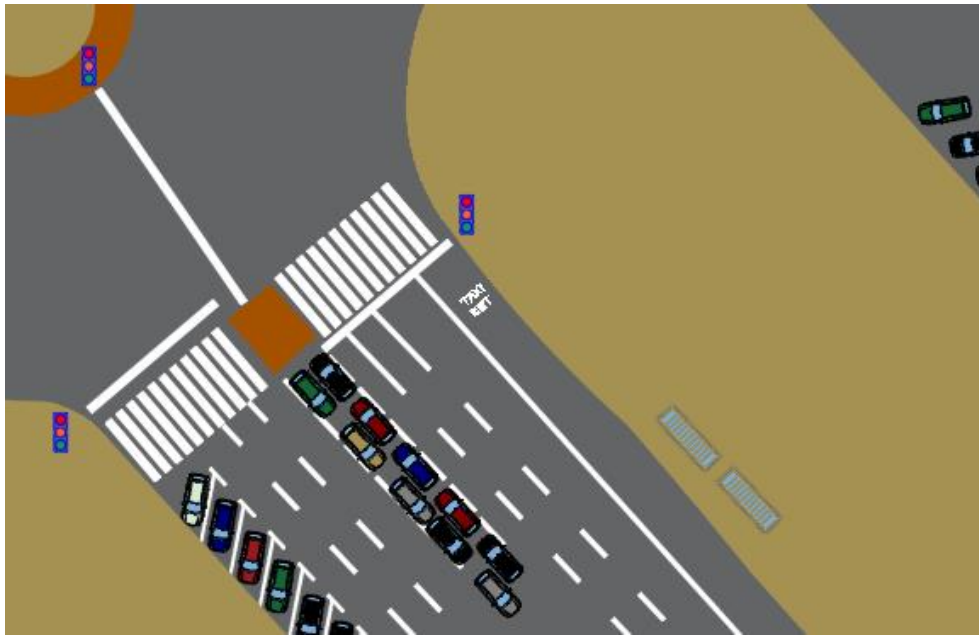


Figura 47 - Propuesta en Paseo de la Alameda, solución 3

Retirar los vehículos estacionados en el margen derecho y convertir el carril en uso exclusivo del bus y taxi, permite eliminar directamente los factores por vehículos pesados, así como los estacionamientos de bus, aumentando ligeramente la capacidad de tránsito de los carriles, aunque no evita el efecto que provoca la congestión de la intersección explicado en el apartado 6.3.

Para el cálculo del nivel de servicio del este grupo de carriles con esta nueva situación, se tiene en cuenta el efecto explicado en el punto 6.3 pero se establece que cuando se pone en verde el semáforo son capaces de pasar adicionalmente, 8 vehículos más de la línea de detención -a los que se pretende dar prioridad con la actuación explicada previamente-.

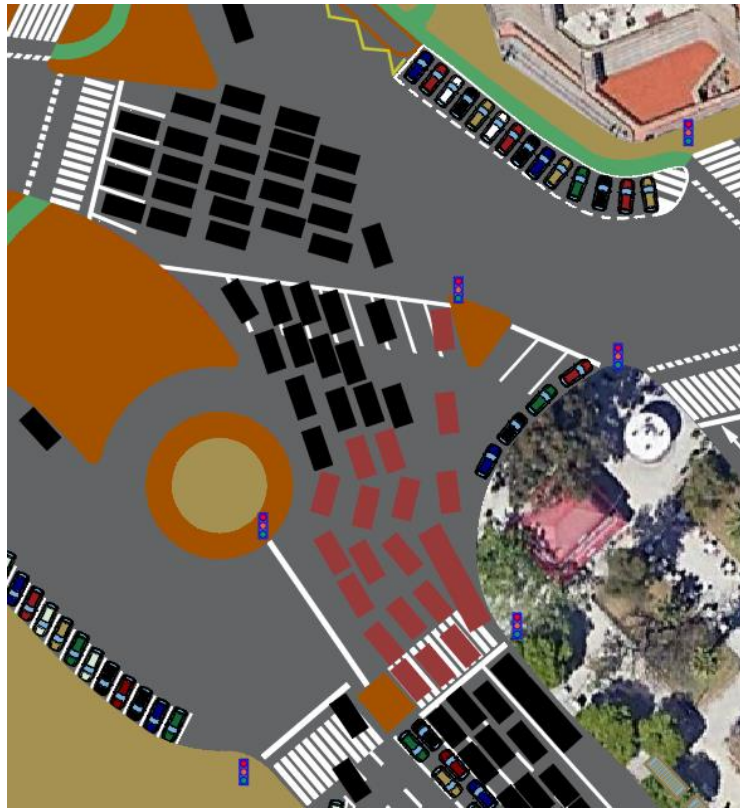


Figura 48 - Congestión, en rojo vehículos que quedan atascados al inicio de la fase verde

	G-1.2.1	G-4.3.1
Intensidad de saturación	4195	1356
g/C	0,32	0,46
Capacidad veh / hora	1328	622
X	0,624	0,380

Tabla 47 - Capacidad de la solución 3

	G-1.2.1	G-4.3.1
d1	34,93	21,31
PF	1,00	1,00
d2	8,59	6,92
demora	43,51	28,23
Nivel de Servicio	D	C

Tabla 48 - Demora de la intersección 3



9.4. Paso subterráneo Paseo de la Alameda – Calle San Pio V

Establecer un acceso directo desde el Paseo de la Alameda a la Calle San Pio V, canaliza un 70% de los vehículos de manera directa e ininterrumpida mediante un único carril, con lo que la demora pasa a ser 0 para todos los usuarios de dicha alternativa.

Las dos alternativas del paso subterráneo se diferencian en mantener o no el paso inferior para peatones a la salida del Parque de Viveros que da acceso directo al Parque del Antiguo Cauce.

Si bien la entrada del paso subterráneo no presenta variación entre ambas alternativas, la salida es diferente en ambos casos, aunque se mantiene siempre en la Calle San Pio V.

En el Paseo de la Alameda la entrada al paso subterráneo se situaría en la margen izquierda de los carriles, eliminando parte del estacionamiento de vehículos y uno de los tres carriles que hay actualmente. La desembocadura, se situaría también en la margen izquierda de la Calle San Pío V, empleando el carril izquierdo y el espacio actualmente ocupado por una hilera de árboles y 60 cm. de acera, esta actuación requiere eliminar el carril bus y permitir que dicho carril sea empleado por todos los usuarios.

En lo relativo a la capacidad del acceso, eliminar el 70% de la demanda es una gran mejora en cuanto a la demora y al nivel de servicio; sin embargo, eliminar uno de los carriles provoca un aumento considerable en el factor de bloqueo por estacionamientos de autobuses, así como una mayor proporción de vehículos pesados, puesto que estos no serían usuarios del túnel.

De los 1168 vehículos que realizan este movimiento, 15 son vehículos pesados por lo que 1153 vehículos ligeros a la hora pueden hacer uso de este paso.

Se estima que la intensidad de saturación base según el Highway Capacity Manual es de 1900 vehículos a la hora, por lo que no presenta problemas de capacidad.

El cálculo de la capacidad del ramal del Paseo de la Alameda queda reducido a una demanda de 384 vehículos a la hora (13 vehículos por ciclo), de los cuales el 40% siguen las direcciones de Calle de Monforte o Calle del General Elio, por



lo que el efecto de embotellamiento descrito en el apartado 6.3 se reduce significativamente.

	G-1.2.1	Paso
Intensidad de saturación	2070	1900
g/C	0,5	1,00
Capacidad veh / hora	1035	1900
X	0,37	0,615

Tabla 49 - Capacidad de la intersección, solución 4

	G-1.2.1	Paso
d1	16,91	0,00
PF	1,00	1,00
d2	1,23	5,85
demora	18,14	5,85
Nivel de Servicio	B	A

Tabla 50 - Demora de la intersección, solución 4

En el caso de aplicar las medidas comentadas en el apartado anterior respecto a las paradas de autobús y el carril exclusivo para transporte público, disminuiría ligeramente la demora al restringir el uso de uno de los carriles para el transporte público que constituye además la mayoría del tráfico pesado.

	G-1.2.1
Intensidad de saturación	2731
g/C	0,50
Capacidad veh / hora	1366
X	0,281

Tabla 51 - Capacidad de la intersección, solución 4 con carril BUS

	G-1.2.1
d1	17,45
PF	1,00
d2	2,05
demora	19,50
Nivel de Servicio	B

Tabla 52 - Capacidad de la intersección, solución 4 con carril BUS



9.5. Comparativa de soluciones

De entre las diferentes propuestas, es necesario realizar una valoración para realizar la actuación que mejor se adapte a las necesidades de la intersección.

En el caso de la glorieta, podría ser una solución más que adecuada en el caso de disponer de suficiente espacio para diseñar una que tenga una capacidad de almacenamiento adecuada para el volumen vehicular que discurre por la intersección.

Otras glorietas similares como la que se muestra a continuación tienen un radio de 50 metros, mientras que, por dimensiones, es complicado diseñar una en la intersección de estudio con un radio superior a 30, lo que proporciona poco espacio de almacenamiento.



Figura 49 – Comparación a la misma escala entre área de estudio y glorieta Aragón- Alameda

Este diseño junto con un ciclo semafórico habitual en este tipo de glorietas incluye una serie de desventajas que se detallan a continuación:

Los vehículos procedentes del Paseo de la Alameda con dirección a la Calle de San Pio V o al Puente del Real, que son una porción importante del total de vehículos deben realizar dos detenciones en dos semáforos en lugar de uno, como es la situación actual. Esto incrementa notablemente el volumen de vehículos retenidos en la intersección y la espera por los usuarios, lo que es muy perjudicial y una mala solución, especialmente siendo uno estos movimientos los que causan actualmente saturación.



Por otra parte, los vehículos procedentes del Puente del Real tendrían una trayectoria muy semejante a la actual, con detenciones en los mismos semáforos, por lo que el problema de la situación actual explicado en el apartado 6.3 se mantiene prácticamente sin variaciones.

El flujo de vehículos procedente de la Calle del General Elio no presenta mejora ninguna con la nueva propuesta, puesto que la mayoría de los destinos son Calle de San Pio V o el Puente del Real y el movimiento, cuando está en fase verde, es directo.

Los vehículos que obtienen mayor ventaja de este cambio son los procedentes del Paseo de la Alameda, en su margen derecha (junto a Micer Mascó) que evitan detenerse en un semáforo, sin embargo, debido a la poca cantidad de vehículos que son favorecidos frente a los que salen perjudicados no se considera este una actuación realmente favorable.

Establecer un cambio en el ciclo semaforico de la intersección para dar más tiempo de verde al movimiento más congestionado, como se ha visto, provoca que otros movimientos que pueden entrar en conflicto deban reducir su tiempo de verde o aumentar el de rojo.

Aumentar el tiempo de rojo de los grupos de carriles de la Calle del General Elio, provoca que dichos carriles se acerquen peligrosamente a niveles de servicio muy bajos, por lo que, en lugar de solucionar un problema en el elemento, se está desplazando de lugar, no consiguiendo ningún tipo de beneficio. Es por todo esto que se considera esta solución como no apropiada para la intersección.

En cuanto a la variación de los accesos, ambas propuestas establecen mejoras en la capacidad de la intersección sin perjudicar directamente otros movimientos. El mayor inconveniente es que se pueda producir la situación de que el acceso desde la Calle del General Elio hacia el Paseo de la Alameda exceda la capacidad de almacenamiento permitida y, por tanto, bloquee de manera directa el movimiento de vehículos en dirección a el Puente del Real o a la Calle San Pio V, los más importantes de la intersección.

Modificar el acceso por el Paseo de la Alameda disminuye la demora, sin embargo, tampoco proporciona una mejora muy significativa, ya que la congestión, como se ha demostrado, no es debe a la falta de capacidad de un



grupo de carriles o un ramal, sino a la imposibilidad de un semáforo de desaguar cuando éste se pone en verde. Aumentar la capacidad no ofrece una solución clara a este problema, más que eliminar el tráfico pesado.

Finalmente, el paso subterráneo es la solución que ofrece mejores resultados, aunque también la más costosa de implementar. Por sí sola, esta alternativa, permite que la demora de 85 segundos en el Paseo de la Alameda pase a 22; adicionalmente es compatible con otras propuestas mencionadas anteriormente como: retranquear las paradas de autobuses (lo cual haría disminuir aún más la demora) o variar el ramal del Puente del Real. También sería posible plantear una nueva regulación semafórica teniendo en cuenta la nueva proporción de vehículos.

Es necesario también tener en cuenta el tráfico a la desembocadura del paso inferior. Ésta estará situada en la Calle San Pío V, donde será necesario emplear al menos uno de los carriles para encajar una solución que permita a los vehículos reincorporarse al tráfico rodado en superficie. De este modo sólo quedan dos carriles disponibles, de los cuales uno es un carril BUS. La solución pasa por eliminar dicha exclusividad del carril BUS, puesto que, en el caso de que el ciclo semafórico de prioridad a los usuarios provenientes de la Calle del General Elío (una calle con dos carriles) no tiene por qué producirse ningún tipo de embotellamiento; sin embargo, los vehículos que proceden desde la margen derecha del Paseo de la Alameda o desde el Puente del Real, al partir de una zona de almacenamiento con una mayor cantidad de carriles, es conveniente que dispongan de los dos carriles en la Calle San Pío V, a fin de evitar cuellos de botella en la circulación.



10. DISEÑO DE LA PROPUESTA ELEGIDA

10.1. Paso inferior

10.1.1. Condicionantes

Son varios los condicionantes a tener en cuenta a la hora de proyectar el paso inferior en la zona de estudio, pues, aparte de salvar la intersección, es conveniente preservar el paso inferior peatonal que comunica el Parque de Viveros con el cauce del antiguo Turia.

10.1.1.1. Embocadura

Teniendo en cuenta que el paso inferior consiste en un único carril, es prioritario que este tenga la mayor anchura posible, proporcionando seguridad para los usuarios a la hora de utilizarlo.

La embocadura del paso inferior debe estar íntegramente en el Paseo de la Alameda, para ello puede aprovecharse parte de la zona de aparcamiento entre las dos direcciones, e, igualmente para evitar una reducción de carriles, se debe retranquear la parada de autobuses. De este modo en caso de que en un momento dado el paso inferior esté cortado, la capacidad del ramal de acceso será la misma que en la situación actual, permitiendo un funcionamiento razonablemente aceptable.

10.1.1.2. Paso peatonal inferior

Comunicando el antiguo cauce del Río Turia y el Parque de Viveros, hay un paso peatonal inferior que permite el paso de peatones y ciclistas con el objetivo de evitar una regulación semafórica en la Calle San Pío V. Este paso se desea mantener puesto que, en caso contrario, los peatones y ciclistas deben dar la vuelta a toda la intersección o recurrir al final de la Calle de San Pío V para poder cruzar hacia el cauce. Se trata pues de una conexión entre zonas verdes necesaria para los usuarios.



Figura 50 - Paso peatonal inferior

La solera de este paso inferior se encuentra actualmente a 2,6 metros por debajo de la rasante del asfalto, dejando un espacio libre para los usuarios de 2,4 metros, con una anchura entre muros de 3,5 metros. Estas dimensiones se pretenden mantener, por ello el túnel debe descender lo suficiente como para permitir el paso de vehículos por debajo de este paso peatonal.

Se requiere un estudio en profundidad para conocer la interacción de esta solución con el estribo del Puente del Real, sin embargo, se puede tratar de alejar sensiblemente el trazado del estribo para evitar afecciones

10.1.1.3. Desembocadura

La salida del paso inferior, situada en la Calle San Pio V, requiere una reordenación de los elementos que ahora mismo se encuentran en dicho viario, puesto que el espacio disponible es limitado.



Figura 51 - Calle San Pío V

La calle que ahora mismo cuenta con 3 carriles con una anchura total de 9,59 metros, no permite añadir una salida de un paso inferior y dejar dos carriles con una anchura suficiente como para que la circulación sea cómoda y fluida. Sin embargo, se puede aprovechar tanto la acera como la hilera de árboles situadas en la margen derecha, puesto que el acceso y el uso peatonal a esa acera es prácticamente nulo y el espacio disponible aumentaría lo suficiente.

10.1.2. Trazado

En este apartado se pretende definir el trazado geométrico del eje que forma el paso inferior.

Para el diseño de la obra se ha hecho uso fundamentalmente de la Norma 3.1-IC de trazado del Ministerio de Fomento.

10.1.2.1. Trazado en Planta

A continuación, se detallan las distintas configuraciones a adoptar, así como los valores de los diferentes parámetros de diseño.

- Rectas

La recta es un elemento de trazado que está indicado en carreteras de dos carriles para que los vehículos dispongan de oportunidades de adelantamiento y en cualquier tipo de carretera para adaptarse a condicionamientos externos



obligados (infraestructuras existentes, condiciones urbanísticas, terrenos llanos, etc.).

Para evitar problemas relacionados con el cansancio, deslumbramiento, exceso de velocidad, etc., es deseable limitar las longitudes máximas en alineaciones rectas. Sin embargo, dado que nuestra actuación se encuentra en una zona urbana difícilmente modificable, no se han tenido en cuenta este tipo de limitaciones.

- Curvas circulares

Fijada una cierta velocidad de proyecto, el radio mínimo a adoptar en las curvas circulares se determinará en función de:

- El peralte y el rozamiento transversal movilizado.
- La visibilidad de parada en toda su longitud.
- La coordinación del trazado en planta y alzado, especialmente para evitar pérdidas de trazado.

La velocidad, el radio, el peralte y el coeficiente de rozamiento transversal movilizado se relacionan mediante la fórmula:

$$V^2 = 127 \cdot R \left(f_T + \frac{p}{100} \right)$$

Donde:

V = velocidad en Km/h.

R = Radio de la circunferencia.

p = Peralte (%).

f_T = coeficiente de rozamiento transversal, que para ciertos valores de la velocidad aparece reflejado en la tabla siguiente:

V. (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
f _T	0,180	0,166	0,151	0,137	0,122	0,113	0,104	0,096	0,087	0,078	0,069	0,060

Tabla 53 - Valores del coeficiente de rozamiento en función del peralte



Los resultados más relevantes se detallan en la siguiente tabla de la Norma 3.1-IC:

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h)	RADIO (m)	PERALTE (%)
40	50	7,00
45	65	7,00
50	85	7,00
55	105	7,00
60	130	7,00
65	155	7,00
70	190	7,00
75	225	7,00
80	265	7,00
85	305	7,00
90	350	7,00
95	410	6,50
100	485	5,85
105	570	5,24
110	670	4,67

Tabla 54 - Radios mínimos

10.1.2.2. Trazado en alzado

A efectos de definir el trazado en alzado se consideran prioritarias la seguridad y comodidad, que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una variación continua y gradual de parámetros.

En este caso serán valorables también las limitaciones que se presentan por tratarse de un proyecto de modificación del viario urbano existente y la presencia de construcciones próximas que se verán afectadas directa o indirectamente por las actuaciones previstas.

Para carreteras convencionales, la norma define los siguiente valores máximos y excepcionales en referencia a la inclinación de rasantes.

V _p (km/h)	INCLINACIÓN MÁXIMA (%)	INCLINACIÓN EXCEPCIONAL (%)
100	4	5
80	5	7
60	6	8
40	7	10

Tabla 55 - Valores de inclinación de rasantes



Los valores definidos como excepcionales, podrán incrementarse en un uno por ciento en casos suficientemente justificados, por razón del terreno o de baja intensidad de tráfico.

El valor mínimo de la inclinación de la rasante no será inferior a 0,5%. Excepcionalmente, la rasante podrá alcanzar un valor menor, no inferior a 0,2%. La inclinación de la línea de máxima pendiente en cualquier punto de la plataforma no será menor que 0,5%.

Salvo justificación en contrario, no se dispondrán rampas ni pendientes con la inclinación máxima establecida para cada velocidad y tipo de carretera, cuya longitud supere los 3000 metros.

Salvo justificación en contrario, no se proyectarán longitudes de rampas o pendientes cuyo recorrido, a la velocidad de proyecto, sea inferior a diez segundos.

La norma también indica que, para túneles de una longitud igual o menor que quinientos metros (500 m), éstos tendrán una sola inclinación de la rasante, salvo justificación de lo contrario.

En este caso, se adoptará como inclinación para las rampas del paso inferior un 6%.

Las curvas de acuerdos verticales serán una parábola de eje vertical. A continuación, se presenta la ecuación de la parábola y su representación:

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot K_v}$$

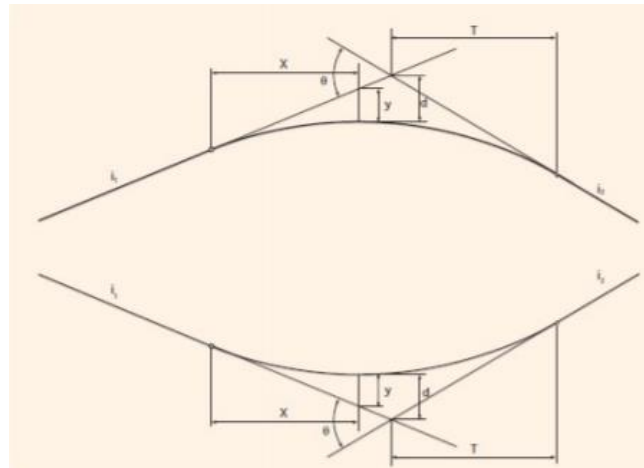


Figura 52 - Representación de acuerdo vertical

Siendo L la longitud del acuerdo y $T = L/2$.

Se define K_v como el radio de la circunferencia osculatriz en el vértice de dicha parábola.

Este K_v se denomina comúnmente “parámetro”.

Se definirá también θ como el valor absoluto de la diferencia algebraica de las inclinaciones de los extremos del acuerdo en tanto por uno. Se cumplirá siempre que:

$$K_v = \frac{L}{\theta}$$

En la tabla siguiente se recogen, para la velocidad de proyecto seleccionada (50 km/h), los valores del parámetro K_v , con los que se obtiene la visibilidad de parada mínima y deseable, sin consideraciones de coordinación planta-alzado.

Cuando por consideraciones de coordinación planta-alzado, se justifique geométricamente que se dispone de la visibilidad de parada exigible, podrán reducirse los valores indicados en la tabla.



VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
	K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento	K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento
50	450	650	1 160	3 000

Tabla 56 - Valores mínimos de K_v

Puesto que se trata de un único carril, se han obviado los K_v mínimo por adelantamiento, estableciendo el mínimo K_v para acuerdos cóncavos y 1374 para acuerdos convexos.

Los trazados en planta y alzado de una carretera deberán estar coordinados de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura. Concretamente, se evitará que se produzcan pérdidas de trazado, definida ésta como el efecto que sucede cuando el conductor puede ver, en un determinado instante, dos tramos de carretera, pero no puede ver otro situado entre los dos anteriores.

Para todo tipo de carretera se evitarán las siguientes situaciones:

- Alineación única en planta (recta o curva) que contenga un acuerdo vertical cóncavo o un acuerdo vertical convexo cortos.
- Acuerdo convexo en coincidencia con un punto de inflexión en planta.
- Alineación recta en planta con acuerdos convexo y cóncavos consecutivos.
- Alineación recta seguida de curva en planta en correspondencia con acuerdos convexo y cóncavo.
- Alineación curva, de desarrollo corto, que contenga un acuerdo vertical cóncavo corto.
- Conjunto de alineaciones en planta en que se puedan percibir dos acuerdos verticales cóncavos o dos acuerdos verticales convexos simultáneamente.

Además de las condiciones anteriores, en carreteras de calzadas separadas y vías rápidas se evitará:

- Acuerdo cóncavo en coincidencia con un punto de inflexión en planta.



- Acuerdo corto entre pendientes largas dentro de una misma alineación en planta.
- Rasantes uniformes entre acuerdos consecutivos del mismo signo (cóncavo o convexo) dentro de una misma alineación en planta.
- Curvas en planta cortas dentro de un acuerdo vertical largo.

10.1.2.3. Sección transversal

La sección transversal debe ser lo suficientemente ancha como para transmitir seguridad a los usuarios a la hora de circular por un paso inferior; si bien un carril en una calle urbana puede rondar de 3 a 3,5 metros, se ha optado por dar una amplitud extra para facilitar el tránsito de vehículos, alcanzando un ancho constante de 5 metros, 4 de carril y dos arcenes de 0,5 metros. Este ancho es suficiente para cualquier vehículo ligero que desee utilizar el paso inferior.

10.1.2.4. Gálibo

La altura libre mínima bajo pasos superiores sobre cualquier punto de la plataforma no será inferior a 6 metros en carreteras urbanas. Asimismo, en túneles la altura libre no será inferior a 6 metros en ningún punto de la plataforma ni en las zonas accesibles a los vehículos.

10.1.2.5. Evacuación de pluviales

Para evitar la inundación del paso subterráneo se plantea como solución colocar rejillas situadas transversalmente al eje de la carretera ocupando todo el ancho en la embocadura y desembocadura del paso inferior, evitando de este modo que las aguas procedentes de la escorrentía superficial se introduzcan en el paso inferior.

10.1.2.6. Afección al tráfico

Como se ha mencionado anteriormente, la desembocadura del paso inferior no genera problemas en el tráfico, pues sale a un carril propio y los vehículos se incorporan de manera natural al tráfico existente. Por otra parte, la embocadura requiere que en el Paseo de la Alameda haya suficiente espacio para que los conductores puedan incorporarse al carril izquierdo de modo tal que puedan acceder al paso inferior.



Este espacio entre la embocadura y la anterior intersección es de aproximadamente 175 metros, por lo que no presenta problemas de este tipo.



Figura 53 - Vista del trazado

10.2. Acceso directo Puente del Real – Calle del General Elio

Mencionada y explicada en la tercera propuesta de actuación -la variación de los accesos del Puente del Real- se plantea como parte de la solución debido a que da un acceso más directo a una parte importante de los usuarios, y, además, da solución a la propuesta de mejora de trazado para los conductores de las líneas de autobuses de la EMT.

10.2.1. Diseño

Establecer un acceso directo desde el Puente del Real hacia la Calle del General Elio implica interrumpir el movimiento desde la Calle del General Elio hacia el Paseo de la Alameda, por lo que es necesario almacenar los vehículos de este movimiento (tal y como se ha expuesto en el apartado 9.3).



A tal efecto se ha establecido un almacenamiento con una anchura superior a 9 metros, de modo que los vehículos pueden detenerse sin crear conflicto.

El acceso directo hacia la Calle del General Elio se compone de dos carriles y desemboca después del paso de peatones, de modo que ambos pueden pasar al mismo tiempo y no entra en conflicto con los vehículos procedentes del Paseo de la Alameda.

10.3. Afinidad al PMUS

Es deseable que la solución planteada sea acorde al espíritu y filosofía del Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la ciudad de Valencia. A continuación, se comprueban los objetivos, medidas y propuestas planteadas por dicho documento para comprobar la afinidad de la solución planteada.

10.3.1. Transporte público

Respecto al transporte público de superficie, se establece un programa de mejoras basado exclusivamente en la priorización de dicho transporte sobre la red viaria, en concreto el programa 6.1: Priorización de la circulación del transporte en superficie de la ciudad. En él se establece que un 50% del tiempo total de circulación de los autobuses en Valencia, estos se encuentran parados.



Con la actuación propuesta, los autobuses procedentes del Paseo de la Alameda tienen un carril propio y un tráfico alrededor mucho menor, lo que les permitirá circular con mayor fluidez.

Por otra parte, los procedentes del Puente del Real acceden sin necesidad de detención hacia la Calle del General Elio, facilitando tanto el movimiento para el conductor como un ahorro de tiempo razonable, ya que actualmente cuando el semáforo que da acceso a los vehículos del Puente del Real se pone en verde estos deben detenerse obligatoriamente más adelante.

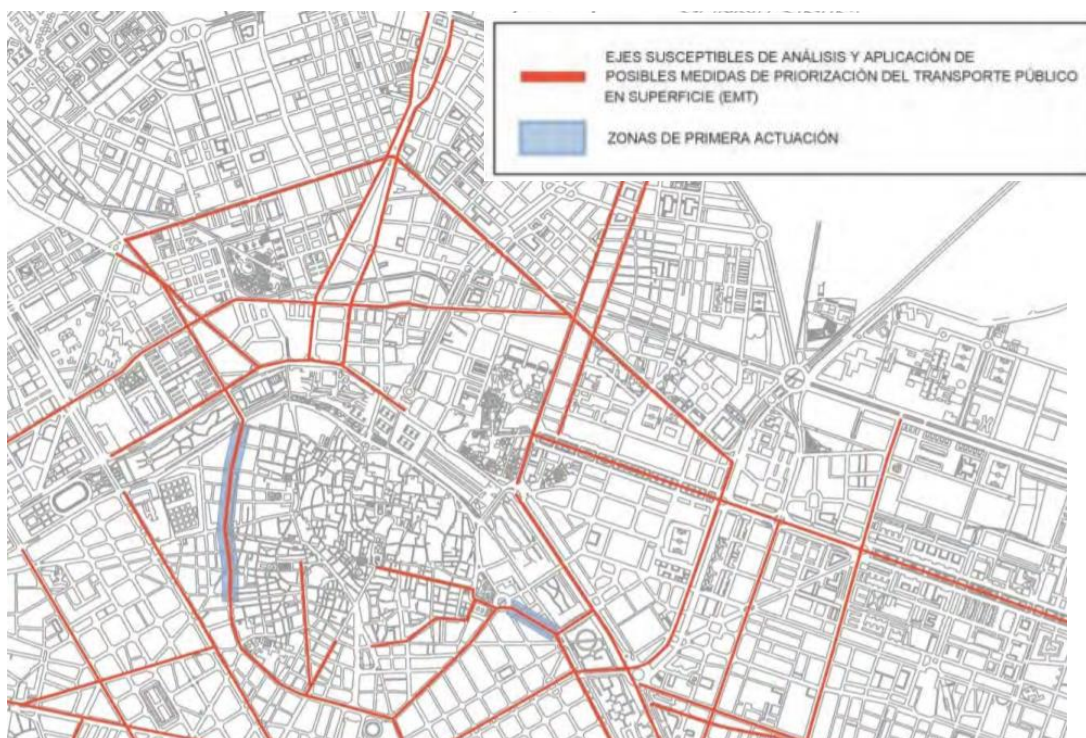


Figura 54 - Zonas de implementación de medidas (PMUS)

10.3.2. Transporte privado

En este caso el PMUS establece la propuesta de jerarquización escalonada del viario en el que pretende establecer una jerarquización del viario de la ciudad, compatible con la funcionalidad actual y con el planeamiento vigente. Las características de dicha jerarquización son:

Facilitar la función de acceso y distribución del tráfico de una serie de ejes principales, en los que es deseable mantener unas condiciones óptimas de fluidez y capacidad. Para ello sería importante eliminar, en la medida de lo



posible, el estacionamiento en estas vías, ya que éste constituye un importante elemento perturbador de la fluidez del flujo (“tráfico de agitación”). El objetivo es que por estas vías primarias la circulación no se vea impedida por este tipo de movimientos.

Por tanto, la solución del paso inferior satisface la no interrupción del tráfico y la canalización de vehículos a lo largo del eje que forman la red viaria al margen del Antiguo Cauce.

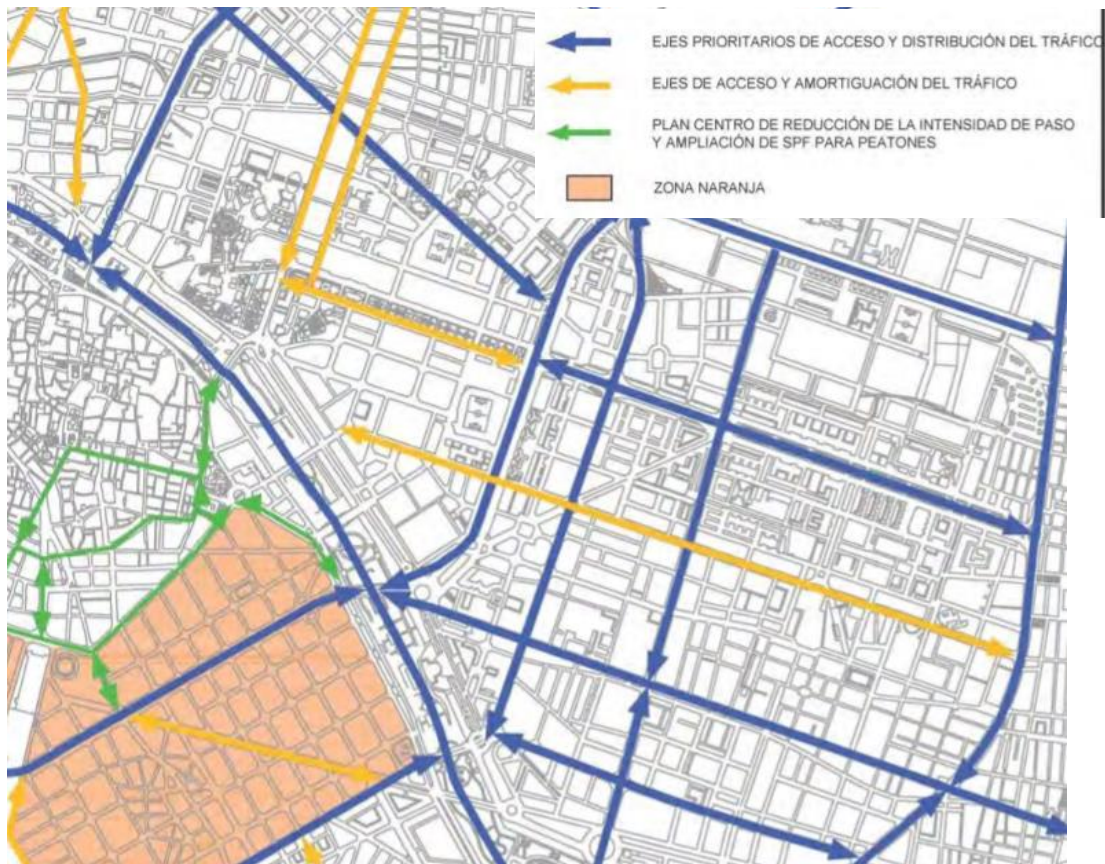


Figura 55 - Ejes prioritarios según el PMUS



10.4. Arqueología

Al tratarse de una actuación cercana a zona de restos arqueológicos es necesario contemplar la viabilidad de la solución en este aspecto.

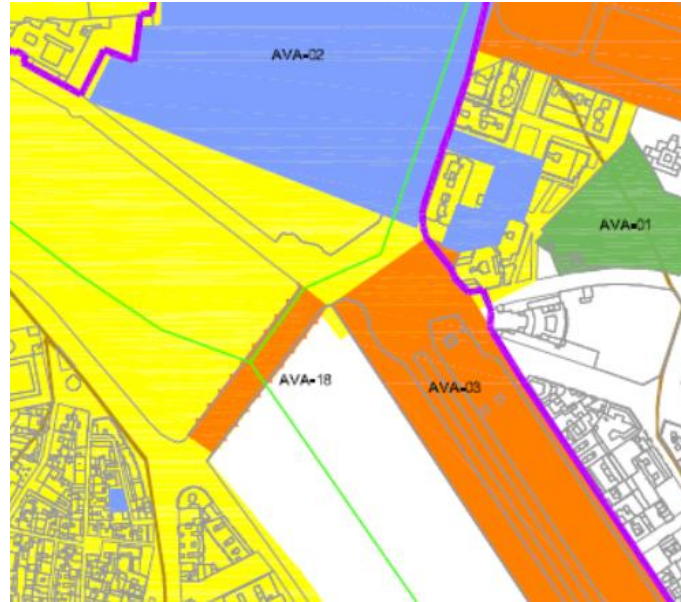


Figura 56 - Plano área de vigilancia arqueológica

Según los planos de vigilancia arqueológica, en azul se contemplan las áreas de vigilancia arqueológica en las cuales no se puede realizar ninguna actuación y se deben evitar.

En amarillo zonas BIC, bien de interés cultural, según las cuales es necesario un informe de urbanismo. Por último, en naranja zonas de vigilancia arqueológica, en estas áreas se pueden realizar actuaciones, pero con vigilancia por la posible presencia de restos arqueológicos.



ANEXO – 1

Cálculo de la intensidad de saturación



1. Estado actual, alternativa 1

En este anejo se detallan los valores obtenidos para el cálculo de las intensidades de saturación de cada uno de los carriles. Estos valores son independientes de la demanda de vehículos, así como del tiempo en verde de cada uno de los grupos de carriles, por lo que la intensidad de saturación es la misma tanto para la situación actual como para la alternativa 1 (cambio de ciclo semafórico).

1.1. Intersección 1

		G - 1.1.1	G - 1.1.2	G - 1.2.1
Demanda		700	56	1520
Intensidad de saturación de base	so	1900,00	1900,00	1900,00
Número de carriles del grupo	N	3,00	1,00	3,00
Factor de ajuste por anchura de carril	Fw	1,00	1,00	0,96
Factor por vehículos pesados	Fhv	0,99	0,85	0,92
Factor por pendiente del ramal	Fg	1,00	1,00	1,00
Factor por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras	Fp	1,00	1,00	0,88
Factor por bloqueo por buses que se detienen en la zona	Fbb	1,00	1,00	0,93
Factor por tipo de zona	Fa	1,00	1,00	1,00
Factor por uso de los carriles	Flu	0,83	0,83	0,83
Factor por giros a izquierda	Flt	0,95	1,00	1,00
Factor por giros a derecha	Frt	1,00	1,00	1,00
Ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	Flpb	1,00	1,00	1,00
Ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas	Frpb	1,00	1,00	1,00
Intensidad de saturación del grupo de carriles	S	4683	1343	3455



1.2. Intersección 2

		G - 2.1.1	G - 2.1.2	G - 2.2.1	G -2.3.1	G – 2.3.2
Demanda		1816	380	80	784	48
intensidad de saturación de base	so	1900,00	1900,00	1900,00	1900,00	1900,00
número de carriles del grupo	N	5,00	3,00	2,00	3,00	1,00
factor de ajuste por anchura de carril	Fw	1,00	1,00	1,00	0,96	0,96
factor por vehículos pesados	Fhv	0,97	0,96	1,00	0,99	1,00
factor por pendiente del ramal	Fg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras	Fp	1,00	1,00	0,94	0,92	1,00
factor por bloqueo por buses que se detienen en la zona	Fbb	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98
factor por tipo de zona	Fa	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por uso de los carriles	Flu	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
factor por giros a izquierda	Flt	0,95	1,00	0,85	1,00	1,00
factor por giros a derecha	Frt	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	Flpb	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas	Frpb	1,00	1,00	1,00	1,00	0,71
Intensidad de saturación del grupo de carriles	S	7663	4570	2977	4138	1053

Para el grupo de carriles G – 2.3.2:

Demanda peatonal en la intersección	vped	250,00
Intensidad peatonal durante la fase verde	vpedg	400,00
Verde para peatones	gped	75,00
Ocupación media peatonal	OCCpedg	0,13
Demanda de ciclistas en la intersección	vbic	60,00
Intensidad de ciclistas durante la fase verde	vbicg	96,00
Ocupación media ciclista	OCCbicg	0,06
Para giros-izquierda desde calle de un sentido	OCCr	0,23
En giros derecha con presencia de ciclistas	OCCr	0,29
Factor ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas.	ApbT	0,71
	fRpb	0,71



1.3. Intersección 3

		G - 3.1.1	G - 3.1.2	G - 3.2.1	G -3.3.1
Demanda		20	2504	672	1136
intensidad de saturación de base	so	1900,00	1900,00	1900,00	1900,00
número de carriles del grupo	N	1,00	5,00	2,00	2,00
factor de ajuste por anchura de carril	Fw	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por vehículos pesados	Fhv	1,00	0,97	0,96	0,99
factor por pendiente del ramal	Fg	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras	Fp	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por bloqueo por buses que se detienen en la zona	Fbb	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por tipo de zona	Fa	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por uso de los carriles	Flu	0,83	0,83	0,83	0,83
factor por giros a izquierda	Flt	0,95	1,00	1,00	1,00
factor por giros a derecha	Frt	1,00	1,00	1,00	1,00
ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	Flpb	1,00	1,00	1,00	1,00
ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas	Frbp	1,00	1,00	1,00	1,00
Intensidad de saturación del grupo de carriles	S	1508	7707	3053	3125

Para el grupo de carriles G – 3.1.1

Demanda peatonal en la intersección	vped	250,00
Intensidad peatonal durante la fase verde	vpedg	461,54
Verde para peatones	gped	65,00
Ocupación media peatonal	OCCpedg	0,13
Demanda de ciclistas en la intersección	vbic	60,00
Intensidad de ciclistas durante la fase verde	vbicg	110,77
Ocupación media ciclista	OCCbicg	0,06
Para giros-izquierda desde calle de un sentido	OCCr	0,16
En giros derecha con presencia de ciclistas	OCCr	0,22
Factor ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	ApbT	0,84
	fRpb	0,84



1.4. Intersección 4

		G - 4.1.1	G - 4.2.1
Demanda		812	236
intensidad de saturación de base	so	1900,00	1900,00
número de carriles del grupo	N	2,00	1,00
factor de ajuste por anchura de carril	Fw	1,04	1,04
factor por vehículos pesados	Fhv	1,00	0,96
factor por pendiente del ramal	Fg	1,01	1,00
factor por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras	Fp	1,00	1,00
factor por bloqueo por buses que se detienen en la zona	Fbb	1,00	1,00
factor por tipo de zona	Fa	1,00	1,00
factor por uso de los carriles	Flu	0,83	0,83
factor por giros a izquierda	Flt	1,00	1,00
factor por giros a derecha	Frt	1,00	1,00
ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	Flpb	1,00	1,00
ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas	Frpb	1,00	1,00
Intensidad de saturación del grupo de carriles	S	3318	1580



2. Alternativa 2 – Glorieta

2.1. Intersección 1

		G - 1.1.1	G - 1.1.2	G - 1.2.1
Demanda		700	56	1520
Intensidad de saturación de base	so	1900,00	1900,00	1900,00
Número de carriles del grupo	N	3,00	1,00	3,00
Factor de ajuste por anchura de carril	Fw	1,00	1,00	0,96
Factor por vehículos pesados	Fhv	0,99	0,85	0,92
Factor por pendiente del ramal	Fg	1,00	1,00	1,00
Factor por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras	Fp	1,00	1,00	0,88
Factor por bloqueo por buses que se detienen en la zona	Fbb	1,00	1,00	0,93
Factor por tipo de zona	Fa	1,00	1,00	1,00
Factor por uso de los carriles	Flu	0,83	0,83	0,83
Factor por giros a izquierda	Flt	0,95	1,00	1,00
Factor por giros a derecha	Frt	1,00	1,00	1,00
Ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	Flpb	1,00	1,00	1,00
Ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas	Frpb	1,00	1,00	1,00
Intensidad de saturación del grupo de carriles	S	4683	1343	3455



2.2. Intersección 2

		G - 2.1.1	G - 2.1.2	G - 2.2.1	G -2.3.1	G – 2.3.2
Demanda		1816	380	80	784	48
intensidad de saturación de base	so	1900,00	1900,00	1900,00	1900,00	1900,0
número de carriles del grupo	N	5,00	2,00	2,00	3,00	1,00
factor de ajuste por anchura de carril	Fw	1,00	1,00	1,00	0,96	0,96
factor por vehículos pesados	Fhv	0,97	0,96	1,00	0,99	1,00
factor por pendiente del ramal	Fg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras	Fp	1,00	1,00	0,94	0,92	1,00
factor por bloqueo por buses que se detienen en la zona	Fbb	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98
factor por tipo de zona	Fa	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por uso de los carriles	Flu	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
factor por giros a izquierda	Flt	0,95	1,00	0,85	1,00	1,00
factor por giros a derecha	Frt	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	Flpb	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas	Frbp	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78
Intensidad de saturación del grupo de carriles	S	7663	3046,4	2977	4138	1151,9

Para el grupo de carriles G – 2.3.2:

Demanda peatonal en la intersección.	vped	250,00
Intensidad peatonal durante la fase verde	vpedg	461,54
Verde para peatones	gped	65,00
Ocupación media peatonal	OCCpedg	0,13
Demanda de ciclistas en la intersección	vbic	60,00
Intensidad de ciclistas durante la fase verde	vbicg	110,77
Ocupación media ciclista	OCCbicg	0,06
Para giros-izquierda desde calle de un sentido	OCCr	0,16
En giros derecha con presencia de ciclistas	OCCr	0,22
Factor ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	ApbT	0,78
	fRpb	0,78



2.3. Intersección 3

		G - 3.1.1	G - 3.1.2	G - 3.2.1	G -3.3.1
Demanda		20	2504	672	1136
intensidad de saturación de base	so	1900,0	1900,0	1900,00	1900,00
número de carriles del grupo	N	1,00	4,00	2,00	2,00
factor de ajuste por anchura de carril	Fw	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por vehículos pesados	Fhv	1,00	0,97	0,96	0,99
factor por pendiente del ramal	Fg	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras	Fp	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por bloqueo por buses que se detienen en la zona	Fbb	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por tipo de zona	Fa	1,00	1,00	1,00	1,00
factor por uso de los carriles	Flu	0,83	0,83	0,83	0,83
factor por giros a izquierda	Flt	0,95	1,00	1,00	1,00
factor por giros a derecha	Frt	1,00	1,00	1,00	1,00
ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	Flpb	1,00	1,00	1,00	1,00
ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas	Frpb	1,00	1,00	1,00	1,00
Intensidad de saturación del grupo de carriles	S	1583	6165	3053	3125

Para el grupo de carriles G – 3.1.1

Demanda peatonal en la intersección	vped	250,00
Intensidad peatonal durante la fase verde	vpedg	461,54
Verde para peatones	gped	65,00
Ocupación media peatonal	OCCpedg	0,13
Demanda de ciclistas en la intersección.	vbic	60,00
Intensidad de ciclistas durante la fase verde	vbicg	110,77
Ocupación media ciclista	OCCbicg	0,06
Para giros-izquierda desde calle de un sentido	OCCr	0,16
En giros derecha con presencia de ciclistas	OCCr	0,22
Factor ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	ApbT	0,84
	fRpb	0,84



2.4. Intersección 4

		G - 4.1.1	G - 4.2.1
Demanda		812	236
intensidad de saturación de base	so	1900,00	1900,0
número de carriles del grupo	N	2,00	3,00
factor de ajuste por anchura de carril	Fw	1,04	1,00
factor por vehículos pesados	Fhv	1,00	0,96
factor por pendiente del ramal	Fg	1,01	1,00
factor por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras	Fp	1,00	1,00
factor por bloqueo por buses que se detienen en la zona	Fbb	1,00	1,00
factor por tipo de zona	Fa	1,00	1,00
factor por uso de los carriles	Flu	0,83	0,83
factor por giros a izquierda	Flt	1,00	1,00
factor por giros a derecha	Frt	1,00	1,00
ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	Flpb	1,00	1,00
ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas	Frpb	1,00	1,00
Intensidad de saturación del grupo de carriles	S	3318	4557



3. Alternativa 3 – Variaciones en los accesos

En este caso se muestran solamente los grupos de carriles afectados en la alternativa.

		G - 1.2.1	G - 4.3.1
Demanda		1520	236
Intensidad de saturación de base	so	1900,00	1900,00
Número de carriles del grupo	N	3,00	1,00
Factor de ajuste por anchura de carril	Fw	0,96	1,00
Factor por vehículos pesados	Fhv	0,99	0,96
Factor por pendiente del ramal	Fg	1,00	1,00
Factor por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras	Fp	0,93	1,00
Factor por bloqueo por buses que se detienen en la zona	Fbb	1,00	1,00
Factor por tipo de zona	Fa	1,00	1,00
Factor por uso de los carriles	Flu	0,83	0,83
Factor por giros a izquierda	Flt	1,00	0,95
Factor por giros a derecha	Frt	1,00	1,00
Ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	Flpb	1,00	1,00
Ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas	Frbp	1,00	0,94
Intensidad de saturación del grupo de carriles	S	4195,34	1356,22

Demanda peatonal en la intersección	vped	250,00
Intensidad peatonal durante la fase verde	vpedg	500,00
Verde para peatones	gped	60,00
Ocupación media peatonal	OCCpedg	0,13
Demanda de ciclistas en la intersección	vbic	60,00
Intensidad de ciclistas durante la fase verde	vbicg	120,00
Ocupación media ciclista	OCCbicg	0,06
Para giros-izquierda desde calle de un sentido	OCCr	0,06
En giros derecha con presencia de ciclistas	OCCr	0,13
Factor ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	ApbT	0,94
	fRpb	0,94



4. **Alternativa 4 – Paso inferior.**

		G - 1.2.1	Paso inferior
Demanda		384	1168
Intensidad de saturación de base	so	1900	1900
Número de carriles del grupo	N	2	1
Factor de ajuste por anchura de carril	Fw	1	1
Factor por vehículos pesados	Fhv	1	1
Factor por pendiente del ramal	Fg	1	1
Factor por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras	Fp	0,9	1
Factor por bloqueo por buses que se detienen en la zona	Fbb	1	1
Factor por tipo de zona	Fa	1	1
Factor por uso de los carriles	Flu	0,83	1
Factor por giros a izquierda	Flt	1	1
Factor por giros a derecha	Frt	1	1
Ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas	Flpb	1	1
Ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas	Frbp	1	1
Intensidad de saturación del grupo de carriles	S	2850	1900



ANEXO – 2

ESTUDIO ECONÓMICO



1. MEDICIONES AUXILIARES

A partir de los planos obtenidos se pueden realizar una estimación de las mediciones necesarias para obtener una estimación del coste de la actuación.

	Unidades	Longitud	ancho	alto	Área	Volumen
Trabajos previos						
Demolición de aceras e isletas					1314,646	
Demolición de firme					2453,323	
movimiento de tierras						
Embocadura		160	7	7,00		3920
Desembocadura		160	7	7,00		3920
Tramo intermedio		200	6	8,50		10200
Firmes y pavimentos						
Acera e isletas					970,763	
Firme Paso inferior		520	5		2600	
Firme intersección					887,23	
Carril bici					90,82	
Muro pantalla						
Murete guía		870			870	
Embocadura	2	160	7	1,50	1680	
Desembocadura		160	7	1,50	840	
Tramo intermedio	2	200	8	1,50	4800	
Muros						
Desembocadura		160	7	1,30	1456	
Paso peatonal		17	5	6,00	374	
Losa de cimentación						
Área		520	6	1,00		3120
Losa tablero						
Paso inferior		6	4		24	
Sobre paso inferior		17	4,5		76,5	
Tramo intermedio		200	5		1000	



2. VALORACIÓN ECONÓMICA

ud.	Cantidad	Precio unitario	Importe
m2 Demolición de firmes	2453,323	12,35	30.298,54
m2 Demolición de aceras e isletas	1314,646	8,25	10.845,83
m3 Embocadura y desembocadura	18040	7,24	130.609,60
m2 Acera e isletas	970,763	21,38	20.754,91
m2 Firmes	3487,23	45,24	157.762,29
m2 Carril bici	90,82	10,56	959,06
ml Murete guía	870	102,21	88.922,70
m2 Muro pantalla	7320	215,24	1.575.556,80
m2 Muro	1830	271,21	496.314,30
m3 Losa de cimentación	3120	93,25	290.940,00
m2 Tableros	1100,5	104,34	114.826,17
u Drenaje	1	80000	80.000,00
u Señalización horizontal	1	10000	10.000,00
u Señalización vertical	1	3000	3.000,00
ml Defensas	550	61,25	33.687,50
u Semaforización	5	453,75	2.268,75
u Iluminación	1	80000	80.000,00
u Jardinería	1	15000	15.000,00
u Seguridad y salud	1	50000	50.000,00
u Servicios afectados	1	100000	100.000,00
u Mantenimiento del tráfico	1	50000	50.000,00
u Terminación y puesta en servicio	1	40000	40.000,00
		PEM	3.381.746,45
	Gastos Generales	13%	439.627,04



Beneficio Industrial	6%	202.904,79
	GG+BI	642.531,82
		4.024.278,27
IVA	21%	845.098,44
		4.869.376,71 €

3. EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN

El objetivo fundamental de este apartado es la evaluación de la inversión de esta actuación. Para ello se emplea como base la publicación “Metodología para la Evaluación de Proyectos de Inversión en Carreteras” del Ministerio de Fomento. En esta publicación recomienda el empleo de Valor Actual Neto para considerar la rentabilidad de una inversión.

La fórmula que caracteriza esta metodología es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^N \frac{F_j}{(1+i)^j}$$

Donde:

- j es el número de años.
- I_0 es la inversión inicial.
- F son los ingresos en el año j.
- i es la tasa de actualización.

Una inversión empieza a ser rentable cuando el VAN es superior a 0.

Para poner valores a todos estos datos se han empleado los siguientes supuestos:

i como tasa de actualización se toma igual al IPC, que en los últimos años es igual al 2%.

La inversión inicial 4.869.376,71 € obtenido en el apartado previo.



En el caso de los beneficios, estos se obtendrán como una traducción a términos económicos del tiempo ahorrado a los usuarios de la intersección una vez finalizada la ejecución de la actuación.

Según datos del Ayuntamiento de Valencia, la IMD del Paseo de la Alameda es 32600 vehículos, de los cuales un 64% realizan el movimiento Paseo de la Alameda-Calle de San Pío V, lo que es un total de 21013 Vehículos/día.

Como demora media se estiman 40 segundos actualmente, pues muchos vehículos no se encuentran en situación de atasco a lo largo del día.

En un año se produce una demora total de 85222,17 horas.

Desde el 21 de diciembre de 2018, el salario mínimo en España se encuentra fijado en 7,04€ hora, puesto que no todos los desplazamientos son por motivos laborables, se estipula un valor de 5€/hora.

Con estos valores se obtienen los siguientes resultados.

AÑO 1	VAN
1	-4.451.620,96 €
2	-4.042.056,50 €
3	-3.640.522,71 €
4	-3.246.862,13 €
5	-2.860.920,40 €
6	-2.482.546,14 €
7	-2.111.590,99 €
8	-1.747.909,47 €
9	-1.391.358,96 €
10	-1.041.799,63 €
11	-699.094,41 €
12	-363.108,90 €
13	-33.711,34 €
14	289.227,44 €
15	605.834,09 €

Se puede comprobar que la inversión empieza a ser rentable a partir del año 14.



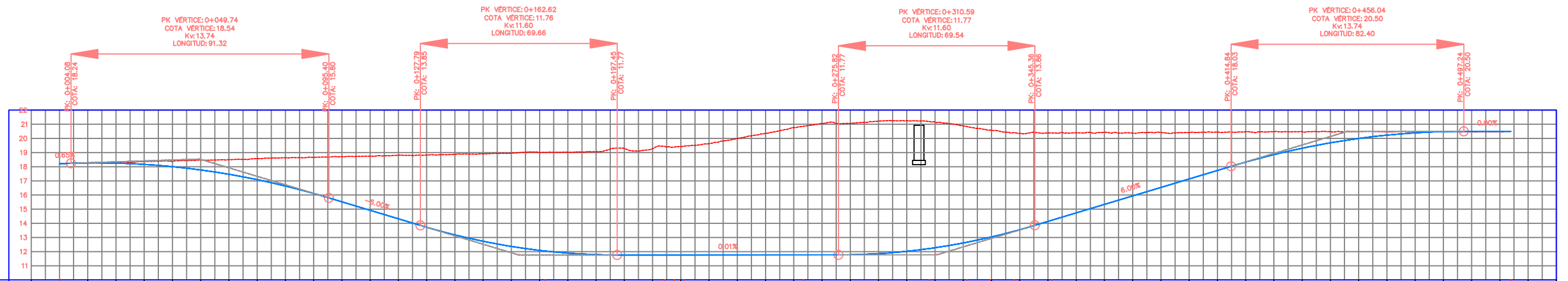
PLANOS



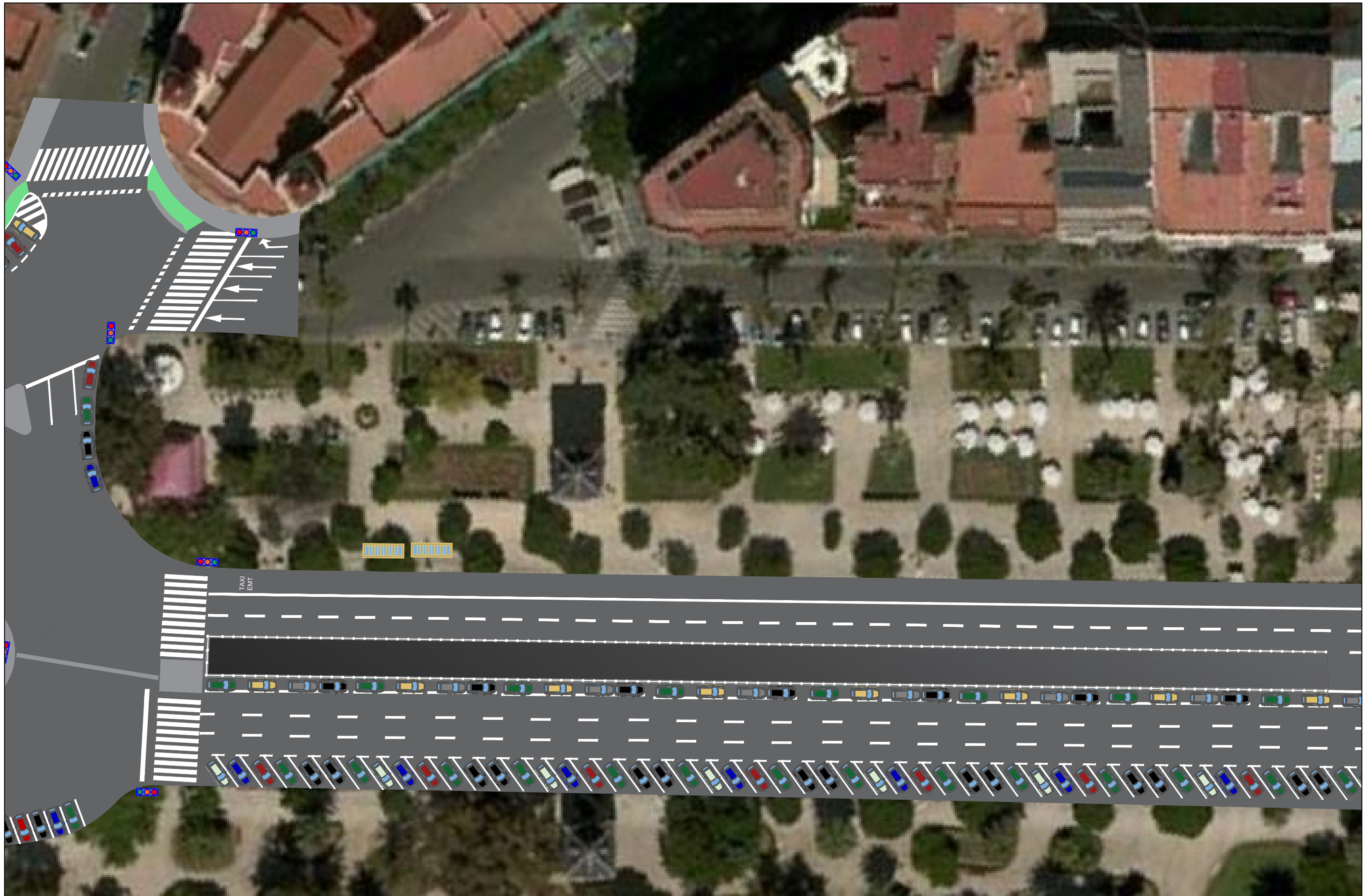
	<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS</p>		<p>AUTOR DEL PROYECTO JORGE CATALÁN PÉREZ</p>	<p>FECHA JUNIO 2019</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada de el Puente del Real, Paseo de la Alameda, C/ San Pío V, C/ del general Elio y C/ de Monforte mediante la aplicación del Highway Capacity Manual 2010.</p>	<p>ESCALA: 1:1000</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO Trazado en planta</p>	<p>Nº DE PLANO 1 HOJA 1 DE 2</p>
--	--	--	---	-------------------------------------	--	-----------------------------------	---	---



	<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS</p>		<p>AUTOR DEL PROYECTO JORGE CATALÁN PÉREZ</p>	<p>FECHA JUNIO 2019</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada de el Puente del Real, Paseo de la Alameda, C/ San Pío V, C/ del general Elio y C/ de Monforte mediante la aplicación del Highway Capacity Manual 2010.</p>	<p>ESCALA: 1:1000</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO Trazado en planta</p>	<p>Nº DE PLANO 1 HOJA 2 DE 2</p>
--	--	--	--	--------------------------------------	--	------------------------------------	--	--



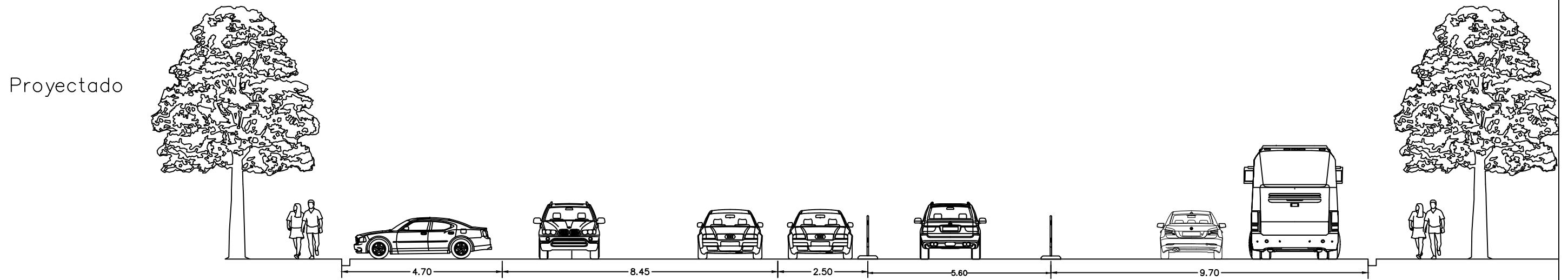
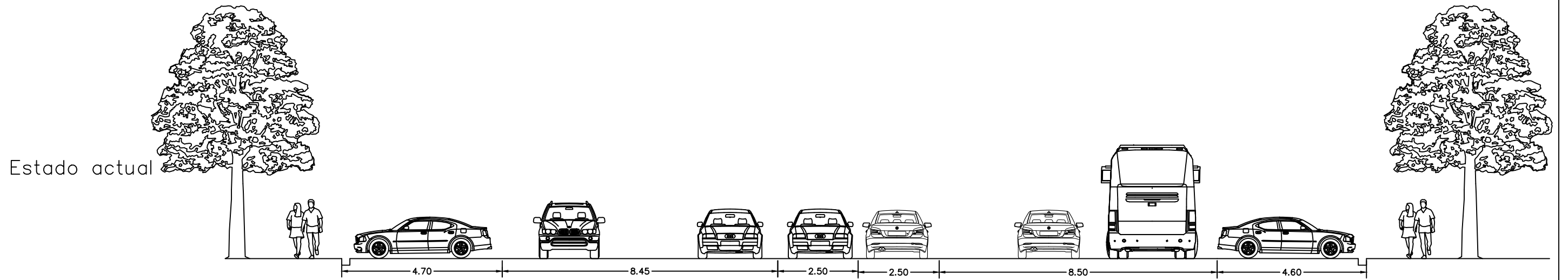
PK	COTA TERRENO	COTA RASANTE	TRAZADO PLANTA
-0+010			
0+000.00	18.21	18.21	
0+010	18.28	18.27	
0+020	18.33	18.25	
0+030	18.37	18.16	
0+040	18.39	18.00	
0+050	18.47	17.77	
0+060	18.50	17.46	
0+070	18.56	17.09	
0+080	18.63	16.63	
0+090	18.66	16.11	
0+100	18.71	15.52	
0+110	18.75	14.92	
0+120	18.82	14.32	
0+130	18.82	13.72	L=171.99
0+140	18.87	13.18	
0+150	18.91	12.73	
0+160	18.96	12.37	
0+170	19.01	12.09	
0+177.99	19.02	11.90	
0+180	19.06	11.79	L=42.35 A=60.00
0+190	19.06	11.77	
0+200	19.29	11.77	
0+210	19.28	11.77	
0+214.34	19.42	11.77	L=6.70 R=55.00
0+217.69			
0+220.84			
0+230	19.63	11.77	L=42.35 A=60.00
0+240	19.99	11.77	
0+250	20.36	11.77	
0+260	20.76	11.77	
0+263.39			
0+270	21.05	11.77	
0+280	21.06	11.78	L=44.61
0+290	21.22	11.86	
0+300	21.25	12.02	
0+308.00	21.15	12.27	
0+310	20.88	12.61	L=16.72 R=120.00
0+320.34	20.57	13.04	
0+329.70	20.57	13.04	L=13.33 A=40.00
0+338.06	20.36	13.55	L=13.33 A=40.00
0+340	20.38	14.14	
0+351.39	20.40	14.74	
0+360	20.43	15.34	
0+370	20.37	15.94	
0+380	20.42	16.54	
0+390	20.41	17.14	
0+400	20.45	17.74	
0+410	20.47	18.33	
0+420	20.47	18.85	
0+430	20.48	19.31	
0+440	20.48	19.69	
0+450	20.48	19.99	
0+460	20.46	20.23	
0+470	20.49	20.39	
0+480	20.47	20.48	
0+490	20.46	20.50	
0+500	20.48	20.50	
0+510	20.48	20.50	
0+513.84			
0+520			
0+530			
0+539			



	<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS</p>		<p>AUTOR DEL PROYECTO JORGE CATALÁN PÉREZ</p>	<p>FECHA JUNIO 2019</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada de el Puente del Real, Paseo de la Alameda, C/ San Pío V, C/ del general Elio y C/ de Monforte mediante la aplicación del Highway Capacity Manual 2010.</p>	<p>ESCALA: 1:500</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO Embocadura del paso inferior</p>	<p>Nº DE PLANO 6 HOJA 1 DE 1</p>
--	---	--	--	--------------------------------------	--	-----------------------------------	---	--



	<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS</p>		<p>AUTOR DEL PROYECTO JORGE CATALÁN PÉREZ</p>	<p>FECHA JUNIO 2019</p>	<p>TÍTULO DEL PROYECTO Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada de el Puente del Real, Paseo de la Alameda, C/ San Pío V, C/ del general Elio y C/ de Monforte mediante la aplicación del Highway Capacity Manual 2010.</p>	<p>ESCALA: 1:500</p>	<p>TÍTULO DEL PLANO Desembocadura del paso inferior</p>	<p>Nº DE PLANO 7 HOJA 1 DE 1</p>
--	---	--	--	--------------------------------------	--	-----------------------------------	--	--



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



AUTOR DEL PROYECTO
 JORGE CATALÁN PÉREZ

FECHA
 JUNIO 2019

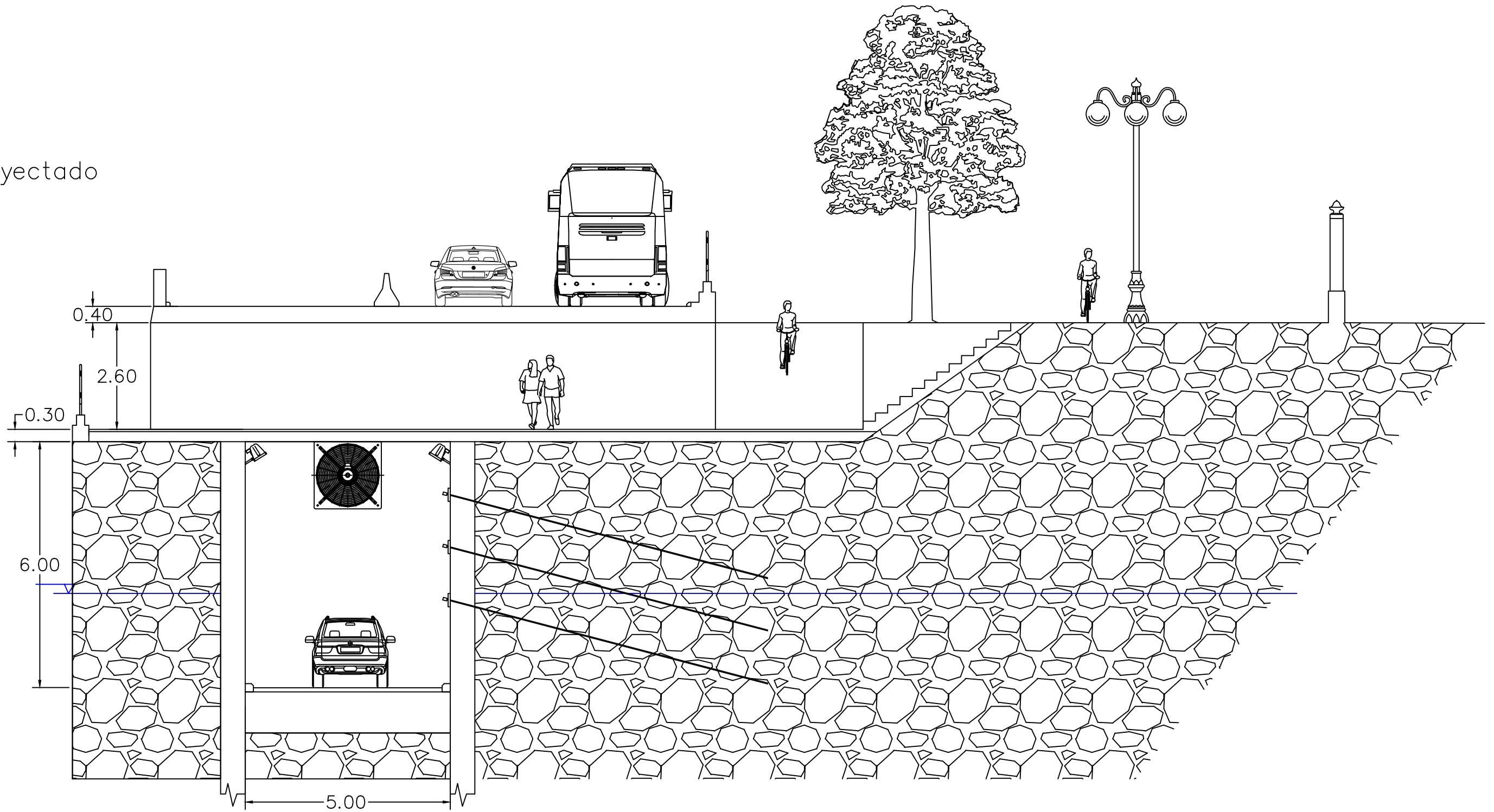
TÍTULO DEL PROYECTO
 Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada de el Puente del Real, Paseo de la Alameda, C/ San Pío V, C/ del general Elio y C/ de Monforte mediante la aplicación del Highway Capacity Manual 2010.

ESCALA:
 1:125

TÍTULO DEL PLANO
 Sección en la embocadura

Nº DE PLANO
 3
 HOJA 1 DE 1

Proyectado



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



AUTOR DEL PROYECTO
 JORGE CATALÁN PÉREZ

FECHA
 JUNIO 2019

TÍTULO DEL PROYECTO
 Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada de el Puente del Real, Paseo de la Alameda, C/ San Pío V, C/ del general Elio y C/ de Monforte mediante la aplicación del Highway Capacity Manual 2010.

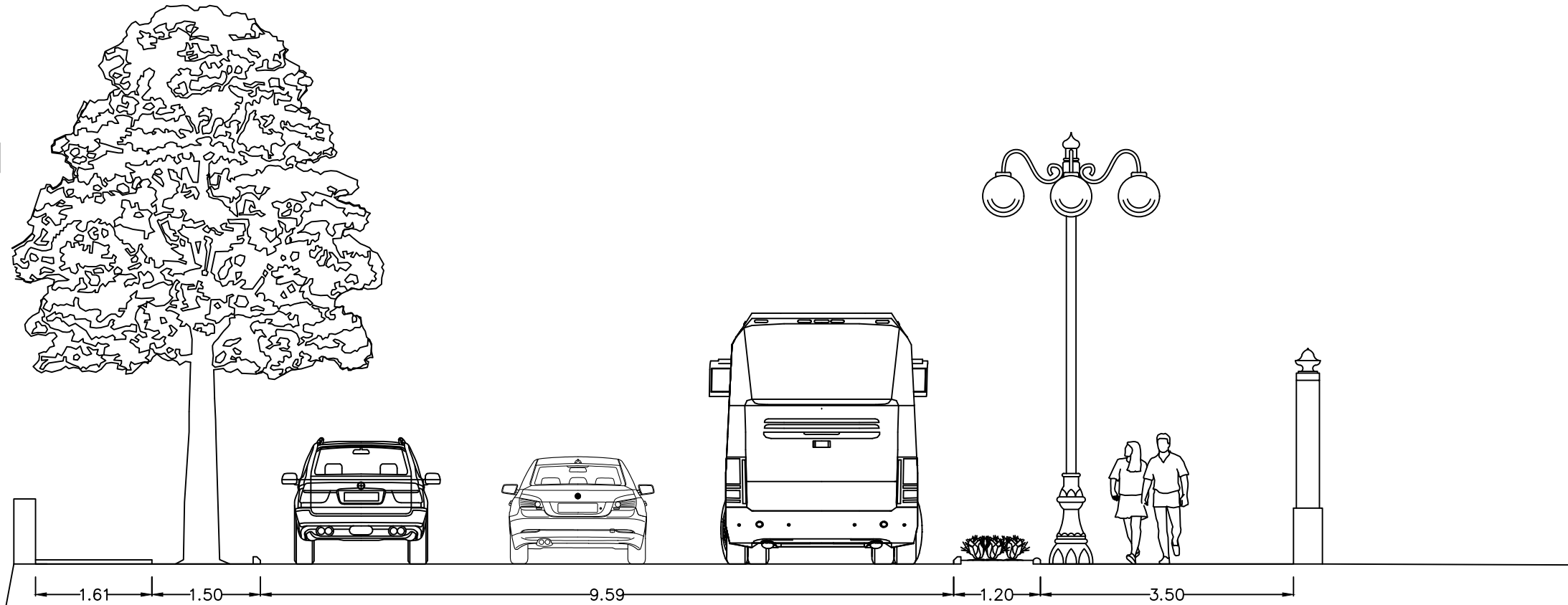
ESCALA:
 1:100

TÍTULO DEL PLANO
 Sección intermedia

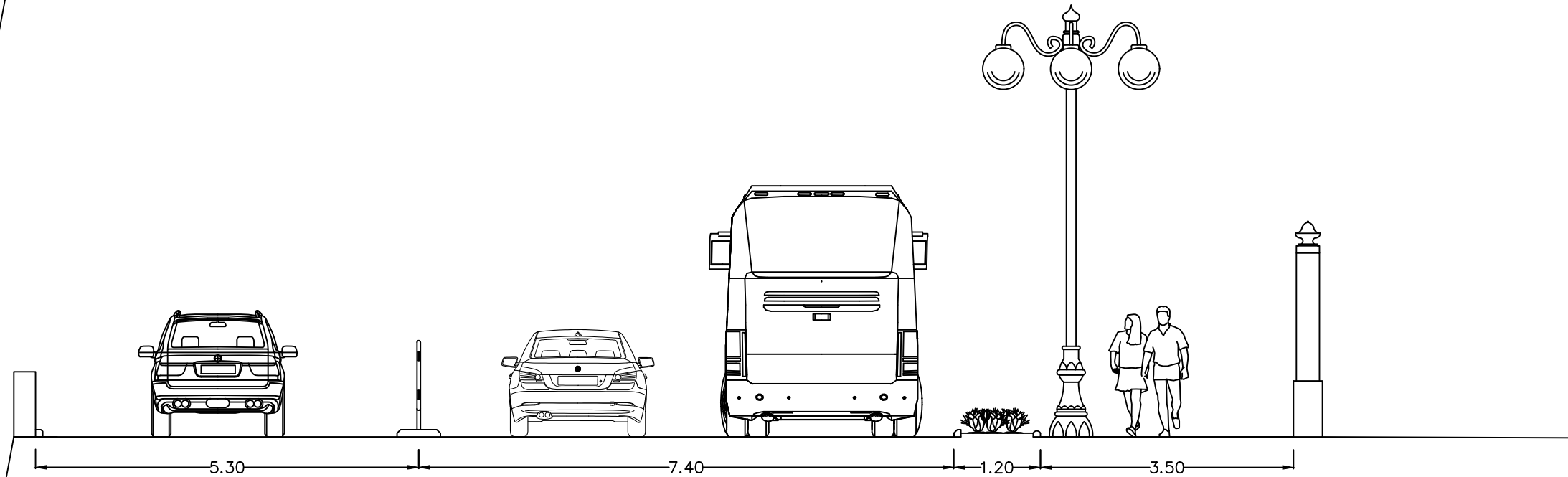
Nº DE PLANO
 4

HOJA 1 DE 1

Estado actual



Proyectado



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
 DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



AUTOR DEL PROYECTO
 JORGE CATALÁN PÉREZ

FECHA
 JUNIO 2019

TÍTULO DEL PROYECTO
 Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada de el Puente del Real, Paseo de la Alameda, C/ San Pío V, C/ del general Elio y C/ de Monforte mediante la aplicación del Highway Capacity Manual 2010.

ESCALA:
 1:75

TÍTULO DEL PLANO
 Sección en la desembocadura

Nº DE PLANO
 5
 HOJA 1 DE 1