



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección  
semaforizada en Porta Maggiore de la ciudad de Roma,  
mediante la aplicación del High Capacity Manual 6.0.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

AUTOR/A: Nicolau Albert, Adrián

Tutor/a: Soriano Ferriol, Javier

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MEJORA DE LA CAPACIDAD Y  
FUNCIONALIDAD DE LA  
INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA  
EN PORTA MAGGIORE DE LA  
CIUDAD DE ROMA MEDIANTE LA  
APLICACIÓN DEL “HIGH  
CAPACITY MANUAL 6.0”

AUTOR:  
NICOLAU ALBERT, ADRIÁN

TUTOR: SORIANO FERRIOL, JAVIER

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE VALENCIA



ETS INGENIERÍA  
CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS



# ÍNDICE



## I. INTRODUCCIÓN 05

II RESUMEN 05

III FIRMA DEL DOCUMENTO 06

## II. ESTADO DEL ARTE 07

II.I INTERSECCIONES Y SEMÁFOROS 07

II.I.I TIPOS DE MOVIMIENTO II

II.I.I CAPACIDAD DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS 12

II.I.III NIVEL DE SERVICIO 15

II.II MÉTODO DE CÁLCULO DEL HCM 17

II.II.I SECUENCIA DE CÁLCULO 18

II.III EMPLAZAMIENTO Y PROBLEMÁTICA 31

II.III.I CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO 33

II.III.II TRÁFICO EN PORTA MAGGIORE 35

II.III.III PROBLEMÁTICA DE LA ZONA 37

II.IV CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN 43

II.V CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO 51

## III. APLICACIÓN DEL HCM 53

III.I CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS 54



# ÍNDICE



<b>III.II</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO</b>	<b>61</b>
III.II.I	GRUPO DE CARRILES	61
III.II.II	DEMANDA POR GRUPO DE CARRILES	65
III.II.III	REGULACIÓN SEMAFÓRICA	66
<b>III.III</b>	<b>CÁLCULO CON HCM</b>	<b>67</b>
III.III.I	INTENSIDAD DE SATURACIÓN	67
III.III.II	CAPACIDAD	68
III.III.III	DEMORA Y NIVEL DE SERVICIO	68
III.III.IV	INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS	69

<b>IV.</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	<b>71</b>
<b>V.</b>	<b>PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA</b>	<b>75</b>
<b>V.I</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LAS INTERSECCIONES</b>	<b>77</b>
<b>V.II</b>	<b>CÁLCULO CON HCM</b>	<b>91</b>
V.II.I	INTENSIDAD DE SATURACIÓN	91
V.II.II	CAPACIDAD	92
V.II.III	DEMORA Y NIVEL DE SERVICIO	93
<b>V.III</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>95</b>
<b>VI.</b>	<b>PRESUPUESTO Y ANEJO</b>	<b>97</b>

# I. INTRODUCCIÓN

## I.1 RESUMEN

El estudio titulado “Mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada en Porta Maggiore de la ciudad de Roma mediante la aplicación del “High Capacity Manual 6.0”.” tiene como objetivo la mejora de la capacidad y la seguridad vial en el nudo de Porta Maggiore en la ciudad italiana de Roma. Este nudo cuenta con diversas entradas y salidas a una glorieta dónde el mayor problema se sitúa en los trenzados previos a las salidas de esta.

Para hacer un diagnóstico de la situación actual se toman datos de circulación que permitan entender el problema. La gravedad de este la determina el nivel de servicio, que se desprende de los cálculos realizados en base al manual Highway Capacity Manual.

Una vez detectados los conflictos de mayor importancia se proponen actuaciones en diversos puntos de la glorieta, de modo que se mejore la capacidad global y la seguridad vial.

Para finalizar, se incluye un estudio económico con la finalidad de realizar una estimación de los costes de las actuaciones propuestas en Porta Maggiore.

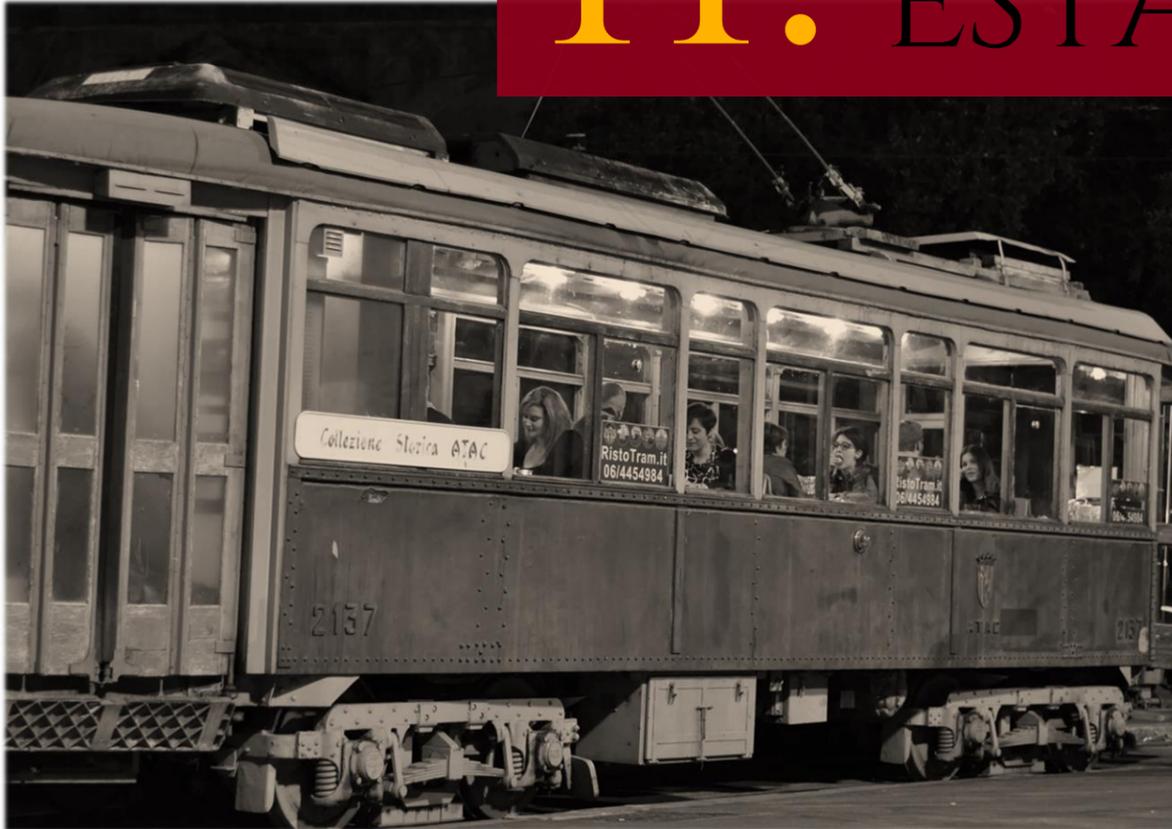
## I.II FIRMA DEL DOCUMENTO

El estudio con título “Mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada en Porta Maggiore de la ciudad de Roma mediante la aplicación del “High Capacity Manual 6.0”.” se presenta como Trabajo Final de Máster en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia, con la finalidad de la obtención del título del Máster de Caminos, Canales y Puertos.

El trabajo está realizado por el alumno Adrián Nicolau Albert y tutelado por el profesor Javier Soriano Ferriol.



# II. ESTADO DEL ARTE



## II.1 INTERSECCIONES Y SEMÁFOROS

La existencia de intersecciones es tan antigua como la existencia de los propios caminos. Estas no son más que el cruce de dos o más caminos o carreteras que confluyen en el mismo punto. El principal problema que se plantea es el relativo a la continuidad de cada una de las carreteras que pertenecen al cruce. De este problema surge la necesidad de regular las intersecciones de modo que puedan albergar la demanda existente.

En los cruces de vías habitualmente existe disparidad en la cantidad de vehículos que transitan cada una de ellas. Además, también existe disparidad dentro de una misma vía dependiendo de la hora y del día de la semana. Se pueden regular mediante la prioridad a derecha, la señalización vertical o la semaforización. En el caso de las intersecciones semaforizadas se tienen sistemas lumínicos que indican quien tiene la prioridad de paso en cada caso.

Con los semáforos se persigue principalmente mejorar la seguridad y los problemas de congestión. Pero no es suficiente con poner un semáforo, sino que para su correcto funcionamiento se requiere ajustar con precisión los tiempos de paso para cada vía y definir cuales son los movimientos permitidos.

Pese a implementar bien los conceptos anteriores influyen muchos más factores en una intersección como la geometría de la vía, la presencia de transporte público o el propio comportamiento de conductores y peatones entre otros tantos. Cuando no funciona la intersección de forma correcta puede llegar a congestionarse. Esto es cuando la intensidad de tráfico supera la capacidad. Si esto ocurre se transforma en una disminución de velocidades de los vehículos y constantes paradas, lo que provoca una demora en los tiempos de viaje, así como problemas medioambientales, sociales y económicos.



En cuanto a la regulación de semáforos se presentan diversos conceptos relacionados con las posibles combinaciones de luces rojas, ámbar y verde. Estas son:

- ❖ **CICLO:** Es el tiempo que transcurre entre el inicio de una situación concreta de los semáforos en una intersección hasta que se repite la misma situación, es decir, el periodo de la intersección.
- ❖ **FASE:** Dentro de los ciclos descritos anteriormente se encuentran diversas fases, esto es cada una de las diferentes situaciones en las que las señales luminosas de los semáforos permanecen invariables.
- ❖ **DESPEJE:** Tiempo que tardan los vehículos parados en un semáforo en desalojar la intersección y permitir el paso con velocidad en flujo libre en condiciones ideales.
- ❖ **TIEMPO DE ÁMBAR:** Son los segundos transcurridos entre el paso de verde a rojo.
- ❖ **TIEMPO DE TODO ROJO:** Comprende los segundos donde no existe ningún tipo de circulación, es decir, en los cambios de fase para garantizar la seguridad y en el tiempo perdido en el arranque de los vehículos.
- ❖ **TIEMPO DE VERDE EFECTIVO:** Esto es el tiempo de verde más parte del tiempo de ámbar menos los tiempos perdidos en los arranques.
- ❖ **TIEMPO DE ROJO EFECTIVO:** Se define como la duración del ciclo menos el tiempo de verde efectivo.

- ❖ **TIEMPO DE CAMBIO:** La suma de ámbar y todo rojo que permite el despeje de la intersección para un cambio de fase seguro.
- ❖ **REPARTO DE CICLO:** Regulación del tráfico mediante un reparto de fases que permita una circulación correcta en todas las partes de la intersección.

Dependiendo de la forma de operar que tengan los semáforos se pueden diferenciar en varios tipos:

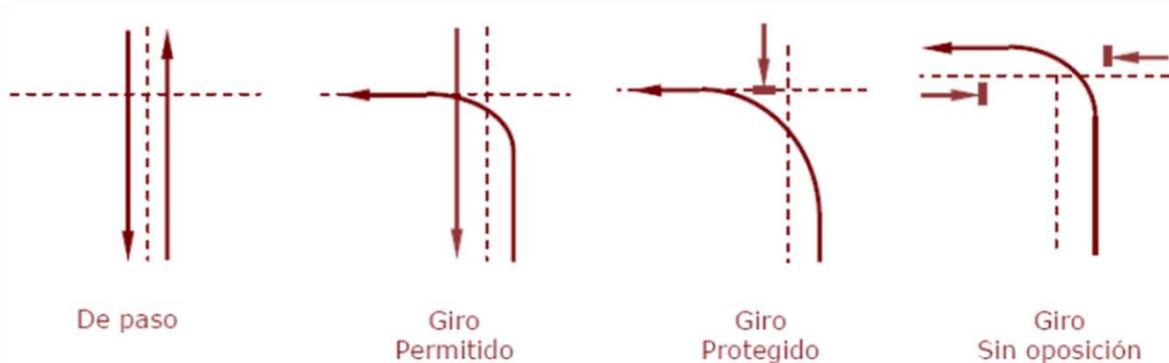
- ❖ **DE TIEMPO FIJO:** Los tiempos de fases y ciclo se fijan con anterioridad y se cumple siempre, sea la situación de tráfico que sea.
- ❖ **DE TIEMPO VARIABLE:** En este caso sí que son adaptables a las diferentes circunstancias del tráfico.
- ❖ **ACCIONADOS:** Se adaptan al tráfico constantemente, ya que examinan los movimientos de todos los vehículos.
- ❖ **SEMIACCIONADOS:** Parecidos a los anteriores, con la diferencia de que solo lo hacen en las vías secundarias.
- ❖ **DE CONTROL CENTRALIZADO:** Los semáforos se encuentran conectados a un operador central, que dirige el tráfico en global, teniendo en cuenta también las intersecciones cercanas.



## II.I.I TIPOS DE MOVIMIENTO

Como se ha comentado con anterioridad, en una intersección semaforizada existen dos aspectos básicos que la regulan. Uno de ellos es la distribución de tiempos de verde descrita anteriormente y otro los movimientos permitidos. Por ello, se pretende describir los diferentes tipos que se pueden encontrar. Estos son:

- ❖ **GIROS DE PASO:** El vehículo que se incorpora a la intersección continúa en la dirección que llevaba inicialmente, de forma que no se producen conflictos.
- ❖ **GIROS PERMITIDOS:** Este es el caso en el que un vehículo debe atravesar un flujo de vehículos en sentido contrario. Ocurre habitualmente en giros a izquierda o en giros a derecha en el caso de que exista un paso de peatones o ciclista.
- ❖ **GIROS PROTEGIDOS:** Se produce un movimiento igual al anterior, con la diferencia de que en este caso se cierra el flujo de circulación en sentido contrario, bien sea de vehículos o de peatones y ciclistas.
- ❖ **GIROS SIN OPOSICIÓN:** Ocurren en las intersecciones en T y en las calles de sentido único. Por la configuración de las calles no es necesario regular una fase exclusiva.



## II.I.I CAPACIDAD DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Al hablar de capacidad se entiende como el número máximo de vehículos capaces de atravesar una intersección en un periodo de tiempo determinado. Para calcular dicha capacidad se utiliza el Highway Capacity Manual, en el que se tienen en cuenta factores como el tráfico, la vía y la semaforización existente.

El cálculo de la capacidad proporciona el nivel de eficiencia de la intersección, siendo este el paso previo al nivel de servicio. Se detalla a continuación cada uno de los factores que influyen en el comportamiento de la intersección.

- ❖ **GEOMETRÍA DE LA VÍA:** Delimita la zona de circulación y es el factor más importante. Aspectos como el número de carriles y el ancho de estos son fundamentales en el cálculo de la capacidad. En el caso concreto de estudio, existen muchos carriles sin delimitar por marcas viales horizontales, algo que no ayuda a la mejora de la capacidad. La pendiente no es relevante en este caso, debido a que no es nada pronunciada.
- ❖ **COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO:** Dependiendo de la tipología de vehículos que se encuentren presentes en la intersección puede influir en el cálculo de la capacidad. Por ejemplo, los vehículos pesados necesitan grandes radios de giro, además de ser más anchos y dificultar la visión a otros conductores. Entre este tipo de vehículos se encuentran los autobuses, de los que se debe tener en cuenta su frecuencia de paso. Por su parte, las motos se consideran vehículos ligeros normales, aunque se tenga una percepción diferente sobre su movilidad.
- ❖ **ESTACIONAMIENTO:** Cuando existen vehículos realizando maniobras se disminuye la capacidad del acceso, ya que provocan esperas y disminuyen el ancho eficaz del carril.



❖ MANIOBRAS DE GIRO: Habitualmente los vehículos en una intersección pueden continuar recto, girar a la derecha o girar a la izquierda. Esta última maniobra es la más conflictiva, ya que en la gran mayoría de ocasiones no tienen prioridad y provocan esperas. Además, al producirse el giro suele existir un paso de peatones o de bicicletas que reduce aún más la capacidad de la intersección. Es por ello por lo que cada vez se persigue más la realización de maniobras que eviten este tipo de giros, como por ejemplo circular por rutas diferentes para reducir el número de fases en los semáforos de la intersección.



❖ FACTOR DE HORA PUNTA: El tráfico de vehículos en una intersección no es siempre el mismo, ya que depende de la hora, el día de la semana y el mes del año. La intersección debe de estar preparada para soportar el momento más cargado de tráfico. La forma de calcular este momento según el HCM es tomando como referencia los 15 minutos más cargados de la hora de estudio. Posteriormente se calcula la relación de la intensidad de hora punta y 4 veces la intensidad de los 15 minutos más cargados, obteniendo así el FHP. Lo habitual en zonas urbanas es que se sitúe entre 0'75 y 0'90.

❖ SITUACIÓN DE LA INTERSECCIÓN: En una ciudad existen diversas zonas, en las que por su propia naturaleza es posible que alteren las capacidades en las intersecciones, es decir, que una misma intersección puede tener una mayor o menor capacidad dependiendo de su emplazamiento dentro de la ciudad. Se pueden encontrar cuatro zonas:

- **CENTRO:** Habitualmente de uso de negocios y mercantil. Es una zona donde se puede encontrar a numerosos peatones y vehículos de carga y descarga de mercancías. En lo relativo a los estacionamientos existe una alta demanda y rotación.
- **INTERMEDIA:** Situada al lado del centro es una combinación de la citada actividad mercantil y suelo residencial de densidad alta. Los peatones no son abundantes y el tráfico existente suele ser de paso.
- **CENTROS PERIFÉRICOS:** Con características parecidas a los centros, pero a menor nivel. Otra diferencia es el tráfico, ya que no solo lo absorbe como el centro, sino que también existe tráfico de paso.
- **RESIDENCIAL:** Son zonas con pocos peatones y donde el estacionamiento se renueva muy poco. Principalmente el uso del suelo es residencial.



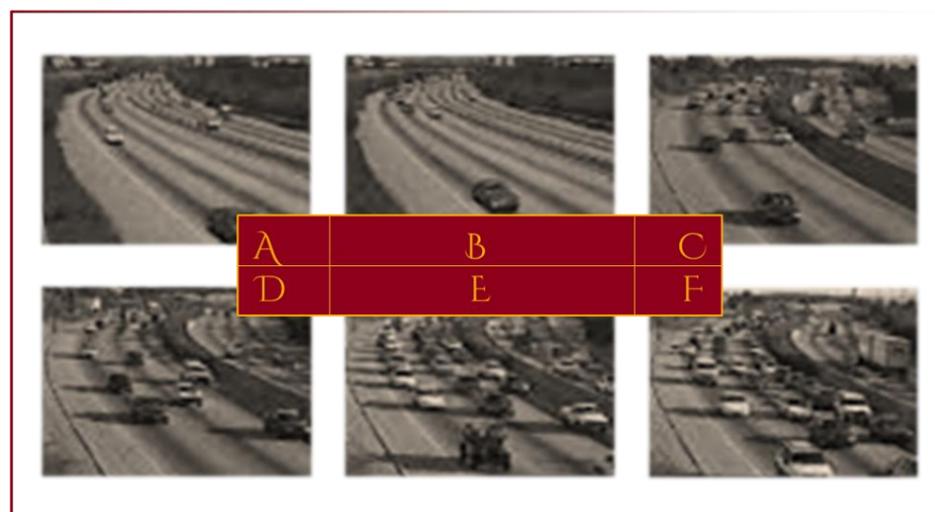
## III.1.3 NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio (LOS) mide de forma cuantitativa el tiempo perdido entre una situación ideal de tráfico y una real para una determinada intersección. No solo tiene que ver con el tiempo perdido, sino también el gasto de combustible, la frustración del conductor o la disconformidad de este.

Existen varios factores que modifican el nivel de servicio, estos son internos y externos. Los internos tienen que ver con el vehículo, como las variaciones de velocidad, la composición del tráfico, el tipo de giros permitidos y el propio volumen de vehículos. Por su parte, los externos están relacionados con los parámetros físicos de la vía, como el número y ancho de los carriles o la pendiente entre otros.

Los niveles de servicio se dividen en seis grupos diferentes según define el HCM, estos son A, B, C, D, E y F; siendo A el nivel con las mejores condiciones y F el que peor valoran los conductores.

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	$d > 80$



En los tres primeros niveles las demoras existentes no son significativas en las horas de mayor demanda, por lo que son aceptables. En lo relativo a los niveles D y E las condiciones empeoran de forma que dificulta la operación en horas punta. En nivel de servicio F la intersección está colapsada, ya que la demanda supera la capacidad. Se detalla a continuación las descripciones de cada uno de los niveles:

- ❖ **NIVEL DE SERVICIO A:** Casi todos los vehículos llegan estando la fase en verde y no se producen prácticamente paradas en la circulación. La demora es mínima y los vehículos avanzan de forma extremadamente favorable.
- ❖ **NIVEL DE SERVICIO B:** Aquí los ciclos semafóricos son cortos y las paradas en circulación puntuales. Los vehículos avanzan de manera favorable y la demora es ligera.
- ❖ **NIVEL DE SERVICIO C:** Los ciclos semafóricos son largos y se empiezan a detener un número importante de vehículos en la circulación. La forma de avanzar de los vehículos es de calidad mediana y la demora pasa a ser considerable.
- ❖ **NIVEL DE SERVICIO D:** También con ciclos largos y los vehículos circulan desfavorablemente con paradas constantes. La congestión influye altamente y produce demoras elevadas.
- ❖ **NIVEL DE SERVICIO E:** En ciclos individuales se denota falta de capacidad con grado alto de congestión. Los vehículos avanzan lentos y existe una gran demora.
- ❖ **NIVEL DE SERVICIO F:** Los ciclos son prolongados y los vehículos avanzan de forma muy deficiente. La intensidad supera a la capacidad y la intersección se encuentra saturada, produciendo niveles que los conductores no están dispuestos a asumir.

## II.II MÉTODO DE CÁLCULO DEL HCM

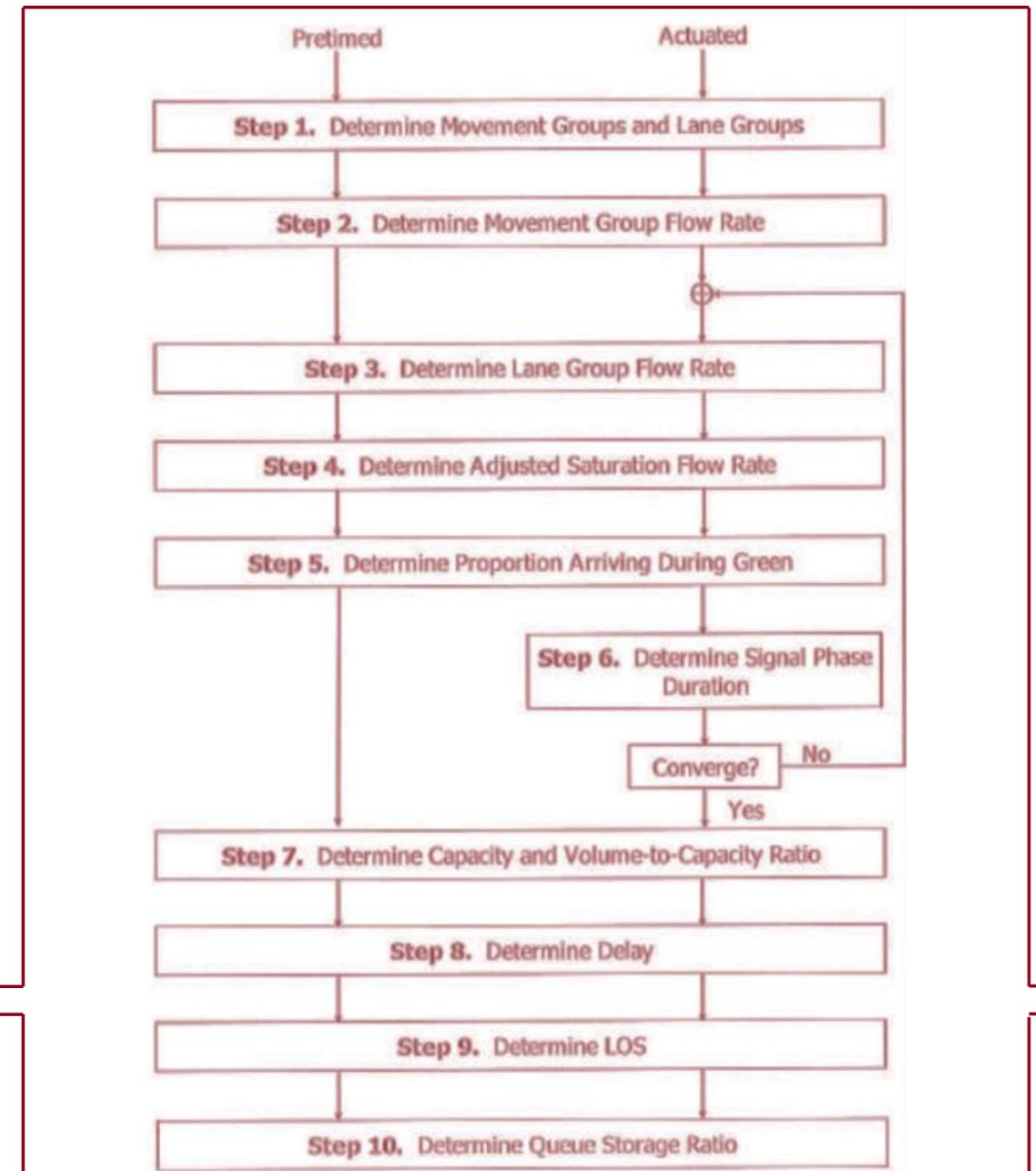
El Highway Capacity Manual explica el método a seguir para calcular la capacidad y el nivel de servicio en una intersección con semáforo. Una intersección no siempre es igual de larga y cada una abarca su propia área de influencia, ya que es dinámica. El HCM no fija una distancia, pero medida desde la línea de parada deben ser mínimo 77 metros. Se pueden observar tres niveles metodológicos distintos según el nivel de detalle empleado:

- ❖ **OPERACIONAL:** Análisis más detallado de los tres, ya que es necesaria mucha información con respecto a la geometría, el tráfico y la señalización.
- ❖ **DISEÑO:** Las condiciones de tráfico necesitan de datos detallados, también la geometría y la señalización. El objetivo es obtener valores razonables cuando las condiciones no sean determinadas.
- ❖ **PLANIFICACIÓN E INGENIERÍA PRELIMINAR:** La información que se necesita es la más fundamental, que aporte la propia persona que realice el análisis. Los demás valores se toman por defecto.

Otro término importante que se debe tener en cuenta es el periodo de análisis, es decir, la cantidad de tiempo que se estudia la intersección. Cuando se realiza un estudio de este tipo las condiciones de tráfico se suponen estacionarias, por lo que no se debe exceder más de 1 hora de análisis, debido a que lo más lógico es que las condiciones cambien. Así, el estudio realizado suele ser entre 0'25 horas y 1 hora, siendo este último más empleado cuando el nivel de detalle es de planificación. Lo habitual son los 15 minutos de análisis, ya que proporciona un punto medio correcto.

## II.II.I SECUENCIA DE CÁLCULO

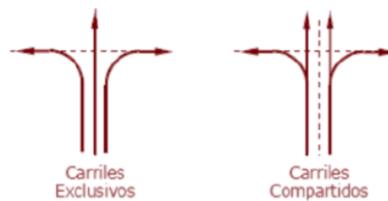
Para la obtención del nivel de servicio se sigue una metodología concreta que consta de diez pasos diferentes que se pueden apreciar en la siguiente tabla. Posteriormente se muestra una descripción más detallada del método.



### PASO 1: Determinar el grupo de carriles y grupo de movimientos

Se utiliza para evaluar la operatividad de la intersección. En este caso se trata de agrupar los vehículos según el movimiento que realicen o los carriles que ocupen. En muchas ocasiones son conceptos iguales, excepto cuando un carril se utiliza para varios movimientos o cuando se realiza el mismo movimiento en varios carriles. El grupo de movimientos se emplea cuando se desea acelerar el imput de los datos. Por su parte, el grupo de carriles se utiliza principalmente para el cálculo del nivel de servicio y de la capacidad, ya que la demora se calcula también por grupo de carriles.

Los carriles se pueden diferenciar en dos tipos, siendo estos los exclusivos y los compartidos. La diferencia es que en los exclusivos solo puede realizarse un tipo de movimiento, mientras que en los compartidos se puede realizar de más de un tipo.



Para realizar grupos de carriles se parte del número de carriles existentes, los giros permitidos y la geometría de la vía. La situación ideal es generar el mínimo grupo de carriles posible.

Number of Lanes	Movements by Lanes	Movement Groups (MG)	Lane Groups (LG)
1	Left, through, and right:	MG 1:	LG 1:
2	Exclusive left: Through and right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
2	Left and through: Through and right:	MG 1:	LG 1: LG 2:
3	Exclusive left: Exclusive left: Through: Through: Through and right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2: LG 3:

### PASO 2: Determinar el flujo de intensidad por grupo de movimientos

Se pretende obtener la intensidad para cada grupo de movimientos. En caso de que los carriles de giro sean exclusivos, bien sea uno o varios, la intensidad del movimiento coincide con el grupo de movimientos.

En caso de que al girar a la derecha exista un semáforo en rojo se debe restar la intensidad de giros a derecha en rojo a la intensidad de giros a derecha total. Este número de giros a derecha se debe calcular en la observación en campo.

### PASO 3: Determinar el flujo de intensidad por grupo de carriles

En caso de que no existan carriles compartidos o el caso de carril único, el grupo de carriles es exactamente igual que el grupo de movimientos, por lo que sus flujos de intensidades también lo serán.

Por el contrario, la existencia de carriles compartidos provoca que los conductores se vean obligados a elegir el carril en el que se minimice la demora. Esta elección se ejecuta mediante la intensidad de saturación, ya que se puede observar las diferencias momentáneas entre los carriles.



#### PASO 4: Determinar el ajuste de intensidad de saturación

Se parte de una intensidad de saturación base. A esta se le aplica diversos factores de ajuste que dependen de las características de la intersección y se obtiene la intensidad de saturación ajustada. La ecuación se utiliza para grupos de carriles exclusivos y en los que no interactúan ni ciclistas ni peatones.

$$s = s_0 \cdot f_w \cdot f_{HVg} \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb} \cdot f_{wz} \cdot f_{ms} \cdot f_{sp}$$

En la cual,

- $s_0$ = intensidad de saturación base de 1900 veh/h/carril
- $f_w$ = factor de ajuste por ancho de carril
- $f_{HVg}$ = factor de ajuste por vehículos pesados y pendiente
- $f_p$ = factor de ajuste por existencia de carril de estacionamiento
- $f_{bb}$ = factor de ajuste por bloqueo de buses que se detienen en la zona
- $f_a$ = factor de ajuste por tipo de zona
- $f_{LU}$ = factor de ajuste por uso de los carriles
- $f_{LT}$ = factor de ajuste por giros a izquierda en un grupo de carriles
- $f_{RT}$ = factor de ajuste por giros a derecha en un grupo de carriles
- $f_{Lpb}$ = factor de ajuste en giros a izquierda por cruce de peatones y ciclistas
- $f_{Rpb}$ = factor de ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y ciclistas
- $f_{wz}$ = factor de ajuste por obras en la vía
- $f_{ms}$ = factor de ajuste por carril cerrado aguas abajo
- $f_{sp}$ = factor de ajuste por atascos continuos aguas abajo



A continuación, se describen más detalladamente los factores citados con anterioridad:

❖ Intensidad de saturación base:

Indica el flujo medio que se espera en cada uno de los carriles si estos tuvieran unas condiciones ideales de circulación, es decir, con un valor de 1 para todos los factores de ajuste. El valor que se toma es el de 1900 veh/h, a partir del cual se aplican todos los demás factores.

❖ Factor de ajuste por ancho de carril:

La capacidad también varía en función de la anchura de los carriles, ya que en carriles más estrechos se disminuye la capacidad y en carriles más anchos esta aumenta.

Ancho medio del carril (m)	Factor de ajuste ( $f_w$ )
< 3	0.96
≥ 3 – 3.9	1
>3.9	1.04

❖ Factor de ajuste por vehículos pesados

Cuanto más vehículos pesados existen, más grande es el descenso de la capacidad, ya que estos vehículos ocupan un espacio mayor en la vía y realizan operaciones diferentes como los radios de giro necesarios. No se tiene en cuenta los autobuses que paran en las inmediaciones de la intersección.

❖ Factor de ajuste por pendiente

Cuanto mayor es la pendiente más se disminuye la capacidad. Esta se mide en las aproximaciones de las intersecciones. En la siguiente fórmula  $P_g$  representa para el grupo de movimientos que se aproxima la pendiente en circulación de vehículos. Se aplica en el rango de -6% a +10%.  $P_{HV}$  es el porcentaje de vehículos pesados correspondiente a cada uno de los grupos de movimientos.

$$f_{HVg} = \frac{100 - 0,78 * P_{HV} - 0,31 * P_g^2}{100}$$

❖ Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento

Una línea de aparcamiento contigua a los carriles provoca un efecto negativo sobre la intensidad de flujo, no solo a la hora de las maniobras de aparcamiento sino también ralentizando la velocidad de operación vehicular habitual. La siguiente fórmula se utiliza para el cálculo de este factor, siempre y cuando exista línea de aparcamiento. Si no existe, el valor a emplear es directamente 1.

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N} \geq 0,05$$

En la cual:

—  $N_m$ = número de maniobras por hora en los 75 metros aguas arriba de la intersección con máximo de 180

—  $N$ = número de carriles en el grupo de carriles

❖ Factor de ajuste por estacionamiento en paradas de autobús de línea

Cuando un autobús posee una parada a menos de 75 metros de la intersección, bien sea aguas arriba o aguas abajo, provoca un bloqueo en el flujo de vehículos que se aproximan a esta. Se considera que tiene afección si afecta al grupo de carriles estudiado. A la hora de tratar la fórmula el máximo número de buses es de 250.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 * N_b}{3600}}{N}$$

En la cual:

—  $N$ = número de carriles en el grupo

—  $N_b$ = número de autobuses que paran en las proximidades medidos en buses/h

❖ Factor de ajuste por zona

Según la zona de la ciudad que se encuentre la intersección, el comportamiento de esta puede variar pese a existir una demanda parecida. Por tanto, el valor  $f_a$  de la fórmula puede tomar el valor de 1 si la zona no es de negocios ni comercial y 0'9 en caso de que sí lo sea.

❖ Factor de ajuste por el uso de carriles

En un mismo grupo de carriles se pueden producir desequilibrios, habiendo más vehículos en un carril que en otro. Esto provoca descensos en la capacidad y reduce el factor de ajuste.

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N * v_{g1}}$$

En la cual:

—  $v_g$ = volumen de tráfico del grupo de carriles

—  $N$ = número de carriles del grupo

—  $v_{g1}$ = volumen de tráfico del carril más cargado del grupo

❖ Factor de ajuste por giros a izquierda

Este factor mide la geometría de la vía en los giros a izquierda. Dependiendo de la trayectoria que tenga y la velocidad que permita con el flujo saturado el factor de ajuste varia.

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

En la cual:

— EL= 1'05 para vehículos que giran a la izquierda desde un carril protegido

— EL= 0'95 para carril compartido o único

— EL= 0'92 para doble carril

❖ Factor de ajuste por giros a izquierda o derecha con presencia de paso de peatones

Cuando existen peatones y ciclistas en la calzada interfieren con los vehículos en las intersecciones, por lo que se pretende calcular esta afección para ajustar correctamente este factor. En primer lugar, se debe de saber cual es la intensidad de paso de peatones y ciclistas para poder conocer la ocupación media de estos en la intersección y finalmente el factor de ajuste.

Para calcular la intensidad de peatones se procede con la siguiente fórmula:

$$v_{pedg} = v_{ped} * \left( \frac{C}{g_{ped}} \right)$$

En la cual:

— Vped= demanda peatonal en la intersección

— C/gped= proporción efectiva de verde para el paso de peatones

Una vez se posee el dato de la intensidad de peatones se pretende conseguir la ocupación media de los mismos, indistintamente de si el giro es a derecha o a izquierda. Se distinguen dos casos, el primero de ellos contempla que la intensidad de peatones sea menor a 1000 por hora y el segundo mayor, con un límite de 5000 ped/h.

$$OCC_{pedg} = \left( \frac{V_{ped}}{2000} \right) \leq 0,5$$

$$OCC_{pedg} = \left( 0,4 + \frac{V_{ped}}{10000} \right) \leq 0,9$$

En las cuales:

— Vped= ocupación media peatonal

Una vez finalizados los cálculos con peatones se realizan con ciclistas de forma análoga, es decir, en primer lugar, la intensidad en fase verde peatonal y posteriormente la ocupación media ciclista.

$$v_{bicg} = v_{bic} * \left( \frac{C}{g} \right)$$

En la cual:

— Vbic= demanda de ciclistas en la intersección

— C/g= proporción efectiva de verde

$$OCC_{bicg} = \left( 0,02 + \frac{V_{bicg}}{2700} \right)$$

— OCCbicg= ocupación media ciclista para una intensidad menor a 1900 bic/h

Ya sabidas las ocupaciones tanto para peatones como para ciclistas se ha de conocer donde se sitúan las zonas ocupadas, pudiendo ser estas, giros a izquierda en una calle unidireccional, giros a derecha sin bicicletas y giros a derecha con bicicletas. Los dos primeros casos se tratan con la siguiente fórmula, mientras que el tercero con la posterior.

$$OCC_T = \frac{g_{ped}}{g} * OCC_{pedg}$$

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

Para concluir se deben extraer los factores de ajuste, que dependen del número de carriles desde los que está permitido realizar el giro, así como la cantidad de carriles que lo reciben. Por tanto, esto presenta dos casos diferenciados. Uno consiste en un giro donde los carriles de recepción sean más numerosos que los de producción (primera fórmula) y otro en el que sean los mismos (segunda fórmula).

$$A_{pbT} = 1 - 0,6 * OCC_T$$

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

En las cuales:

Apbt= ajuste por fase permitida

Así, los factores de ajuste en los giros a derecha y a izquierda respectivamente son los siguientes:

$$A_{pbT} = fLpb$$

$$A_{pbT} = fRpb$$

## PASO 6: Determinar la capacidad de la intersección

Para obtener la capacidad de una intersección existen varios factores muy influyentes en la misma, como son el tiempo en verde efectivo y la intensidad de saturación para cada carril.

La capacidad para cada grupo de carriles se mide con la siguiente fórmula:

$$ci = N \cdot si \cdot gi/C$$

En la cual:

ci= capacidad del grupo de carriles en vehículos por hora

si= intensidad de saturación de un carril en vehículos por hora

gi/C= proporción efectiva de verde para un grupo de carriles

La ecuación vista recientemente no responde ante carriles compartidos o con giros permitidos a izquierda debido a que no se trabaja con los mismos factores de ajuste en estos casos.

Al relacionar la capacidad y la intensidad se puede conocer el grado de saturación de una intersección y cual es su grupo de carriles crítico. Esta relación se plasma en la fórmula de a continuación.

$$Xi = Vi \cdot ci$$

En la cual:

Xi= proporción entre el volumen de vehículos y la capacidad del grupo de carriles

Vi= demanda de vehículos del grupo de carriles en vehículos por hora

ci= capacidad de cada grupo de carriles en vehículos por hora

### PASO 7: Determinar la demora media

La demora media se mide para un periodo de análisis en concreto, y los vehículos que sigan en cola al finalizar este periodo son los que se consideran que sufren retraso. Evidentemente es difícil estimar este valor con exactitud, pero se estima de forma aproximada en la siguiente fórmula:

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

En la cual:

- d= demora por vehículo debida al control de tráfico medida en s/veh
- d1= demora para un ritmo de llegadas constante medida en s/veh
- d2= incremento de demora por aleatoriedad de llegadas y sobresaturación de colas medida en s/veh
- d3= demora inicial debido a la cola con el inicio del periodo de análisis medida en s/veh

Para eliminar términos de la fórmula se establece otra de forma resumida que se representa a continuación, donde la principal diferencia se sitúa en la inclusión del término PF, siendo este un factor de ajuste que tiene en cuenta la progresión de la señal con respecto a la demora.

$$PF = \frac{\left(1 - 1,33 \cdot \left(\frac{g}{C}\right)\right)}{1 - \frac{g}{C}}$$

La importancia de la regularidad de las llegadas a la intersección es altísima para definir la demora. Si estas llegadas fueran constantes entonces solo se tendría el factor d1 en cuenta, y su valor es la mitad del tiempo de rojo del semáforo. Se calcula además de con las llegadas uniformes, también con el flujo estable y sin cola al inicio. Por su propia naturaleza en la definición no se admite cuando la demanda supere a la capacidad.

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

En la cual:

g/C= proporción entre el volumen de vehículos y la capacidad del grupo de carriles

En cambio, si las llegadas no se dan de manera regular también influye el factor PF explicado con anterioridad. Imaginando que las llegadas coincidan exactamente con la fase en verde no existiría demora, puesto que el parámetro PF sería prácticamente 0. Por ello, es fundamental una buena coordinación de los semáforos.

En lo relativo al término d2 se debe de tener en cuenta que trata el incremento de la demanda, por lo que se tiene en cuenta los fallos en los tiempos de ciclo, los periodos por encima de la saturación y llegadas no uniformes. En este caso, por tanto, si se admiten intensidades mayores a la capacidad.

$$d_2 = 900 * T * \left( (X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X_A}{C_A * T}} \right)$$

En la cual:

- d2= término de demora incremental medido en s/veh
- T= duración del periodo de análisis medido en horas
- X= relación entre la demanda y la capacidad
- c= capacidad del grupo de carriles

### PASO 8: Determinar el nivel de servicio

El nivel de servicio, como ya se ha visto con anterioridad responde a la aceptabilidad por parte de los conductores y depende directamente del tiempo de demora calculado.

Existen dos posibilidades para que la saturación de una intersección llegue a ser inaceptable, una de ellas es que la demanda sea superior a la capacidad y otra que un vehículo tenga que esperar más de un ciclo para superar la intersección.

## II.III EMPLAZAMIENTO Y PROBLEMÁTICA

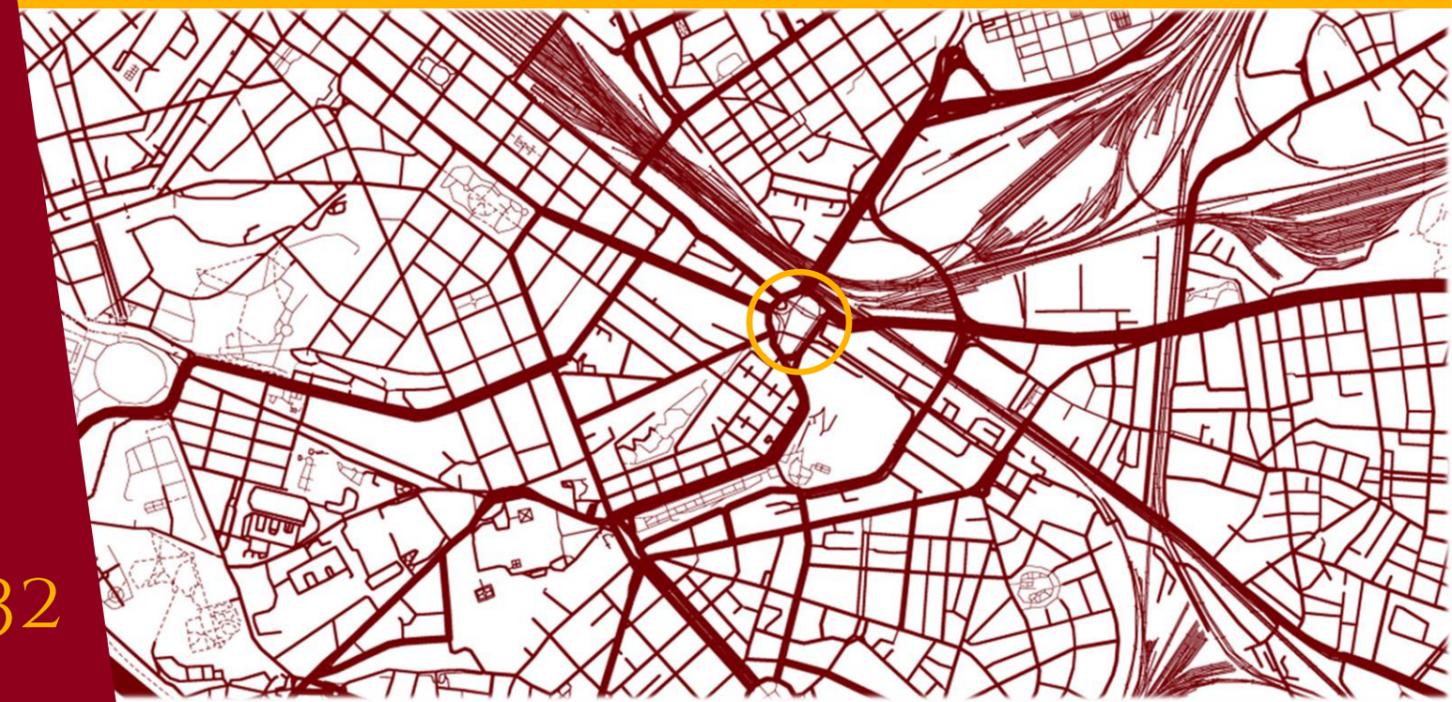
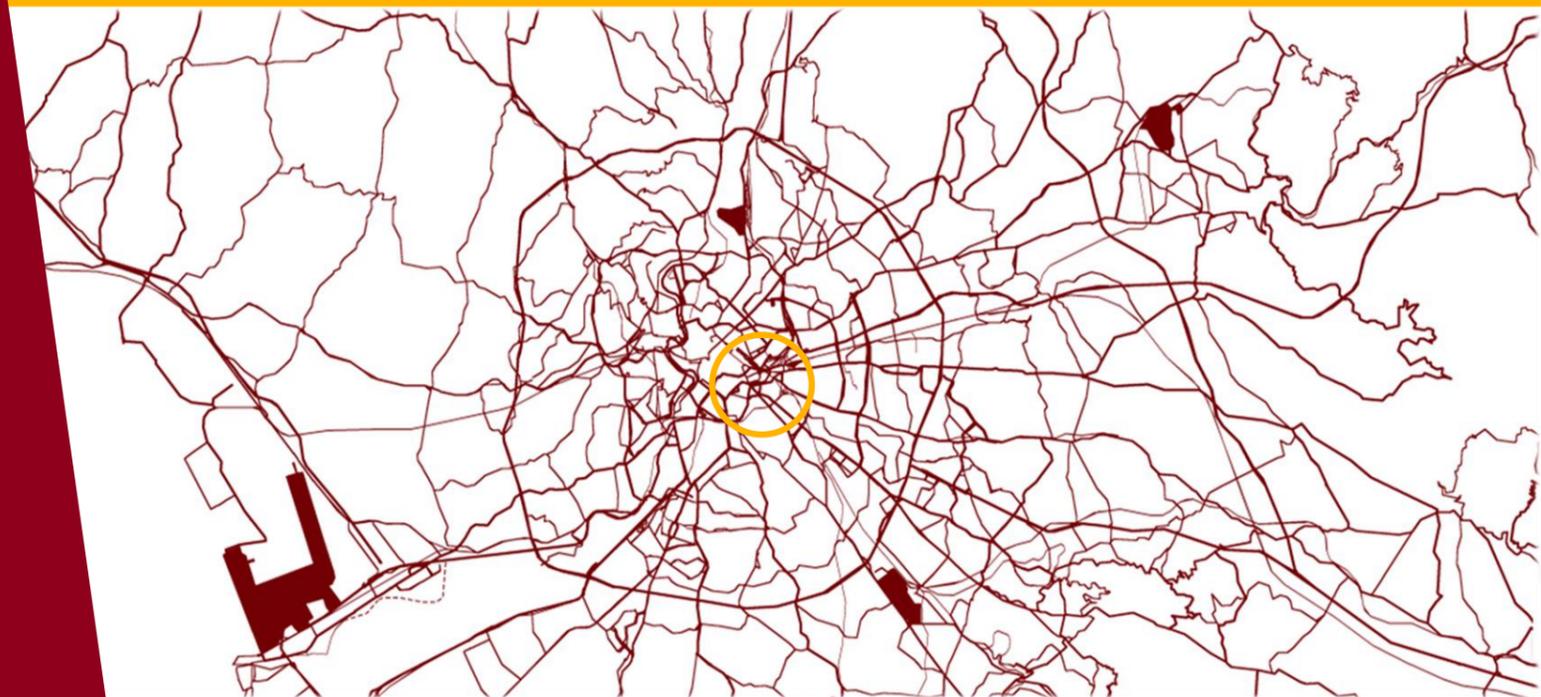
Porta Maggiore se sitúa en el centro de la ciudad italiana de Roma. El propio centro se diferencia en 22 sectores llamados “rioni”. La plaza pertenece al Rione Esquilino, el número XV, situado en la zona este del centro de la capital.

Esquilino es el rione más poblado con 22.748 habitantes y el tercero con mayor superficie. Es la conexión con la zona exterior de la zona centro, ya que limita con los conocidos como “quartieri”, es decir, los barrios de la ciudad que no pertenecen a la zona centro.

Esta frontera que antiguamente marcaban las murallas aurelianas, provocaba que el barrio fuera transitado por mucha gente de paso procedente de otros lugares. Es un rione con mucha identidad, que ya en la edad imperial permanecía marginal a la propia ciudad, de ahí el nombre del rione, “esquiliae”, suburbios en latín. Posteriormente se pobló con diferentes villas en sus colinas, que desaparecerían en 1870 para dar paso a las zonas residenciales conocidas hoy en día. Debido a esta planificación es uno de los rioni más regulares de Roma.

Además, nunca ha sido un habitual en las rutas turísticas, lo que ha permitido mantener la esencia de rione durante el siglo XX, donde el barrio era muy transitado por los habitantes en sus agradables plazas como la de Porta Maggiore o la Piazza Vittorio Emanuele II.

Además de las plazas cuenta con elementos históricos como el arco de Sixto V, los Trofeos de Mario y el templo de Minerva entre otros. Existe también la basílica subterránea de Porta Maggiore del siglo I, además de la basílica Santa Croce in Gerusalemme y la basílica papal de Santa María Maggiore, en la que reside, entre otras reliquias, parte de la Santa Cuna.



## II.III.I CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO

Porta Maggiore fue construida en el año 52 por el emperador Claudio y se sitúa en lo que fuera un punto clave en el antiguo imperio romano, ya que en ella confluían ocho de los once acueductos de la ciudad. Este portón de travertino está integrado precisamente en la red de acueductos y hoy en día aún se pueden observar los conductos por donde pasaba el agua. Posee dos grandes arcos para permitir el paso a la vía Prenestina y a la vía Labicana (vía Casilina en la actualidad).

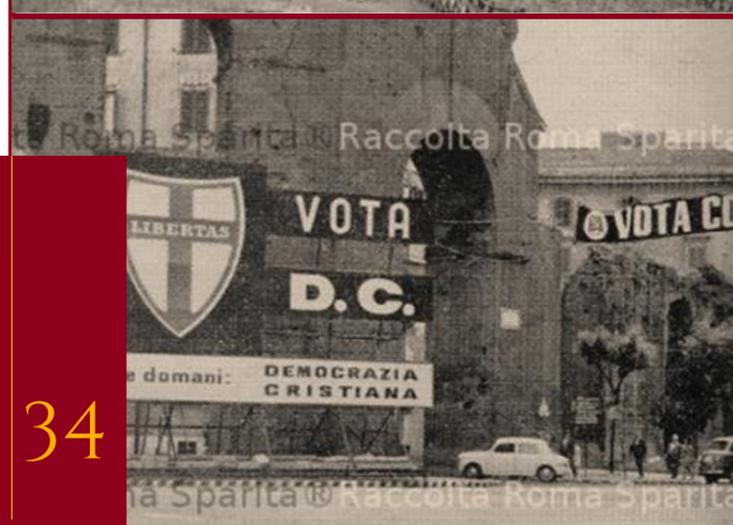
En el año 271 Aureliano inicia la construcción de las llamadas murallas aurelianas que rodeaban la ciudad. En ese momento, las puertas se convierten en auténticas puertas a la ciudad, adquiriendo una gran importancia ya no solo de manera monumental sino también de forma práctica. Posteriormente, en el año 402 Onorio decide fortificarla construyendo un gran baluarte en la parte delantera, formado por torres cuadradas a los lados y un gran cilindro central construido sobre los restos del "Panarium", la tumba de Eurisiace.

La puerta se mantuvo de esta manera durante muchos siglos hasta que en el año 1838 el Papa Gregorio XVI hizo demoler la estructura onoraria y reconstruir de nuevo la puerta. Para sustituir la fortificación, pero mantener la seguridad, incluyó una almenada.

Estos edificios solamente durarían hasta el año 1915, donde se decide demoler las estructuras existentes por orden del Ayuntamiento de Roma y acondicionar los alrededores de la puerta como plaza, siendo ya más similar a lo que se conoce hoy en día.

Ya en 1939 y tras haber eliminado las defensas en Porta Maggiore estalla la segunda guerra mundial y los arcos vuelven nuevamente a recuperar su función defensiva, donde se pudieron ver diversos enfrentamientos y batallas. Posteriormente, los portones servirían como entradas a la ciudad para los aliados haciendo alarde de su poderío y majestuosidad.

Desde entonces y hasta la actualidad la puerta y las murallas no poseen ninguna función más allá de recordar la historia y exponer unos activos culturales de hace miles de años.



## II.III.II TRÁFICO EN PORTA MAGGIORE

Desde hace siglos el tráfico en esta zona es notable debido a su emplazamiento en una de las puertas de acceso a la ciudad. Ya en el siglo V y hasta el siglo XV era una práctica habitual realizar concesiones por contrato anuales de las puertas de la ciudad, por las cuales se debía pagar un peaje para entrar. Pese a estar este precio regulado, aun siendo el pasaje más caro de la ciudad, se realizaban abusos en las tarifas que provocaban, ya en aquella época, gritos y amenazas.

A finales del siglo XIX comienzan a aparecer los primeros tranvías, los conocidos como “tram a cavalli”, debido a que estos no eran impulsados de forma mecánica sino con la fuerza de los caballos.

Una de las redes importante de tren que se crea es la ferroviaria Roma-Giardinetti, que se comienza a proyectar en 1907 y entra en funcionamiento en 1916. Esta red posee una importante parada en Porta Maggiore, recientemente reformada. Actualmente esta red continúa existiendo y en uso.

Por su parte, la red tranviaria, aunque sufriera ciertas crisis económicas debido a los inversores privados y sociales debido a la segunda guerra mundial, continúa creciendo y modernizándose, ocupándose así buena parte de la plaza. Esto sucede hasta 1956, cuando la plaza sufre la remodelación que ya incluye los jardines de forma muy similar a los conocidos hoy en día.

Con el auge del vehículo privado la plaza comienza a ser invadida por los vehículos, que junto a los tranvías ocupan una gran parte de la plaza. En los años 60 se comienzan a ver importantes congestiones y ruidos, así como diversos accidentes de tráfico, incluso entre tranvías.

Hoy en día la situación no es muy diferente en lo referente al tráfico. La conducción es complicada debido a diversos trenzados en el interior de la glorieta formada alrededor de la puerta. Los propios arcos producen embotellamientos, a los que se suman las numerosas líneas tranviarias y redes de autobús. La falta de seguridad aumenta debido a que varias intersecciones no son semaforizadas ni priorizadas siquiera con señales horizontales o verticales, una práctica habitual en la capital italiana. Este problema no ocurre solo en las intersecciones entre coches, sino también entre coches y tranvías o con los tranvías entre sí.





### II.III.III PROBLEMÁTICA DE LA ZONA

En las últimas décadas el barrio ha sufrido una pérdida de identidad notable, así como la pérdida de valor de alguno de sus lugares más emblemáticos.

En la famosa plaza Vittorio Emanuele II existía un mercado que surgió de forma espontánea en el siglo XIX. Este existió hasta ya iniciada la década de 1980, con la reforma de la plaza. El mercado era muy valorado por los romanos, que acudían de diferentes barrios a comprar todo tipo de productos a muy buen precio, además de diferentes tradiciones en los días previos a navidad o las rebajas de precio a últimas horas del día. Además, era transitado por conocidos frailes y personalidades que atraían a los turistas de la época. En 1990 el mercado se traslada a las cercanías y pasa a ser de interior y los puestos se mantuvieron hasta el año 2001, donde fueron retirados por parte del ayuntamiento y se arrendaron por una cantidad de dinero superior. El actual mercado refleja las características multiétnicas del barrio, lo que se puede apreciar en sus productos y su personal. Los habitantes romanos apenas lo visitan y no es conocido por los turistas. La población extranjera del rione de Esquilino se ha multiplicado en las últimas décadas y cuenta actualmente con más de un 20% de extranjeros, siendo una de las cifras más elevadas de Roma centro. A diferencia de otras zonas de la ciudad o incluso otras ciudades, no se han adaptado a las tradiciones y comercios de la zona, sino que se ha formado un guetto, especialmente de ciudadanos asiáticos, en los que existe poca interacción con el resto de la zona.



En el caso de Porta Maggiore, se ha perdido la plaza debido a los numerosos carriles dedicados a los vehículos y la gran cantidad de líneas tranviarias que lo atraviesan. A ello hay que sumar la dejadez en el cuidado y la limpieza de las zonas verdes y basuras.

Cobra también mucha importancia la peligrosidad que existe ahora en el rione. Muchas webs lo señalan como zona que no se debe visitar o alojarse, y no es para menos, ya que solo en los primeros meses del año se producen más de 90 detenciones en la zona norte de la plaza Vittorio Emanuele II. Además, es un lugar donde se agrupan muchísimos sintecho, entre los cuales se producen fallecimientos por frío en la época invernal.

Al hablar con vecinos y comerciantes cuentan que en invierno los comercios se cierran pronto debido a que al caer la noche se vuelve un barrio inseguro. Hablan de las nuevas mafias chinas y el tráfico de drogas, algo que se puede constatar en varios videos de noche donde se llega a ofrecer droga hasta 4 veces en una vuelta a la plaza Vittorio Emanuele II. Se ha dado el caso de varios perros muertos a causa de haber ingerido droga por las calles de la zona.

En lo relativo a Porta Maggiore, se tienen muchos comentarios negativos de vecinos cuando ven fotografías antiguas y lo comparan con la situación actual

Irreconocible, si piensas que ahora pasan los tranvías, los coches... el caos de Roma, en resumen.

Una zona que ahora está sumergida por el tráfico y en la que detenerse a admirar los restos monumentales es imposible.

Muy agradable, por cierto, pero ese espacio también podría ser una bonita plaza en lugar de una lúgubre rotonda.

¡Cuando Roma era de los romanos!

Un lugar único como Porta Maggiore debería ser cualquier cosa diferente a una triste rotonda para vehículos.

Parece la plaza de un pueblo, con gente paseando o descansando en la pared de la tumba. Hoy solo viajamos en coche y si no pones atención no ves ni la tumba. Seguramente el espacio estaba más a hecho a medida del humano hace 100 años, pero las cosas cambian, no hay nada que hacer.

Bellísima, estuve hace poco, y verdaderamente una letrina al aire libre, hierba alta y llena de basura de comerciantes ilegales, que pena que vivamos cerca y no podemos hacer nada.

Estos son solo algunos de los muchísimos comentarios que se pueden encontrar. Como se demuestra, el barrio está en una constante decadencia por pérdida de identidad y de peligrosidad, algo que ya se sabe en toda Roma incluso fuera de ella, y que está provocando todavía una mayor marginalidad.

Aun con todo esto es cierto que Porta Maggiore supone un gran nodo para el tráfico de la capital italiana, por lo que eliminar todos los vehículos es una opción un tanto inviable. El objetivo del trabajo no se centra solo en la mejora de la capacidad del tráfico, ya que, con las murallas y el espacio existente, además de la basílica subterránea que impide los túneles no mejoraría en exceso. Se pretende, por tanto, no empeorar la situación del tráfico, incluso mejorarla ligeramente, además de ganar zonas verdes, mejorar la imagen, la seguridad y la peatonalización de la zona de Esquilino. Trabajar hacia las personas y el medioambiente sin dar de lado al vehículo privado.





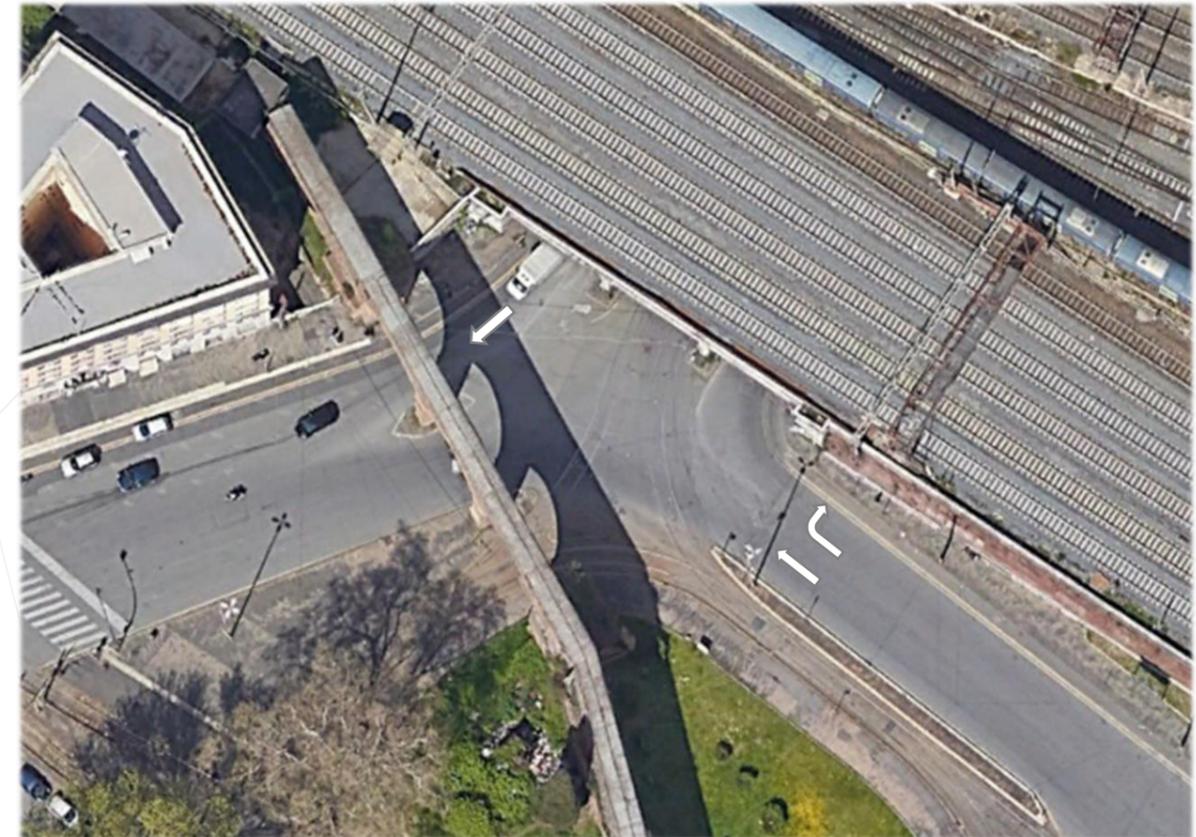
## II.IV CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN

La glorieta formada en Porta Maggiore se puede dividir en 7 pequeñas intersecciones que conformen la globalidad de esta glorieta. En cada una de las micro intersecciones los vehículos se comportan de una manera, de forma que en unas puede existir más tráfico que en otras, pero por su condicionamiento entre ellas se puede realizar el estudio general de la glorieta. Se describen a continuación las diferentes intersecciones existentes.



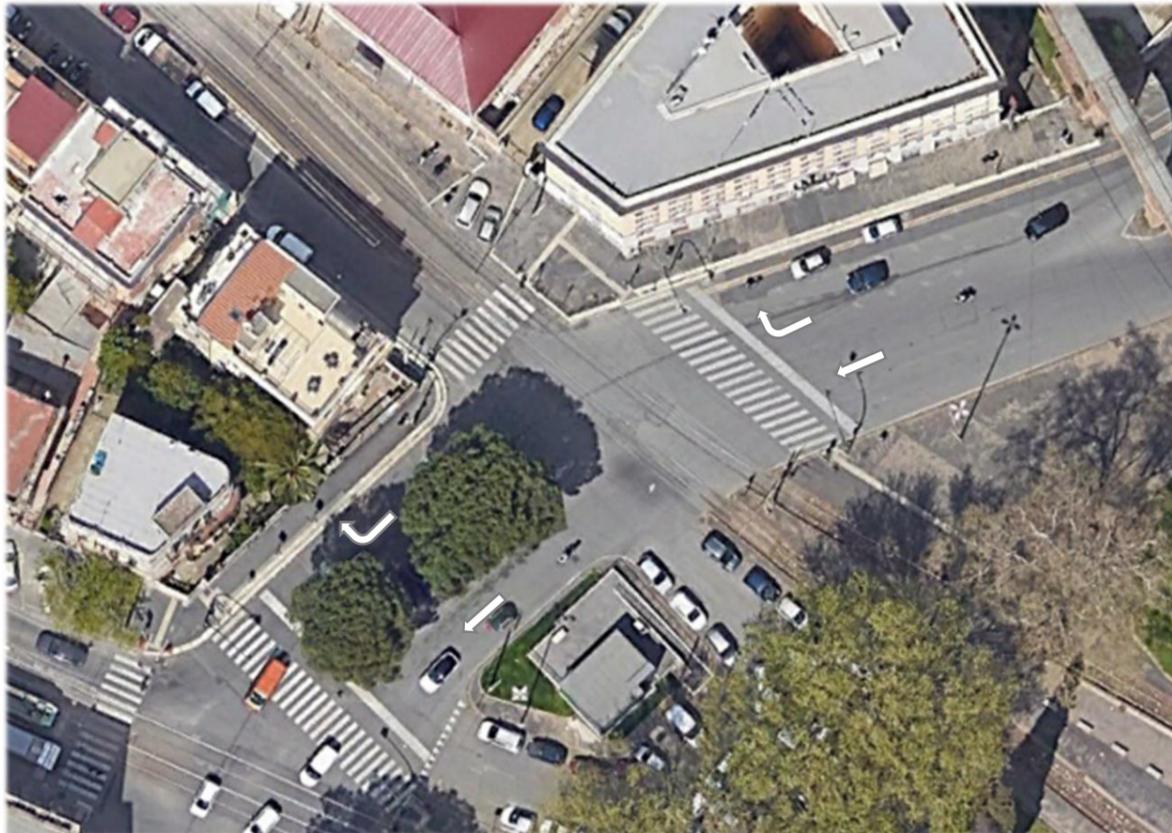
### INTERSECCIÓN 1

La primera intersección se compone de la entrada y salida de vehículos hacia el barrio de San Lorenzo, por el viale dello Scalo San Lorenzo. Estas incorporaciones cuentan con un carril en la entrada y uno en la salida. Existe poca visibilidad en la incorporación a la glorieta debido al paso inferior por las vías del tren, además del cruce tranviario en mitad de la glorieta y el estrechamiento debido a los arcos de la muralla romana. Pese a ello, no solo no existe semaforización, sino que tampoco existe ningún tipo de señalización, ni de rotonda, ni de stop, ni de ceda el paso, ni siquiera con el tranvía, para el que solo hay un semáforo ámbar de advertencia de peligro. Al superar los arcos existe hasta la intersección 2 un tramo de apenas 30 metros en el que se producen bruscos trenzados para las personas que deseen abandonar la glorieta. El número de carriles entre la intersección 1 y 2 es de aproximadamente 6. Es una estimación debido a que no existe señalización horizontal que los separe.



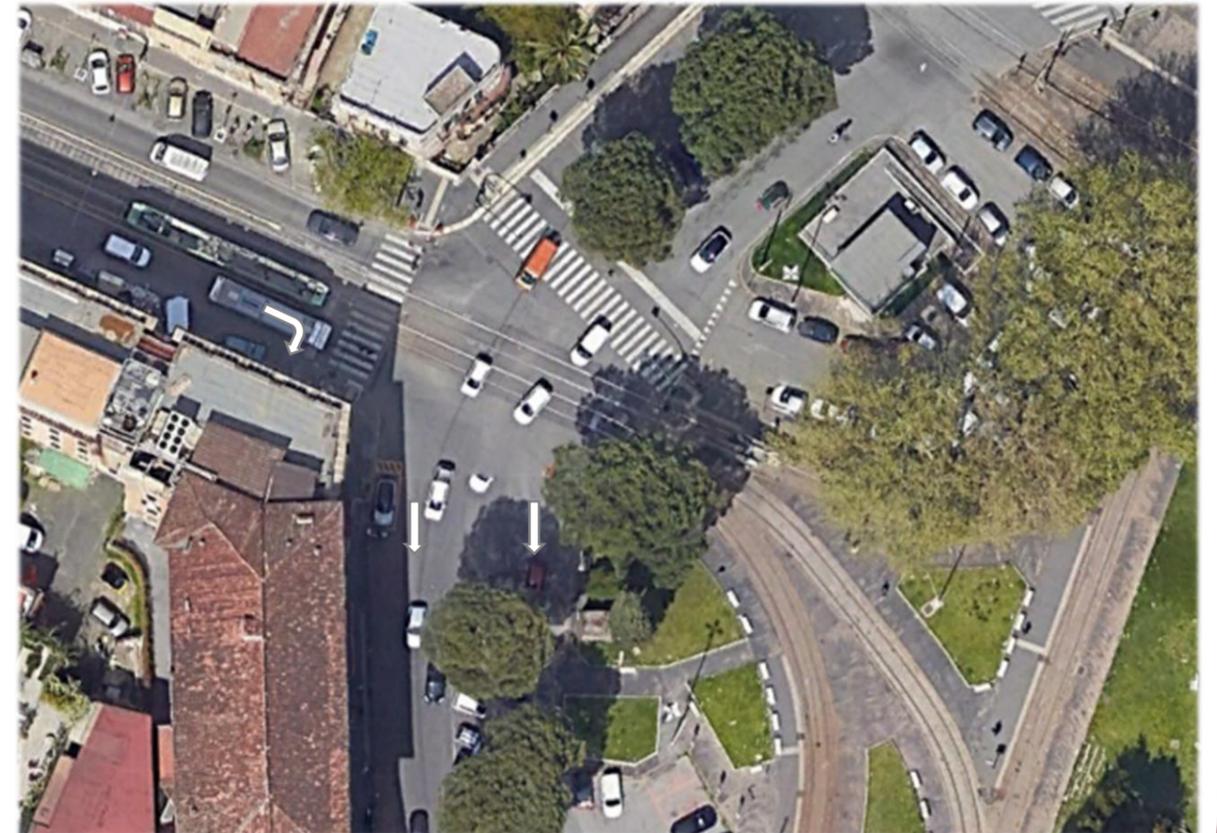
## INTERSECCIÓN 2

La intersección 2 cuenta con una salida hacia la vía Giovanni Giolitti, una calle de un carril que conduce a la estación de Termini y transcurre paralela a las vías del tren y de otra línea tranviaria más. En este caso sí que existe semaforización, simplemente para regular el cruce tranviario, ya que no hay incorporaciones de vehículos en esta intersección. También se observa una escapatoria hacia la izquierda de la que no se conoce su finalidad pero que se emplea para el aparcamiento de vehículos. En el centro de esa pequeña isleta existen unos baños públicos. Entre la intersección 2 y la 3 no pueden haber trenzados, ya que existen dos árboles en el centro de la calzada que impiden este tipo de movimientos. Pese a que no está permitido los vehículos también estacionan entre estos dos árboles. Por tanto, los que quieran abandonar la glorieta en la intersección 3, también deben realizar el trenzado en el tramo entre la 1 y la 2, por lo que son movimientos excesivos en tan poco espacio. Esto produce grandes retenciones en este espacio. El número de carriles en el tramo 2-3 es de aproximadamente dos a cada lado de los árboles



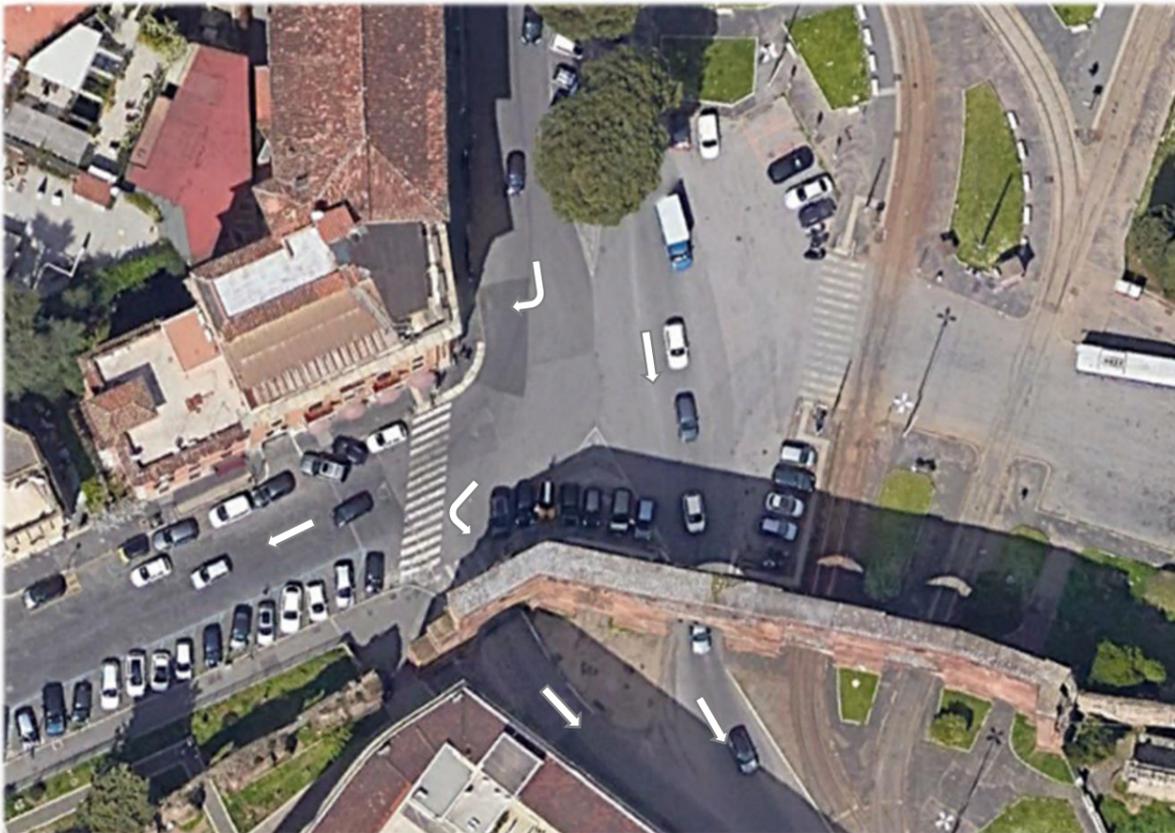
## INTERSECCIÓN 3

La intersección 3 cuenta con entrada y salida a la via di Porta Maggiore, una de las avenidas principales del barrio, que conecta Porta Maggiore con la Piazza Vittorio Emanuele II. Se circula por un único carril por sentido y también cuenta con entrada y salida de tranvía. Además, cuenta con la incorporación de la escapatoria citada anteriormente en la parte interior de la glorieta. En esta ocasión sí existe un semáforo que regula a vehículos y tranvías, además de una señal de ceda el paso para los que se incorporan de la escapatoria. En el tramo hasta la intersección 4 se repite el problema de los árboles igual que en el tramo anterior. Uno de los inconvenientes de este tramo es que los vehículos estacionan pese a que existen paradas de bus, por lo que el bus para en 2ª línea y provoca retenciones.



## INTERSECCIÓN 4

Esta intersección cuenta con una salida hacia la via Statilia, una calle de dos carriles de circulación. También existe una salida hacia la izquierda, la zona interior de la glorieta, que es solo para buses pero que muchos vehículos aprovechan para atajar o para estacionar pese a la ilegalidad de este movimiento. En el tramo comprendido entre esta intersección y la próxima aparece un estrechamiento en primera instancia debido a los arcos de la muralla y posteriormente a un edificio. En lo relativo a los arcos se forman pasos de un solo vehículo por arco, habiendo solo dos de estos. Además, entre arco y arco estacionan los vehículos.



## INTERSECCIÓN 5

Se compone de la entrada y salida de vehículos por via Eleniana con un carril de circulación por sentido. Este cruce es uno de los más peligrosos debido a que cuenta con las vías de tranvía de ida y vuelta algo separadas y no existe semaforización ni señales de prioridad, así como tampoco en el cruce entre vehículos. Además, existen paradas de autobús y posteriormente dos arcos en las murallas en los que se produce el embotellamiento debido también a los intentos de trenzado para salir por la intersección 6.



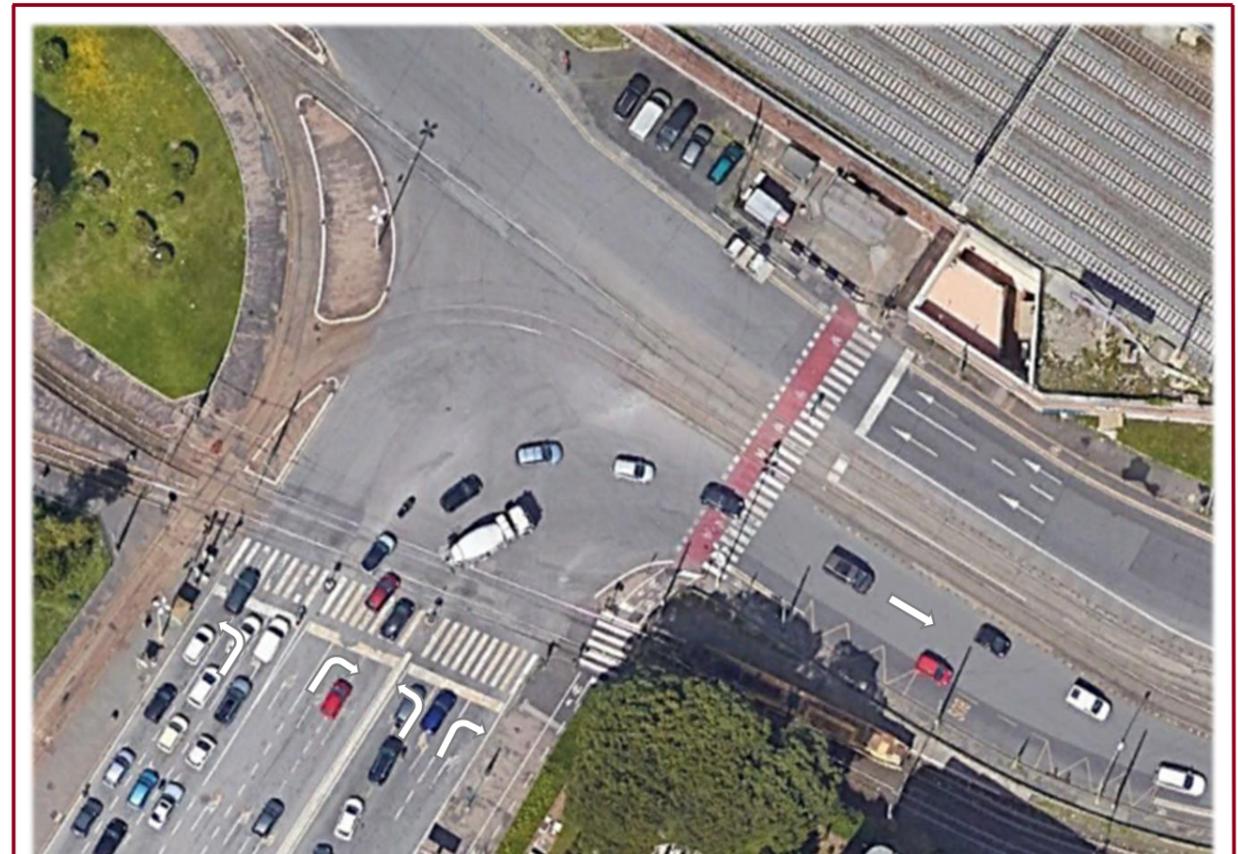
## INTERSECCIÓN 6

Está formada por la salida hacia via Casilina, una de las calles más antiguas y largas de Roma, extendiéndose casi hasta Nápoles con la misma denominación. Además, esta intersección cuenta con la incorporación de buses desde la parte interior y con una pequeña escapatoria en la parte exterior empleada para el estacionamiento. En el tramo entre la intersección 6 y la 7 se dividen los carriles para incorporarse adecuadamente a la intersección 7, además de producirse la salida de los vehículos desde la via Casilina, aunque estos no se incorporen a la glorieta hasta la intersección 7, ya que existe un bordillo que lo impide.



## INTERSECCIÓN 7

Cuenta con la entrada y salida por via Prenestina, con dos carriles por sentido de circulación. Además, incorpora los tres carriles de salida de via Casilina, con la dificultad del trenzado para los que deseen tomar la salida desde el interior de la glorieta. En total, 9 carriles en la glorieta, 2 de salida, otros 2 de incorporación y 4 vías de tranvía, ya que por esta intersección circulan 2 líneas diferentes. Está regulada con semáforos. El tramo entre esta intersección y la número 1 cuenta con 3 carriles aproximadamente y se forman embotellamientos a la salida de la intersección 1, debido a que como se ha mencionado con anterioridad es de carril único.



## II.V CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO

### TRANSPORTE PÚBLICO

En Porta Maggiore hacen parada diversas líneas de autobús y tranvía. En el caso de autobuses cuenta con paradas para las líneas n543, n5, n11, A01, 50, 105, 3NAV, 8, n3s, n3d, 19NAV y 150. En lo referente al tranvía pasan las líneas 3, 5, 14 y 19, además de la línea Roma-Giardinetti. En el Anejo 1 se adjuntan las rutas.

### CARRIL BICI

En la glorieta, igual que en gran parte de Roma, existen carriles bici tramificados, es decir, que aparecen y desaparecen por tramos sin tener relación con una gran red de carriles bici en la ciudad. El primero de ellos aparece en el túnel que da acceso a la intersección desde San Lorenzo y finaliza al llegar a la via Giovanni Giolitti, por lo que solo cubre el primero de los 7 tramos citados con anterioridad. Posteriormente existe un nuevo tramo que cubre desde la intersección 4 hasta nuevamente la 1 de forma ininterrumpida, con salidas en las intersecciones 5, 7 y 1. Por el contrario, este carril bici en ocasiones ocupa todo el ancho de la acera, por lo que realmente no se considera un carril bici como tal, sino más bien una acera ciclopeatonal. Por lo general son poco respetados y se puede observar con facilidad coches estacionados o invadiendo el carril y motocicletas utilizándolo para adelantar. Esto es debido en parte a que el carril bici no está protegido de ninguna forma y apenas cabe una bicicleta en su ancho. El tráfico de bicicletas es muy moderado.

### PEATONES

Los peatones no son considerados la prioridad en esta glorieta, ya que existiendo 7 pequeñas intersecciones solo hay 4 accesos a la plaza en forma de paso de peatones, uno de ellos sin semaforizar. Las aceras son de una amplitud suficiente excepto en el tramo entre la intersección 4 y la 5, donde es insuficiente. El tráfico peatonal es reducido en general, aunque es algo superior en las aceras exteriores que en el centro de la plaza.

### APARCAMIENTO

Es uno de los aspectos más controvertidos en el análisis del emplazamiento, ya que los vehículos están estacionados en lugares en los que no se puede estacionar. El problema es que esto sucede de continuo, es decir, se han convertido en sitios de aparcar aceptados por todos, de hecho, cuesta encontrar un sitio libre. Además, existen sitios en los que no se indica si se puede o no aparcar, ya que no existen líneas de aparcamiento, pero tampoco líneas o señales que indiquen lo contrario. En esas situaciones se encuentran estacionados vehículos, pero con menor frecuencia. En los accesos a la glorieta se puede estacionar en las micro intersecciones 2, 3, y 4.



# III. APLICACIÓN DEL HCM

Para obtener el nivel de servicio se utiliza el High Capacity Manual, siguiendo los pasos explicados con anterioridad. A la hora de emplear este manual se deben introducir unos parámetros de entrada como datos iniciales, que tienen que ver con diversas características de la intersección, como son las geométricas, las del tráfico y las semafóricas. Se citan a continuación:

## REGULACIÓN SEMAFÓRICA

- ❖ Ciclo
- ❖ Tiempo de verde
- ❖ Tiempo de cambio de fase y despeje
- ❖ Tipo de semaforización
- ❖ Periodo de análisis
- ❖ Tiempo de verde mínimo para peatones

## CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO

- ❖ Volumen vehicular por movimiento
- ❖ Grupos de carriles y movimientos
- ❖ Porcentaje de vehículos pesados
- ❖ Flujo peatonal
- ❖ Paradas de autobús a menos de 75 metros de la intersección

## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

- ❖ Zona de la intersección
- ❖ Carriles por grupo
- ❖ Anchura de carriles
- ❖ Pendiente en los 30 metros anteriores a la intersección
- ❖ Carriles de giro exclusivo
- ❖ Longitud del carril exclusivo
- ❖ Aparcamiento antes de la intersección
- ❖ Aparcamiento 75 metros antes de la intersección
- ❖ Intensidad de saturación de base
- ❖ Factor de hora punta
- ❖ Patrón de llegadas y proporción de llegadas en verde

## III.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Debido a la existencia de micro intersecciones y de las diferencias entre estas se pretende desglosar el estudio en 7 partes diferenciadas que se exponen a continuación:



## INTERSECCIÓN 1

En la intersección número 1 la calzada mide 11 metros de ancho, de los cuales 1'5 metros se destinan a carril bici, el cual se invade muy a menudo, ya que con anterioridad a este se disponía de cuatro teóricos carriles. Dos de ellos continúan recto y otros dos salen de la glorieta hacia el quartiere di San Lorenzo, pasando por el túnel de 7'5 metros aproximadamente, que incluye también un carril bici. La incorporación desde este mismo barrio se realiza por el túnel de entrada con las mismas dimensiones que la salida. Los vehículos al incorporarse se topan con uno de los arcos de la muralla, del mismo modo que lo hacen los que continúan recto por la glorieta. Estos arcos cuentan con 7 metros de ancho aproximadamente. El tramo 1-2 comienza con un ancho de 17'5 metros y finaliza con 19 metros. Al restarle el carril bici resultan 5 carriles al pasar los arcos y 6 al finalizar el tramo.



## INTERSECCIÓN 2

La glorieta en este punto cuenta con 6 carriles en el semáforo y un ancho de 19 metros. La salida se compone de un solo carril de 4'6 metros de ancho y la continuación de la glorieta se vuelve a desglosar en dos zonas, esta vez debido a unos árboles situados en la calzada. La parte derecha cuenta con un ancho aproximado de 6'5 metros y la parte izquierda de 6 metros, es decir, dos carriles en cada zona.



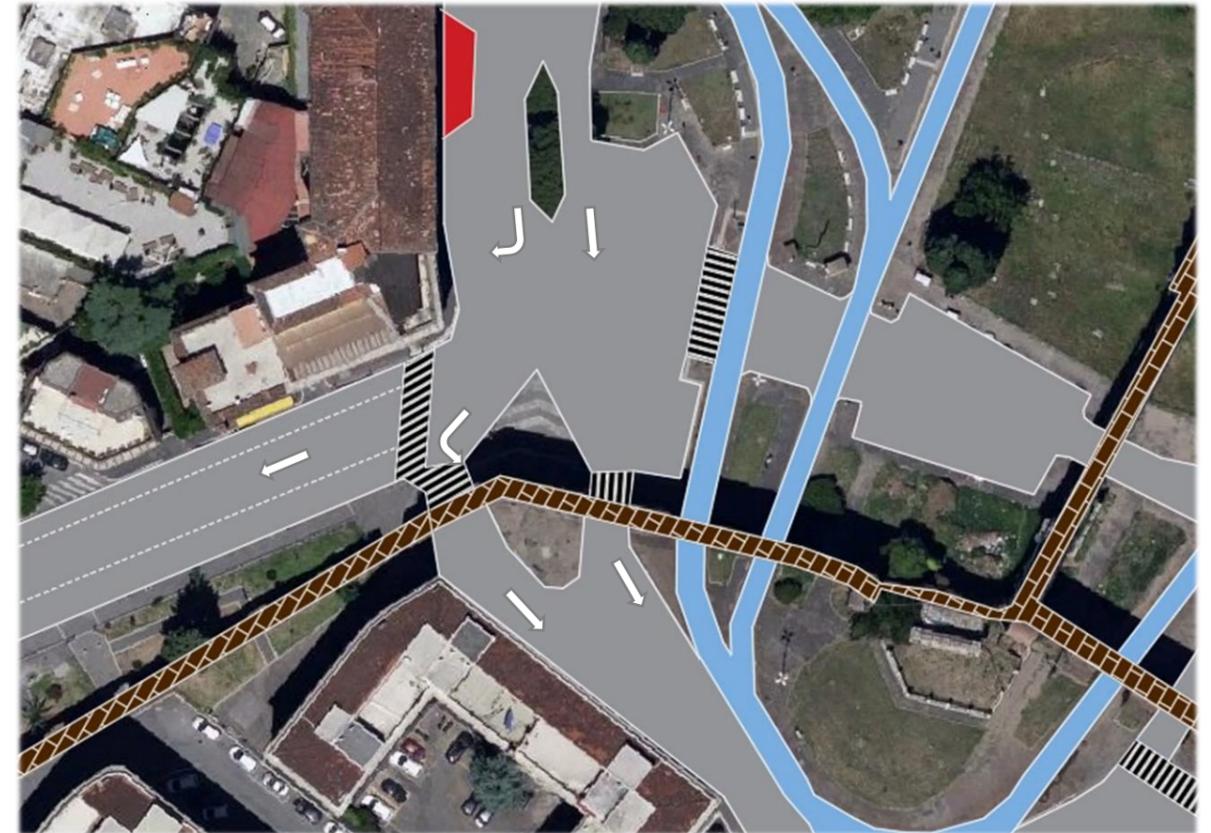
### INTERSECCIÓN 3

Al pasar los árboles el ancho de la calzada es de 24 metros, unos 8 carriles aproximadamente. La entrada y salida por la vía de Porta Maggiore es de aproximadamente 4 metros de ancho, un carril. Al pasar la intersección el ancho es de 20'5 metros, aproximadamente 6 carriles, que nuevamente se ven reducidos por los árboles. La parte derecha cuenta con 7 metros de ancho, pero la mitad está destinado a parada de bus y estacionamiento, por lo que queda únicamente un carril de paso. En la parte izquierda se cuenta con unos 4'5 metros, es decir, un solo carril.



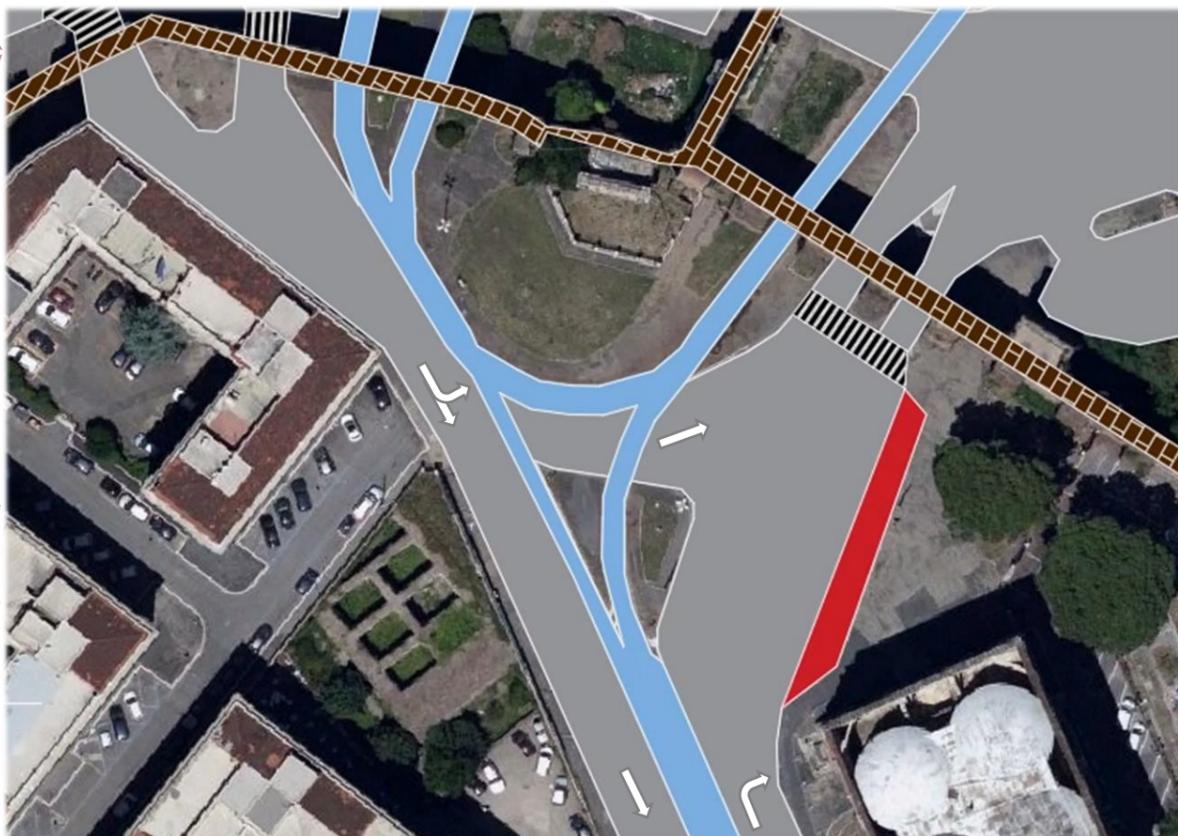
### INTERSECCIÓN 4

La llegada a la intersección 4 se produce al superar los árboles, donde se produce un ensanche de la calzada hasta los 32 metros. La salida hacia la vía Statilia cuenta con 14 metros de ancho, de los cuales la mitad se destinan a aparcamiento, existiendo, por tanto, dos carriles de libre circulación. En la glorieta se produce el estrechamiento debido a los arcos, con dimensiones de unos 4'75 metros de ancho, produciendo un embudo debido a la reducción tan drástica del número de carriles ficticios.



## INTERSECCIÓN 5

La llegada a la intersección 5 se produce con un ancho de 6'5 metros, de los cuales 1'5 se utilizan para un carril bici. Este es invadido con frecuencia para poder ocupar dos carriles en lugar de uno. El giro a la izquierda para continuar en la glorieta cuenta con 7 metros de ancho, y la salida y entrada desde via Eleniana también. En la incorporación desde dicha calle se produce un ensanchamiento que provoca un ancho de 27 metros, unos 9 carriles, además del destinado para la parada de bus. Posteriormente a este ensanchamiento existe otro tramo de muralla con dos arcos de apenas 4'5 metros de ancho, por lo que el paso se reduce a un solo carril por arco.



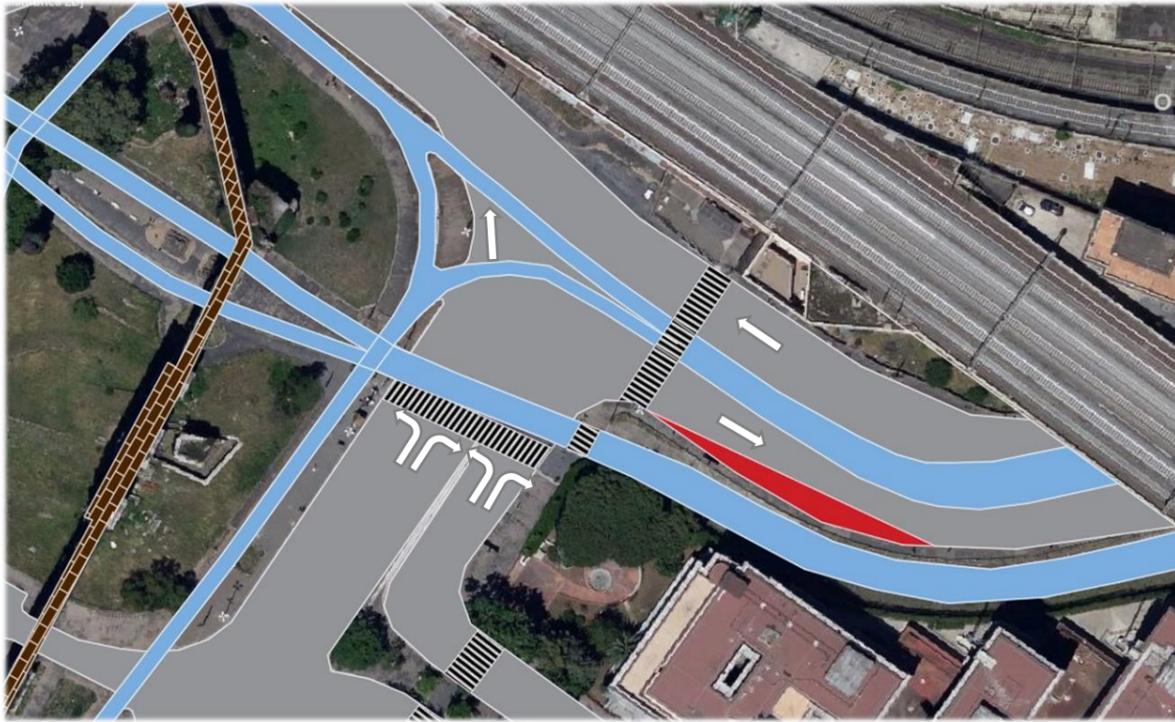
## INTERSECCIÓN 6

El inicio de la intersección se sucede con 30 metros de ancho debido a la gran amplitud en el giro que poseen los vehículos que giran hacia la via Casilina. Esta posteriormente cuenta con un ancho de 7 metros en su salida y de 7'5 en la entrada. Posteriormente se forman 9 carriles reales, ya que son los únicos señalizados de toda la glorieta. El ancho es de 29 metros.



## INTERSECCIÓN 7

El final de la intersección 6 explicado recientemente es igual a la llegada a la intersección 7. Después se produce la salida por vía Prenestina con un ancho de 7 metros y la entrada con dos carriles reales de 3'25 metros y 1'5 metros de carril bici. En el principio del siguiente tramo hay 21 metros de ancho, que posteriormente pasan a ser 11 metros hasta la llegada nuevamente de la intersección 1.



### III.II CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO

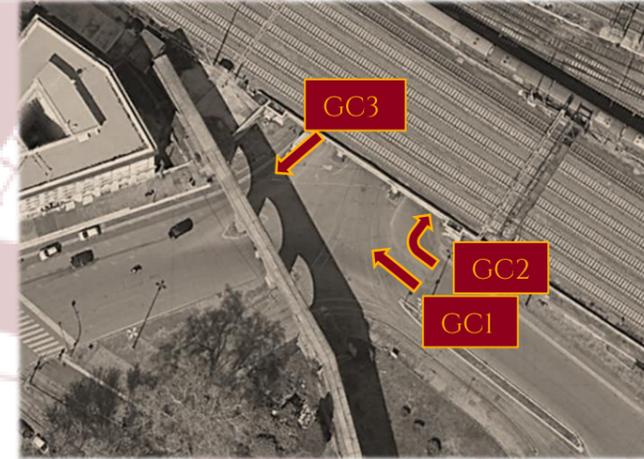
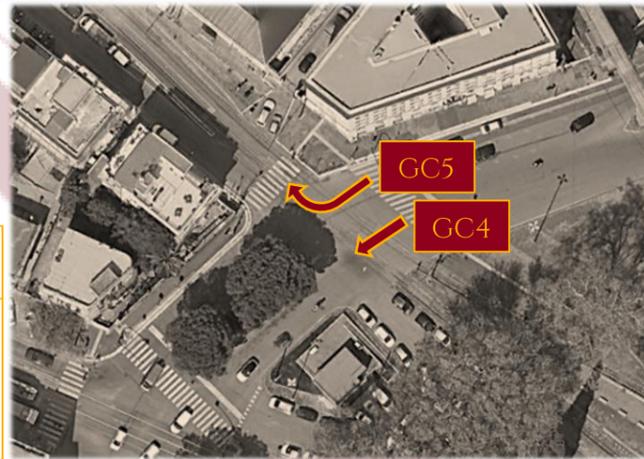
#### III.II.I GRUPO DE CARRILES

La organización de los carriles según su movimiento permite realizar uno de los pasos del cálculo del HCM visto con anterioridad. Normalmente los vehículos suelen seguir las marcas viales horizontales que determinan estas direcciones, pero no es este el caso. Como se ha comentado solo hay pintadas marcas viales en una de las siete intersecciones de las que se compone la glorieta.



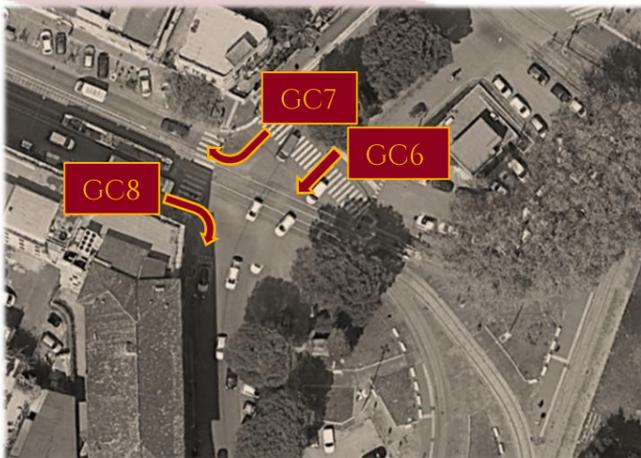
## INTERSECCIÓN 2

Solo uno de ellos gira a la derecha por la via Giovanni Giolitti, mientras que los otros 5 continúan recto.



## INTERSECCIÓN 1

De los cuatro carriles que se compone la glorieta dos se utilizan para salir en dirección San Lorenzo y dos para continuar recto, a los que se unen de inmediato los dos de entrada desde el propio barrio.

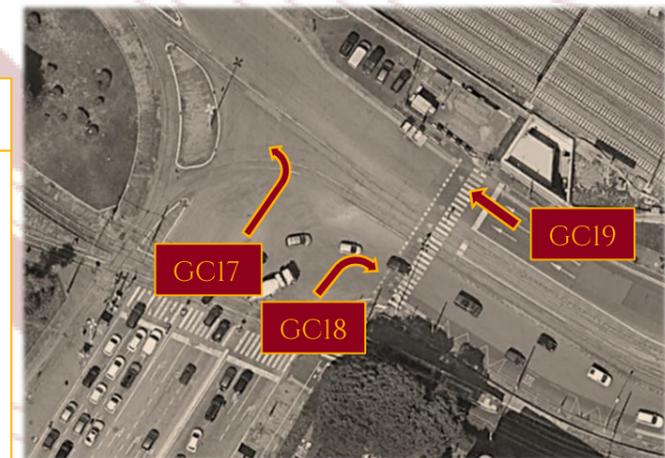


## INTERSECCIÓN 3

Un carril se utiliza para girar a la derecha hacia la via di Porta Maggiore y el resto, tres en este caso, continúan rodeando la glorieta. Un carril se incorpora.

## INTERSECCIÓN 7

La única señalizada, de los 9 carriles hay 5 de ellos destinados a girar a la izquierda para continuar dando la vuelta a la glorieta y otros 4 que tuercen hacia la via Prenestina. Dos se incorporan desde esta misma calle.

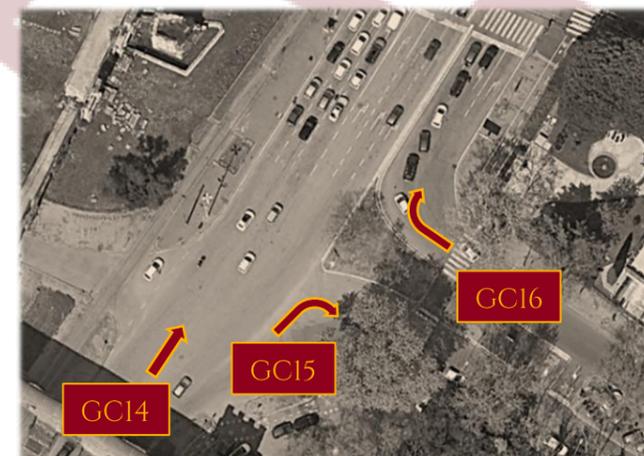
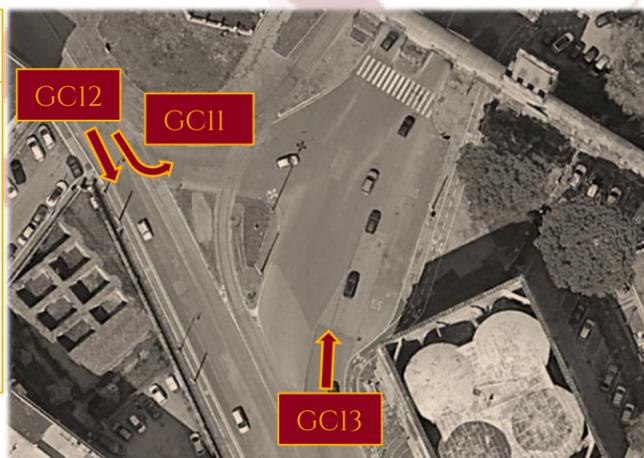


## INTERSECCIÓN 4

Un carril se emplea para salir en dirección via Statilia y otros dos para atravesar los arcos que conducen a la siguiente intersección.

## INTERSECCIÓN 5

De los dos carriles de los que se compone este tramo uno se emplea para continuar recto hacia la via Eleniana y otro para el giro a izquierdas que da continuación a la glorieta. Para la incorporación se emplean 2 carriles.



## INTERSECCIÓN 6

En este caso solo son dos los carriles que se aproximan desde los arcos, el de la izquierda para continuar recto y el de la derecha para desviarse hacia Casilina.

### III.II.II DEMANDA POR GRUPO DE CARRILES

Se presenta a continuación la matriz origen destino de los movimientos realizados en Porta Maggiore. Estos datos pertenecen a la hora punta de día laborable.

Según los grupos de carriles la matriz origen destino queda organizada de la siguiente forma:

O \ D	Via dello scalo San Lorenzo	Via Giolitti	Via di Porta Maggiore	Via Statilia	Via Eleniana	Via Casilina	Via Prenestina	TOTAL ORIGEN
Via dello scalo San Lorenzo	0	225	181	398	1112	90	54	2060
Via di Porta Maggiore	72	0	0	41	88	88	78	367
Via Eleniana	787	141	35	37	22	146	359	1527
Via Casilina	177	386	130	77	62	0	22	854
Via Prenestina	90	401	249	182	282	6	3	1213
TOTAL DESTINO	1126	1153	595	735	1566	330	516	6021

A partir de esta matriz se pueden obtener las direcciones en cada grupo de carriles definido con anterioridad. Los grupos de carriles se obtienen a raíz de saber la dirección de los vehículos en cada una de las intersecciones. Por ello, en la siguiente tabla se diferencian entre los que abandonan la glorieta, los que se mantienen y los que se incorporan.

Número de intersección	Abandonan	Permanecen	Se incorporan
1	1126	2013	2060
2	1153	2920	0
3	595	2325	367
4	735	1957	0
5	1566	391	1527
6	330	1588	854
7	516	1926	1213

### III.II.III REGULACIÓN SEMAFÓRICA

En lo relativo a los semáforos se obtiene su ciclo y el tiempo de verde. Esto se da en las intersecciones 2, 3 y 7. En las restantes no existe regulación semafórica, por lo que a la hora de realizar los cálculos se emplean los métodos pertinentes en este tipo de intersecciones. En el caso de las intersecciones 2 y 3 el ciclo es de 153 segundos y para la intersección 7 de 123 segundos.



### III.III CÁLCULO CON HCM

#### III.III.I INTENSIDAD DE SATURACIÓN

Siguiendo la metodología explicada con anterioridad se exponen las intensidades de saturación de cada una de las micro intersecciones teniendo en cuenta una intensidad de saturación base de 1900 veh/h/carril. Cada uno de los términos están explicados en el apartado referente a la metodología de cálculo.

Se detallan en la siguiente imagen los parámetros asignados:

GC	Intersección 2		Intersección 3			Intersección 7		
	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC17	GC18	GC19
Vehículos ligeros	2920	1153	2325	595	367	1926	516	1213
Vehículos pesados	5	0	0	5	5	5	0	0

GC	Intersección 2		Intersección 3			Intersección 7		
	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC17	GC18	GC19
s0	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
fw	1	1,04	1	1	1,04	1	1	1
fHVg	0,99865	1,000	1,000	0,99336	0,989	0,998	1,000	1
fP	1	1	1	1	1	1	1	1
fbB	1,000	1,000	1	0,98797	1	1	1	1,000
fa	1	1	1	1	1	1	1	1
fLU	1	1	1	1	1	1	1	1
fLT	1	1	1	1,000	1	1	1,000	1
fRT	1	0,76818	1	0,76818	1	1	0,81364	1
fLpb	1	1	1	1	1	1	1	1
fRpb	1	0,76818	1	0,76818	1	1	0,81364	1
fwz	1	1	1	1	1	1	1	1
fms	1	1	1	1	1	1	1	1
fsp	1	1	1	1	1	1	1	1
s (veh/h)	1897	1166	1900	1100	1955	1896	1258	1900

#### III.III.II CAPACIDAD

Los datos aplicados a cada parámetro utilizado se muestran en la siguiente fotografía, en la que se calcula la capacidad de cada una de las intersecciones semaforizadas.

GC	Intersección 2		Intersección 3			Intersección 7		
	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC17	GC18	GC19
N	5	1	3	1	1	5	4	2
s (veh/h)	1897	1166	1900	1100	1955	1896	1258	1900
g/C	0,667	0,131	0,732	0,732	0,131	0,154	0,187	0,146
c (veh/h)	6325	152	4173	805,5	256	1464	941	556
¿ATASCA?	NO ATASCA	ATASCA	NO ATASCA	NO ATASCA	ATASCA	ATASCA	NO ATASCA	ATASCA

#### III.III.III DEMORA Y NIVEL DE SERVICIO

Para calcular la demora se utilizan los siguientes parámetros, que a su vez determinan el nivel de servicio para las intersecciones semaforizadas de la glorieta. La demora 3 se considera 0 debido a que se supone que no hay cola al inicio del periodo de análisis.

GC	Intersección 2		Intersección 3			Intersección 7		
	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC17	GC18	GC19
v (veh/h)	2920	1153	2325	595	367	1926	516	1213
C (veh/h)	6325	152	4173	805	256	1464	941	556
X	0,462	7,564	0,557	0,739	1,436	1,315	0,548	2,181
g/c	0,667	0,131	0,732	0,732	0,131	0,154	0,187	0,146
P	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PF	1,17	0,89	1,14	1,06	0,89	0,89	1,14	0,89
d1 (seg)	15,54	21,43	16,42	18,26	21,43	21,43	16,33	21,43
GC	Intersección 2		Intersección 3			Intersección 7		
	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC17	GC18	GC19
T(h)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
k	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
d2 (seg)	0,05	2956,71	0,11	1,25	200,86	142,84	0,46	532,77
GC	Intersección 2		Intersección 3			Intersección 7		
	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC17	GC18	GC19
d (seg)	15,59	2978,14	16,52	19,51	222,29	164,27	16,8	554,19
Nivel de servicio	B	F	B	B	F	F	B	F

### III.III.IV INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS

Para poder obtener el nivel de servicio en este tipo de intersecciones se aplica un procedimiento diferente al anterior. Este se explica a continuación a la par que la justificación de los cálculos.

En primer lugar, se deben de dividir los carriles en diferentes rangos según la jerarquía de cada uno de estos. Los movimientos de rango 1 no ceden el paso a ningún otro movimiento, siendo estos por tanto los que continúan recto y los que salen de la glorieta. Los movimientos de rango 2 son los que ceden el paso a los movimientos de rango 1, esto es, en el caso que aplica, los movimientos de entrada a la glorieta.

En lo referente al cálculo se comienza con la determinación de los flujos de conflicto. Siendo un giro a derecha desde la secundaria, el cálculo se realiza del siguiente modo:

$$v_c = v_R + 0,5 \cdot v_S$$

En este caso  $v_R$  es el volumen de vehículos que continúan recto y  $v_S$  el volumen de los que abandonan la glorieta.

Además se determina el hueco crítico ( $t_{c,x}$ ), que parte de un  $t_{c,base}$  que depende del tipo de movimiento realizado. En el caso de estudio esta base es de 6'2 segundos debido a que es un giro a derechas desde la secundaria. A este factor base se le añaden otros dependientes del porcentaje de vehículos pesados, la pendiente de aproximación y otros factores relacionados únicamente con los giros a izquierdas. La fórmula es la siguiente:

$$t_{c,x} = t_{c,base} + P_{HV} + t_{c,G} \cdot G - t_{3,LT}$$

$\uparrow$   $\uparrow$   $\uparrow$   
 Proporción de veh. pesados (tanto por uno)    0.7 para giro a izquierdas desde secundaria, 0.0 el resto  
 Pendiente de aproximación (%)

Posteriormente se calcula el tiempo complementario, es decir, el tiempo desde que sale un vehículo hasta que sale el siguiente. El  $t_{f,base}$  es de 3'3 por el mismo motivo que en el anterior factor.

$$t_{f,x} = t_{f,base} + 0.9 \cdot P_{HV}$$

$\uparrow$   
 Proporción de veh. pesados (tanto por uno)

La capacidad potencial es la máxima intensidad que puede albergar un movimiento. Esta se calcula en base a los términos anteriores y se muestra su fórmula a continuación.

$$c_{p,x} = v_{c,x} \cdot \frac{e^{-\frac{v_{c,x} \cdot t_{c,x}}{3600}}}{1 - e^{-\frac{v_{c,x} \cdot t_{f,x}}{3600}}}$$

Al calcular la capacidad real se tiene que es la misma que la potencial debido a que es una intersección con dos rangos y sin giros a izquierdas.

$$c_{m,x} = c_{p,x}$$

El cálculo de la demora se realiza con la siguiente fórmula, siendo esta dependiente de los anteriores términos ya calculados.

$$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 225 \cdot \left( \frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left( \frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{3600 \cdot v_x}{112.5 \cdot c_{m,x}}} \right) + 5$$

A	$d < 10$
B	$10 \leq d < 15$
C	$15 \leq d < 25$
D	$25 \leq d < 35$
E	$35 \leq d < 50$
F	$d \geq 50$

De este modo el nivel de servicio en función de la demora se calcula a partir de la siguiente tabla:

Aplicando estas fórmulas para los datos recopilados en las intersecciones que aplican se tienen los siguientes resultados:

	interseccion 1			Intersección 5			Intersección 6		
	GC1	GC2	GC3	GC11	GC12	GC13	GC14	GC15	GC16
Vehiculos ligeros	2013	1126	2060	391	1566	1527	1588	330	854
Vehiculos pesados	5	0	0	5	0	0	0	5	5
Vc			2576			1174			1753
tc			6,2			6,2			6,2
tf			3,3			3,3			3,3
cp			33,67			235,84			107,10
cm			33,67			235,84			107,10
d			27302,6			2501,79			3214,68
NS			F			F			F

# IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



Los resultados son muy deficientes tanto en las intersecciones semaforizadas como en las que no lo están. En las semaforizadas aparece el nivel de servicio F en las 3 intersecciones analizadas, concretamente en 4 de los 8 grupos de carriles. En los otros 4 el nivel ofrecido es B.

En las intersecciones sin semaforizar se obtiene un nivel de servicio F en todas las que han sido examinadas. Además, el número máximo al obtener en la demora es de 50 para no llegar a este nivel F y, como se puede observar, en ningún caso baja de 2500, llegando en la intersección 1 a ser de más de 27000.

Los análisis no dejan lugar a dudas, el problema está muy presente desde hace años y lo continúa estando. La plaza necesita un cambio de forma urgente que mejore las condiciones de la zona, ya que es un caos continuo en prácticamente todos los ramales de esta glorieta.

Los resultados no se ajustan completamente a la realidad, ya que la norma no incluye varios factores de la plaza que son los que precisamente producen el estado de caos.

El primero de ellos es la inexistencia de los carriles, ya que solo están señalizados en una de las siete micro intersecciones de las que se compone la glorieta. Este hecho produce que los vehículos se agolpen o se ensanchen sin motivo. Además, los grupos de movimientos dejan de estar señalizados y cualquier vehículo toma cualquier dirección.

Otro aspecto que no se tiene en cuenta son los aparcamientos de forma ilegal en zonas de la rotonda como los arcos o los carriles bici. Estas maniobras producen grandes retrasos debido a las maniobras que deben hacer, además de la peligrosidad que esto implica.



Otro grave problema es el de los trenzados. Esto es que cuando se juntan los vehículos que se incorporan por la derecha y los que continúan recto por la parte izquierda deben cruzarse en un tramo muy corto de carretera. Estos tramos entre salidas son cortos debido a que en varias ocasiones los arcos de las murallas o los árboles en mitad de la calzada impiden hacerlo en gran parte del trayecto.

Además, no se cuenta con el hecho de que los carriles aparecen y desaparecen, de modo que un paso de dos carriles se pueda ampliar a uno de ocho y posteriormente volverse a cerrar a dos carriles nuevamente, produciendo claros embudos en la zona del estrechamiento.

También está presente el problema de la falta de señalización en determinadas intersecciones de la glorieta, en las que no hay una señal de ceda el paso, ni una de stop, ni nada similar. Ni siquiera con los tranvías sucede, es decir, realmente no existen maniobras de rango 1 y 2, sino que todas tienen el mismo rango debido a la falta de señalización.

El carril bici no está protegido y es poco utilizado, por lo que muchos vehículos lo invaden para ganar un carril más en la circulación. Los usuarios de bicicletas y patinetes también deciden introducirse en el tráfico como uno más debido a que es más rápido para ellos y pueden mantener la velocidad de pelotón que poseen los vehículos de dentro de la intersección.

Por último, insistir en el hecho de que la norma no tiene en cuenta los cruces tranviarios. En esta glorieta se interactúa con 5 líneas ferroviarias, las cuales afectan a 5 de las 7 intersecciones. Como se mostró a la hora de explicar los horarios del transporte público según el día llegan a pasar 48 trenes contando el sentido de ida y vuelta por la plaza. Esto es casi uno por minuto, una situación que complica en exceso la circulación en Porta Maggiore.

# V. PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta para la glorieta en general consiste en el solape y la coordinación de 7 diferentes propuestas para cada una de las 7 intersecciones, además de en las inmediaciones de estas. Se pretende conseguir una mayor visualización e interacción con el monumento central por parte del peatón y un aumento de la zona verde del entorno. La seguridad es otro aspecto fundamental a la hora de resolver la intersección, ya que los carriles no están delimitados y existe una ausencia de señalización importante. Esta seguridad no se ciñe únicamente a lo relacionado con el vehículo, sino también al aumento de la delincuencia en el barrio en los últimos años, por lo que también se busca una solución a este problema.

Uno de los principales problemas a la hora de trabajar en la propuesta adecuada es la presencia de la basílica subterránea de Porta Maggiore, la cual impide la realización de un paso subterráneo cercano a la plaza. También la rigidez aportada por las vías del tren al norte de la intersección y de las murallas que la atraviesan, ya que son elementos inamovibles que producen los tan conocidos embudos de esta plaza. De este modo se presenta la propuesta para cada una de las intersecciones:

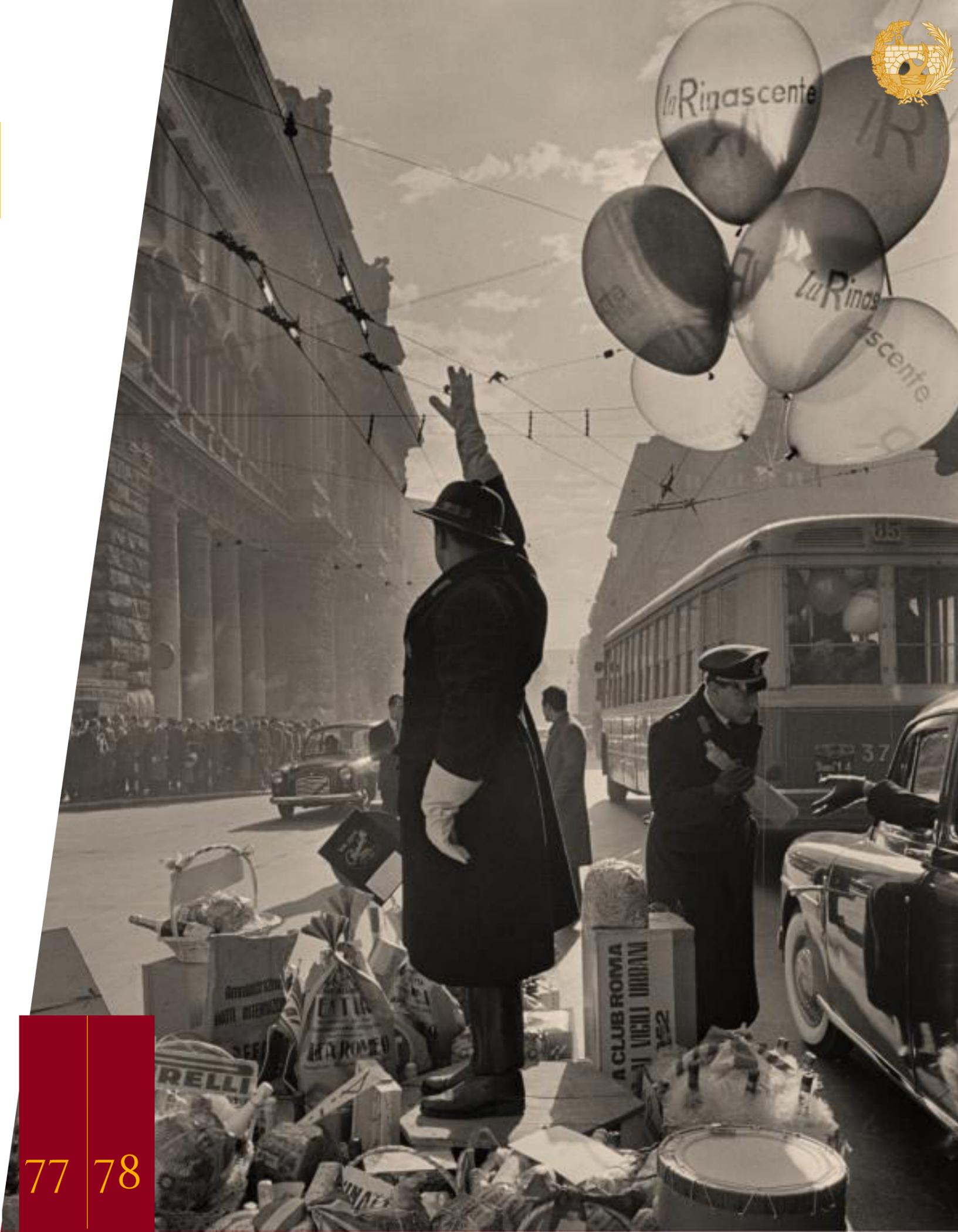
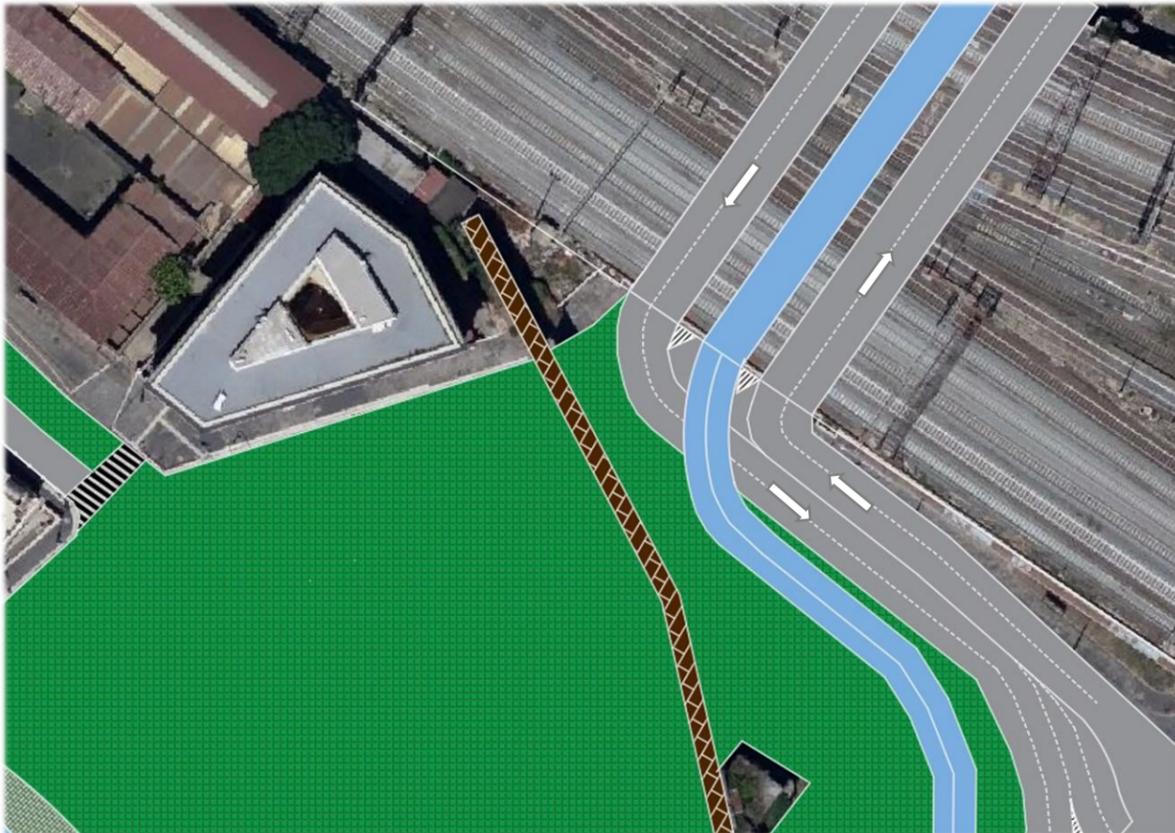


## V.I DESCRIPCIÓN DE LAS INTERSECCIONES

### INTERSECCIÓN 1

La intersección 1 conserva los carriles de entrada y salida del mismo modo, es decir, los dos situados en la zona oeste sirven para incorporarse, los dos centrales reservados para el tranvía y los dos situados al este para la salida. La diferencia consiste en los carriles de incorporación, ya que en lugar de hacerlo hacia la derecha se hace hacia la izquierda. La glorieta deja de serlo, con el objetivo de ser una calle de circulaciones en ambos sentidos. Del mismo modo ocurre con los tranvías, ya no se produce una circulación circular sino bidireccional.

Volviendo a lo referente a la primera intersección se debe situar un semáforo en la incorporación para poder resolver el cruce con los tranvías. Este semáforo debe estar siempre en verde excepto cuando un tranvía pida paso, por lo que no se prevé en esta intersección ningún tipo de conflicto de tráfico que pueda producir una congestión.



## INTERSECCIÓN 2

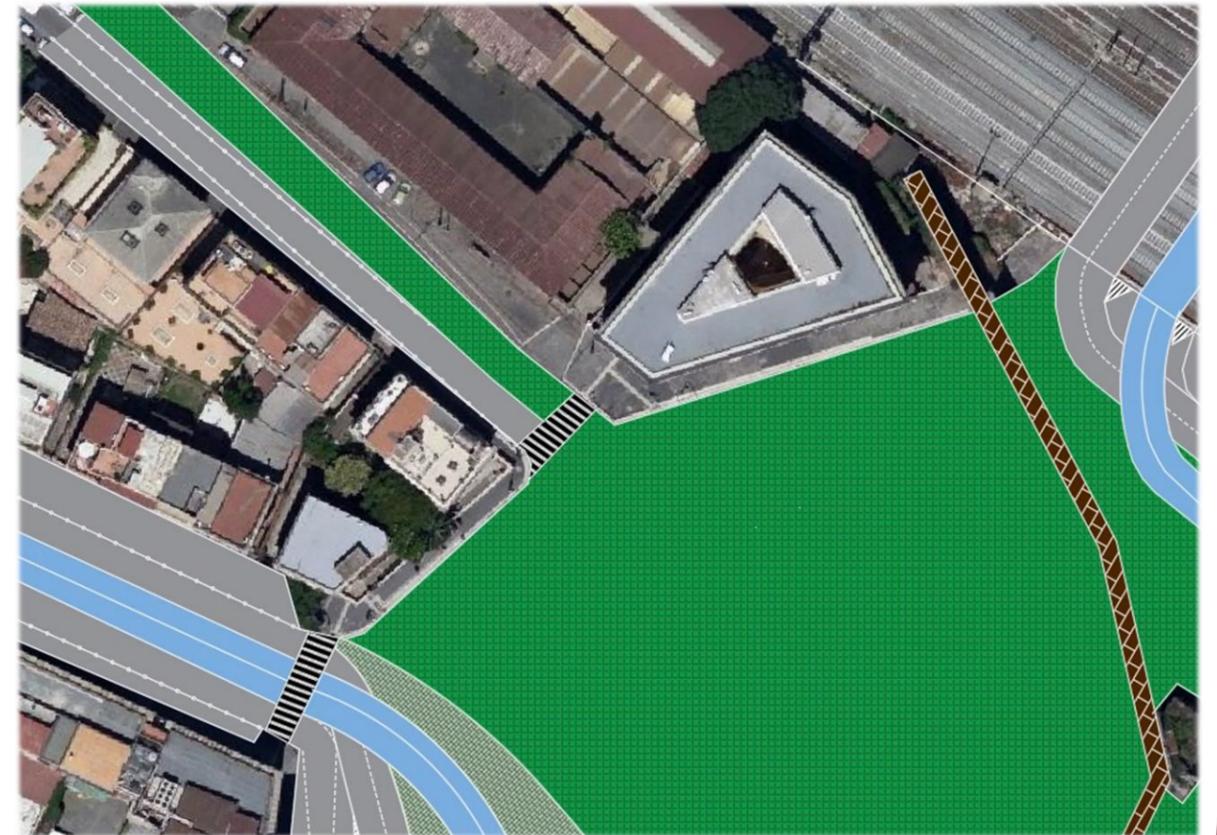
La intersección desaparece debido a la peatonalización del primer tramo de la vía Giovanni Giolitti. Esta salida se suprime y los coches que se dirigían a esta calle deben hacerlo por vía Porta Maggiore. Solo es el tramo hasta la primera manzana, que queda abierto a vehículos únicamente dirigidos a garajes y emergencias. Esta solución permite evitar los trenzados en pocos metros, ya que es uno de los principales objetivos, debido a la demora y la inseguridad que producen.

Las vías que cruzan la plaza tanto en dirección de entrada como de salida de esta calle se eliminan. Estas son las del tren Roma-Giardinetti, una línea que parte de Termini y que cuenta con un gran número de trenes a la hora. El cambio consiste en el inicio de la línea. Esta tendría comienzo en las propias vías de tren y pasa a circular por el paso en altura del resto de vías que salen de Termini. Posteriormente recupera su trazado original que es el paralelo a dichas vías.

Esto elimina una gran parte de la demora debido a que no circulen una cantidad tan grande de trenes. Además, esto genera un espacio en la plaza que se recupera para zonas abiertas al peatón. Del mismo modo se abre una puerta a la peatonalización del trayecto de las vías entre Termini y Porta Maggiore. Estas pasan a ser un paseo verde de forma que se mejore la seguridad de la zona, creando un corredor amplio, vistoso, vigilado y luminoso. Sirve para poner en valor monumentos históricos como el Templo di Minerva o la Chiesa di Santa Barbara, ahora apartados debido a estas vías.

En la propia plaza existen unos baños públicos que desaparecen de esta zona y abren un gran espacio.

La circulación, por tanto, entre las intersecciones 1 y 3 es nula, todo lo que anteriormente eran carriles de circulación se ganan como espacio peatonal y se espera atraer a vecinos para pasear y a niños que disfruten de la plaza como parque.



### INTERSECCIÓN 3

En la intersección 3 se recupera el flujo vehicular, de modo que la incorporación y salida permanecen del mismo modo que anteriormente, con un carril por sentido, con la diferencia de que la salida se produce con un giro a izquierdas que atraviesa los tranvías. El flujo ya no proviene de la intersección número 2 sino de la número 4. En sentido de entrada se generan 3 carriles, ya que el derecho que antes ocupaba una parada de bus pasa a ser de circulación. El carril izquierdo de estos tres es un carril bus que permite el giro a izquierdas para los autobuses sin colapsar los otros dos carriles.

Las vías del tranvía en este tramo realizan un giro más cerrado de modo que se gane espacio a la plaza.



### INTERSECCIÓN 4

La intersección 4 cuenta con la salida hacia la via Statilia. Esta salida se produce desde dos direcciones diferentes, es decir, tanto los que provienen de la intersección 3 como los que lo hacen desde la 4. Los que lo hacen desde la intersección 3 deben realizar el giro de manera obligatoria, mientras que los que provienen de la 4 también poseen la opción de continuar en recto por el arco derecho. En esta dirección está permitido el giro a derecha de los autobuses para entrar al intercambiador en el que se sitúan las paradas.



## INTERSECCIÓN 4.1

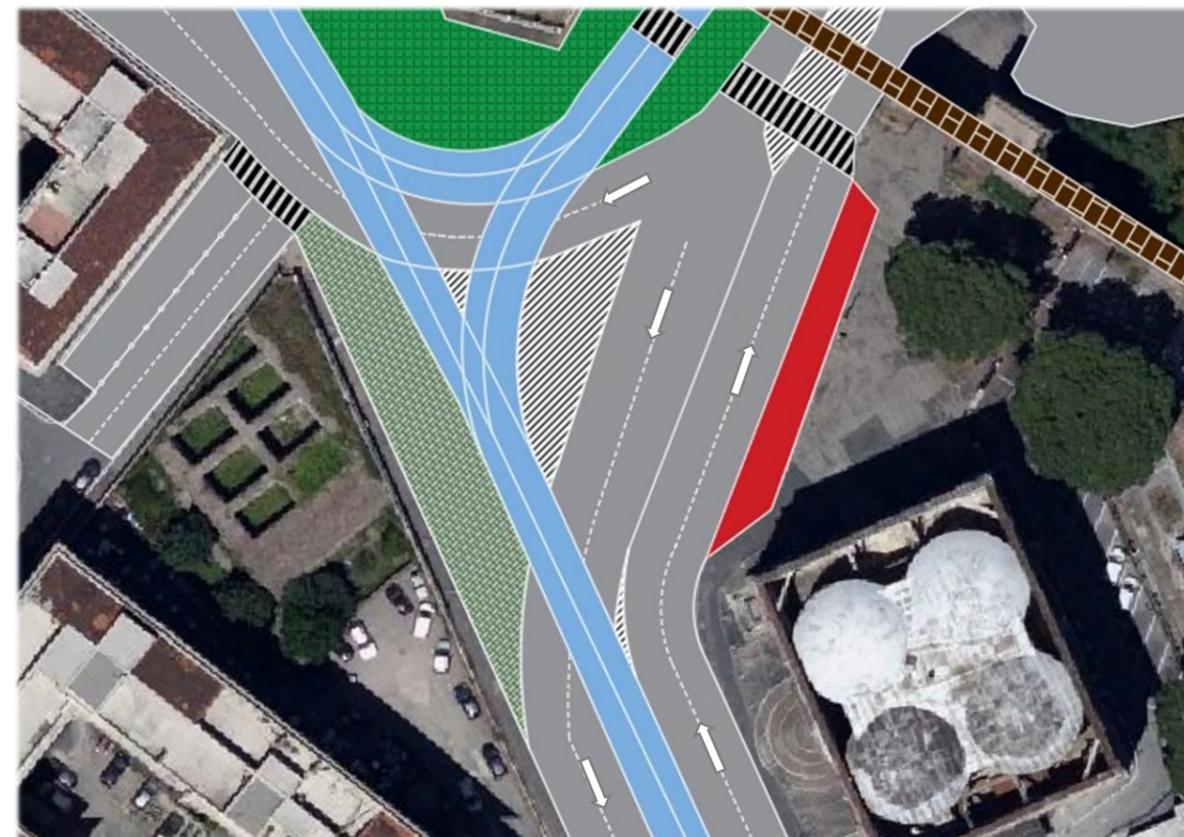
Se genera una nueva entrada entre la intersección 4 y la 5 en la vía Germano Someiller. Esta sirve para el tráfico que une la vía Eleniana con la Via Porta Maggiore y con la vía Giovanni Giolitti. Se ha desviado debido a que con la modificación de las calles el número de vehículos que seleccionen este trayecto es poco numeroso. Antes tampoco era excesivamente abultado. De este modo se prescinde del giro a izquierdas en intersección 5.



## INTERSECCIÓN 5

Esta intersección cuenta con dos carriles de entrada y dos de salida como anteriormente, con la diferencia de que los de salida provienen de la intersección 6 en lugar de hacerlo desde la 4 como en la manera original de la glorieta. Los vehículos que provienen ahora desde la intersección 6 pueden abandonarla por la 5 como se ha comentado o continuar rodeando la plaza hacia la intersección 4.

Además, se cuenta con las entradas y salidas del tranvía por la vía Eleniana, creando así un nuevo cruce con los vehículos procedentes de la intersección 6, bien sea para marcharse por la 5 o para mantenerse hacia la 4.

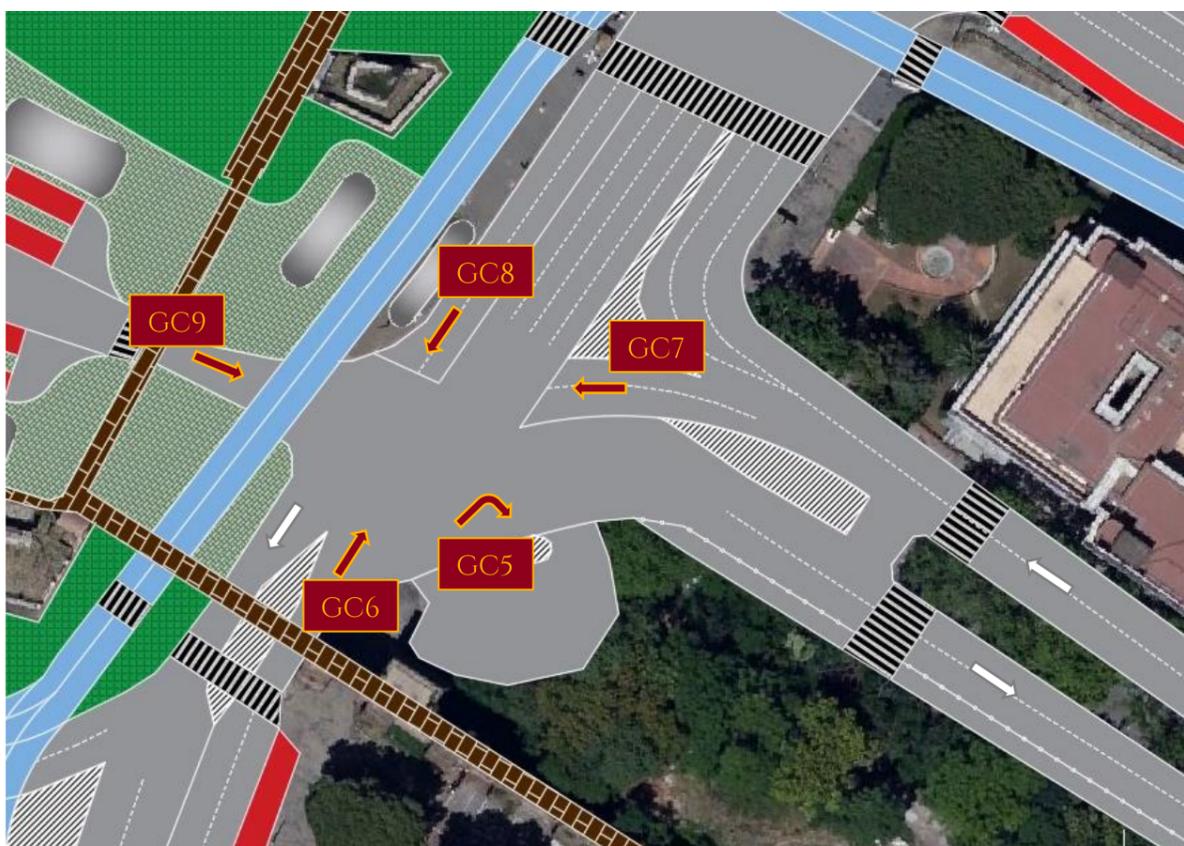


## INTERSECCIÓN 6

Los vehículos que provienen de la intersección 5 tienen la posibilidad de continuar hacia la intersección 7 o de abandonar la plaza con un giro a derechas como ocurría en la glorieta hacia la vía Casilina.

Los que realizan el camino desde la intersección 7 deben de continuar recto hacia la intersección 5.

Se cuenta también con la incorporación de autobuses desde el interior de la plaza. Estos autobuses pueden tomar cualquiera de las tres direcciones, es decir, dirigirse hacia la intersección 5, hacia la 7 o continuar recto hacia la vía Casilina.



## INTERSECCIÓN 7

Es la intersección con mayor número de carriles. A la llegada al cruce se cuenta con un total de 14 entre las diferentes direcciones. Los que provienen de la intersección 1 pueden continuar en la plaza o abandonarla con un giro a izquierdas por la vía Prenestina.

Por su parte, tanto los provenientes de la intersección 5 como desde la 6 tienen la posibilidad de continuar hacia el barrio de San Lorenzo o girar, en este caso a derechas, hacia la vía Prenestina.

Por último, los que pretenden incorporarse desde la propia vía Prenestina lo pueden hacer hacia la derecha dirección San Lorenzo o hacia la izquierda hacia la intersección 5.

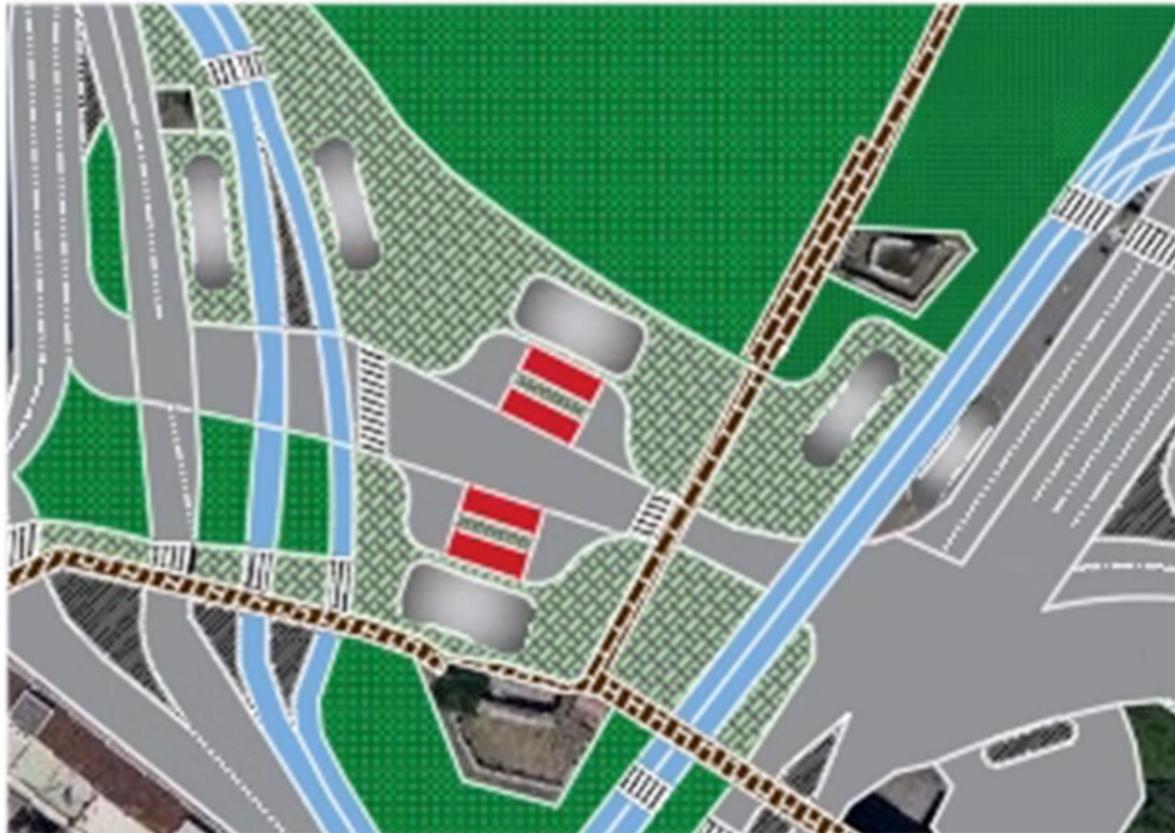


## INTERCAMBIADOR CENTRAL

Se eliminan las paradas de bus que ralentizaban el tráfico y se incluyen en el intercambiador central creado en el interior de la plaza. Antes se contaba con alguna parada, pero sin ningún tipo de marquesina ni señalización por el estilo. Se pretende acondicionar de modo que se cuente con un total de 4 paradas simultáneas que permitan una mayor fluidez en el movimiento de pasajeros. Además, las paradas de tranvía se crean cerca de las de autobús, consiguiendo así una gran intermodalidad debido al alto flujo de tranvías y autobuses con los que cuenta esta plaza. El interior de esta parada de bus es exclusivo para estos, inaccesible por tanto para cualquier vehículo no autorizado.

## TRANSPORTE PÚBLICO

Debido a la creación del intercambiador y el cambio de direcciones y giros permitidos en la plaza, los autobuses y tranvías que por ella transitan ven modificado su lugar de parada, pero no su ruta. En la propuesta se mantienen todas las direcciones de autobuses y tranvía, modificando únicamente el punto exacto de carga y descarga de pasajeros.



## REGULACIÓN SEMAFÓRICA

La propuesta semafórica para la plaza cuenta con un ciclo de 120 segundos y con 3 fases diferenciadas. En las siguientes imágenes se puede observar la numeración y localización de cada uno de los semáforos.

La intersección 1 cuenta con tres semáforos encargados de regular el tráfico entre los vehículos que se incorporan a la plaza y los tranvías que entran y salen. El semáforo de los vehículos se mantiene constantemente en verde excepto cuando se acerque un tranvía, al que se le dará prioridad.

Sucede del mismo modo en la intersección 3 con los vehículos que, en este caso, abandonan Porta Maggiore. Además, este cruce cuenta con dos más en la entrada de la vía di Porta Maggiore para regular el cruce de peatones con tranvías.

En la intersección 4 son necesarios dos semáforos que regulen el giro a izquierdas de los autobuses para entrar al intercambiador, así como otros dos para evitar conflictos de tráfico en la salida hacia la vía Statilia. En el caso de los que regulan la entrada de los autobuses sucede como con los del tranvía, es decir, se mantienen siempre en verde para los vehículos excepto cuando se cruce un autobús. En cuanto a los semáforos de salida hacia Statilia se mantiene en verde 80 segundos para los que se incorporan desde la intersección 5 y 40 segundos para los que provienen de la 3. Esto se debe a que el flujo de vehículos que atraviesan el grupo de carriles proveniente de la intersección 5 es el doble, además de tener un solo carril de incorporación en lugar de dos.

La intersección 4.1 cuenta con un solo semáforo, situado en la incorporación desde la vía Germano Sommeiller. Este se mantiene en ámbar durante dos de las tres fases, incorporándose así cediendo el paso a los vehículos que provienen de la intersección 5. Estos tienen el propio semáforo antes de intersecar con el tranvía. Este semáforo se mantiene en verde dos de las tres fases, y se hace coincidir la primera fase verde de este semáforo con la fase en rojo del semáforo de la intersección 4.1, ya que es la fase que más vehículos aglutina.

Se tienen otros 2 semáforos en la salida de la intersección 5, para resolver el cruce del tranvía con los vehículos que circulan hacia la vía Eleniana.

En lo relativo a la intersección 6 se tienen 4 semáforos para regular este cruce. Los que permiten la circulación principal cuentan con dos de las tres fases en verde, mientras que las incorporaciones cuentan con una fase, siendo la del autobús en verde y la proveniente de la vía Casilina en ámbar.

La intersección 7 es la más compleja en lo relativo a la semaforización, ya que cuenta con un total de 11 semáforos. Dos son destinados al tranvía, 4 a la circulación proveniente de la intersección 6, 3 para los que lo hacen desde la 1 y 2 para los que se incorporan desde la vía Prenestina.

La distribución de los tiempos de los ciclos se resume en la siguiente figura. Se pretende la coordinación de todas las intersecciones de la plaza de modo que ayude a la fluidez de la circulación. De todos modos, se debe recordar que el número de tranvías es muy elevado, aproximadamente uno cada dos minutos, por lo que empeora mucho el ritmo del tráfico.



## V.II CÁLCULO CON HCM

### V.II.I INTENSIDAD DE SATURACIÓN

De forma análoga al estudio realizado anteriormente se realiza de nuevo el cálculo del nivel de servicio, siendo en este caso el dedicado a la nueva forma de la intersección. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

GC	Intersección 4		Intersección 4.1		Intersección 6				
	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC9
Vehículos ligeros	367	657	35	2229	330	1299	655	2996	45
Vehículos pesados	0	0	6	42	0	3	9	18	0

GC	Intersección 7							
	GC10	GC11	GC12	GC13	GC14	GC15	GC16	GC17
Vehículos ligeros	2006	54	90	1123	859	462	177	22
Vehículos pesados	6	0	0	12	6	12	0	0

	Intersección 4		Intersección 4.1		Intersección 6				
	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC9
s0	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
fw	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fHVg	1	1	0,86	0,99	1	0,998	0,989	0,995	1
fp	1	1	0,88	1	1	1	1	1	1
fb	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fa	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fLU	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fLT	1	1,05	0,95	1	1	1	0,95	1	1,05
fRT	1	1	1	1	1,02	1	1	1	1,02
fLpb	1	1	0,73	1	1	1	1	1	1
fRpb	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fwz	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fms	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fsp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
s (veh/h)	1900	2000	996	1872	1939	1897	1790	1891	2041

	Intersección 7							
	GC10	GC11	GC12	GC13	GC14	GC15	GC16	GC17
s0	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
fw	1	1	1	1	1	1	1	1
fHVg	0,998	1	1	0,992	0,994	0,979	1	1
fp	1	1	1	1	1	1	1	1
fb	1	1	1	1	1	1	1	1
fa	1	1	1	1	1	1	1	1
fLU	1	1	1	1	1	1	1	1
fLT	1	1,05	1	1,05	1	1	1	1
fRT	1	1	1	1	1	1,02	1	1,02
fLpb	1	1	1	1	1	1	1	1
fRpb	1	1	1	1	1	1	1	1
fwz	1	1	1	1	1	1	1	1
fms	1	1	1	1	1	1	1	1
fsp	1	1	1	1	1	1	1	1
s (veh/h)	1896	2000	1900	1983	1890	1899	1900	1939

### V.II.II CAPACIDAD

GC	interseccion 4		Intersección 4.1		Intersección 6				
	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC9
N	2	1	2	2	1	1	2	2	1
s (veh/h)	1900	2000	996	1872	1939	1897	1790	1891	2041
g/C	0,333	0,667	0,333	0,667	0,667	0,800	0,200	0,800	0,200
c (veh/h)	1267	1333	664	2496	1293	1517	715,95	3026	408
¿ATASCA?	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

GC	Intersección 7							
	GC10	GC11	GC12	GC13	GC14	GC15	GC16	GC17
N	2	2	2	2	2	2	1	1
s (veh/h)	1896	2000	1900	1983	1890	1899	1900	1939
g/C	0,667	0,333	0,667	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333
c (veh/h)	2527	1333	2533	1322	1260	1266	633	646
¿ATASCA?	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

# V.II.III DEMORA Y NIVEL DE SERVICIO

	Intersección 4		Intersección 4,1		Intersección 6				
GC	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC9
v (veh/h)	367	657	35	2229	330	1299	655	2996	45
C (veh/h)	1267	1333	664	2496	1293	1517	716	3026	408
X	0,290	0,493	0,053	0,893	0,255	0,856	0,915	0,99	0,110
g/c	0,333	0,667	0,333	0,667	0,667	0,800	0,200	0,800	0,200
P	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PF	1,213	1,160	1,246	0,969	1,219	0,993	0,955	0,9	1,241
d1 (seg)	14,094	15,816	12,354	20,053	13,825	19,604	20,322	21,297	12,753

	Intersección 7							
GC	GC10	GC11	GC12	GC13	GC14	GC15	GC16	GC17
v (veh/h)	2006	54	90	1123	859	462	177	22
C (veh/h)	2527	1333	2533	1322	1260	1266	633	646
X	0,794	0,041	0,036	0,849	0,682	0,365	0,279	0,034
g/c	0,667	0,333	0,667	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333
P	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PF	1,030	1,247	1,248	0,997	1,087	1,196	1,215	1,248
d1 (seg)	18,876	12,271	12,237	19,523	17,658	14,705	14,013	12,227

	Intersección 4		Intersección 4,1		Intersección 6				
GC	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC9
T(h)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
k	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
d2 (seg)	0,116	0,262	0,030	1,177	0,095	1,383	4,802	5,407	0,109

	Intersección 7							
GC	GC10	GC11	GC12	GC13	GC14	GC15	GC16	GC17
T(h)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
k	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
d2 (seg)	0,545	0,011	0,005	1,503	0,610	0,163	0,220	0,020

	Intersección 4		Intersección 4,1		Intersección 6				
GC	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC9
d (seg)	14,210	16,078	12,384	21,230	13,920	20,987	25,124	26,705	12,862
NS	B	B	B	C	B	C	C	C	B

	Intersección 7							
GC	GC10	GC11	GC12	GC13	GC14	GC15	GC16	GC17
d (seg)	19,421	12,282	12,242	21,026	18,268	14,868	14,234	12,247
NS	B	B	B	C	B	B	B	B

## V.III CONCLUSIONES

Como se puede observar en el boceto de la propuesta las intersecciones 1 y 3 desaparecen debido a que los vehículos se limitan a continuar recto sin realizar ningún cruce con vehículos provenientes de otra dirección. Además, la intersección 2 desaparece debido a que ha sido peatonalizada.

Aparece, por su parte, la denominada como intersección 4.1, ya que se sitúa entre la 4 y la 5.

De los resultados se desprende una mejoría notable en lo que a nivel de servicio se refiere. De los 17 grupos de carriles generados no colapsa ninguno, obteniendo además 12 de estos de nivel B, 4 de nivel C y solamente 1 de nivel D.

Son, sin duda, resultados muy positivos en relación con la configuración actual de la plaza.

De nuevo, se quiere destacar que los resultados no reflejarían la realidad debido a fallos en el ajuste con la norma. Los numerosos tranvías que circulan por la plaza producen numerosas retenciones del tráfico y no se contemplan en el cálculo.

De todos modos, este tipo de elementos se han tenido en cuenta y se ha tratado de reducir el número de intersecciones tranviarias. También los famosos “embudos” de Porta Maggiore que, aunque no lo recoja la norma de forma directa, en la propuesta se trata de no generar un gran número de carriles antes de la llegada a un arco de la muralla.

Además, esta solución permite la mejora interdisciplinar e intermodal de la plaza. No solo mejora la parte del tráfico, sino que mejora la peatonalización y el medio ambiente, así como el incremento de la seguridad.

La parte intermodal se mejora debido al nuevo intercambiador que facilita los transbordos entre autobuses, así como entre autobús y tranvía.





# BIBLIOGRAFÍA



- ❖ «Mappe». *Atac*, <https://www.atac.roma.it/utility/mappe>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ <https://viaggiacon.atac.roma.it/>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ «Esquilino, il rione di Roma dove anche gli immigrati hanno paura e vogliono fuggire». *Corriere della Sera*, 19 de febrero de 2018, <http://www.corriere.it/video-articles/2018/02/19/esquilino-quartiere-roma-dove-anche-immigrati-hanno-paura-vogliono-fuggire/6a727084-1552-11e8-83e1-221a94978c8b.shtml>.
- ❖ Berretta, Niccolò. «Ho passato una notte a Termini». *Vice*, 14 de abril de 2015, <https://www.vice.com/it/article/qbgg9p/ho-passato-una-notte-stazione-termini-593>.
- ❖ *#mapparoma4 - A Esquilino un residente su cinque è straniero, a Torino solo tre ogni cento - #mapparoma*. 4 de marzo de 2016, <https://www.mapparoma.info/mappe/mapparoma4-esquilino-straniero-torino/>.
- ❖ «Barrios a evitar en Roma - Zonas peligrosas para los turistas + mapa». *Maleta loca*, 30 de junio de 2021, <https://maletaloca.com/barrios-a-evitar-en-roma/>.
- ❖ «Stazione Termini: rubano telefoni cellulari ai turisti, due ladri in manette». *RomaToday*, <https://www.romatoday.it/cronaca/rubano-telefoni-ai-turisti-arrestati.html>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ «Basílica de Santa María la Mayor». *Wikipedia, la enciclopedia libre*, 28 de agosto de 2022. *Wikipedia*, [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bas%C3%ADlica\\_de\\_Santa\\_Mar%C3%ADa\\_la\\_Mayor&oldid=145630990](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bas%C3%ADlica_de_Santa_Mar%C3%ADa_la_Mayor&oldid=145630990).
- ❖ «Piazza Vittorio Emanuele II». *Wikipedia, la enciclopedia libre*, 3 de noviembre de 2020. *Wikipedia*, [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Piazza\\_Vittorio\\_Emanuele\\_II&oldid=130612110](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Piazza_Vittorio_Emanuele_II&oldid=130612110).
- ❖ «Porta Maggiore». *Wikipedia*, 8 de abril de 2022. *Wikipedia*, [https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Porta\\_Maggiore&oldid=126682425](https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Porta_Maggiore&oldid=126682425).
- ❖ «Stazione di Porta Maggiore». *Wikipedia*, 30 de mayo de 2022. *Wikipedia*, [https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Stazione\\_di\\_Porta\\_Maggiore&oldid=127640251](https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Stazione_di_Porta_Maggiore&oldid=127640251).
- ❖ «Rete tranviaria di Roma». *Wikipedia*, 22 de agosto de 2022. *Wikipedia*, [https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Rete\\_tranviaria\\_di\\_Roma&oldid=128945579](https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Rete_tranviaria_di_Roma&oldid=128945579).



# BIBLIOGRAFÍA



- ❖ «Ferrovia Roma-Giardinetti». *Wikipedia*, 28 de junio de 2022. *Wikipedia*, [https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Ferrovia\\_Roma-Giardinetti&oldid=128120749](https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Ferrovia_Roma-Giardinetti&oldid=128120749).
- ❖ «Basílica subterránea de Porta Maggiore». *Wikipedia, la enciclopedia libre*, 21 de agosto de 2022. *Wikipedia*, [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bas%C3%ADlica\\_subterr%C3%A1nea\\_de\\_Porta\\_Maggiore&oldid=145504313](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bas%C3%ADlica_subterr%C3%A1nea_de_Porta_Maggiore&oldid=145504313).
- ❖ *EZ Map - Google Maps Made Easy*. <https://ezmap.co/?page=8>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ «<https://www.swarco.com/products/software/urban-traffic-management/omnia>». *SWARCO*, <https://www.swarco.com/products/software/urban-traffic-management/omnia>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ *Las Murallas Aurelianas Traen Tráfico A Roma Fotografía editorial - Imagen de hora, puerta: 168252752*. <https://es.dreamstime.com/las-murallas-aurelianas-traen-tráfico-roma-italia-de-diciembre-cola-lo-largo-aureliano-cerca-porta-maggiore-image168252752>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ «Corteo nazionale dei vigili a Roma, traffico bloccato in centro e maxi ingorgo a Porta Maggiore». *la Repubblica*, 12 de febrero de 2015, [https://roma.repubblica.it/cronaca/2015/02/12/foto/corteo\\_nazionale\\_dei\\_vigili\\_a\\_roma\\_traffico\\_bloccato\\_in\\_centro\\_e\\_maxi\\_ingorgo\\_a\\_porta\\_maggiore-107129097/1/](https://roma.repubblica.it/cronaca/2015/02/12/foto/corteo_nazionale_dei_vigili_a_roma_traffico_bloccato_in_centro_e_maxi_ingorgo_a_porta_maggiore-107129097/1/).
- ❖ «Corteo nazionale dei vigili a Roma, traffico bloccato in centro e maxi ingorgo a Porta Maggiore». *la Repubblica*, 12 de febrero de 2015, [https://roma.repubblica.it/cronaca/2015/02/12/foto/corteo\\_nazionale\\_dei\\_vigili\\_a\\_roma\\_traffico\\_bloccato\\_in\\_centro\\_e\\_maxi\\_ingorgo\\_a\\_porta\\_maggiore-107129097/1/](https://roma.repubblica.it/cronaca/2015/02/12/foto/corteo_nazionale_dei_vigili_a_roma_traffico_bloccato_in_centro_e_maxi_ingorgo_a_porta_maggiore-107129097/1/).
- ❖ *henri cartier bresson roma - Búsqueda de Google*. [https://www.google.com/search?q=henri+cartier+bresson+roma&sxsrf=ALiCzsauZuSCwhhHd\\_ARbrBdsExpf5OHOQ:1659628487161&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjKur7zxa35AhXLhM4BHw7DFkQ\\_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=657&dpr=1#imgsrc=52BRqwczG1KqqM](https://www.google.com/search?q=henri+cartier+bresson+roma&sxsrf=ALiCzsauZuSCwhhHd_ARbrBdsExpf5OHOQ:1659628487161&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjKur7zxa35AhXLhM4BHw7DFkQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=657&dpr=1#imgsrc=52BRqwczG1KqqM). Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ «Roma Sparita. Foto storiche di Roma - porta maggiore». *Roma Sparita | Foto storiche*, [https://www.romasparita.eu/foto-romasparita/search/porta\\_maggiore](https://www.romasparita.eu/foto-romasparita/search/porta_maggiore). Accedido 2 de septiembre de 2022.



# BIBLIOGRAFÍA



- ❖ «Turismo Roma». *Turismo Roma*, <https://www.turismoroma.it/es>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ «Tour por el centro de Roma en un clásico FIAT 500 en 90 minutos». *ITALYXP.COM*, <https://italyxp.com/es/roma/tours/paseo-en-fiat-500-vintage>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ «Pin on Fiat 500». *Pinterest*, <https://www.pinterest.com/pin/gotaycom--367465650817782393/>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ «<https://twitter.com/historiaromana/status/128199438555693570>». *Twitter*, <https://twitter.com/historiaromana/status/128199438555693570>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ «Pin by Audrey Rottier on Italiasmo | Italy street, Rome travel, Italy travel rome». *Pinterest*, <https://www.pinterest.co.uk/pin/8653-likes-57-comments-onder-turkmen-onthere-on-instagram-streets-of-rome--75224256259644030/>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ Luca, Marco De. «Roma: è caduta una parte dell'arco di Porta Maggiore». *Cronachedi*, 14 de junio de 2022, <https://cronachedi.it/roma-e-caduta-una-parte-dellarco-di-porta-maggiore/>.
- ❖ «Roma 1951 Henri Cartier-Bresson». *Oscar en Fotos*, 16 de febrero de 2013, <https://oscarenfotos.com/2012/02/05/galeria-henri-cartier-bresson-tiempos-modernos/roma-1951-henri-cartier-bresson/>.
- ❖ Almeida, Jefferson de. *Os encantos de Roma: A cidade eterna por Itália em Português*. <https://jeffersondealmeida.com.br/os-encantos-de-roma-a-cidade-eterna-por-italia-em-portugues/>. Accedido 2 de septiembre de 2022.
- ❖ Andrea. «Roma e le automobili (1975)». *Roma Ieri Oggi*, 19 de mayo de 2020, <https://romaierioggi.it/roma-e-le-automobili-1975/>.



# PRESUPUESTO

## PRESUPUESTO Y MEDICIONES

usuario 2022-09-05 18:56:21

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	MPORTE
<b>01</b>	<b>Trabajos previos</b>							
01.01	m <sup>2</sup> Demolición de aceras e isletas Demolición de pavimentos de baldosa hidráulica, realizada con martillo neumático, retirada de escombros v cara. sin incluir transporte a vertedero, según NTE/ADD-10.					1.950,44	12,35	24.087,93
01.02	m <sup>2</sup> Demolición de firme Demolición completa de solera de hormión espesor hasta 20cm. con medios mecánicos, con retirada de escombros v cara. sin incluir transporte a vertedero. Criterio de medición: se mide la superficie construida que figura en el catastro, por lo que el contratista deberá inspeccionar antes de la oferta, la superficie v demás características de todos los elementos constructivos a demoler.							
						2.753,27	8,21	22.604,35
	<b>TOTAL 01.....</b>							<b>46.692,28</b>
<b>02</b>	<b>Firmes y pavimentos</b>							
02.01	m <sup>2</sup> Aceras e isletas					11.879,41	21,38	253.981,79
02.02	m <sup>2</sup> Fime de la intersección					243,63	56,89	13.860,11
	<b>TOTAL 02.....</b>							<b>267.841,90</b>
<b>03</b>	<b>Señalización</b>							
	<b>TOTAL 03.....</b>							<b>33.021,29</b>
<b>04</b>	<b>Plantas, árboles y jardines</b>							
	<b>TOTAL 04.....</b>							<b>554.192,50</b>
<b>05</b>	<b>Tranvía</b>							
05.01	m <sup>2</sup> Retirada de vías actuales					11.909,36	100,00	1.190.936,00
	<b>TOTAL 05.....</b>							<b>1.190.936,00</b>
<b>06</b>	<b>Seguridad y salud</b>							
	<b>TOTAL 06.....</b>							<b>50.000,00</b>
<b>07</b>	<b>Servicios afectados</b>							
	<b>TOTAL 07.....</b>							<b>100.000,00</b>
<b>08</b>	<b>Mantenimiento del tráfico</b>							
	<b>TOTAL 08.....</b>							<b>50.000,00</b>
<b>09</b>	<b>Terminación y puesta en servicio</b>							
	<b>TOTAL 09.....</b>							<b>40.000,00</b>

## PRESUPUESTO Y MEDICIONES

usuario 2022-09-05 18:56:21

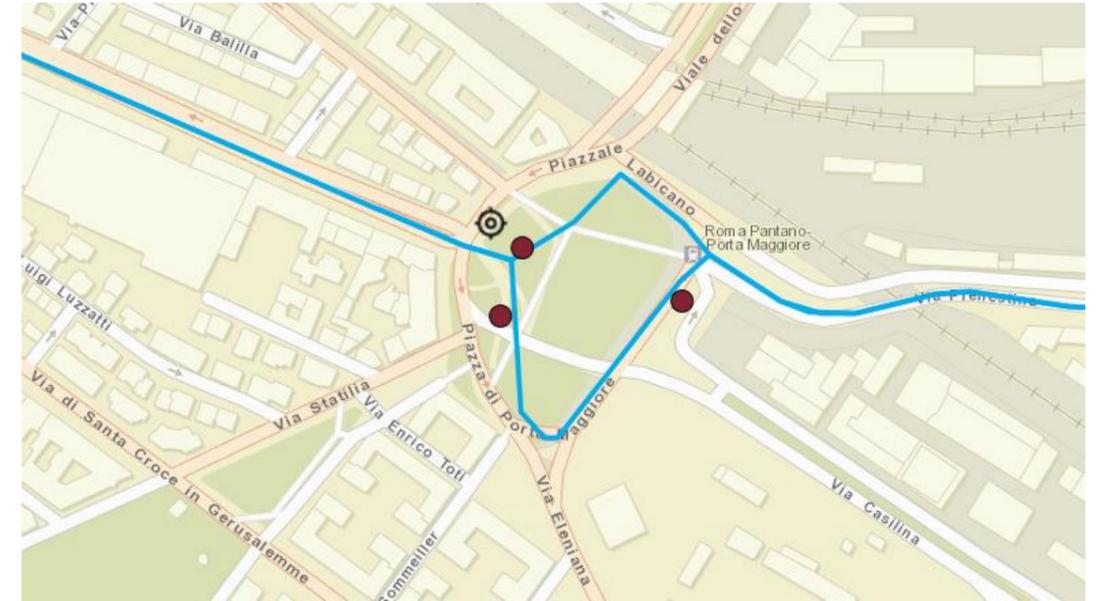
CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	MPORTE
<b>10</b>	<b>Gestión de residuos</b>							
	<b>TOTAL 10.....</b>							<b>305.000,00</b>
	<b>TOTAL.....</b>							<b>2.637.683,97</b>

IO3IO4

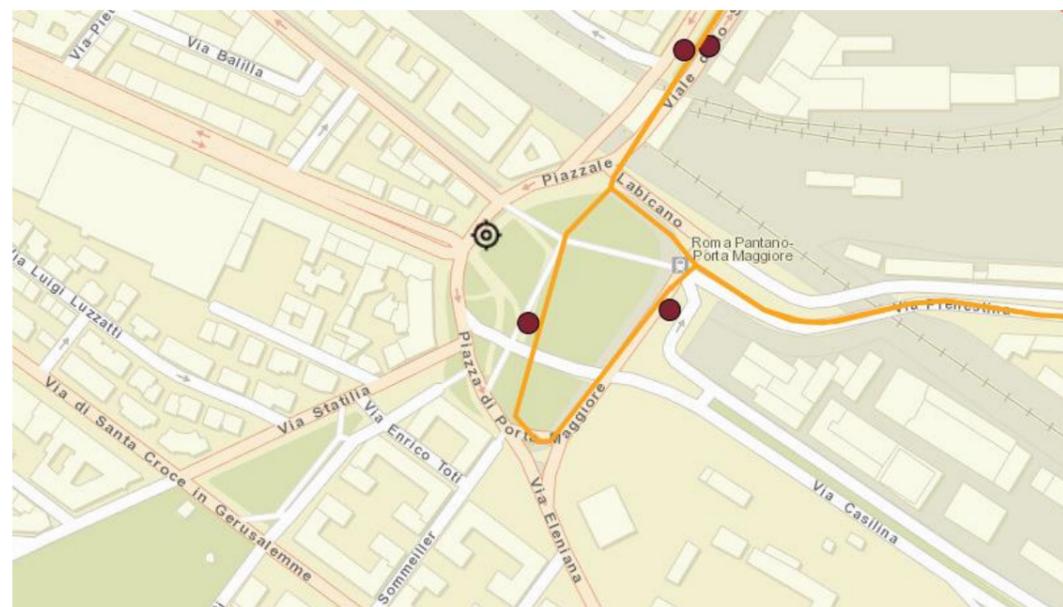
❖ Línea 105



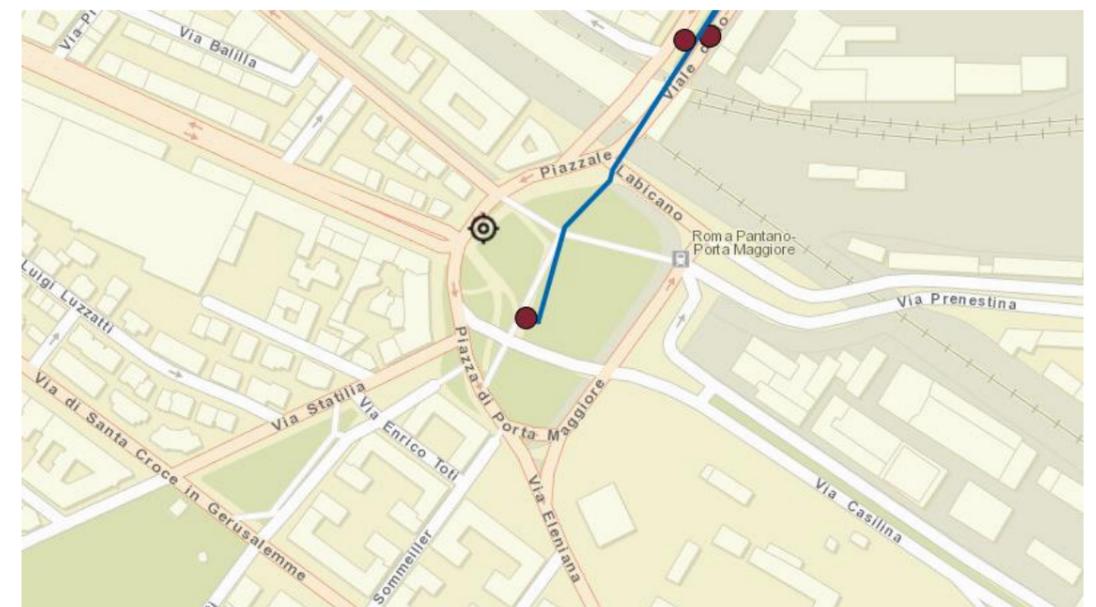
❖ Línea 14



❖ Línea 19

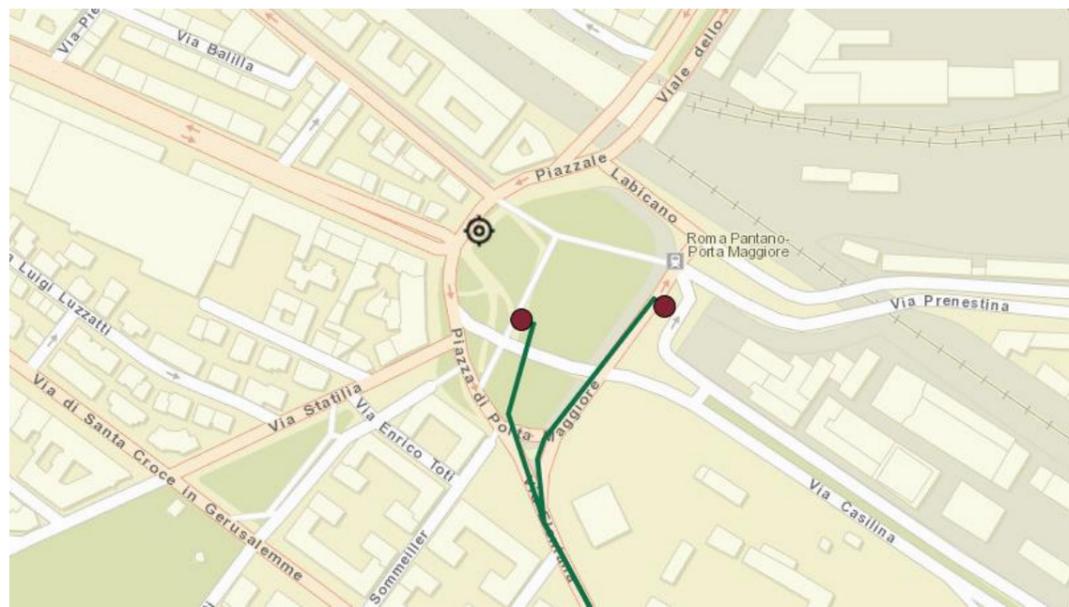


❖ Línea 2

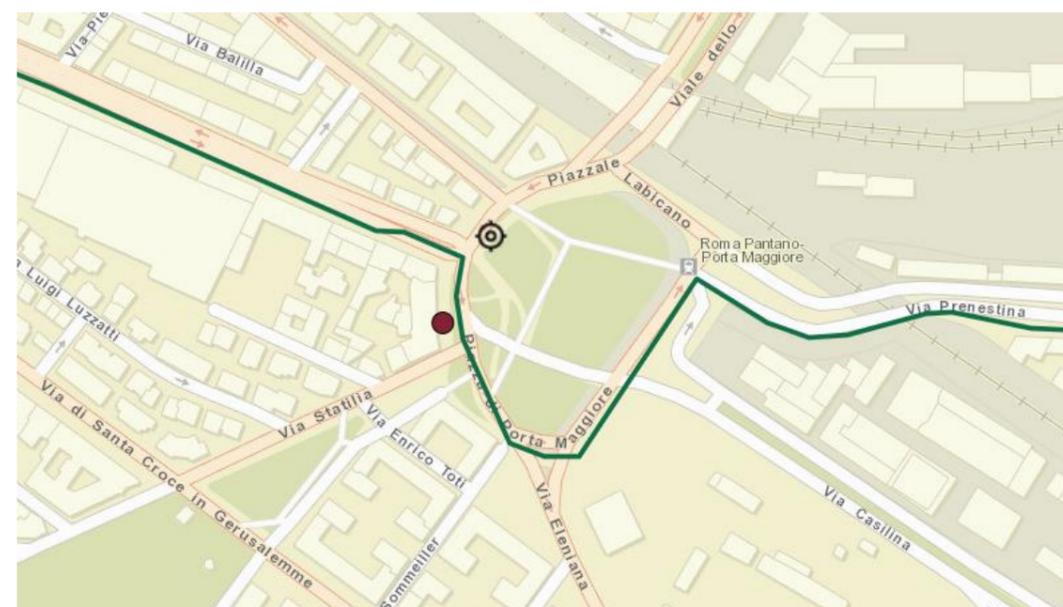




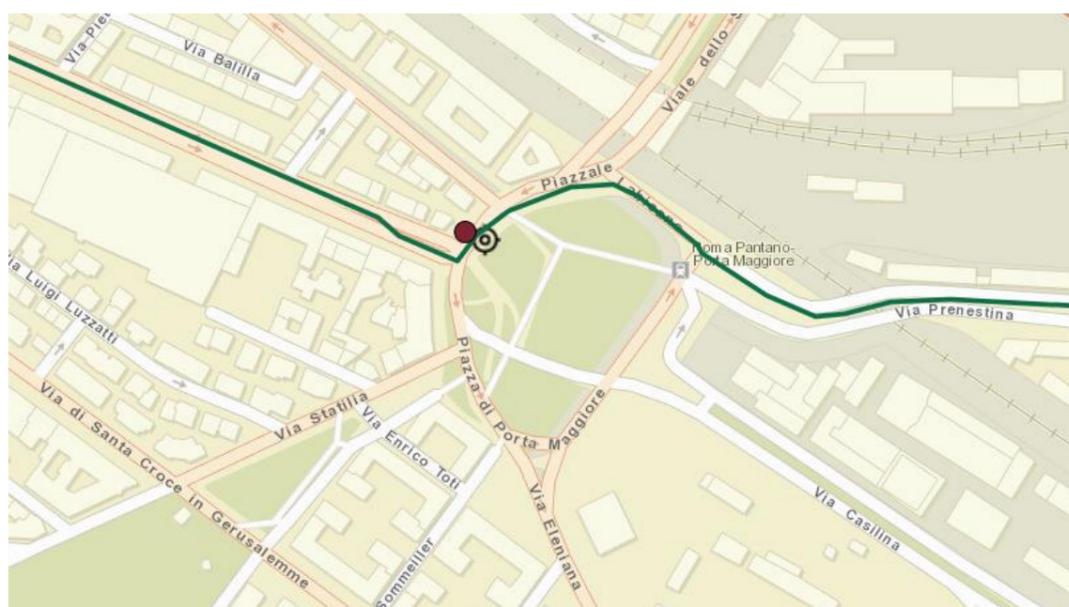
❖ Línea 8BUS



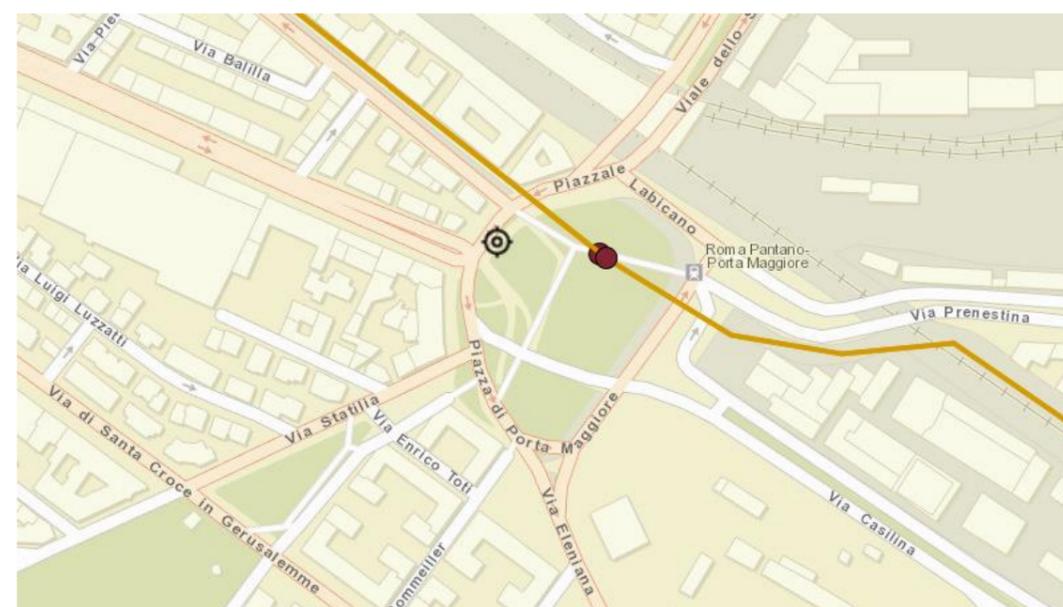
❖ Línea A10



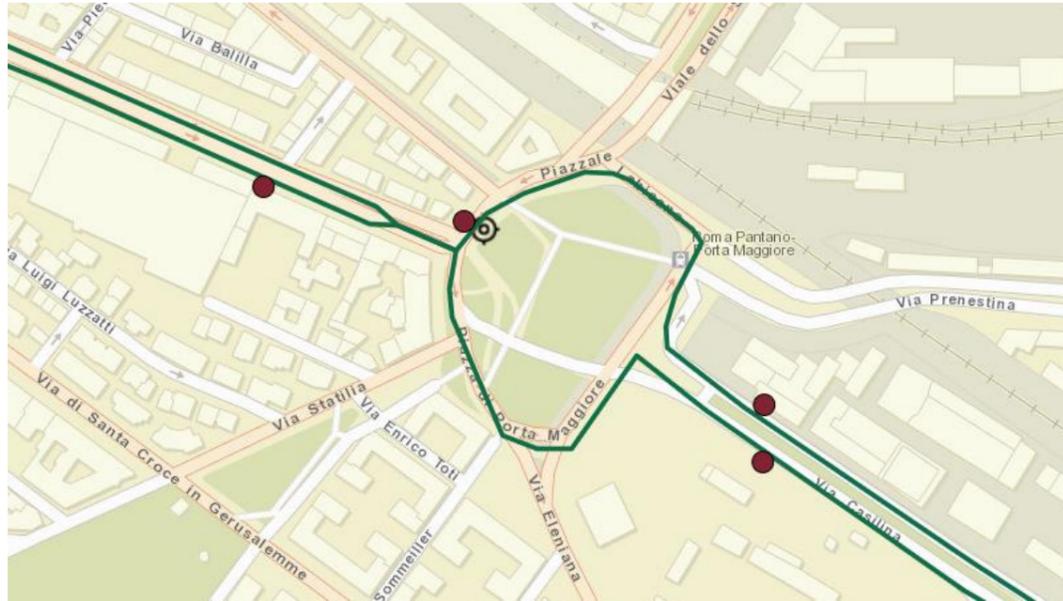
❖ Línea A01



❖ Centocelle



❖ Línea n11



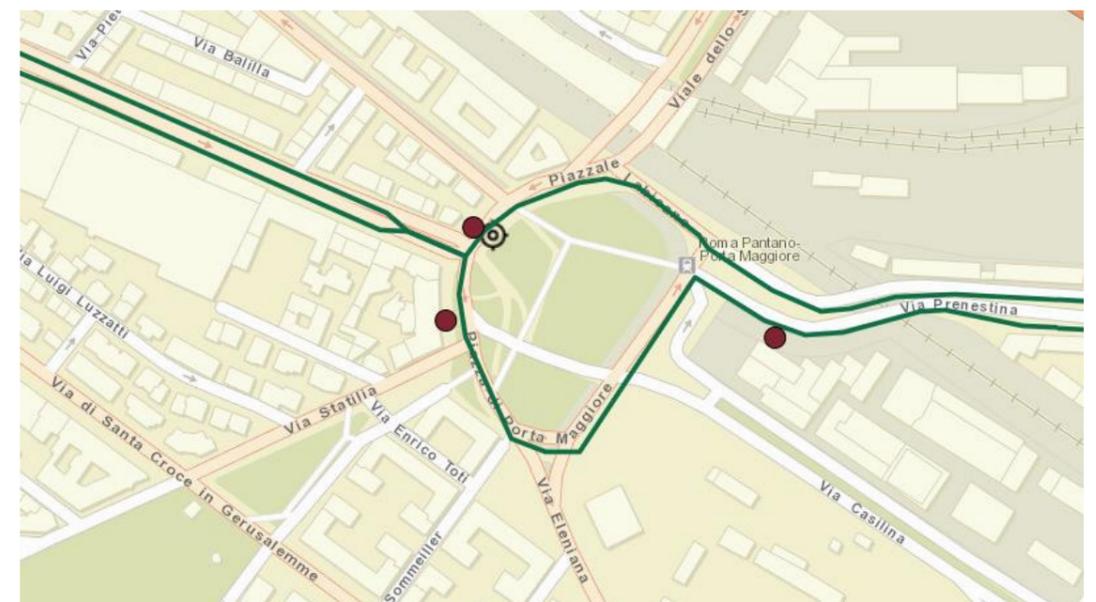
❖ Línea n3s



❖ Línea n3d



❖ Línea n5



# ANEJO I

## ❖ Línea n543

