



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Estudio de la funcionalidad del tráfico mediante  
microsimulación para la priorización semafórica de la Línea  
10 de Metrovalencia (València)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Arnal Palacios, Christian

Tutor/a: Villalba Sanchis, Ignacio

Cotutor/a: Moll Montaner, Sara

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022





# ÍNDICE

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.   | ANTECEDENTES.....   | 6  |
| 2.   | OBJETO.....   | 6  |
| 3.   | ÁMBITO DE ESTUDIO Y ALCANCE.....  | 7  |
| 3.1. | Situación y entorno de la línea 10.....   | 7  |
| 3.2. | Intersecciones implicadas.....  | 7  |
| 3.3. | Simplificación del análisis.....  | 9  |
| 4.   | RECOPIACIÓN DE DATOS GEOMÉTRICOS.....   | 10 |
| 4.1. | Descripción general de la intersección analizada.....                           | 10 |
| 4.2. | Creación de la geometría en Aimsun Next.....                                    | 11 |
| 5.   | RECOPIACIÓN DE DATOS DE TRÁFICO.....  | 13 |
| 5.1. | Señalización y maniobras permitidas.....  | 13 |
| 5.2. | Campaña de aforos.....  | 15 |
| 5.3. | Líneas de autobús urbano.....   | 20 |
| 5.4. | Frecuencias de paso del tranvía.....  | 22 |
| 6.   | DIAGNÓSTICO CON LA REGULACIÓN ACTUAL.....                                       | 24 |
| 6.1. | Definición del escenario inicial.....   | 24 |
| 6.2. | Calibración del modelo.....   | 25 |
| 6.3. | Tamaño muestral de los resultados.....  | 26 |
| 6.4. | Descripción de las variables analizadas.....                                    | 27 |
| 6.5. | Análisis de resultados del escenario inicial.....                               | 29 |
| 6.6. | Introducción del tranvía en el escenario inicial.....                           | 34 |
| 7.   | DIAGNÓSTICO DE LOS DIFERENTES ESCENARIOS.....                                   | 35 |
| 7.1. | Planteamiento de los escenarios de estudio.....                                 | 35 |
| 7.2. | E1: Priorización total del tranvía con la demanda actual de tráfico.....        | 36 |
| 7.3. | E2: Priorización total del tranvía con la demanda de tráfico al 120%.....       | 41 |
| 7.4. | E3: Priorización total del tranvía con la demanda de tráfico al 140%.....       | 46 |
| 7.5. | E4: Priorización total del tranvía cada 5 min y demanda de tráfico al 120%..... | 49 |



|  |    |
|--|----|
| 7.6. Conclusiones de los resultados y comparativa..... | 53 |
| 8. CONCLUSIONES .....                                  | 64 |
| 9. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE .....            | 66 |
| 10. REFERENCIAS.....                                   | 67 |
| ANEXOS .....   | 68 |
| I.  Ámbito de estudio y alcance .....                  | 68 |
| II. Recopilación de datos de tráfico .....             | 75 |
| III. Diagnóstico con la situación actual .....         | 84 |
| IV. Diagnóstico de los diferentes escenarios .....     | 86 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Recorrido de la línea 10 de Metrovalencia. (Fuente: <a href="https://www.metrovalencia.es/">https://www.metrovalencia.es/</a> ). .....        | 7  |
| Figuras 2 a - c. Intersecciones del tipo glorieta. (Fuente: <a href="https://visor.gva.es/visor/">https://visor.gva.es/visor/</a> ). .....              | 8  |
| Figura 3. Intensidades para tráfico motorizado. (Fuente: Ajuntament de València). .....   | 8  |
| Figura 4. Intensidades carril bici días laborables febrero 2022. (Fuente: Ajuntament de València). .....  | 9  |
| Figura 5. Vista aérea de la glorieta. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 10 |
| Figuras 6 a - c. Imágenes tomadas en la campaña fotográfica. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 11 |
| Figura 7. Geometría creada en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 12 |
| Figura 8. Esquema de la glorieta por sectores. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 13 |
| Figura 9. Maniobras de entrada. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 14 |
| Figura 10. Maniobras de entrada y de salida. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 14 |
| Figura 11. Maniobras permitidas en la glorieta. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 15 |
| Figura 12. Vista desde la cámara de grabación. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 15 |
| Figura 13. Alternativas de aproximación según la HCM. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 16 |
| Figura 14. Movimientos predominantes en la glorieta. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 19 |
| Figura 15. Datos de entrada introducidos en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 20 |
| Figura 16. Porcentajes de giro introducidos en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 20 |
| Figura 17. Líneas de la EMT que atraviesan la glorieta. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 20 |
| Figuras 18 a - b. Ejemplo de parada en visor 2D y 3D de Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 21 |
| Figura 19. Tranvía de la línea 10 de Metrovalencia. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 22 |
| Figura 20. Trazado de la línea 11 de Metrovalencia. (Fuente: <a href="https://contrataciondelestado.es/">https://contrataciondelestado.es/</a> ). ..... | 23 |
| Figura 21. Trazado de la línea 12 de Metrovalencia. (Fuente: <a href="https://contrataciondelestado.es/">https://contrataciondelestado.es/</a> ). ..... | 23 |
| Figura 22. Menú de fases semafóricas en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 24 |
| Figuras 23 a - b. Fases semafóricas del modelo. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 24 |
| Figura 24. Tabla de cálculo del nivel de servicio en intersecciones semaforizadas. (Fuente: HCM). .....   | 28 |
| Figura 25. Replicación 1 del modelo sin tranvía. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 29 |
| Figura 26. Control delay en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 30 |
| Figura 27. Flujo medio en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 30 |
| Figura 28. Tiempo de demora medio en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 31 |
| Figura 29. Cola media en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 32 |
| Figura 30. Cola virtual media en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 33 |
| Figura 31. Velocidad media en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 33 |
| Figura 32. Tiempos medios del tranvía en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 34 |
| Figura 33. Colocación de un detector de entrada en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 36 |
| Figura 34. Configuración de la prioridad semafórica en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 36 |
| Figura 35. Tiempos medios del tranvía en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 37 |
| Figura 36. Control delay en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 38 |
| Figura 37. Flujo medio en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia). .....   | 38 |



|   |    |
|---|----|
| Figura 38. Tiempo de demora medio en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).                        | 39 |
| Figura 39. Cola media en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).                                    | 40 |
| Figura 40. Cola virtual media en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).                            | 40 |
| Figura 41. Velocidad media en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).                               | 41 |
| Figura 42. Control delay en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).                                 | 42 |
| Figura 43. Flujo medio en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).                                   | 42 |
| Figura 44. Tiempo de demora medio en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).                        | 43 |
| Figura 45. Cola media en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).                                    | 44 |
| Figura 46. Cola virtual media en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).                            | 45 |
| Figura 47. Velocidad media en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).                               | 45 |
| Figura 48. Tiempos de parada del tranvía en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).                 | 46 |
| Figura 49. Control delay en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).                                 | 47 |
| Figura 50. Flujo medio en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).                                   | 47 |
| Figura 51. Tiempo de demora en Hermanos Maristas en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).         | 48 |
| Figura 52. Cola en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).  | 48 |
| Figura 53. Cola virtual en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).                                  | 49 |
| Figura 54. Control delay en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).                                 | 50 |
| Figura 55. Flujo medio en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).                                   | 50 |
| Figura 56. Tiempo de demora medio en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).                        | 51 |
| Figura 57. Cola media en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).                                    | 52 |
| Figura 58. Cola virtual media en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).                            | 52 |
| Figura 59. Velocidad media en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).                               | 53 |
| Figura 60. Comparativa del Control Delay. (Fuente: Elaboración propia).                                   | 54 |
| Figura 61. Comparativa del tiempo de demora medio. (Fuente: Elaboración propia).                          | 54 |
| Figura 62. Comparativa del tiempo de demora en Hermanos Maristas. (Fuente: Elaboración propia).           | 55 |
| Figura 63. Comparativa del tiempo de demora en Amado Granell. (Fuente: Elaboración propia).               | 55 |
| Figuras 64 a - d. Comparativa del tiempo de demora medio (completo). (Fuente: Elaboración propia).        | 56 |
| Figura 65. Comparativa de la cola media. (Fuente: Elaboración propia).                                    | 57 |
| Figura 66. Comparativa de la cola media en Amado Granell. (Fuente: Elaboración propia).                   | 57 |
| Figura 67. Comparativa de la cola media en Hermanos Maristas. (Fuente: Elaboración propia).               | 58 |
| Figura 68. Comparativa de velocidad media de autobuses. (Fuente: Elaboración propia).                     | 58 |
| Figura 69. Comparativa de velocidad media de turismos en Amado Granell. (Fuente: Elaboración propia).     | 59 |
| Figura 70. Comparativa de velocidad media de turismos en Hermanos Maristas. (Fuente: Elaboración propia). | 59 |
| Figuras 71 a - d. Comparativa de las velocidades medias (completo). (Fuente: Elaboración propia).         | 60 |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Datos descriptivos de las secciones de entrada/salida. (Fuente: Elaboración propia). .....                 | 10 |
| Tabla 2. Ejemplos de porcentajes de giro medios por aforo. (Fuente: Elaboración propia). .....                      | 16 |
| Tabla 3. Variaciones de % de giros por aforo respecto al total. (Fuente: Elaboración propia). .....                 | 17 |
| Tabla 4. Total de vehículos que entran en la glorieta. (Fuente: Elaboración propia). .....                          | 17 |
| Tabla 5. Variación de vehículos que entran en la glorieta respecto al aforo total. (Fuente: Elaboración propia). .. | 17 |
| Tabla 6. Datos de entrada del aforo seleccionado, 18:00 a 18:15h. (Fuente: Elaboración propia). .....               | 18 |
| Tabla 7. Datos del flujo de Amado Granell (arriba) y Hermanos Maristas (abajo). (Fuente: Elaboración propia). .     | 19 |
| Tabla 8. Frecuencias de la EMT entre las 18 y 19h. (Fuente: Elaboración propia). .....                              | 21 |
| Tabla 9. Ubicación de paradas y denominación. (Fuente: Elaboración propia). .....                                   | 22 |
| Tabla 10. Variables analizadas para la calibración del modelo. (Fuente: Elaboración propia). .....                  | 25 |
| Tabla 11. Valores del t-test realizado para la calibración del modelo. (Fuente: Elaboración propia). .....          | 26 |
| Tabla 12. Valores del test de Shapiro-Wilk para la calibración del modelo. (Fuente: Elaboración propia). .....      | 26 |
| Tabla 13. Valores del t-test realizado para el número de replicaciones. (Fuente: Elaboración propia). .....         | 27 |
| Tabla 14. Valores del test de Shapiro-Wilk para el número de replicaciones. (Fuente: Elaboración propia). .....     | 27 |
| Tabla 15. Análisis de flujo del escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....                              | 31 |
| Tabla 16. Análisis de tiempos de demora del escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....                  | 31 |
| Tabla 17. Análisis de tiempos de demora del escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....                  | 32 |
| Tabla 18. Análisis de velocidades del escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....                        | 34 |
| Tabla 19. Análisis de tiempos del tranvía del escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....                | 35 |
| Tabla 20. Escenarios de estudio planteados. (Fuente: Elaboración propia). .....                                     | 35 |
| Tabla 21. Análisis de tiempos del tranvía del escenario 1. (Fuente: Elaboración propia). .....                      | 37 |
| Tabla 22. Análisis de flujo del escenario 1. (Fuente: Elaboración propia). .....                                    | 38 |
| Tabla 23. Análisis de tiempos de demora del escenario 1. (Fuente: Elaboración propia). .....                        | 39 |
| Tabla 24. Análisis de tiempos de demora del escenario 1. (Fuente: Elaboración propia). .....                        | 40 |
| Tabla 25. Análisis de velocidades del escenario 1. (Fuente: Elaboración propia). .....                              | 41 |
| Tabla 26. Análisis de flujo del escenario 2. (Fuente: Elaboración propia). .....                                    | 42 |
| Tabla 27. Análisis de tiempos de demora del escenario 2. (Fuente: Elaboración propia). .....                        | 43 |
| Tabla 28. Análisis de tiempos de demora del escenario 2. (Fuente: Elaboración propia). .....                        | 44 |
| Tabla 29. Análisis de velocidades del escenario 2. (Fuente: Elaboración propia). .....                              | 45 |
| Tabla 30. Análisis de flujo del escenario 4. (Fuente: Elaboración propia). .....                                    | 50 |
| Tabla 31. Análisis de tiempos de demora del escenario 4. (Fuente: Elaboración propia). .....                        | 51 |
| Tabla 32. Análisis de tiempos de demora del escenario 4. (Fuente: Elaboración propia). .....                        | 52 |
| Tabla 33. Análisis de velocidades del escenario 4. (Fuente: Elaboración propia). .....                              | 53 |
| Tabla 34. Tabla resumen de resultados. (Fuente: Elaboración propia). .....  | 62 |
| Tabla 35. Tabla resumen con variaciones respecto a escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia). .....           | 64 |

## **1. ANTECEDENTES**

Según la Organización Mundial de la Salud, desde 2016 el 90% de los habitantes de las ciudades respiraba aire que no cumplía las normas de seguridad establecidas, en gran medida por las emisiones del transporte dentro de los núcleos urbanos. Por ello, se pretende proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público.

Además, la Ley 6/2011 de Movilidad de la Comunitat Valenciana expresa la intención de avanzar hacia un patrón más equilibrado de movilidad en el que los desplazamientos a pie y en bicicleta y el transporte público tengan un papel cada vez más relevante tanto en el corazón de los espacios metropolitanos como en los ámbitos cada vez más amplios a los que se extiende la movilidad cotidiana.

Por otro lado, el *Pla de Mobilitat Metropolitana de València* tiene que servir de unificador de las diferentes políticas de movilidad de cada Ayuntamiento, a la vez que pone el foco de atención en los problemas de carácter metropolitano, que exceden las competencias municipales, y que son los que ocasionan una mayor dependencia de los desplazamientos en modas mecanizadas, especialmente el vehículo privado.

La línea 10 de Metrovalencia es un proyecto de la Conselleria de Política Territorial, Obras Públicas y Movilidad de la Generalitat Valenciana, ubicado en el municipio de València. Su construcción fue paralizada en el año 2011 y se retomó en 2019 con el tramo comprendido entre las estaciones de Alacant y Natzaret. Se trata de un tranvía cuyo recorrido realiza un tramo en superficie, donde se cruza con el tráfico rodado y los peatones.

## **2. OBJETO**

El objeto de este estudio es conocer, mediante la técnica de microsimulación, la funcionalidad del tráfico para la priorización semafórica del tramo construido de la línea 10 de Metrovalencia. Además, se analizarán las diferentes variables que modifican las condiciones del tráfico a su paso por la línea de tranvía, considerando además escenarios alternativos.

De este modo, una vez analizados los resultados de las variables características del tráfico, se estudiarán los patrones que siguen con los escenarios alternativos de manera que el modelo se pueda prever con escenarios adicionales no incluidos en este estudio.



### 3. ÁMBITO DE ESTUDIO Y ALCANCE

#### 3.1. Situación y entorno de la línea 10

La línea 10 conecta las estaciones de Alacant y Natzaret en 5'32 km de recorrido, con un total de 8 estaciones. Cuenta con un tramo subterráneo desde Alacant hasta Amado Granell-Monteolivet, y con un tramo en superficie para el resto de la línea. Según Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (en adelante FGV), el material móvil estará compuesto por 7 unidades, que permitirá una frecuencia de 7'5 minutos los días laborables y 10 minutos para los fines de semana y festivos.

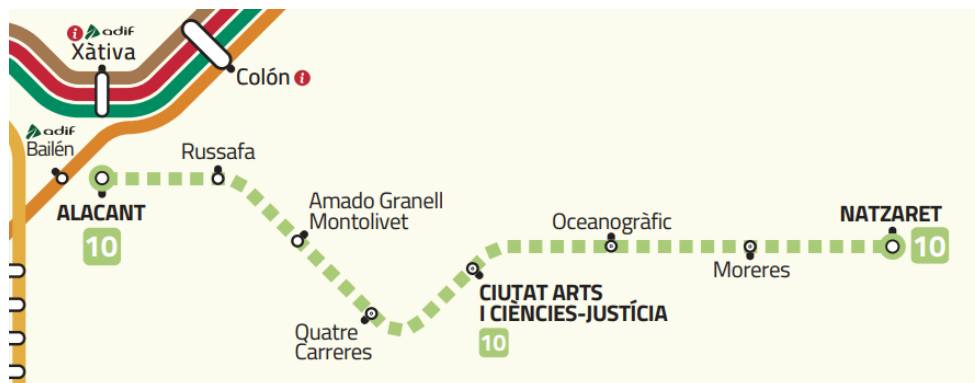


Figura 1. Recorrido de la línea 10 de Metrovalencia. (Fuente: <https://www.metrovalencia.es/>).

Dado que el primer tramo es subterráneo y no tiene interacción con el resto de los modos de transporte, la priorización semafórica solo tendrá aplicación en el tramo en superficie, que comienza en la rampa de la avenida Amado Granell y acaba en el final de la línea, en la estación de Natzaret. No se analizan en este caso los accesos a los talleres de mantenimiento, dado que no afectan a la velocidad comercial de la línea.

En el Anexo Figura 1, se puede consultar el recorrido completo de la línea con la base de ortofoto.

#### 3.2. Intersecciones implicadas

En la totalidad del tramo en superficie, el tranvía discurre a través de 6 intersecciones hasta llegar al final de la línea, de las cuales 3 son de tipo glorieta y el resto pasos a nivel regulados por semáforos.



Figuras 2 a - c. Intersecciones del tipo glorieta. (Fuente: <https://visor.gva.es/visor/>).

La priorización del tranvía afecta al flujo de los vehículos en su paso por estas intersecciones, los cuales serán los puntos críticos de este análisis. Todas ellas se pueden modelizar para, mediante la técnica de microsimulación, observar dicha afección y proponer el funcionamiento que mejor se adapte a la demanda del tráfico y a las políticas de priorización de la línea 10 de Metrovalencia.

Para conocer la extensión y poder realizar dicho análisis, se recurre a los datos de la intensidad de tráfico de los días laborables del Servei de Mobilitat del Ajuntament de València. En este caso, no se disponen datos para todas las intersecciones, lo cual reduce la cantidad de intersecciones críticas a 3, ya que el resto se considera que atraviesan vías secundarias con poca intensidad de tráfico.

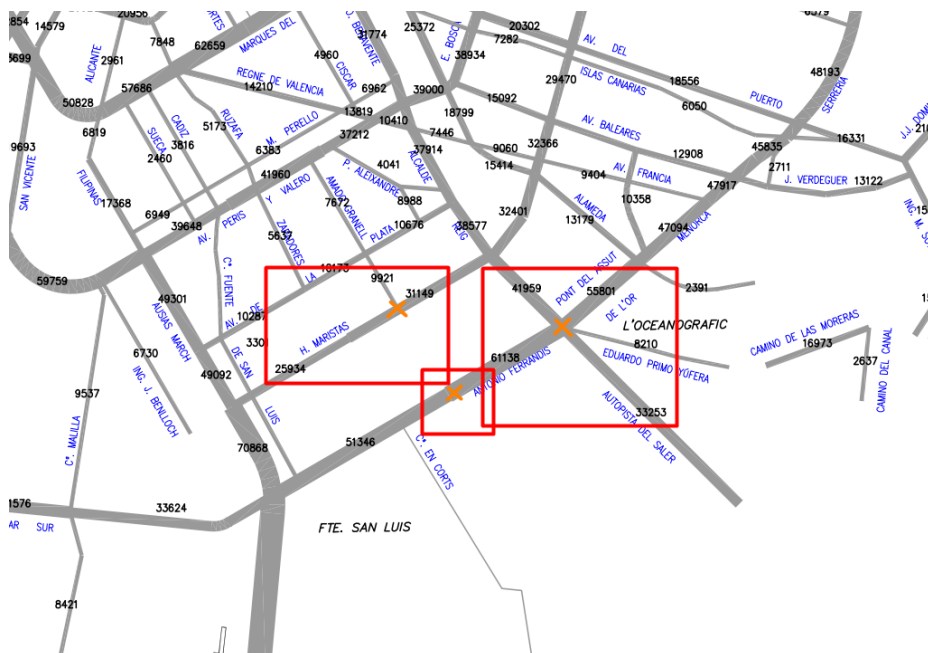


Figura 3. Intensidades para tráfico motorizado. (Fuente: Ajuntament de València).

En la Figura 3 se pueden observar los datos de intensidades para las 3 intersecciones que cruzan vías principales. Estos datos muestran, a priori, que la glorieta situada entre el Pont de l'Assut d'Or, la Autopista del Saler y la Av. Antonio Ferrandis requiere de un estudio especial por la confluencia de vías

muy diferentes en características y geometría (autovía, vía principal urbana, vía secundaria urbana, etc.). Además, la intensidad de vehículos es la más elevada de todo el tramo de la línea 10 en superficie, alcanzando 61.138 veh/día en una de sus patas.

Por otro lado, las características de la glorieta entre Hermanos Maristas y Amado Granell son más homogéneas para el análisis que se realiza en este trabajo, con unas intensidades de hasta 31.149 veh/día en una de sus patas. Además, también lo es la intersección entre Av. Antonio Ferrandis y Amado Granell, a la que se puede aplicar la misma metodología.

En el Anexo Figura 2 a 7, se pueden consultar las características geométricas de todas las intersecciones implicadas con la base de ortofoto.

### 3.3. Simplificación del análisis

Como se explica en el apartado anterior, este estudio abarca una intersección que, analizada de manera pormenorizada, puede aplicarse con el mismo método al resto. La glorieta será la primera en sentido hacia Natzaret. Para ello se plantea la técnica de la microsimulación, que permite realizar modelos digitales que reproducen el comportamiento real de los vehículos. Uno de los softwares que permiten dicha simulación es Aimsun Next, que será el empleado para este estudio.

Por otro lado, la movilidad en la ciudad de València abarca no solo el vehículo privado, sino también otros modos de transporte como el autobús y la bicicleta, así como el régimen peatonal. En este caso, las características que tienen las vías ciclistas en la simplificación del análisis permiten despreciar las bicicletas en su afección al tráfico rodado. La separación física entre ambos modos de transporte, añadido a la baja intensidad de bicicletas por dichas vías, hace que no sea necesario incluirlas en el estudio.

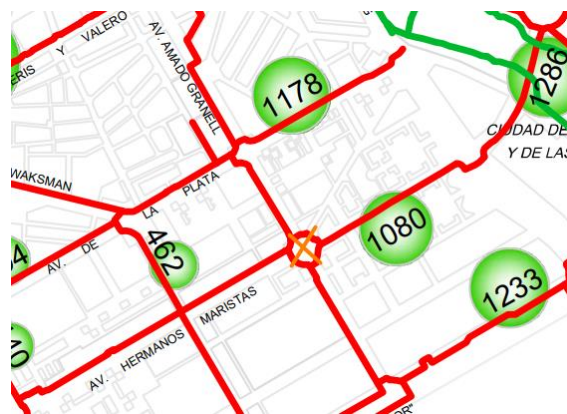


Figura 4. Intensidades carril bici días laborables febrero 2022. (Fuente: Ajuntament de València).

En todo caso, estas simplificaciones serán revisadas a lo largo del análisis por si fuera necesario incluirlas finalmente en el modelo o en algún otro aspecto del estudio.

## 4. RECOPIACIÓN DE DATOS GEOMÉTRICOS

### 4.1. Descripción general de la intersección analizada

La glorieta objeto de estudio se encuentra entre las Av. Hermanos Maristas y Av. Amado Granell, por donde el tranvía discurre en una recta que atraviesa el centro de la intersección. En el interior de la glorieta se observan carriles de vehículos motorizados, un carril bici segregado y la plataforma del tranvía.



Figura 5. Vista aérea de la glorieta. (Fuente: Elaboración propia).

Los datos descriptivos de la intersección que servirán para crear el modelo digital son:

- El número de carriles y su anchura en cada parte de la glorieta y sus patas. En este caso, se determinan durante la realización de la campaña fotográfica.

|   | <b>Av. Amado Granell</b>  | <b>Av. Hermanos Maristas</b> | <b>Av. Instituto Obrero de Maristas</b> | <b>Av. Alcalde Gisbert Rico</b> |
|---|---------------------------|------------------------------|---|---------------------------------|
| <b>Nº de carriles por sentido</b>         | 2 (entrada)<br>2 (salida) | 3 (entrada)<br>3 (salida)    | 3 (entrada)<br>2 (salida)               | 1 (solo salida)                 |
| <b>Anchura aproximada de los carriles</b> | 2'80 m                    | 2'80 m                       | 2'80 m                                  | 2'80 m                          |

Tabla 1. Datos descriptivos de las secciones de entrada/salida. (Fuente: Elaboración propia).

- La presencia de semáforos y las maniobras que permiten o no, determinadas también durante la campaña fotográfica.

- Las marcas viales y su posición. Aunque pueden observarse presencialmente, se ajustarán con la imagen fotográfica del PNOA máxima actualidad (2018), comprobándose en todo caso que coinciden con las presentes durante la campaña fotográfica.
- Ubicación de las paradas de transporte público, en este caso de la Empresa Municipal de Transportes (en adelante EMT). Durante la campaña fotográfica, aunque comprobando en el geoportal de la EMT.



*Figuras 6 a - c. Imágenes tomadas en la campaña fotográfica. (Fuente: Elaboración propia).*

## **4.2. Creación de la geometría en Aimsun Next**

Para la creación de la geometría en Aimsun Next, se ha incorporado la plataforma del tranvía y las características de la intersección después de las obras, con el objetivo de obtener un único modelo con el que comparar los resultados. Sin embargo, dependerá de cada escenario los tráficos que se emplearán en el modelo.

Con el objetivo de cumplir al máximo la Ley de Conservación del Tráfico, esto es, que la cantidad de vehículos que entran en el modelo es la misma que los salientes, se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- Los accesos a aparcamientos públicos o privados dentro de los tramos no modifican sustancialmente los datos de entrada/salida de vehículos.
- Las secciones de flujo entrante de vehículos se han creado desde la intersección previa o, en caso contrario, considerando que no haya aparcamientos relevantes según se comenta en el punto anterior.

Para adaptar la geometría física con la real que experimenta el usuario, también se han tenido en cuenta las posibles maniobras permitidas pero que suelen estar bloqueadas por vehículos en doble fila. Además, aunque la base con la que se realiza el modelo es previa a las obras del tranvía y del carril bici segregado (PNOA máxima actualidad, 2018), las secciones y maniobras se realizarán con el estado actual.



*Figura 7. Geometría creada en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia).*

Las secciones son partes de la vía que agrupan a los carriles de la misma dirección y sentido. Aunque a primera vista se podría pensar que con una única sección para cada giro en la glorieta es suficiente, es necesario crear otra sección para los carriles interiores. Esto es debido a la regulación semafórica especial que les permite a algunos continuar el giro a izquierdas, aunque el semáforo esté en rojo para el resto de las maniobras.

Una vez creada la geometría en el programa Aimsun Next, se necesitan los datos de tráfico para poder calibrar el modelo y así obtener resultados de diferentes variables. Para ello, se procede a la realización de un aforo manual con una cámara de grabación que, durante 1h, registrará toda la semaforización de la glorieta, las maniobras permitidas realizadas y las intensidades de cada tipo de vehículo, entre otros.

## 5. RECOPIACIÓN DE DATOS DE TRÁFICO

### 5.1. Señalización y maniobras permitidas

Aunque en la situación real no hay señalización para ceder el paso al entrar a la glorieta a los que continúan por dentro, el programa las incluye por defecto. En este caso, están todas las maniobras reguladas por semáforos y no afecta, pero como viene implícito en las normas de circulación, se decide mantenerlo.

Para la determinación de las maniobras permitidas, se decide realizar un esquema de todas las secciones de carretera que se han incluido en Aimsun Next (véase Figura 8). Además, para poder clarificar la correspondencia entre el aforo manual y las secciones del modelo digital, se clasifican en 4 sectores, cada uno de los cuales tienen una sección de entrada, una de salida (excepto el sector 2) y las correspondientes entre ellas.

#### 1º Paso: definición de las secciones

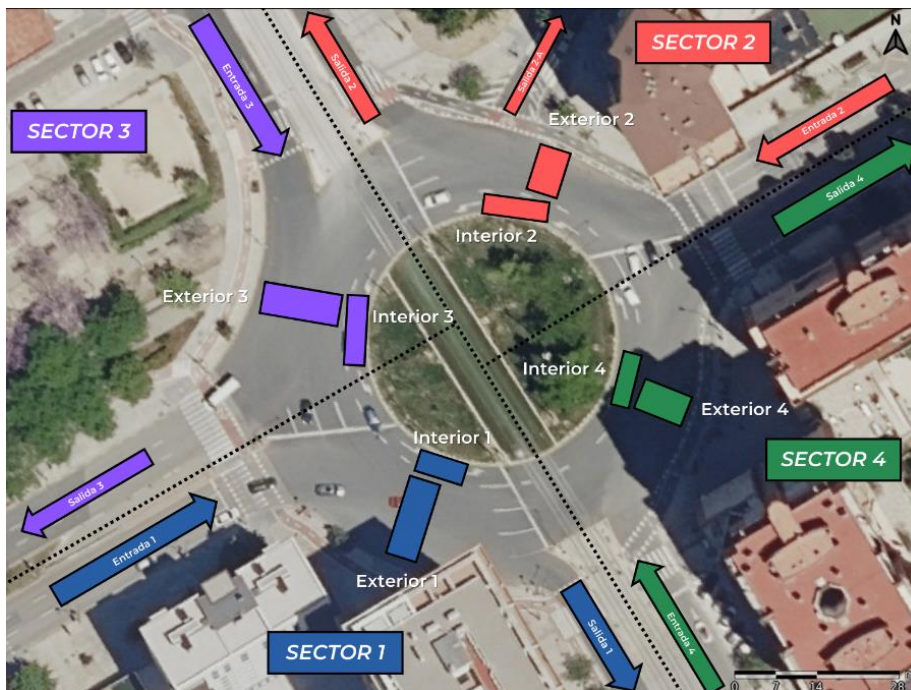


Figura 8. Esquema de la glorieta por sectores. (Fuente: Elaboración propia).

2º Paso: determinación de las maniobras de entrada

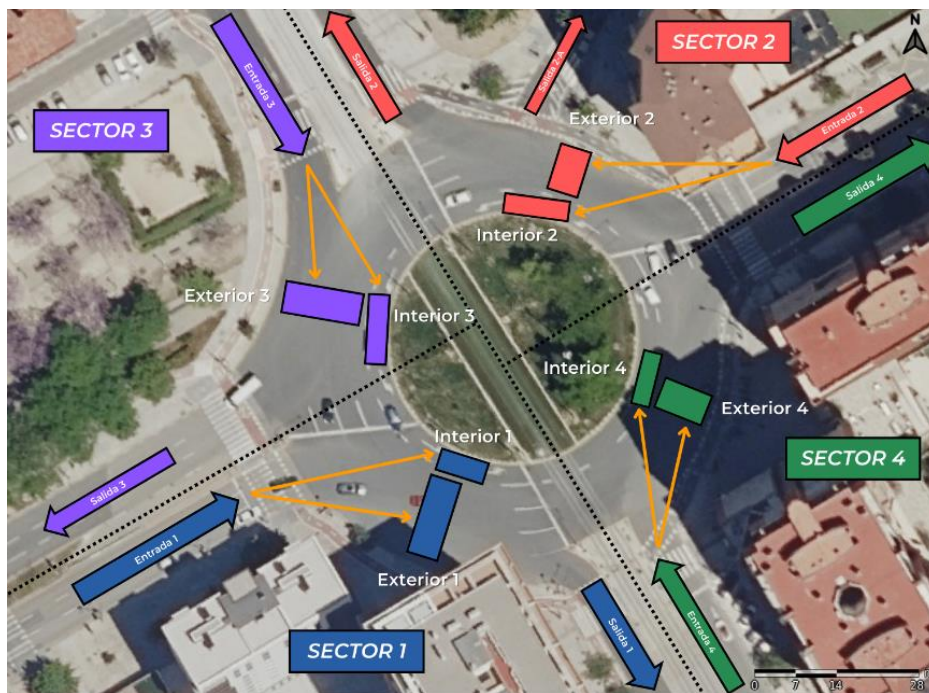


Figura 9. Maniobras de entrada. (Fuente: Elaboración propia).

3º Paso: determinación de las maniobras de salida

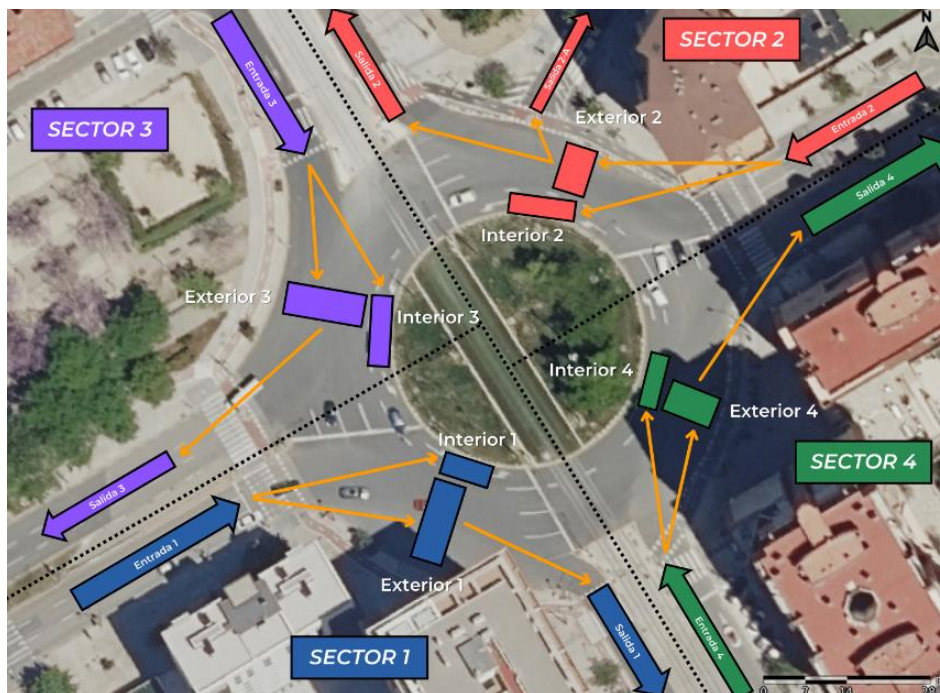


Figura 10. Maniobras de entrada y de salida. (Fuente: Elaboración propia).



#### 4º Paso: determinación de las maniobras restantes entre las secciones

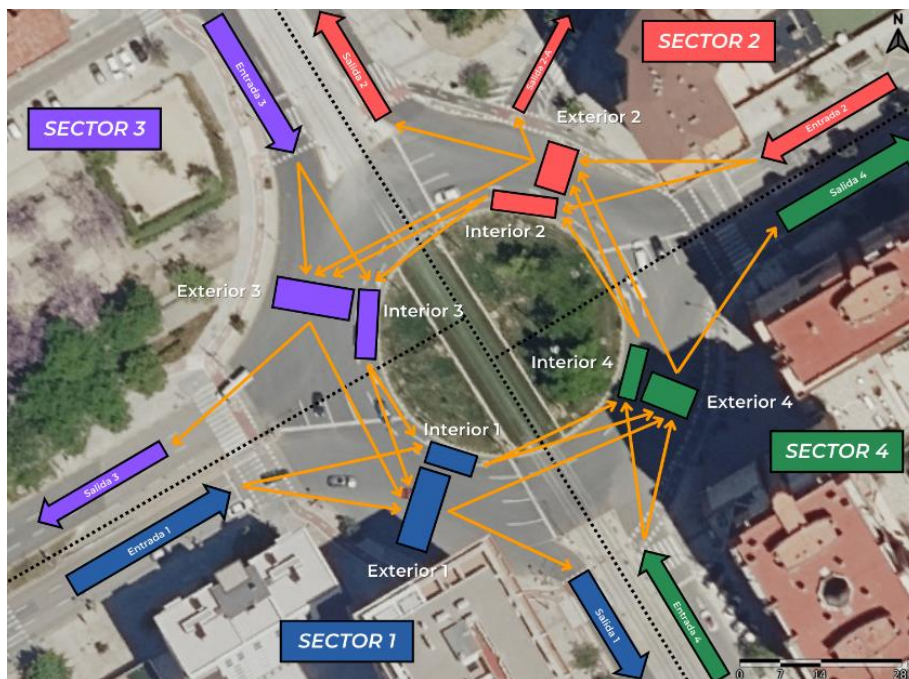


Figura 11. Maniobras permitidas en la glorieta. (Fuente: Elaboración propia).

Este mismo esquema de maniobras se puede observar detalladamente en el Anexo Figura 8.

## 5.2. Campaña de aforos

La campaña de aforos se realiza el miércoles 6 de abril de 2022 entre las 18:00 y 19:00h, con una cámara de grabación que capta todas las maniobras anteriormente mencionadas.



Figura 12. Vista desde la cámara de grabación. (Fuente: Elaboración propia).

Una vez completada la grabación, se divide el aforo en bloques de 15 minutos para el recuento manual de entradas y maniobras, dividiendo para el caso de turismos, motocicletas y pesados. Por tanto, se obtendrán 4 aforos de 15 minutos y el aforo total de 1h, con el objetivo de obtener diferentes picos de demanda. De cada uno de ellos se obtienen los porcentajes de giro medios desde cada sección de origen y que se pueden consultar en el Anexo Tabla 1 a 5, los cuales resultan muy parecidos.

Según el *Highway Capacity Manual v.6 Capítulo 19* (en adelante HCM), el análisis de intersecciones señalizadas se puede realizar mediante 3 posibles aproximaciones. El caso A con el bloque de 15 minutos con mayor demanda de tráfico; en el caso B con la demanda media de los 4 bloques; y en el caso C con cada uno de los bloques de 15 minutos.

Aunque el HCM recomienda el uso de la aproximación del tipo A que es la tradicionalmente empleada, en lugar de escoger una se utilizará la más desfavorable de los casos A y B. De esta manera, se utilizará el estado de tráfico con más demanda de las 5 opciones posibles (4 opciones del caso A y 1 opción del caso B).

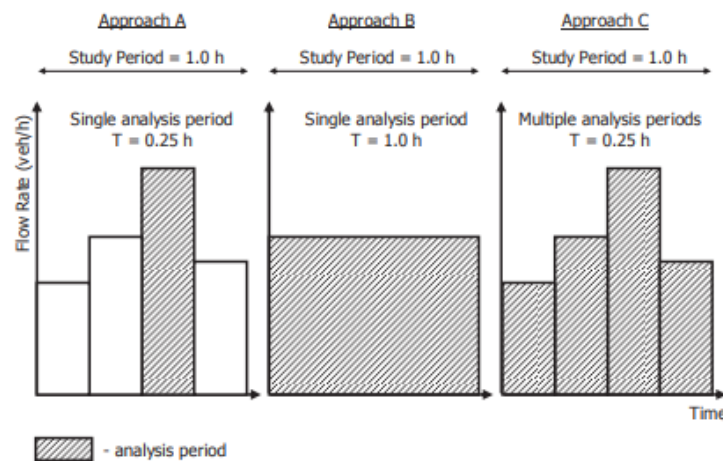


Figura 13. Alternativas de aproximación según la HCM. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (%)                       | 18:00 - 18:15h | 18:15 - 18:30h | 18:30 - 18:45h | 18:45 - 19:00h | 18:00 - 19:00h |
|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>1-ENTRADA a<br/>1-INTERIOR</b>  | 17%            | 22%            | 21%            | 18%            | 19%            |
| <b>2-EXTERIOR a<br/>SALIDA 2A</b>  | 11%            | 10%            | 8%             | 10%            | 10%            |
| <b>2-EXTERIOR a<br/>3-EXTERIOR</b> | 62%            | 67%            | 68%            | 60%            | 64%            |
| <b>4-INTERIOR a<br/>2-INTERIOR</b> | 17%            | 24%            | 32%            | 26%            | 25%            |

Tabla 2. Ejemplos de porcentajes de giro medios por aforo. (Fuente: Elaboración propia).

| <i>Unidades (%)</i>                | <b>18:00 - 18:15h</b> | <b>18:15 - 18:30h</b> | <b>18:30 - 18:45h</b> | <b>18:45 - 19:00h</b> | <b>18:00 - 19:00h</b> |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>1-ENTRADA a<br/>1-INTERIOR</b>  | -2%                   | +3%                   | +2%                   | -1%                   | 0%                    |
| <b>2-EXTERIOR a<br/>SALIDA 2A</b>  | +1%                   | 0%                    | -2%                   | 0%                    | 0%                    |
| <b>2-EXTERIOR a<br/>3-EXTERIOR</b> | -2%                   | +3%                   | +4%                   | -4%                   | 0%                    |
| <b>4-INTERIOR a<br/>2-INTERIOR</b> | -8%                   | -1%                   | +7%                   | +1%                   | 0%                    |

*Tabla 3. Variaciones de % de giros por aforo respecto al total. (Fuente: Elaboración propia).*

En la Tabla 3 se puede observar que los porcentajes de giros presentan variaciones muy pequeñas entre los bloques de 15 minutos o respecto al aforo total. Aunque los giros desde los carriles interiores presentan variaciones más altas (entre el 8 y 10%), esto es debido a que el número de vehículos que realizan estos movimientos es pequeño y cualquier cambio de pocas unidades provoca porcentajes más dispersos.

Para saber el bloque con mayor pico de demanda, y que servirá para el modelo digital de Aimsun Next, se compararán los datos de entrada de cada bloque extrapolados a 1 hora, más el aforo total.

| <i>Unidades (veh/h)</i> | <b>18:00 - 18:15h</b> | <b>18:15 - 18:30h</b> | <b>18:30 - 18:45h</b> | <b>18:45 - 19:00h</b> | <b>18:00 - 19:00h</b> |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Turismos</b>         | 2804                  | 2672                  | 2712                  | 2760                  | 2737                  |
| <b>Pesados</b>          | 0                     | 4                     | 12                    | 8                     | 6                     |
| <b>Motocicletas</b>     | 212                   | 188                   | 200                   | 128                   | 182                   |

*Tabla 4. Total de vehículos que entran en la glorieta. (Fuente: Elaboración propia).*

| <i>Unidades (%)</i> | <b>18:00 - 18:15h</b> | <b>18:15 - 18:30h</b> | <b>18:30 - 18:45h</b> | <b>18:45 - 19:00h</b> | <b>18:00 - 19:00h</b> |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Turismos</b>     | +2'45%                | -2'37%                | -0'91%                | +0'84%                | 0%                    |
| <b>Pesados</b>      | -100%                 | -33'3%                | +100%                 | +33'3%                | 0%                    |
| <b>Motocicletas</b> | +16'5%                | +3%                   | +10%                  | -30%                  | 0%                    |

*Tabla 5. Variación de vehículos que entran en la glorieta respecto al aforo total. (Fuente: Elaboración propia).*

Respecto a los turismos, se observa homogeneidad en los datos de entrada de todos los aforos, al igual que en motocicletas si bien se observa más variación por las magnitudes que se manejan.

En el caso de vehículos pesados, cabe destacar que no se trata de camiones sino de autobuses no pertenecientes a la EMT. En este caso la variación es relevante entre bloques, sin embargo, siguen siendo muy pocas unidades medidas en el aforo como para que reflejen la realidad de manera correcta.

El máximo de maniobras de pesados calculadas asciende a 3 unidades (del bloque 18:30 a 18:45h), que es un número muy pequeño comparado con las 16 posibilidades de entrada y salida.

Por tanto, se elige el bloque con mayor pico de demanda en número de turismos y motocicletas, que en este caso coinciden ambos en el tramo de 18 a 18:15h. Esto quiere decir que los vehículos pesados no se tendrán en cuenta en el modelo digital.

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 189            | 0             | 13                 |
| ENTRADA 2          | 318            | 0             | 30                 |
| ENTRADA 3          | 57             | 0             | 4                  |
| ENTRADA 4          | 137            | 0             | 6                  |

Extrapolado a 1 h →

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 756            | 0             | 52                 |
| ENTRADA 2          | 1272           | 0             | 120                |
| ENTRADA 3          | 228            | 0             | 16                 |
| ENTRADA 4          | 548            | 0             | 24                 |
| <b>TOTAL</b>       | <b>2804</b>    | <b>0</b>      | <b>212</b>         |

veh/h

Tabla 6. Datos de entrada del aforo seleccionado, 18:00 a 18:15h. (Fuente: Elaboración propia).

Sin embargo, una vez introducidos los porcentajes de giro de cada maniobra en el modelo de Aimsun Next (véanse los datos en Anexo Tabla 1), se observa una distorsión entre los movimientos reales de la grabación y los movimientos del modelo digital. Se percibe cuando muchos de los vehículos provenientes de la Av. Instituto Obrero de Valencia realizan giros a izquierdas hacia la Av. Amado Granell, que no son tan habituales. Esto provoca largas colas en uno de los semáforos del interior de la intersección, bloqueando al resto de flujos.

Tras el análisis del problema, se identifica un error al haber introducido simultáneamente los porcentajes de giro de todo el flujo, sin diferenciar entre el flujo de la Av. Hermanos Maristas y el flujo de Av. Amado Granell.

Esto se debe a que los porcentajes de giro desde cada sección de origen comprenden a la totalidad de vehículos que atraviesan la glorieta, y la realidad es que los porcentajes de giro dependen del flujo transversal que estén realizando. Las trayectorias predominantes se definen en la Figura 14.



Figura 14. Movimientos predominantes en la glorieta. (Fuente: Elaboración propia).

Por tanto, se realiza de nuevo el análisis de las grabaciones del aforo entre las 18 y las 18:15h, diferenciando entre los 2 flujos predominantes (véase Tabla 7). Los datos pormenorizados de las maniobras se pueden encontrar en Anexo Tabla 6 y Anexo Tabla 7.

| Extrapolado a 1 h → | Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |       |
|---------------------|--------------------|----------------|---------------|--------------------|-------|
|                     | ENTRADA 1          | 0              | 0             | 0                  |       |
|                     | ENTRADA 2          | 0              | 0             | 0                  |       |
|                     | ENTRADA 3          | 228            | 0             | 16                 |       |
|                     | ENTRADA 4          | 548            | 0             | 24                 |       |
|                     | <b>TOTAL</b>       | <b>776</b>     | <b>0</b>      | <b>40</b>          | veh/h |

| Extrapolado a 1 h → | Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |       |
|---------------------|--------------------|----------------|---------------|--------------------|-------|
|                     | ENTRADA 1          | 756            | 0             | 52                 |       |
|                     | ENTRADA 2          | 1272           | 0             | 120                |       |
|                     | ENTRADA 3          | 0              | 0             | 0                  |       |
|                     | ENTRADA 4          | 0              | 0             | 0                  |       |
|                     | <b>TOTAL</b>       | <b>2028</b>    | <b>0</b>      | <b>172</b>         | veh/h |

Tabla 7. Datos del flujo de Amado Granell (arriba) y Hermanos Maristas (abajo). (Fuente: Elaboración propia).

Para incluir estos datos separados en el programa de Aimsun Next, es necesario duplicar los tipos de vehículos, en este caso coches y motocicletas. Se asignarán los designados como 1 al flujo de la Av. Amado Granell y como 2 al de Av. Hermanos Maristas. Con este proceso, que se puede observar en la Figura 15, se procede también a introducir los porcentajes de giro como se indica en la Figura 16 en la demanda de tráfico.

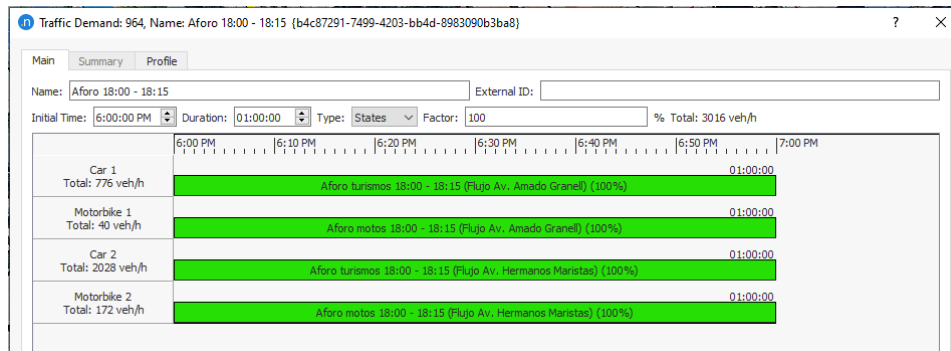


Figura 15. Datos de entrada introducidos en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia).

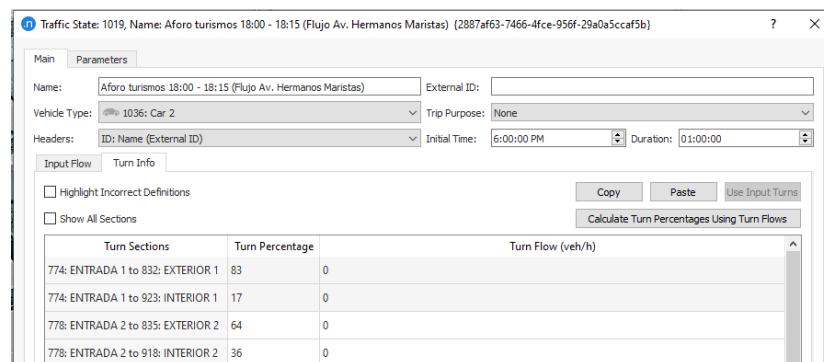


Figura 16. Porcentajes de giro introducidos en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia).

### 5.3. Líneas de autobús urbano

Según los datos de la EMT a través de su geoportal, se determina que las líneas 13,14 y 35 atraviesan la glorieta desde diferentes orígenes y destinos, los cuales se muestran en la Figura 17 y se pueden consultar más detalladamente en el Anexo Figura 9.



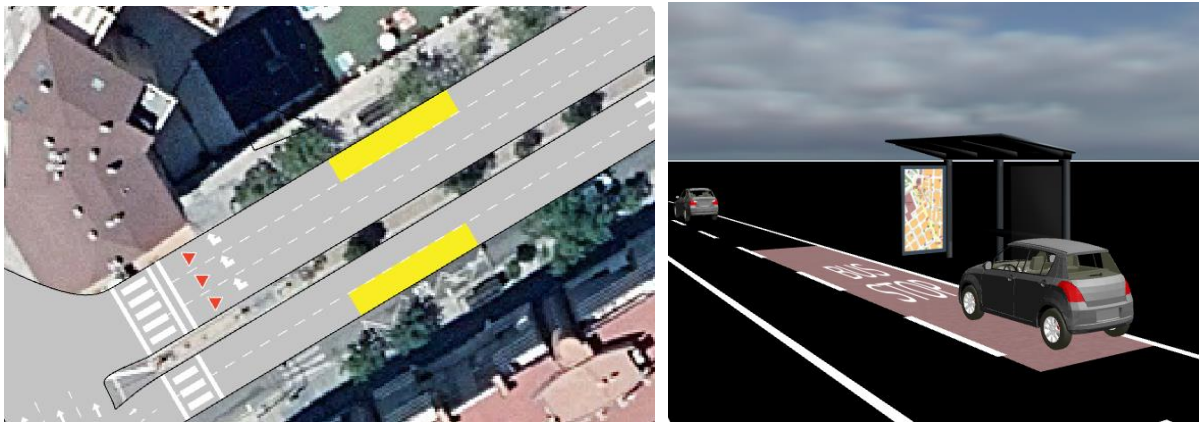
Figura 17. Líneas de la EMT que atraviesan la glorieta. (Fuente: Elaboración propia).

A partir de este geoportal se determinan además las frecuencias de paso oficiales entre las 18 y las 19h de un miércoles laborable (las correspondientes al aforo). Las frecuencias introducidas en Aimsun se determinan en la siguiente tabla:

| Unidades (min)              | Línea 13 | Línea 14 | Línea 35 |
|-----------------------------|----------|----------|----------|
| <b>Frecuencia sentido 1</b> | 15       | 30       | 10       |
| <b>Frecuencia sentido 2</b> | 15       | 30       | 10       |

Tabla 8. Frecuencias de la EMT entre las 18 y 19h. (Fuente: Elaboración propia).

A continuación, se crean las paradas de autobús en el modelo digital con la misma denominación que en la realidad. El tiempo de parada se establece, según la media observada, en 15 segundos con 5 segundos de desviación estándar, coherente además para paradas en zona urbana alejadas de zonas concurrentes. La anchura de la zona de parada se mide en campo en aproximadamente 14'7 metros.



Figuras 18 a - b. Ejemplo de parada en visor 2D y 3D de Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia).

|                  | Línea 13  | Línea 14  | Línea 35  |
|------------------|---|---|---|
| <b>1-ENTRADA</b> | 654 - Germans Maristes - Institut Jordi de Sant Jordi     | -   | -   |
| <b>1-SALIDA</b>  | -   | 2294 - Amado Granell Mesado (par) - Antonio Sacramento        | -   |
| <b>2-ENTRADA</b> | 1417 - Inst. Obrer de Val. (impar) - Amado Granell Mesado | -   | 1417 - Inst. Obrer de Val. (impar) - Amado Granell Mesado     |
| <b>2-SALIDA</b>  | -   | 2298 - Amado Granell Mesado (impar) - Arabista Ambrosio Huici | 2298 - Amado Granell Mesado (impar) - Arabista Ambrosio Huici |

|                  |  |   |   |
|------------------|--|---|---|
| <b>2A-SALIDA</b> | -  | -   | -   |
| <b>3-ENTRADA</b> | -  | 2293 - Amado Granell Mesado (par) - Arabista Ambrosio Huici | 2293 - Amado Granell Mesado (par) - Arabista Ambrosio Huici |
| <b>3-SALIDA</b>  | 649 - Germans Maristes - José Durán Martínez             | -   | -   |
| <b>4-ENTRADA</b> | -  | 2297 - Amado Granell Mesado (impar) - Antonio Sacramento    | -   |
| <b>4-SALIDA</b>  | 1418 - Inst. Obrero de Val. (par) - Amado Granell Mesado | -   | 1418 - Inst. Obrero de Val. (par) - Amado Granell Mesado    |

Tabla 9. Ubicación de paradas y denominación. (Fuente: Elaboración propia).

#### 5.4. Frecuencias de paso del tranvía



Figura 19. Tranvía de la línea 10 de Metrovalencia. (Fuente: Elaboración propia).

Según FGV y como se explica en el apartado 3.1 *Situación y entorno de la L10* de este estudio, la frecuencia de paso está estimada en 7'5 minutos en días laborables y en 10 minutos para el resto. Sin embargo, también cabe destacar que FGV en marzo de 2021 presentó a licitación la "Redacción de proyectos de construcción para la renovación y ampliación de infraestructuras de la red de FGV", cuyo Pliego de Condiciones Técnicas plantea la creación de las líneas 11 y 12 de tranvía.





Figura 20. Trazado de la línea 11 de Metrovalencia. (Fuente: <https://contrataciondeestado.es/>).



Figura 21. Trazado de la línea 12 de Metrovalencia. (Fuente: <https://contrataciondeestado.es/>).

La planteada línea 11 discurriría por el actual trazado de la línea 10 desde la estación de Alacant hasta Ciutat de les Arts i de les Ciències, lo cual puede suponer implícitamente el aumento de las frecuencias en este tramo. Además, el trazado de la línea 12 compartiría el tramo desde Alacant hasta la glorieta planteada en este estudio, a partir de la cual realizaría un giro por la Av. Hermanos Maristas.

Por simplificación, la geometría del modelo de Aimsun Next se mantendrá en los escenarios planteados, aunque si se tendrá en cuenta la modificación de las frecuencias.

## 6. DIAGNÓSTICO CON LA REGULACIÓN ACTUAL

### 6.1. Definición del escenario inicial

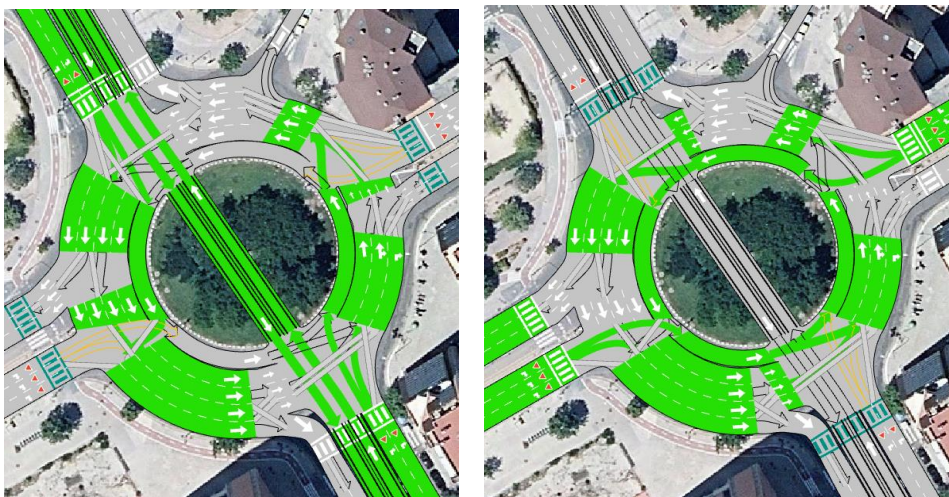
Una vez comprobado que el modelo de la glorieta funciona en el software de Aimsun Next, se procede a generar y definir el escenario inicial del estudio, en el cual se incluye:

- Datos de flujo de entrada de vehículos con porcentajes de giro correspondientes.
- Plan de transporte público con los datos mencionados en el apartado 5.3 de este estudio.
- Semaforización fija en 2 fases como se indica a continuación.

Tras analizar la grabación de la cámara, se establece el ciclo total en 120 segundos, de los cuales 45 segundos corresponden al flujo de la Av. Amado Granell y 75 segundos al flujo de la Av. Hermanos Maristas. Además, el tiempo de amarillo en la transición de verde a rojo es de 3 segundos. No se han observado desfases entre semáforos de la misma fase semafórica.



Figura 22. Menú de fases semafóricas en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia).



Figuras 23 a - b. Fases semafóricas del modelo. (Fuente: Elaboración propia).

Estas replicaciones se realizan de manera automática por el software de microsimulación con métodos estocásticos, y cuyos resultados se resumen en una replicación media adicional. Todos estos datos numéricos se pueden exportar a Excel de manera manual y posteriormente tratarlos con gráficos.

## 6.2. Calibración del modelo

Para poder emplear los datos de entrada y los porcentajes de giro en los diferentes escenarios de estudio, primero debe verificarse que el modelo con la regulación actual es el *digital twin* del modelo observado, es decir, el reflejo más aproximado de la realidad. Para ello se analizarán variables de ambos modelos, comparándolas y modificando, si es el caso, los parámetros de Aimsun Next correspondientes.

En primer lugar, las variables analizadas con recomendación del HCM son:

- Tiempos de recorrido: tiempo medido en segundos que emplea un vehículo en recorrer un movimiento dentro de la intersección, desde una entrada hasta una salida.
- Longitudes de las colas: cantidad de vehículos que permanecen a la espera en una sección de entrada mientras el semáforo que les permite acceder a la intersección está en rojo.

Estas variables se miden con la grabación del aforo desde las 18:00 hasta las 18:15h (ya que es el bloque de demanda seleccionado) y en el modelo preliminar de Aimsun Next realizado, seleccionando vehículos y momentos aleatorios. Los datos se muestran en la Tabla 10, donde cada fila muestra el tiempo de recorrido o la longitud de las colas en cada uno de los 10 muestreos aleatorios realizados.

| AIMSUN                 | t1 (s)   | t2 (s)   | t3 (s)   | t4 (s)   | t5 (s)   | t6 (s)   | t7 (s)   | t8 (s)   | t9 (s)   | t10 (s)   |    |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----|
| 2-ENTRADA A 3-SALIDA   | 12       | 15       | 12       | 14       | 13       | 14       | 14       | 14       | 15       | 12        | 13 |
| 4-ENTRADA A 2-SALIDA   | 13       | 13       | 15       | 12       | 12       | 13       | 15       | 15       | 15       | 14        | 15 |
| 4-ENTRADA A 2-SALIDA-A | 18       | 12       | 16       | 17       | 16       | 16       | 15       | 12       | 17       | 17        | 16 |
| 4-ENTRADA A 4-SALIDA   | 7        | 7        | 8        | 7        | 8        | 8        | 7        | 9        | 9        | 9         | 7  |
| 1-ENTRADA A 4-SALIDA   | 12       | 12       | 14       | 14       | 12       | 13       | 12       | 14       | 14       | 13        | 14 |
| 1-ENTRADA A 1-SALIDA   | 8        | 8        | 8        | 7        | 8        | 8        | 9        | 7        | 7        | 7         | 8  |
|                        | i1 (veh) | i2 (veh) | i3 (veh) | i4 (veh) | i5 (veh) | i6 (veh) | i7 (veh) | i8 (veh) | i9 (veh) | i10 (veh) |    |
| COLA 4-ENTRADA         | 15       | 16       | 19       | 12       | 12       | 13       | 15       | 15       | 16       | 14        |    |
| COLA 1-ENTRADA         | 2        | 3        | 3        | 3        | 2        | 3        | 2        | 2        | 3        | 2         |    |
| OBSERVADO              | t1 (s)   | t2 (s)   | t3 (s)   | t4 (s)   | t5 (s)   | t6 (s)   | t7 (s)   | t8 (s)   | t9 (s)   | t10 (s)   |    |
| 2-ENTRADA A 3-SALIDA   | 13       | 12       | 11       | 13       | 12       | 13       | 11       | 14       | 12       | 13        |    |
| 4-ENTRADA A 2-SALIDA   | 15       | 15       | 13       | 14       | 15       | 14       | 14       | 13       | 15       | 13        |    |
| 4-ENTRADA A 2-SALIDA-A | 17       | 17       | 15       | 16       | 12       | 14       | 14       | 16       | 16       | 17        |    |
| 4-ENTRADA A 4-SALIDA   | 6        | 7        | 6        | 8        | 8        | 6        | 9        | 7        | 7        | 8         |    |
| 1-ENTRADA A 4-SALIDA   | 16       | 14       | 14       | 15       | 13       | 15       | 14       | 15       | 15       | 12        |    |
| 1-ENTRADA A 1-SALIDA   | 8        | 7        | 7        | 8        | 7        | 8        | 6        | 8        | 6        | 7         |    |
|                        | i1 (veh) | i2 (veh) | i3 (veh) | i4 (veh) | i5 (veh) | i6 (veh) | i7 (veh) | i8 (veh) | i9 (veh) | i10 (veh) |    |
| COLA 4-ENTRADA         | 15       | 15       | 16       | 14       | 14       | 16       | 16       | 14       | 13       | 15        |    |
| COLA 1-ENTRADA         | 2        | 2        | 2        | 3        | 2        | 3        | 3        | 2        | 3        | 3         |    |

Tabla 10. Variables analizadas para la calibración del modelo. (Fuente: Elaboración propia).

El t-test se utiliza para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de dos grupos, en este caso entre la variable observada en la grabación y en el modelo de Aimsun Next. En este proceso, la prueba asume una hipótesis inicial donde las medias de los dos grupos

sí que son iguales, que es rechazada para valores de P por debajo de 0'05. En la Tabla 11 se muestran los resultados para todas las variables analizadas.

|                | 2-ENTRADA<br>a 3-SALIDA | 4-ENTRADA<br>a 2-SALIDA | 4-ENTRADA<br>a 2-SALIDA-A | 4-ENTRADA<br>a 4-SALIDA | 1-ENTRADA<br>a 4-SALIDA | 1-ENTRADA<br>a 1-SALIDA | COLA 4-<br>ENTRADA | COLA 1-<br>ENTRADA |
|----------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>t</b>       | 1'96396                 | -0'82808                | 0'12157                   | 1'19713                 | -2,75085                | 1'87663                 | -0'13456           | 0'00000            |
| <b>valor-P</b> | 0'06517                 | 0'41847                 | 0'90459                   | 0'24679                 | 0,01315                 | 0'07688                 | 0'89445            | 1'00000            |

Tabla 11. Valores del t-test realizado para la calibración del modelo. (Fuente: Elaboración propia).

Por otro lado, el t-test se realiza asumiendo que los datos de cada muestra siguen una distribución normal, que se comprobará con la prueba de Shapiro-Wilk. Esta prueba consiste en asumir una hipótesis inicial donde las poblaciones provienen de una distribución normal, aceptada para valores de P por encima de 0'05.

| Observado              | 2-ENTRADA<br>a 3-SALIDA | 4-ENTRADA<br>a 2-SALIDA | 4-ENTRADA a<br>2-SALIDA-A | 4-ENTRADA<br>a 4-SALIDA | 1-ENTRADA<br>a 4-SALIDA | 1-ENTRADA<br>a 1-SALIDA | COLA 4-<br>ENTRADA | COLA 1-<br>ENTRADA |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>W</b>               | 0'906                   | 0'805                   | 0'875                     | 0'895                   | 0'916                   | 0'820                   | 0'895              | 0'655              |
| <b>valor-P</b>         | 0'2576                  | 0'0567                  | 0'1150                    | 0'1910                  | 0'3280                  | 0'0551                  | 0'1910             | 0'0502             |
| <i>Aimsun<br/>Next</i> | 2-ENTRADA<br>a 3-SALIDA | 4-ENTRADA<br>a 2-SALIDA | 4-ENTRADA a<br>2-SALIDA-A | 4-ENTRADA<br>a 4-SALIDA | 1-ENTRADA<br>a 4-SALIDA | 1-ENTRADA<br>a 1-SALIDA | COLA 4-<br>ENTRADA | COLA 1-<br>ENTRADA |
| <b>W</b>               | 0'878                   | 0'831                   | 0'834                     | 0'780                   | 0'769                   | 0'794                   | 0'927              | 0'655              |
| <b>Valor-P</b>         | 0'1239                  | 0'0541                  | 0'0569                    | 0'0585                  | 0'0560                  | 0'0523                  | 0'4210             | 0'0503             |

Tabla 12. Valores del test de Shapiro-Wilk para la calibración del modelo. (Fuente: Elaboración propia).

Estos resultados concluyen que la mayoría de las variables comparadas no tienen diferencias estadísticamente significativas, considerando por tanto que el modelo está calibrado con los parámetros de Aimsun Next preestablecidos.

### 6.3. Tamaño muestral de los resultados

Para determinar el tamaño muestral los resultados, se realiza un t-test con 10, 15 y 20 replicaciones. Esta prueba consiste en comparar la media de cada una de las replicaciones para los 3 casos anteriores. Si el valor de P en una comparativa es mayor de 0'05, quiere decir que los resultados para ambas cantidades de replicaciones no tienen diferencias estadísticamente significativas. La

variable elegida puede ser cualquiera de las analizadas en los resultados, por lo que se ha escogido la variable densidad cuyos resultados son los siguientes:

|                | 10 replications y<br>15 replications | 10 replications y<br>20 replications |
|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>T</b>       | -0'39206                             | -0'76590                             |
| <b>valor-P</b> | 0'700917                             | 0'456454                             |

Tabla 13. Valores del t-test realizado para el número de replications. (Fuente: Elaboración propia).

Sin embargo, hay que comprobar que los datos de cada muestra siguen una distribución normal, que se comprobará con la prueba de Shapiro-Wilk mencionado en el apartado anterior. Los resultados se describen a continuación:

|                | 10 replications | 15 replications | 20 replications |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>W</b>       | 0'9076          | 0'7814          | 0'7030          |
| <b>valor-P</b> | 0'3374          | 0'0580          | 0'0506          |

Tabla 14. Valores del test de Shapiro-Wilk para el número de replications. (Fuente: Elaboración propia).

Por tanto, al cumplirse ambas condiciones podemos elegir el tamaño muestral de 10 replications para analizar los resultados del modelo.

#### 6.4. Descripción de las variables analizadas

Según el HCM, la variable que debe emplearse para el diagnóstico del nivel de servicio en una intersección semaforizada es el *Control Delay*. Esta variable define el tiempo de demora medio de cada vehículo para atravesar la intersección con motivo de las fases semafóricas y las colas que se provocan.

El Nivel de Servicio (en adelante LOS) es una medida cualitativa que describe las condiciones de circulación de un flujo de tráfico. Para ello se definen 6 niveles de la A a la F (de mejores a peores condiciones), y que servirán de clasificación tanto para secciones de carretera como para intersecciones.

| Control Delay (s/veh) | LOS by Volume-to-Capacity Ratio <sup>2</sup> |      |
|-----------------------|--|------|
|                       | ≤1.0   | >1.0 |
| ≤10                   | A  | F    |
| >10-20                | B  | F    |
| >20-35                | C  | F    |
| >35-55                | D  | F    |
| >55-80                | E  | F    |
| >80                   | F  | F    |

Note: <sup>2</sup> For approach-based and intersectionwide assessments, LOS is defined solely by control delay.

Figura 24. Tabla de cálculo del nivel de servicio en intersecciones semaforizadas. (Fuente: HCM).

Sin embargo, el empleo de una única variable para analizar el comportamiento de la priorización semafórica se considera poco exhaustivo, siendo más útil visualizar el efecto que tiene en otras características del tráfico.

Por tanto, para el análisis de los resultados se analizarán además las siguientes variables, pudiendo diferenciar entre los tipos de vehículo, y entre los flujos de la Av. Amado Granell y la Av. Hermanos Maristas.

- Flujo [veh/h]: número promedio de vehículos por hora que han pasado por la red durante el periodo de simulación. Los vehículos se cuentan al salir de la red a través de una sección de salida.
- Tiempo de demora [s/km]: diferencia entre la hora prevista de viajes (el tiempo que se tardaría en recorrer el sistema en condiciones ideales) y el tiempo de viaje. Se calcula por tiempo promedio por vehículo por hora.
- Cola media [veh]: longitud media de la cola expresada como el número de vehículos por sección.
- Cola media virtual [veh]: longitud media de la cola que se genera fuera de los límites de las secciones, expresada como el número de vehículos por sección.
- Velocidad [km/h]: velocidad promedio para todos los vehículos que han abandonado el sistema, calculado con la velocidad comercial media de cada vehículo.
- Tiempo de viaje [s/km]: tiempo promedio necesario para que un vehículo se desplace en un kilómetro dentro de la red.
- Tiempo de parada [s/km]: tiempo promedio en reposo de cada vehículo por kilómetro.

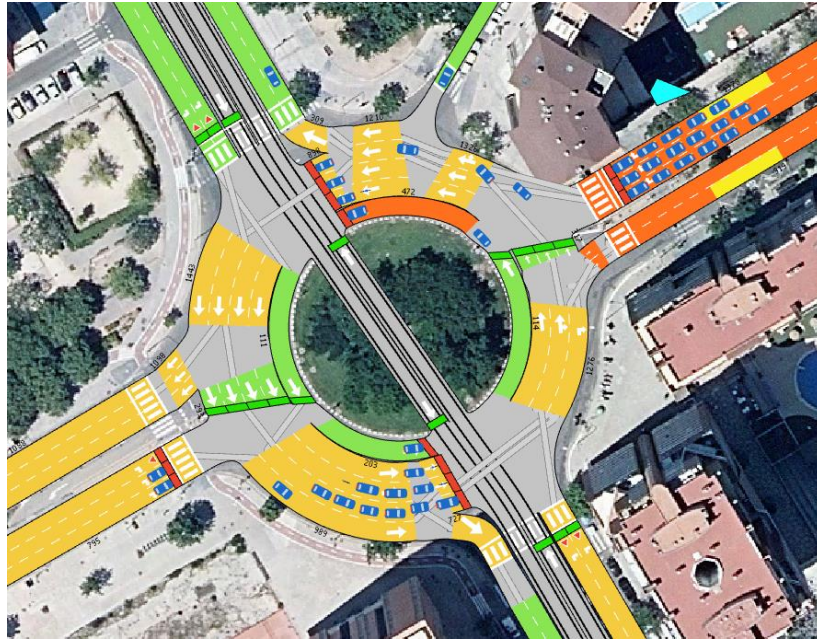


Figura 25. Replicación 1 del modelo sin tranvía. (Fuente: Elaboración propia).

Los datos que proporciona Aimsun se establecen según los intervalos de tiempo que el usuario del software elige. Por tanto, en este caso se ha dejado en el intervalo de 10 minutos preestablecido, originando una cantidad de 6 datos por replicación y variable analizada. En los gráficos mostrados a continuación, se realiza la media de las 10 replicaciones para cada franja horaria, analizando además tendencias inusuales en cada replicación que pudieran alterar dicha media.

## 6.5. Análisis de resultados del escenario inicial

El nivel de servicio A describe operaciones con un tiempo de demora igual o inferior a 10 segundos por vehículo y una relación volumen/capacidad no superior a 1, según se describe en la Figura 24. Con este nivel, la mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y se desplazan a través de la intersección sin detenerse. En el escenario inicial, se puede observar que en ningún momento se supera el límite de 10 s/veh, lo que indica nivel de servicio A con una media de 6'16 s/veh.

Aunque el análisis del *Control Delay* se realiza únicamente en las secciones internas de la intersección, y no en las secciones de entrada y salida de ésta, es un dato útil para saber a grandes rasgos cuál es la calidad del flujo. Para el resto de las secciones se utilizará el criterio propio del resto de variables, al no haber normativa específica al respecto.

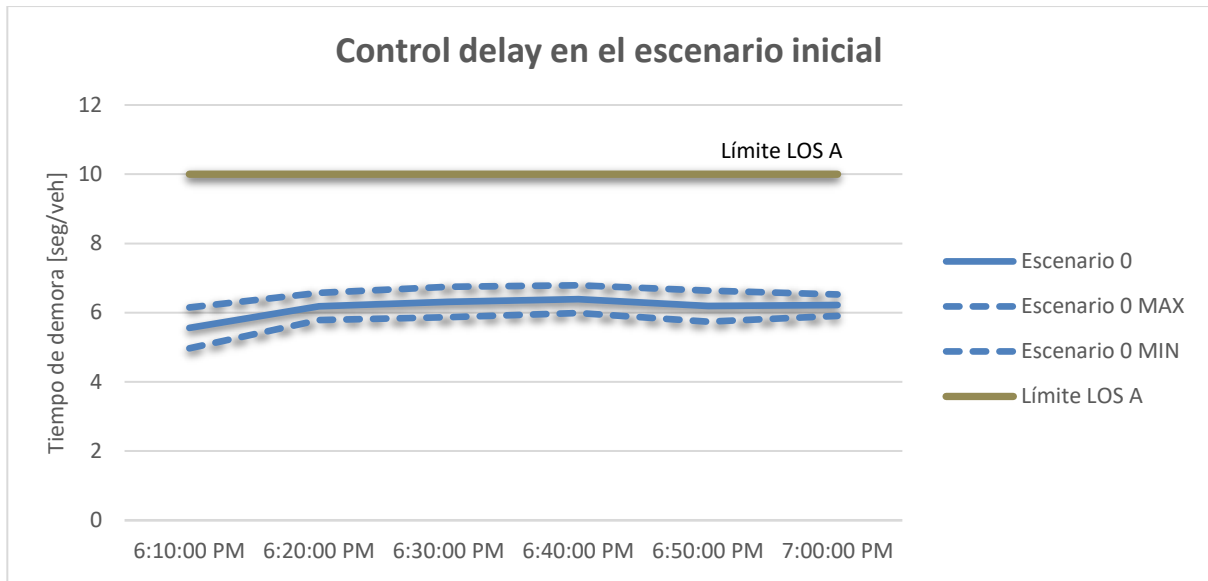


Figura 26. Control delay in the initial scenario. (Fuente: Elaboración propia).

The flow of vehicles that leave the intersection remains constant and with few variations, except for the first data point at 6:10 PM, due to the start of the simulation. All replications remain with the same trends, which shows a functioning of the intersection without blockages or total flow collapses.

The analysis of the flow does not require more than checking that the intersection works correctly and the characteristics of signaling and maneuvers are adequate. This average data should coincide approximately with the total flow data that have been obtained in the approach and that have been introduced in the program. In this case, the number rises to 3016 cars and motorcycles according to what is specified in Table 6. Data of entry of the selected approach, 18:00 to 18:15h. (Fuente: Elaboración propia).

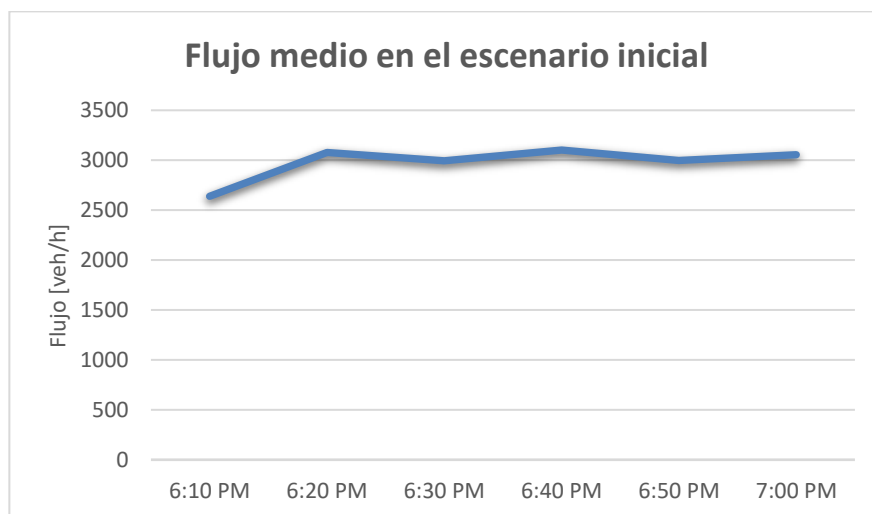


Figura 27. Average flow in the initial scenario. (Fuente: Elaboración propia).



| Unidades (veh/h) | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|------------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>Flujo</b>     | 3102         | 2639         | 2978        |

Tabla 15. Análisis de flujo del escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia).

Dado que el tiempo de demora no tiene criterio definido en el HCM para su valoración objetiva, se analizará respecto a la división en los flujos de Amado Granell y en Hermanos Maristas, así como con los escenarios planteados más adelante.

En este caso, el flujo de Amado Granell tiene un tiempo de demora en torno a los 120 s/km, superior a los 74 s/km de Hermanos Maristas. Esto puede deberse a que la fase semafórica del primero representa un 37'5% del total del ciclo, lo que obliga a los vehículos a detenerse más tiempo que si estuvieran en el flujo de Hermanos Maristas. En todo caso, la demanda de Amado Granell representa un 27'06% del total, por lo que la fase semafórica es razonable que sea inferior al del flujo opuesto.

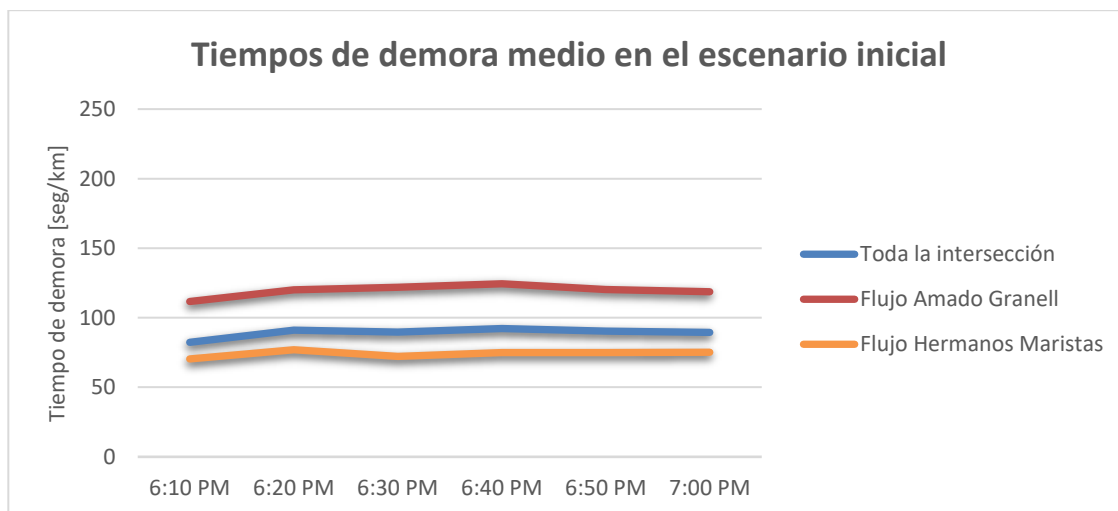


Figura 28. Tiempo de demora medio en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (seg/km)  | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Tiempo de demora medio</b>                            | 92           | 82           | 89          |
| <b>Tiempo de demora en el flujo de Amado Granell</b>     | 124          | 112          | 120         |
| <b>Tiempo de demora en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 77           | 70           | 74          |

Tabla 16. Análisis de tiempos de demora del escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia).

La cola media total es de 25 vehículos, de los cuales 10 vehículos corresponden al flujo de la Av. Amado Granell y 12 vehículos al de la Av. Hermanos Maristas. La desviación respecto a la cola media de toda la intersección se debe a que ésta incluye las secciones interiores del nudo, cosa que no sucede en la división por flujos, que solo analizan las secciones de entrada de cada uno de ellos.

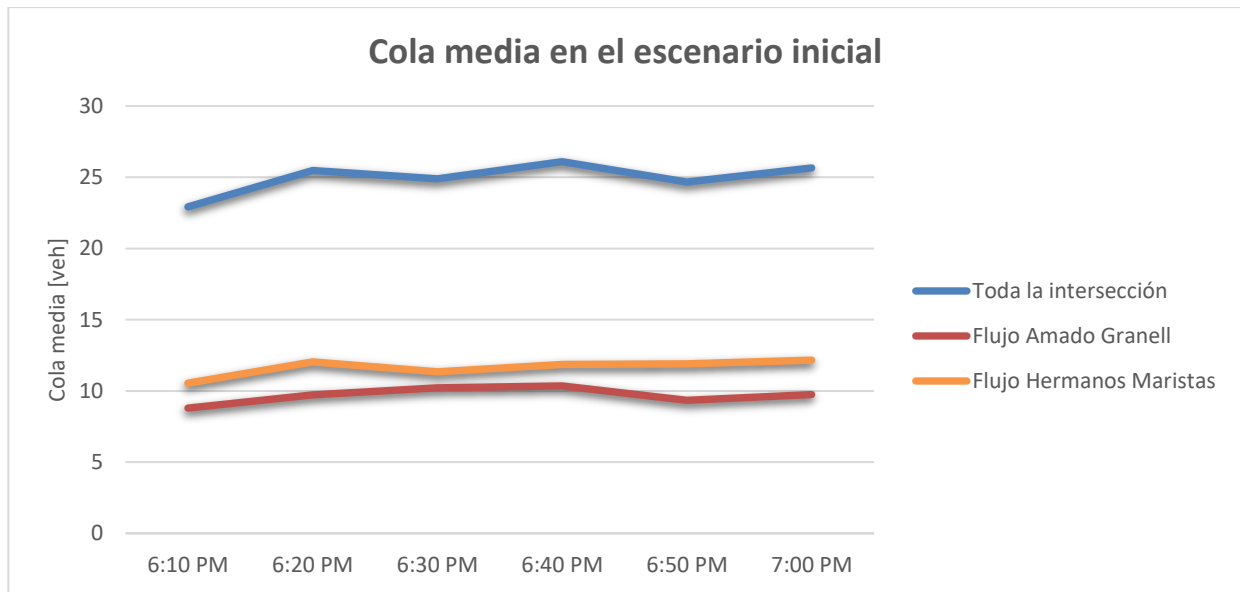


Figura 29. Cola media en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (veh)                               | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Cola media</b>                            | 26           | 23           | 25          |
| <b>Cola en el flujo de Amado Granell</b>     | 10           | 9            | 10          |
| <b>Cola en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 12           | 11           | 12          |

Tabla 17. Análisis de tiempos de demora del escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia).

Aunque el software de Aimsun Next obtenga valores de cola virtual con decimales, la media se sitúa en 0, lo que muestra que no se producen colas fuera de las secciones del modelo digital. Esto significa que no hay efectos secundarios producidos en el resto de la red debido al flujo en la intersección de estudio.

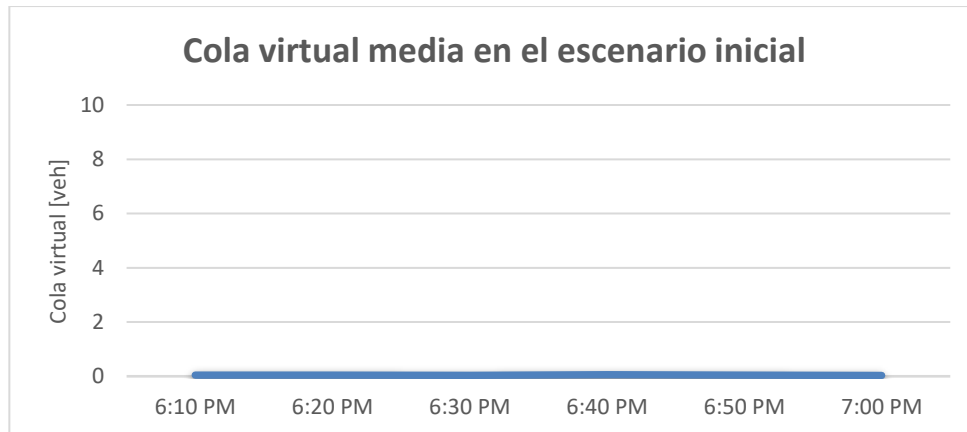


Figura 30. Cola virtual media en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia).

La velocidad media de los turismos alcanza un valor de 21'2 km/h en el flujo de la Av. Amado Granell y de 26'1 km/h en la Av. Hermanos Maristas. La diferencia se produce principalmente por la diferencia de tiempos de las fases semafóricas que, como se ha explicado en el tiempo de demora, provoca velocidades mayores en el flujo de la Av. Hermanos Maristas.

En el caso de los autobuses del transporte público urbano, la velocidad media es de 11'4 km/h, alcanzando un valor máximo de 12'6 km/h. Estos valores se sitúan un poco por debajo de los 13 km/h de velocidad comercial con la que trabaja la Empresa Municipal de Transportes (EMT, 2016). Sin embargo, este dato de la EMT es la media para toda la red y no de líneas y/o tramos concretos.

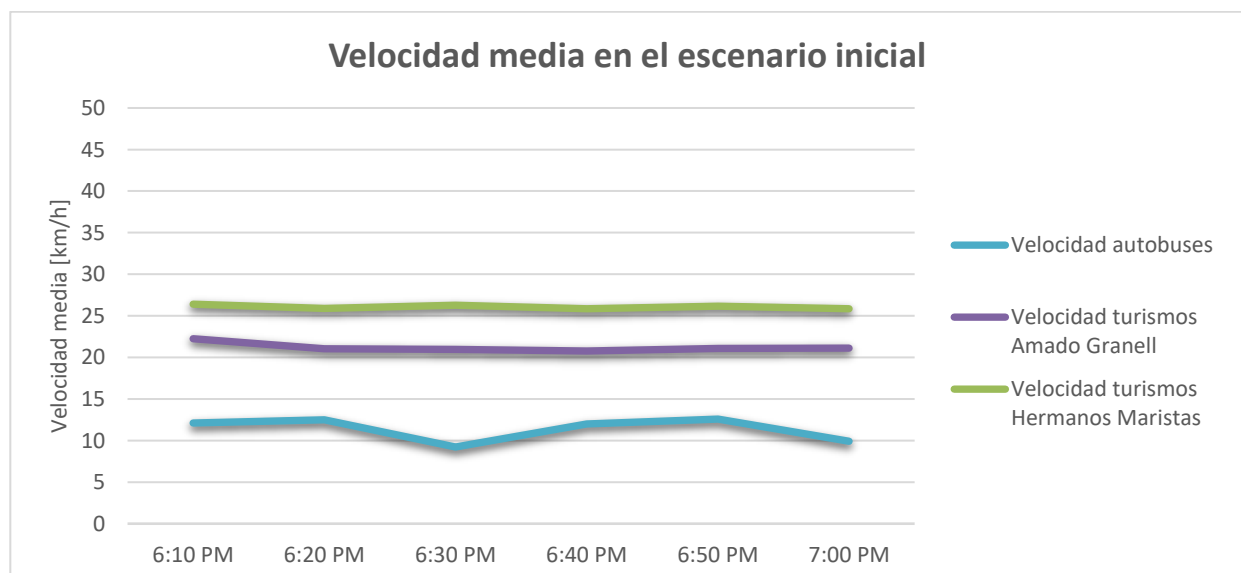


Figura 31. Velocidad media en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (km/h)  | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Velocidad autobuses</b>                                 | 12'6         | 9'2          | 11'4        |
| <b>Velocidad turismos en el flujo de Amado Granell</b>     | 22'2         | 20'8         | 21'2        |
| <b>Velocidad turismos en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 26'4         | 25'9         | 26'1        |

Tabla 18. Análisis de velocidades del escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia).

## 6.6. Introducción del tranvía en el escenario inicial

Como escenario adicional, se incluye la línea de tranvía con el régimen semafórico actual, que tiene verde junto al flujo de la Av. Amado Granell. Con este escenario se consiguen datos del tiempo de parada y del tiempo de desplazamiento de la línea de tranvía, para así compararlos con los escenarios de estudio.

En este caso, el tiempo medio de parada se sitúa en 80 segundos por cada kilómetro de tramo, aunque este tiempo varía dependiendo de si el tranvía coincide con su fase semafórica en verde o en rojo. Por tanto, esta variación abarca desde los 54 hasta los 107 segundos por kilómetro. Para el tramo realizado en Aimsun Next, la longitud de recorrido por sentido es de 450 metros, lo que se traduce en un retraso desde los 24 hasta los 48 segundos.

Como se puede observar en la Figura 32, el desfase entre el tiempo de viaje y el tiempo de parada es el tiempo de recorrido en el caso de condiciones ideales. Esto es, que el tranvía atraviese la intersección sin detenerse en ningún momento, como ocurrirá en el escenario de priorización semafórica total.

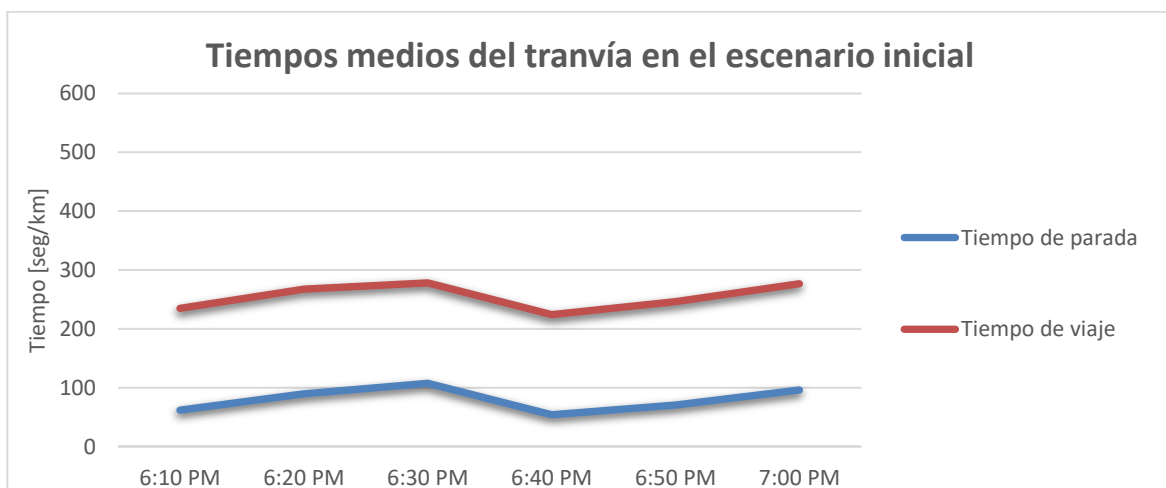


Figura 32. Tiempos medios del tranvía en el escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (seg/km)                   | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|-------------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>Tiempo de viaje del tranvía</b>  | 278          | 224          | 255         |
| <b>Tiempo de parada del tranvía</b> | 107          | 54           | 80          |

Tabla 19. Análisis de tiempos del tranvía del escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia).

Por último, destacar que el tiempo de viaje del tranvía en un escenario de priorización total será la diferencia entre los 255 y los 80 s/km de tiempo de parada, lo que se traduce en una disminución del 31% que mejoraría sustancialmente las condiciones de recorrido de la línea 10.

## 7. DIAGNÓSTICO DE LOS DIFERENTES ESCENARIOS

### 7.1. Planteamiento de los escenarios de estudio

El modelo de Aimsun Next es, llegado a este punto, extrapolable a escenarios adicionales, planteando otros cambios de variables como el tiempo de ciclo, su distribución en las 2 fases semafóricas y la geometría de la intersección.

Sin embargo, se pretende analizar el comportamiento del tráfico principalmente con la priorización de la línea de tranvía. Por tanto, para el planteamiento de los escenarios de estudio se han valorado los siguientes aspectos:

- El posible aumento de la demanda de tráfico (excepto del transporte público urbano) de manera proporcional al aforo realizado, con motivo de eventos extraordinarios u ordinarios (la hora punta, salida de fin de semana, etc.).
- La reducción del intervalo de paso del tranvía por posibles mejoras del servicio o ampliaciones de la red, como se ha mencionado en el apartado 5.4.

|                               | Demanda de tráfico (sin TP) | Frecuencia de tranvía | Fases semafóricas                           |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|---|
| <b>Escenario E0 (inicial)</b> | 100%                        | 7'5 min por sentido   | Fijas con regulación actual                 |
| <b>Escenario E1</b>           | 100%                        | 7'5 min por sentido   | Actuadas con priorización total del tranvía |
| <b>Escenario E2</b>           | 120%                        | 7'5 min por sentido   | Actuadas con priorización total del tranvía |
| <b>Escenario E3</b>           | 140%                        | 7'5 min por sentido   | Actuadas con priorización total del tranvía |
| <b>Escenario E4</b>           | 120%                        | 5 min por sentido     | Actuadas con priorización total del tranvía |

Tabla 20. Escenarios de estudio planteados. (Fuente: Elaboración propia).

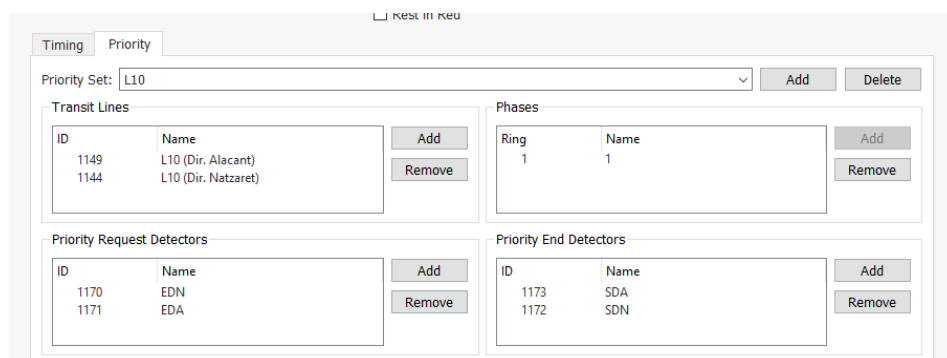
## 7.2. E1: Priorización total del tranvía con la demanda actual de tráfico

Para implementar la priorización del tranvía en la intersección, primero hay que insertar en el modelo detectores de entrada y salida en cada uno de los sentidos de la línea. Estos detectores se activan cuando la cabeza del vehículo (en este caso del tranvía) pasa por ellos, provocando el cambio de fase semafórica instantáneo. Con el objetivo de permitir la salida de los vehículos de la zona conflictiva, este cambio no se realiza inmediatamente antes de entrar el tranvía en la glorieta, sino a una distancia aproximada de 140 metros. Además, esta distancia permite anticipar a los peatones que comienzan a cruzar los pasos habilitados que deben detenerse ante el cambio inminente de fase.



Figura 33. Colocación de un detector de entrada en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia).

En segundo lugar, hay que cambiar el sistema de régimen semafórico de fijo a actuado. Con ello, se le proporcionan al programa los detectores, el tipo de vehículo a detectar, la línea con preferencia y la fase que se activa con la misma (en este caso la fase de la Av. Amado Granell).



Timing Priority

Priority Set: L10 Add Delete

| Transit Lines |                     | Add | Remove |
|---------------|---------------------|-----|--------|
| ID            | Name                |     |        |
| 1149          | L10 (Dir. Alacant)  |     |        |
| 1144          | L10 (Dir. Natzaret) |     |        |

| Phases |      | Add | Remove |
|--------|------|-----|--------|
| Ring   | Name |     |        |
| 1      | 1    |     |        |

| Priority Request Detectors |      | Add | Remove |
|----------------------------|------|-----|--------|
| ID                         | Name |     |        |
| 1170                       | EDN  |     |        |
| 1171                       | EDA  |     |        |

| Priority End Detectors |      | Add | Remove |
|------------------------|------|-----|--------|
| ID                     | Name |     |        |
| 1173                   | SDA  |     |        |
| 1172                   | SDN  |     |        |

Figura 34. Configuración de la prioridad semafórica en Aimsun Next. (Fuente: Elaboración propia).

Para comprobar que el sistema de priorización funciona perfectamente, se realiza una prueba con los resultados de los tiempos medios del tranvía, de igual manera que en el escenario inicial. En este caso, se observa en la Figura 35 que el tiempo de parada es nulo, ya que el tranvía nunca se detiene en los semáforos.

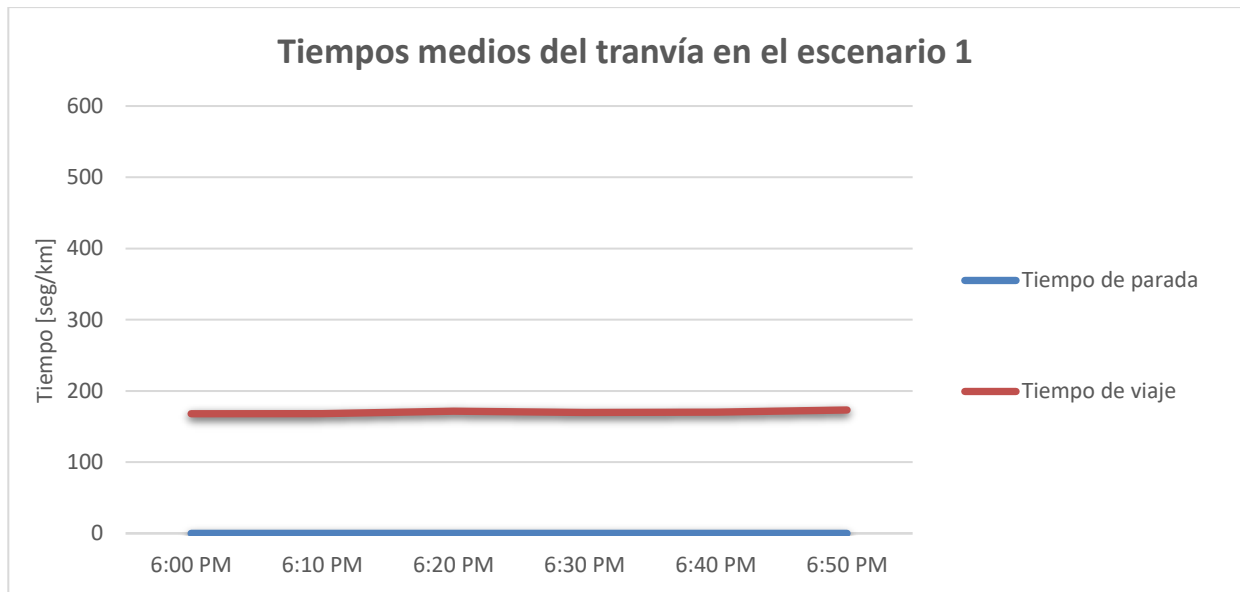


Figura 35. Tiempos medios del tranvía en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (seg/km)                   | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|-------------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>Tiempo de viaje del tranvía</b>  | 173          | 168          | 170         |
| <b>Tiempo de parada del tranvía</b> | 0            | 0            | 0           |

Tabla 21. Análisis de tiempos del tranvía del escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).

Una vez comprobado el tiempo de parada del tranvía, se procede a analizar las variables del tráfico como en el diagnóstico de la situación actual. En primer lugar, con el *Control Delay* (Figura 42), cuyo valor máximo alcanza 7'78 s/veh, y con un valor medio de 6'6 s/veh. Estos valores se encuentran por debajo de los 10 s/veh que limita el HCM para un nivel de servicio A.

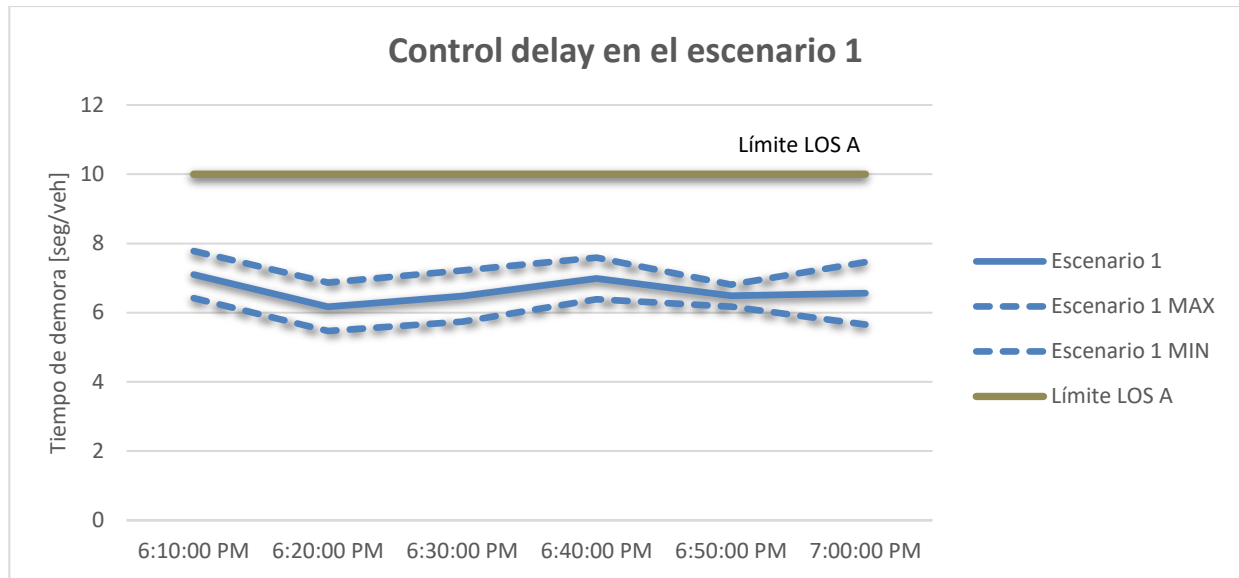


Figura 36. Control delay en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).

En el caso del flujo, no se observan tendencias inusuales en las 10 replicaciones, las cuales se encuentran en el Anexo Figuras 11 a - h. Resultados Aimsun Next escenario 1 por replicaciones (Fuente: Elaboración propia) Por tanto, el flujo se muestra como la media de las 10 replicaciones en la Figura 37 con un valor medio de 3063 veh/h, muy parecido a los 3016 veh/h según se especifica en la Tabla 6. Datos de entrada del aforo seleccionado, 18:00 a 18:15h. (Fuente: Elaboración propia).

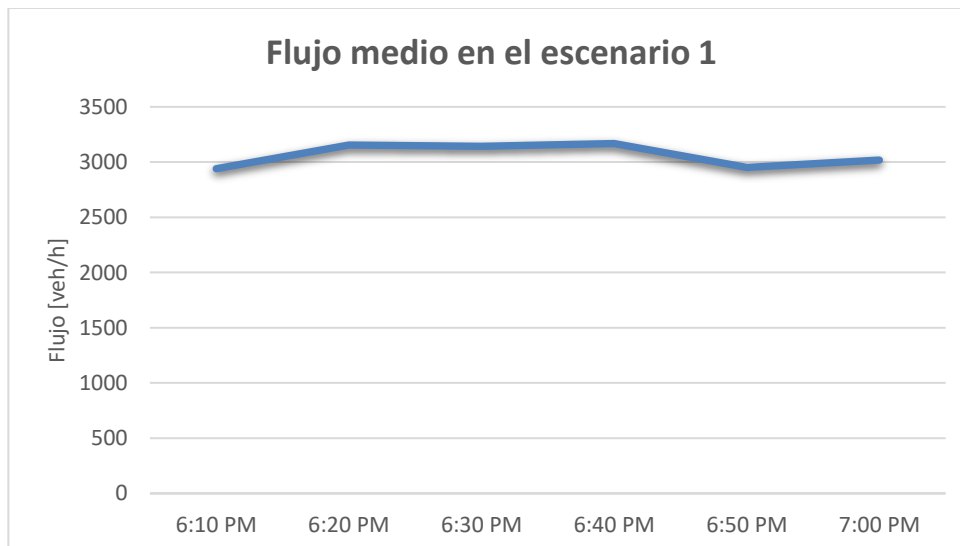


Figura 37. Flujo medio en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (veh/h) | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|------------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>Flujo</b>     | 3168         | 2940         | 3063        |

Tabla 22. Análisis de flujo del escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).



El tiempo de demora medio en la intersección asciende a 93 s/km, donde el flujo de la Av. Amado Granell sigue teniendo valores por encima del flujo de la Av. Hermanos Maristas, 108 s/km frente a 84 s/km respectivamente. Como se puede observar además en la Figura 38, el tiempo de demora para el total de la intersección sigue la tendencia del flujo de la Av. Hermanos Maristas, donde la curva tiene movimientos similares. Esto indica una predominancia de flujo que ya se ha comentado anteriormente por la proporción de verde en las fases semafóricas.

Además, este dato implica que la priorización semafórica de la línea 10, cuya fase semafórica es la de la Av. Amado Granell, afecta al comportamiento del flujo predominante de la intersección, que es el opuesto.

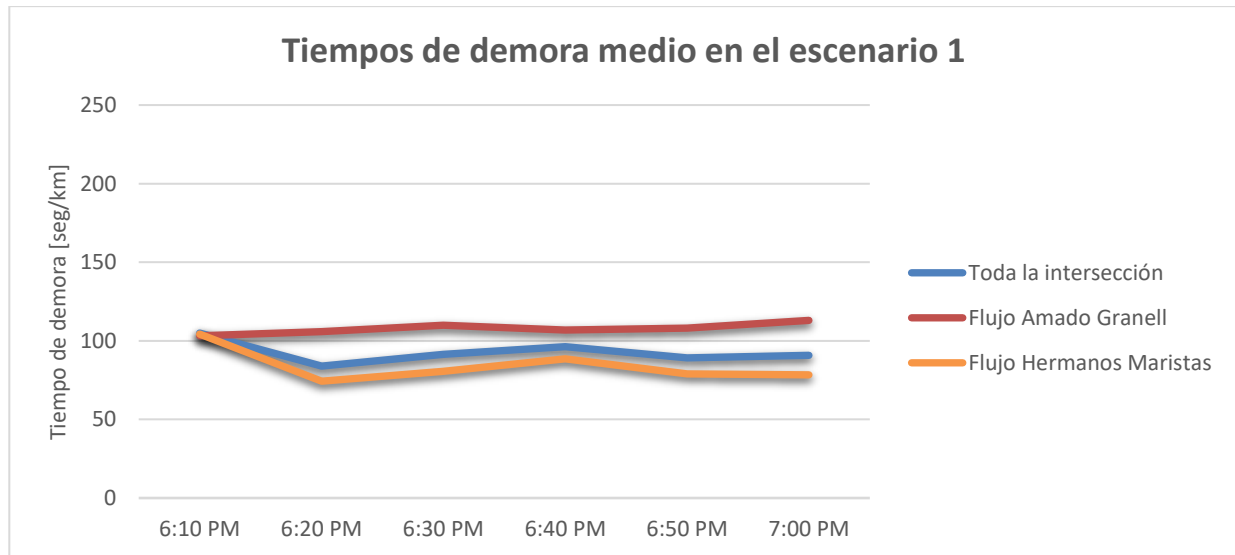


Figura 38. Tiempo de demora medio en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (seg/km)  | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Tiempo de demora medio</b>                            | 105          | 84           | 93          |
| <b>Tiempo de demora en el flujo de Amado Granell</b>     | 113          | 103          | 108         |
| <b>Tiempo de demora en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 104          | 74           | 84          |

Tabla 23. Análisis de tiempos de demora del escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).

En el caso de la cola media, se observa en la Figura 39 (de la misma manera que en el tiempo de demora) que el comportamiento del flujo de la Av. Hermanos Maristas afecta al total de la intersección, con movimientos de la curva similares. La cola media asciende a 9 vehículos en el flujo en la Av. Amado Granell y 14 vehículos en el de la Av. Hermanos Maristas, con un valor medio total de 26 vehículos.

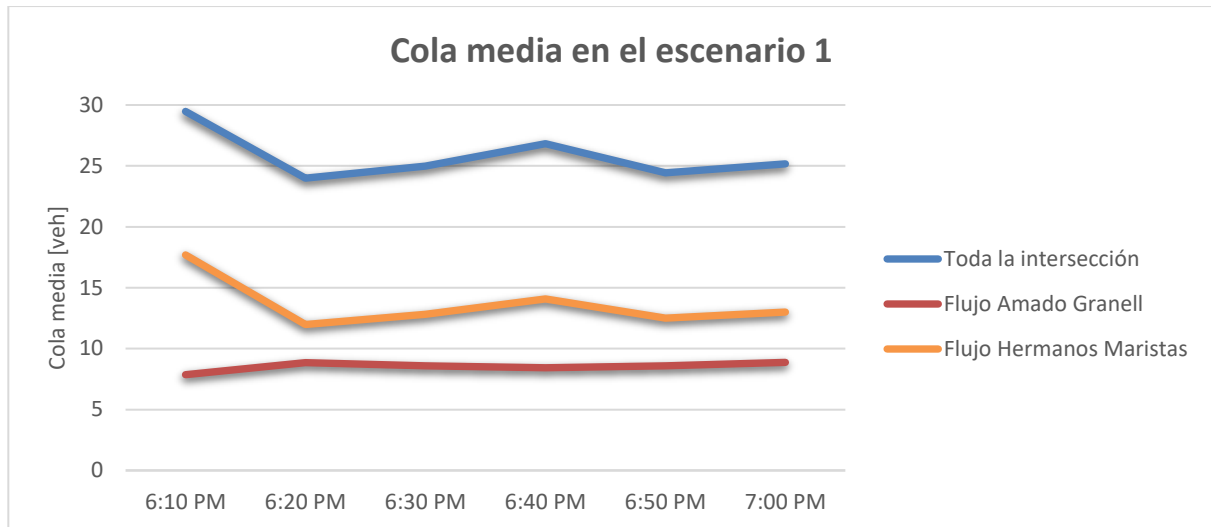


Figura 39. Cola media en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (veh)                               | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Cola media</b>                            | 29           | 24           | 26          |
| <b>Cola en el flujo de Amado Granell</b>     | 9            | 8            | 9           |
| <b>Cola en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 18           | 12           | 14          |

Tabla 24. Análisis de tiempos de demora del escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).

La cola virtual media que se muestra en la Figura 40 tiene valores entre 0 y 1 por los parámetros decimales de Aimsun Next, por lo que estos valores pueden suponerse nulos. Esto indica que no hay efectos secundarios que afecten al resto de la red.

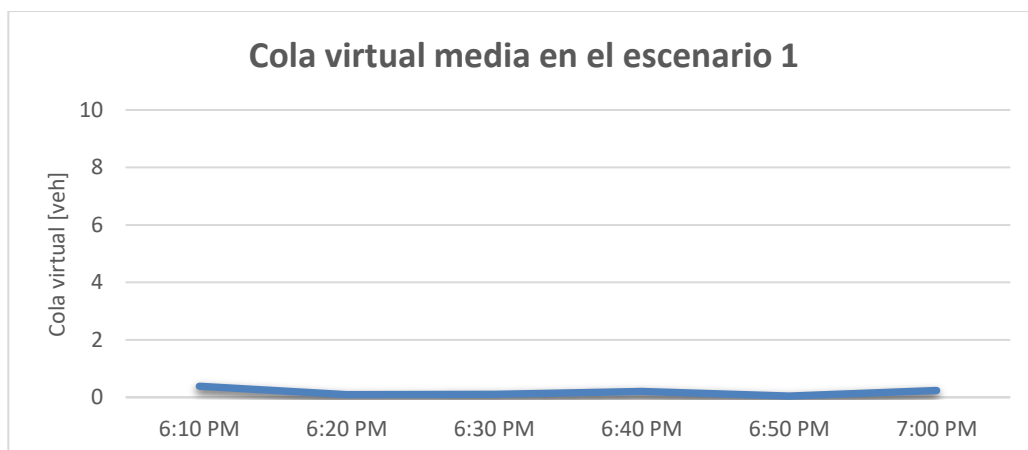


Figura 40. Cola virtual media en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).

En el caso de las velocidades de turismos, son similares en ambos flujos, con 22'3 km/h en la Av. Amado Granell y 25 km/h en la Av. Hermanos Maristas. Para el caso de los autobuses de la EMT, este valor asciende a 11'2 km/h, alcanzando un máximo de 12'2 km/h.

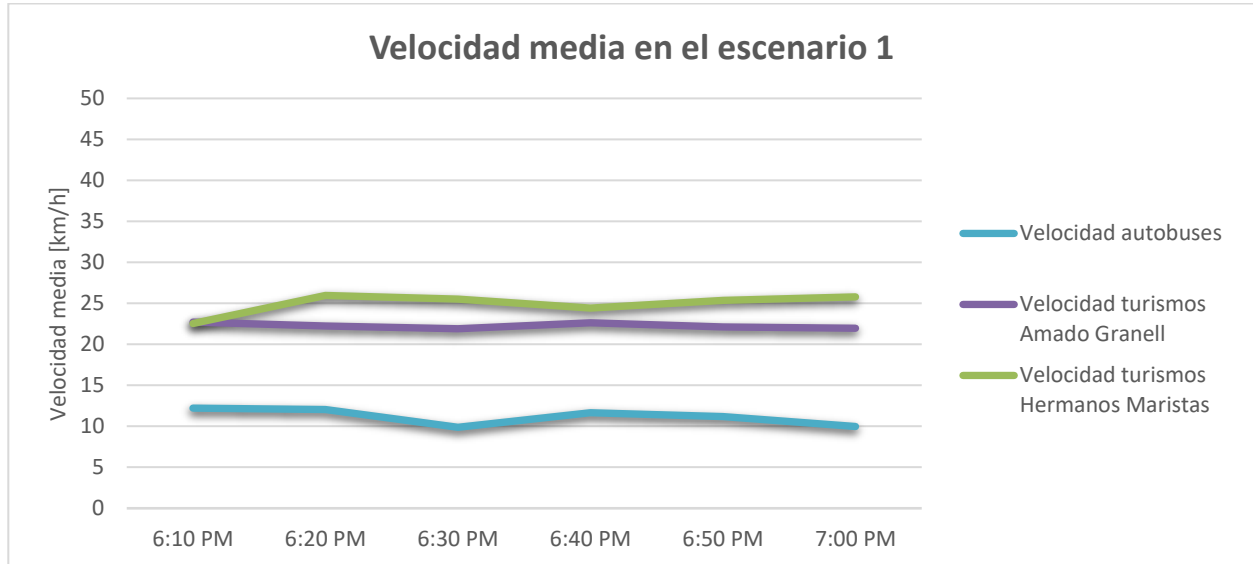


Figura 41. Velocidad media en el escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (km/h)  | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Velocidad autobuses</b>                                 | 12'2         | 9'9          | 11'2        |
| <b>Velocidad turismos en el flujo de Amado Granell</b>     | 22'7         | 21'9         | 22'3        |
| <b>Velocidad turismos en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 26'0         | 22'5         | 25'0        |

Tabla 25. Análisis de velocidades del escenario 1. (Fuente: Elaboración propia).

### 7.3. E2: Priorización total del tranvía con la demanda de tráfico al 120%

Otro escenario de estudio consiste en aumentar la demanda de tráfico en un 20% y observar los efectos de la priorización total del tranvía, de manera que se pueda analizar la compatibilidad del sistema con un cierto margen de tráfico. Para ello, simplemente se modifica el porcentaje de la demanda de tráfico con un 120%, y el programa realiza el aumento automáticamente. En todo caso, se realiza una comprobación con el tiempo de parada del tranvía que, como en el escenario 1, es nulo.

En este escenario, la variable *Control Delay* se mantiene dentro del límite de 10 s/veh para un nivel de servicio A, con un valor máximo de 8'52 s/veh y un valor medio de 7'27 s/veh.

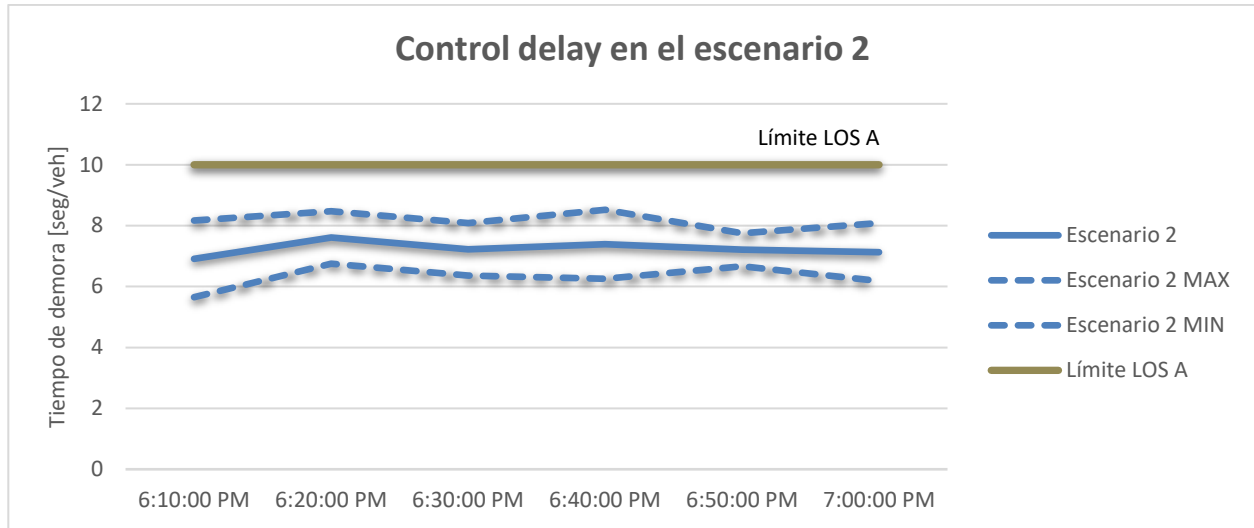


Figura 42. Control delay en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).

En el caso del flujo, no se observan tendencias inusuales en las 10 replicaciones, las cuales se encuentran en el Anexo Figuras 12 a - h. Resultados Aimsun Next escenario 2 por replicaciones (Fuente: Elaboración propia). Además, en la Figura 43 se observa un valor medio de 3645 vehículos por hora, el cual es muy próximo a los 3619 veh/h correspondientes al 120% del dato original del aforo.

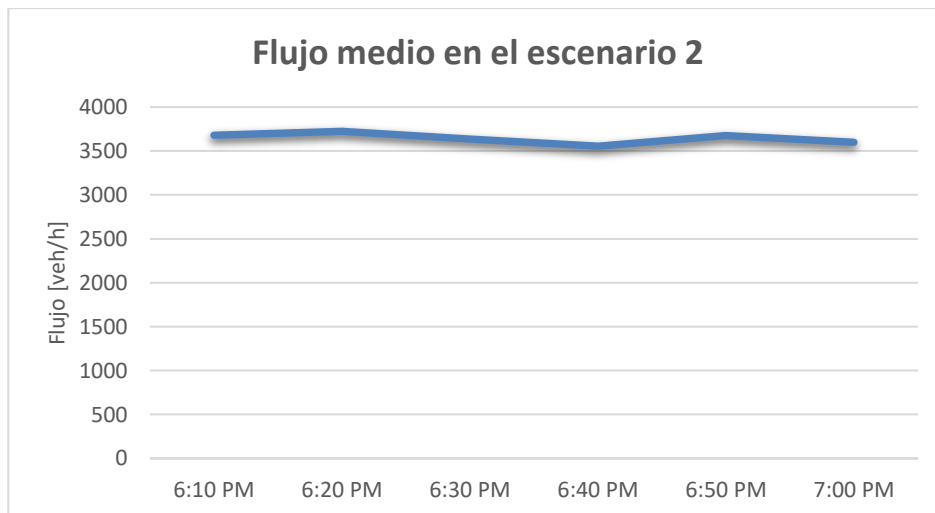


Figura 43. Flujo medio en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (veh/h) | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|------------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>Flujo</b>     | 3724         | 3555         | 3645        |

Tabla 26. Análisis de flujo del escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).

En la Tabla 27 se observa que el tiempo de demora medio en la intersección asciende a 102 s/km, donde el flujo de la Av. Amado Granell tiene valores por encima del flujo de la Av. Hermanos Maristas, 116 s/km frente a 94 s/km respectivamente.

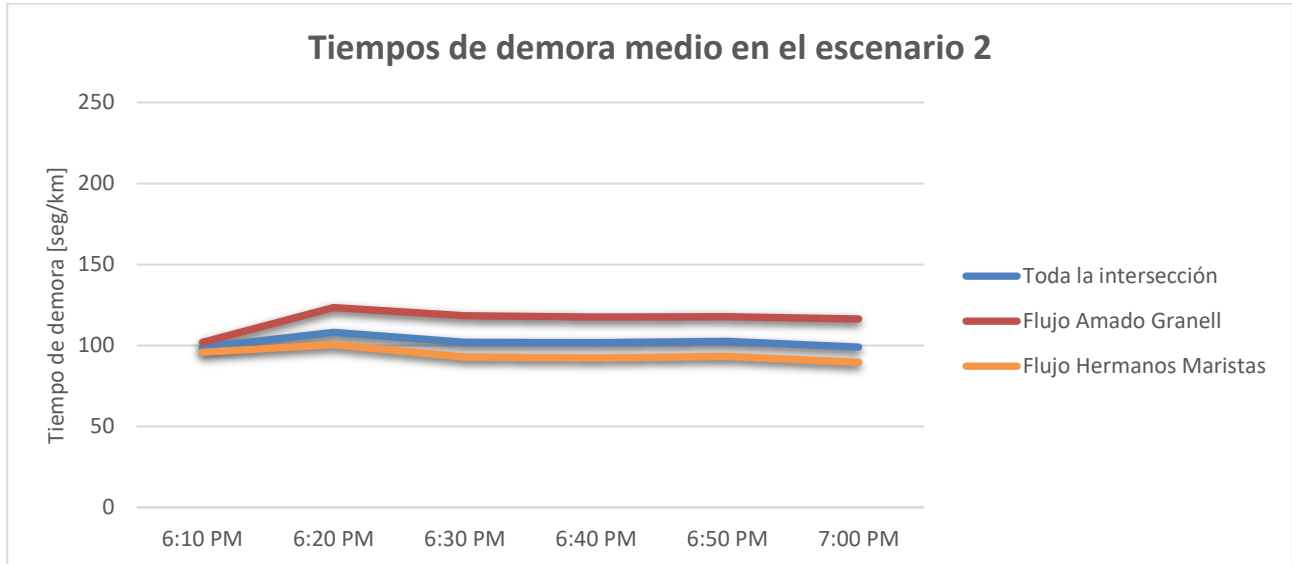


Figura 44. Tiempo de demora medio en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (seg/km)  | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Tiempo de demora medio</b>                            | 108          | 99           | 102         |
| <b>Tiempo de demora en el flujo de Amado Granell</b>     | 123          | 102          | 116         |
| <b>Tiempo de demora en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 100          | 90           | 94          |

Tabla 27. Análisis de tiempos de demora del escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).

Como se describe en la Tabla 28, la cola media asciende a 11 vehículos en el flujo en la Av. Amado Granell y 18 vehículos en el de la Av. Hermanos Maristas, con un valor medio total de 33 vehículos.

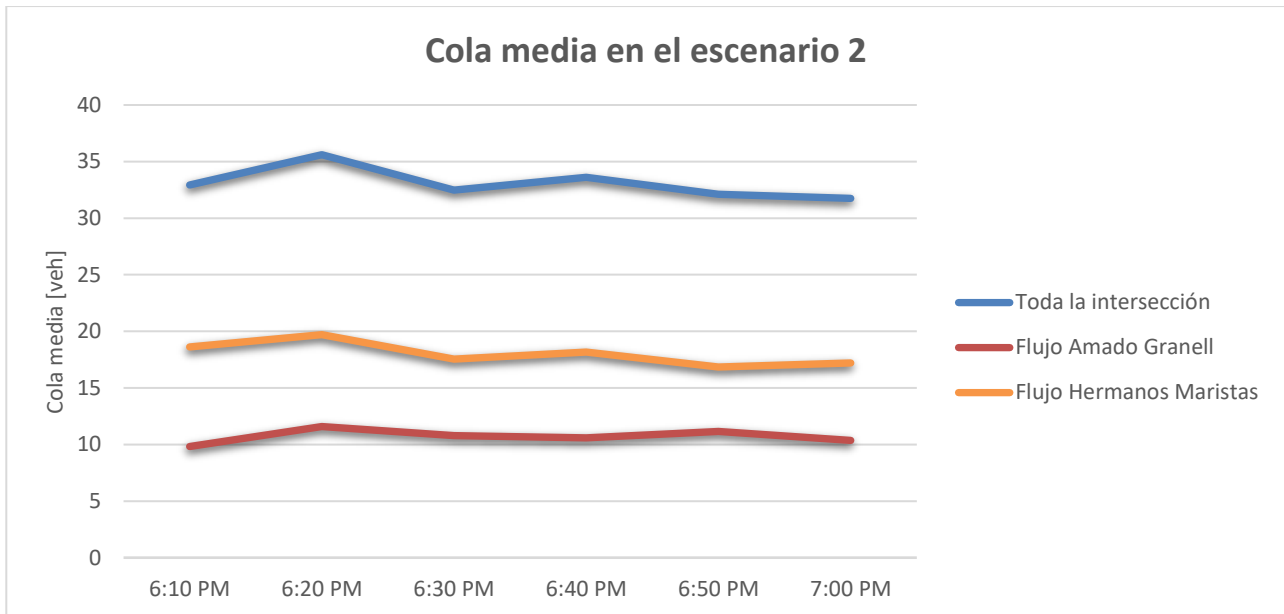


Figura 45. Cola media en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (veh)                               | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Cola media</b>                            | 36           | 32           | 33          |
| <b>Cola en el flujo de Amado Granell</b>     | 12           | 10           | 11          |
| <b>Cola en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 20           | 17           | 18          |

Tabla 28. Análisis de tiempos de demora del escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).

En el caso de la cola virtual media del escenario 2, hay una replicación con un valor fuera de lo habitual a las 6:20 PM (véase Anexo Figuras 12 a – h), alcanzando un valor de 5 cuando el resto ronda la unidad. Como se trata solo de un único dato y no hay tendencias inusuales en diferentes tramos y/o replicaciones, el análisis continúa con el procedimiento utilizado.

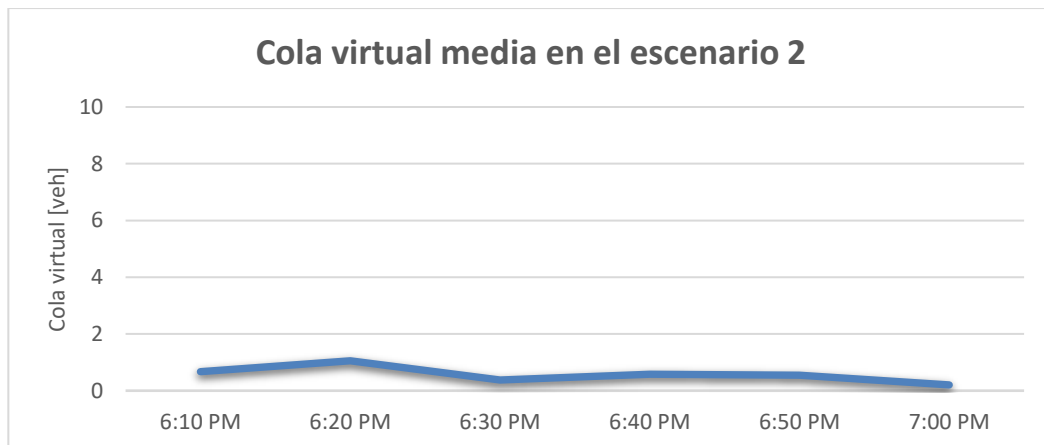


Figura 46. Cola virtual media en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).

En el caso de las velocidades de turismos, son similares en ambos flujos, con 21'3 km/h en la Av. Amado Granell y 23'5 km/h en la Av. Hermanos Maristas. Para el caso de los autobuses de la EMT, este valor asciende a 11 km/h, alcanzando un máximo de 12'4 km/h.

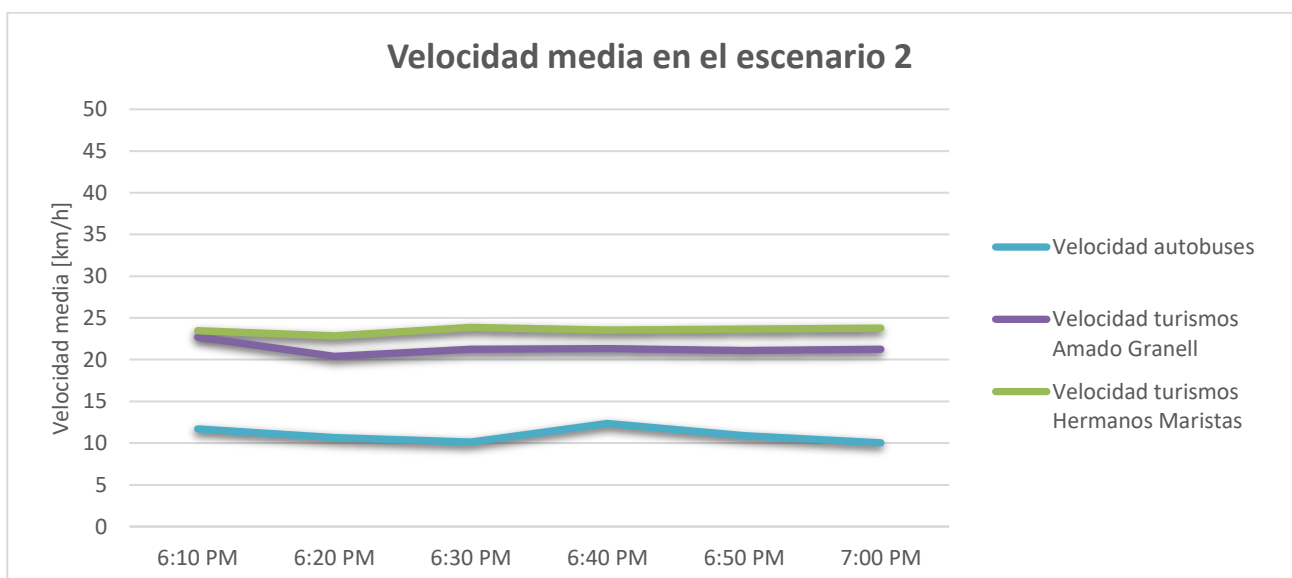


Figura 47. Velocidad media en el escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (km/h)  | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Velocidad autobuses</b>                                 | 12'4         | 10'0         | 11'0        |
| <b>Velocidad turismos en el flujo de Amado Granell</b>     | 22'7         | 20'4         | 21'3        |
| <b>Velocidad turismos en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 23'9         | 22'9         | 23'5        |

Tabla 29. Análisis de velocidades del escenario 2. (Fuente: Elaboración propia).

#### 7.4. E3: Priorización total del tranvía con la demanda de tráfico al 140%

En este caso, se pretende aumentar el escenario 2 para pasar del 120% al 140% en el tráfico de vehículos motorizados, y así observar si finalmente la glorieta comienza a mostrar momentos críticos con la priorización total del tranvía. Como en los escenarios anteriores, el tiempo de parada del tranvía debe ser nulo, aunque en este caso aparecen unos datos anómalos como se observa en la Figura 48.

Estas curvas muestran que, aunque hay instalado un sistema de priorización total del tranvía, éste se detiene en algún momento puntual en diversas replicaciones. Aunque se estudiará con el resto de las variables, a simple vista se deducen bloqueos en la intersección, los cuales impiden al tranvía atravesar la glorieta.

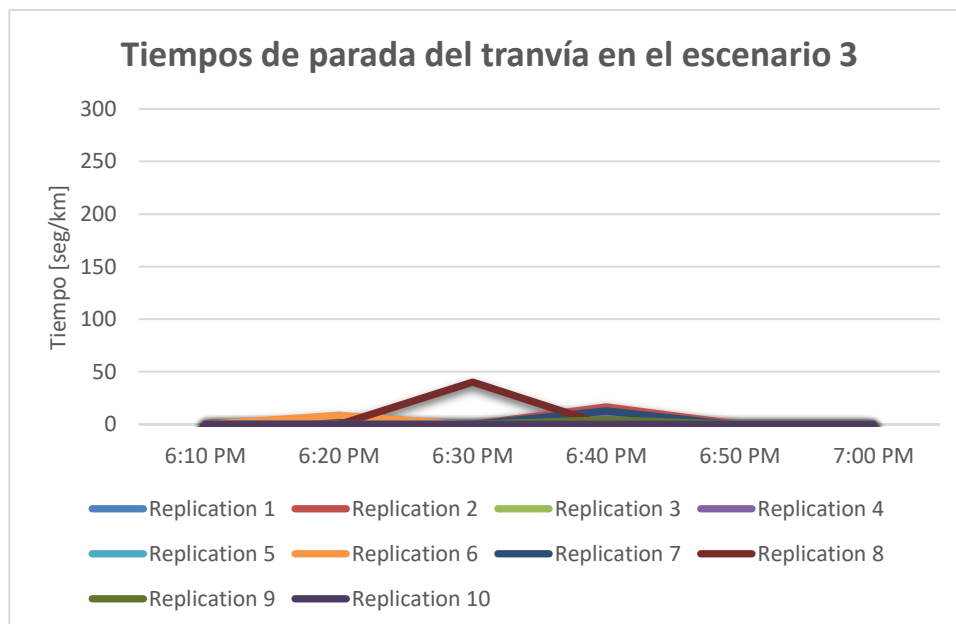


Figura 48. Tiempos de parada del tranvía en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).

En este escenario, la variable *Control Delay* tiene un valor medio de 12'56 s/veh, el cual se encuentra por debajo del límite del nivel de servicio B. Sin embargo, como se observa en la Figura 49, el último valor de las 7:00PM supera este límite y aumenta a un nivel de servicio C. En todo caso, la tendencia al alza a lo largo de la franja horaria puede indicar una inestabilidad en el comportamiento de la intersección, y que se analizará en el resto de las variables.



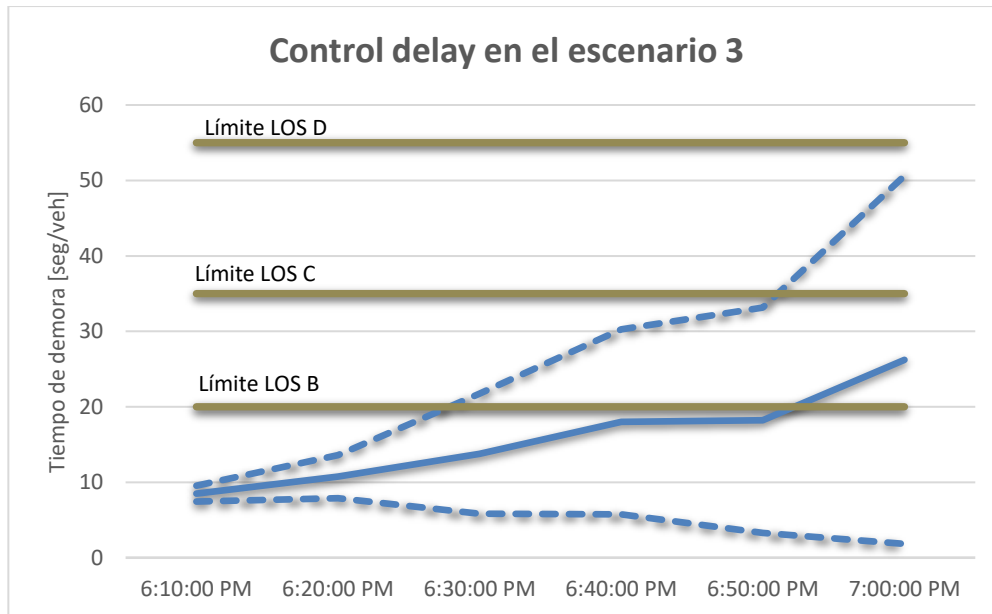


Figura 49. Control delay en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).

Respecto al flujo, hay 4 replicaciones con tendencias inusuales (véase Anexo Figuras 13 a - h) las cuales se han representado en la Figura 50 junto a la media del resto. Mientras este grupo tiene en torno a 4000 vehículos por hora, las 4 replicaciones anteriores muestran un bloqueo cuando el flujo desciende bruscamente en apenas 1 o 2 franjas de 10 minutos.

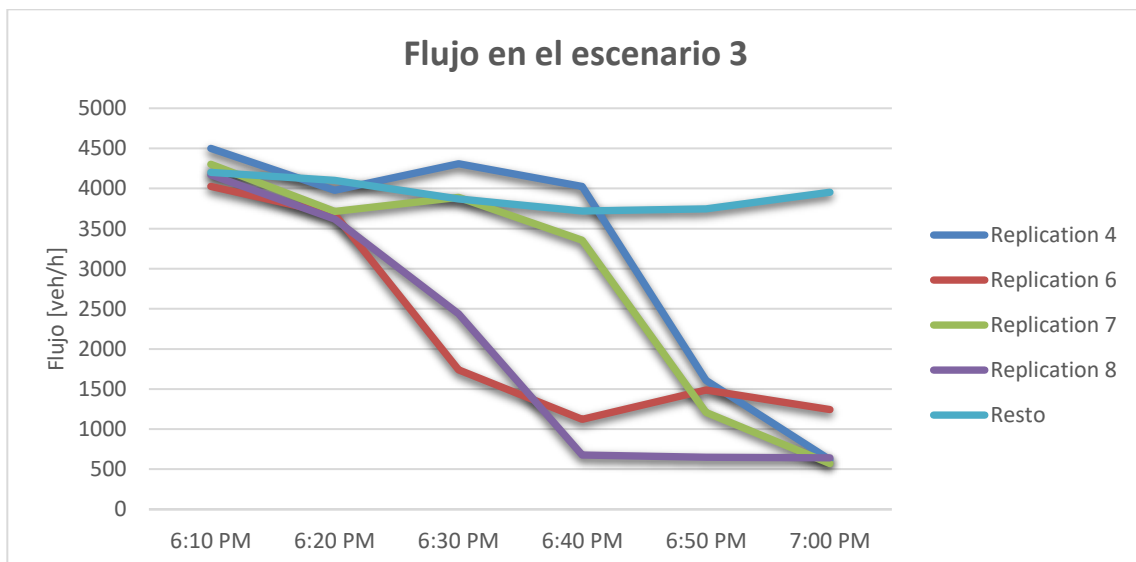


Figura 50. Flujo medio en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).

En el caso del tiempo de demora, el comportamiento se encuentra alterado únicamente en el flujo de la Av. Hermanos Maristas, tal y como se observa en la Figura 51. Como se ha mencionado anteriormente, la priorización semafórica afecta principalmente a este flujo, y por ese motivo los bloqueos

en la intersección le generan tiempos de demora altos. En este caso se ha representado las 4 replicaciones con colapso, así como la media del resto, para observar como el tiempo de demora aumenta durante la franja completa para las 4 primeras.

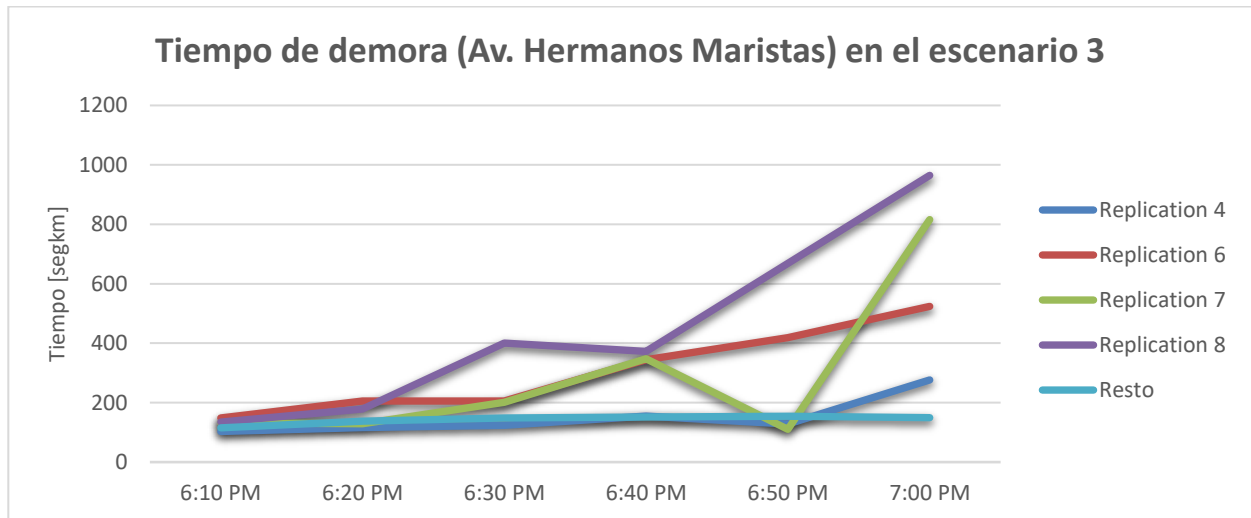


Figura 51. Tiempo de demora en Hermanos Maristas en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).

La longitud de la cola se ha representado en la Figura 52 de igual manera que para los gráficos anteriores, de forma que se observa un aumento constante en aquellas replicaciones con bloqueos, mientras que para el resto la tendencia es constante.

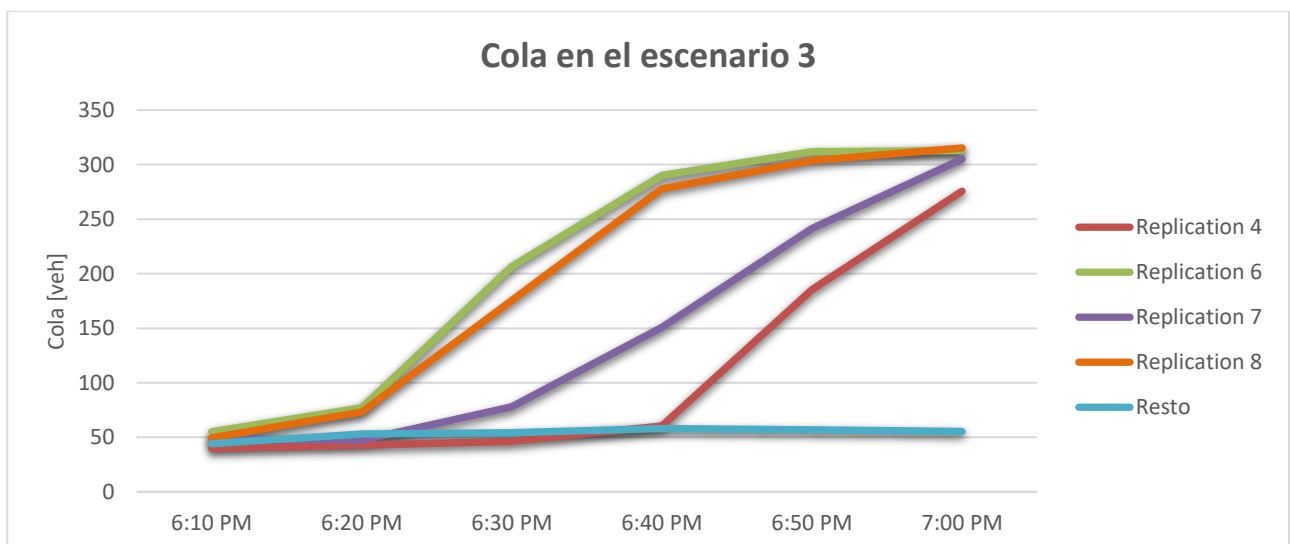


Figura 52. Cola en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).

Por otra parte, la cola virtual en el escenario 3 aumenta de manera considerable para aquellas replicaciones con bloqueos (las 4,6,7 y 8), aunque también lo hacen en menor medida el resto. Esto indica afecciones al resto de la red provocados en estas condiciones de tráfico.

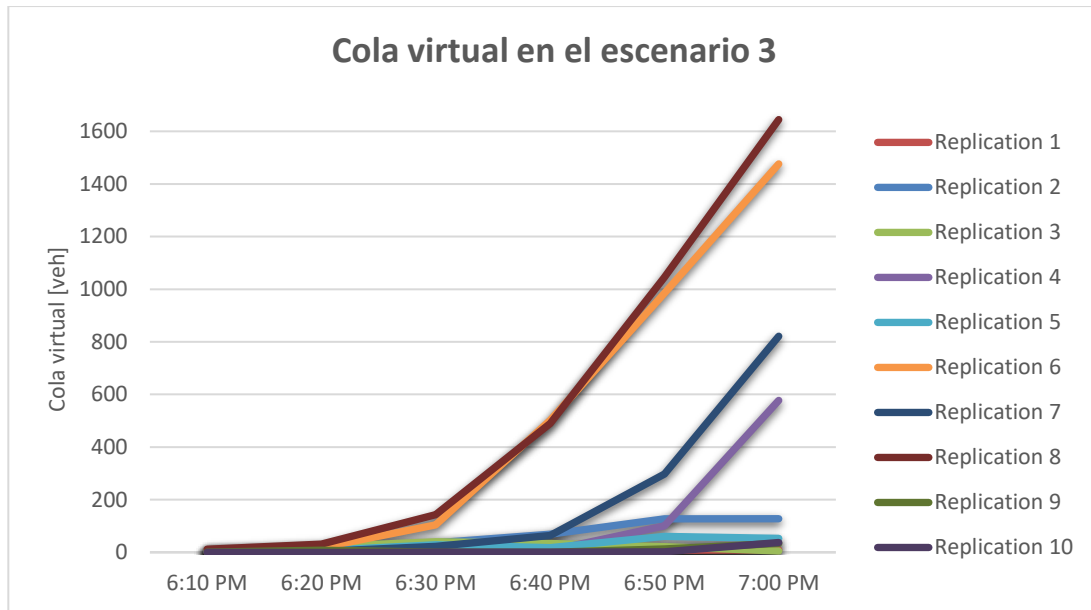


Figura 53. Cola virtual en el escenario 3. (Fuente: Elaboración propia).

#### 7.5. E4: Priorización total del tranvía cada 5 min y demanda de tráfico al 120%

Observando los escenarios 2 y 3, interesa saber ahora si una fase de aumento de la demanda de tráfico, pero con mejoras en el servicio, es compatible con la priorización total del tranvía. En el escenario 3 se observa una superación de la capacidad crítica del modelo, por lo que este caso se realiza a partir de la demanda del 120% del escenario 2.

Para el cambio de la frecuencia, se crea una nueva línea de tranvía que, sustituyendo a la anterior, aumenta la frecuencia de 7'5 a 5 minutos. Una vez más, antes de analizar los resultados se comprueba que el tiempo de parada de tranvía es nulo.

En este escenario, se puede observar en la Figura 54 que la variable *Control Delay* se mantiene dentro del límite de 10 s/veh para un nivel de servicio A, con un valor máximo de 9'15 s/veh y un valor medio de 7'66 s/veh.

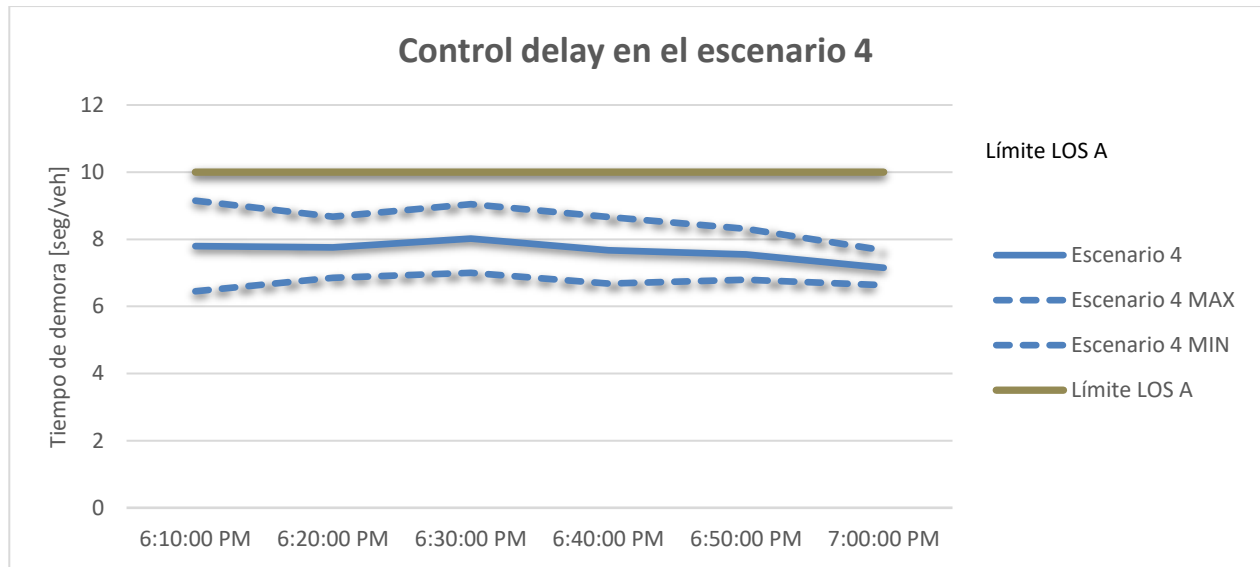


Figura 54. Control delay en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).

En el caso del flujo, el comportamiento es muy parecido al escenario 2, donde no se observan tendencias inusuales en ninguna de las 10 replicaciones (véase Anexo Figuras 14 a – g). Además, en la Tabla 30 se describe un valor medio de 3648 vehículos por hora, el cual es muy próximo a los 3619 veh/h correspondientes al 120% del dato original del aforo.

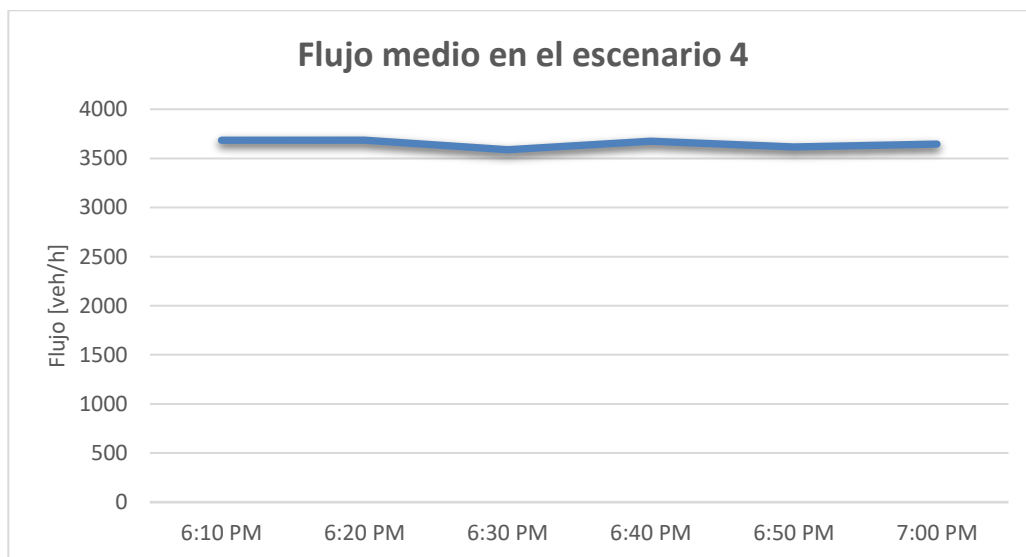


Figura 55. Flujo medio en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (veh/h) | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|------------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>Flujo</b>     | 3685         | 3588         | 3648        |

Tabla 30. Análisis de flujo del escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).

En la Tabla 31 se observa que el tiempo de demora medio en la intersección asciende a 109 s/km, donde el flujo de la Av. Amado Granell tiene valores muy similares al del flujo de la Av. Hermanos Maristas, 110 s/km frente a 106 s/km respectivamente.

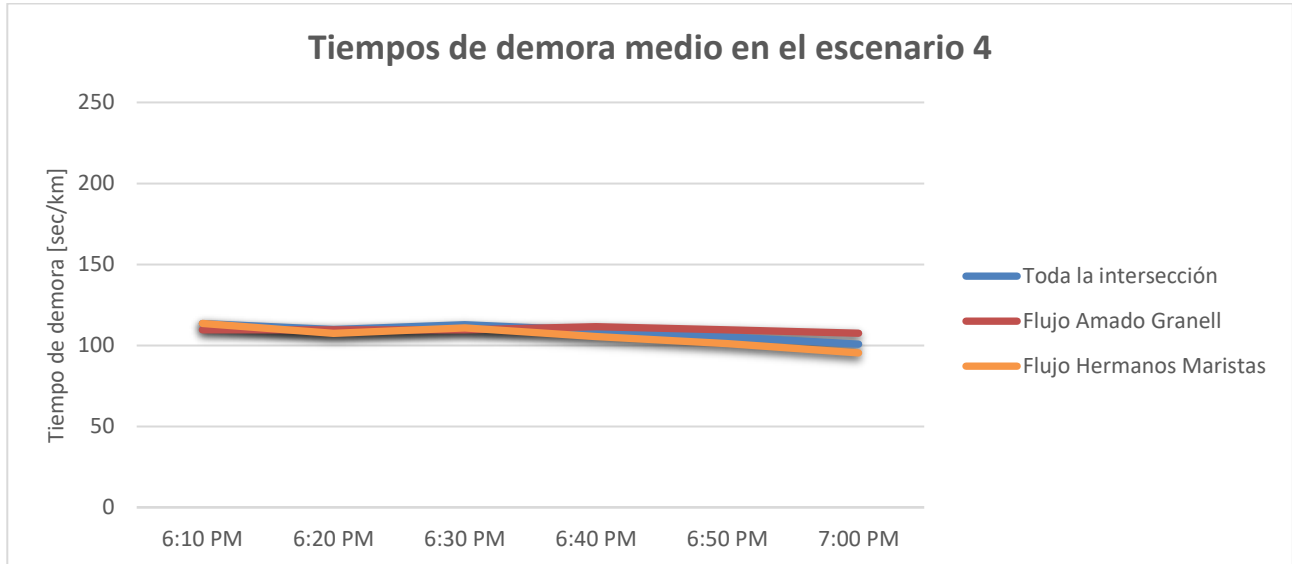


Figura 56. Tiempo de demora medio en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (seg/km)  | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Tiempo de demora medio</b>                            | 113          | 100          | 109         |
| <b>Tiempo de demora en el flujo de Amado Granell</b>     | 112          | 108          | 110         |
| <b>Tiempo de demora en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 114          | 95           | 106         |

Tabla 31. Análisis de tiempos de demora del escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).

Como se describe en la Tabla 32, la cola media asciende a 10 vehículos en el flujo en la Av. Amado Granell, por encima de los 20 vehículos en el de la Av. Hermanos Maristas, y con un valor medio total de 35 vehículos.

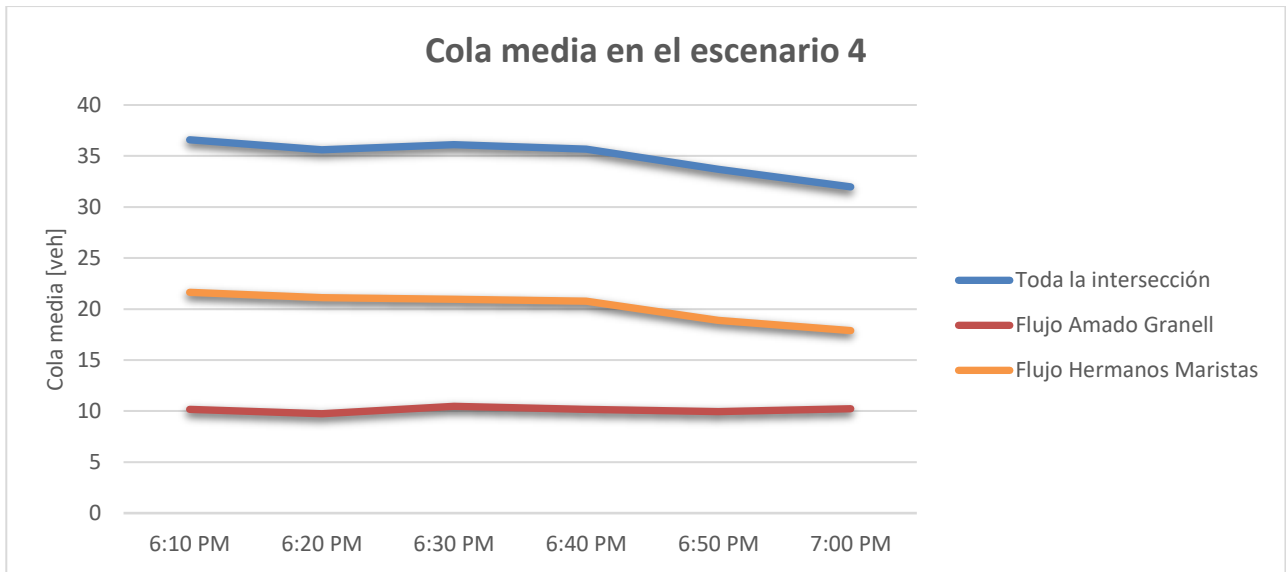


Figura 57. Cola media en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (veh)                               | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Cola media</b>                            | 37           | 32           | 35          |
| <b>Cola en el flujo de Amado Granell</b>     | 11           | 10           | 10          |
| <b>Cola en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 22           | 18           | 20          |

Tabla 32. Análisis de tiempos de demora del escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).

La cola virtual media que se muestra en la Figura 58 tiene valores entre 0 y 2, los cuales adquieren un calibre irrelevante frente a los 3648 vehículos de flujo total. Esto indica que no hay efectos secundarios que afecten al resto de la red.



Figura 58. Cola virtual media en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).

En el caso de las velocidades de turismos, se observa en la Figura 59 que son similares en ambos flujos, con 22'1 km/h en la Av. Amado Granell y 22'4 km/h en la Av. Hermanos Maristas. Para el caso de los autobuses de la EMT, este valor asciende a 11 km/h, alcanzando un máximo de 12'1 km/h.

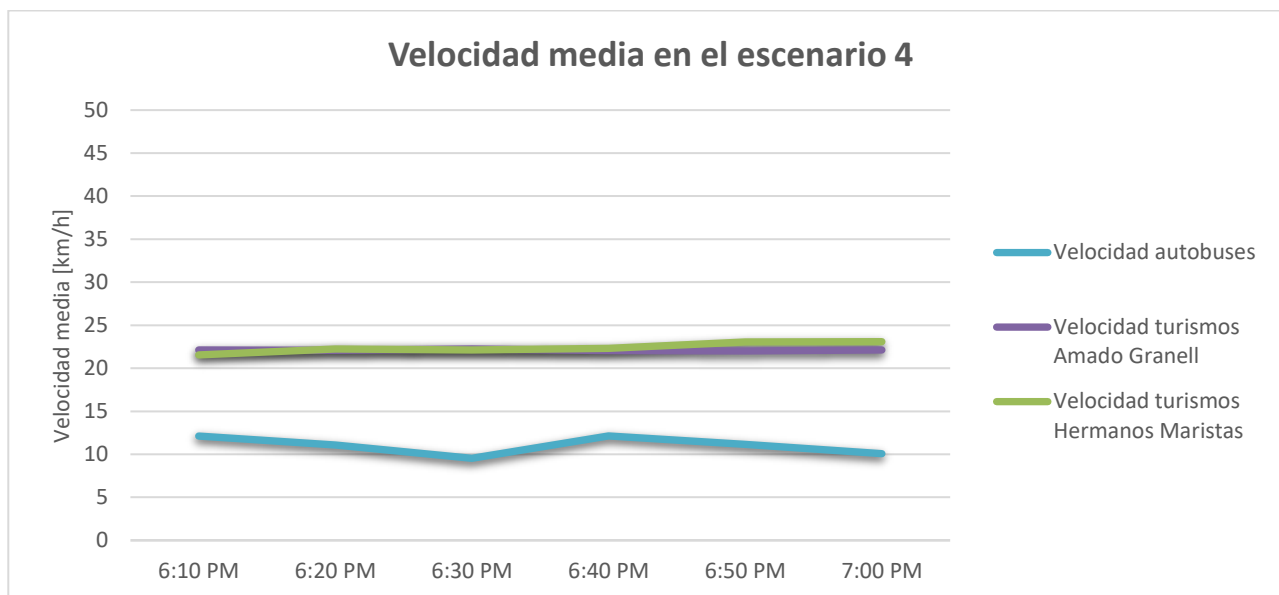


Figura 59. Velocidad media en el escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).

| Unidades (km/h)  | Valor máximo | Valor mínimo | Valor medio |
|--|--------------|--------------|-------------|
| <b>Velocidad autobuses</b>                                 | 12'1         | 9'5          | 11'0        |
| <b>Velocidad turismos en el flujo de Amado Granell</b>     | 22'2         | 22'0         | 22'1        |
| <b>Velocidad turismos en el flujo de Hermanos Maristas</b> | 23'0         | 21'5         | 22'4        |

Tabla 33. Análisis de velocidades del escenario 4. (Fuente: Elaboración propia).

## 7.6. Conclusiones de los resultados y comparativa

Una vez analizados el escenario inicial y los 4 alternativos, se realizará una comparativa que relacione los diferentes efectos de las variables y la priorización semafórica con el comportamiento del tráfico. Como se ha observado anteriormente, el escenario 3 es inestable y muestra signos de bloqueos, por lo que la comparativa se hará principalmente con el resto de los escenarios (0,1,2 y 4).

En primer lugar, observamos en la Figura 60 que la variable *Control Delay* que utiliza el HCM para definir el nivel de servicio de la intersección se encuentra, en cualquiera de los escenarios comparados, por debajo del límite de 10 s/veh. Por tanto, y aunque se observa un aumento de la variable conforme

aumenta la demanda de tráfico y la frecuencia de paso del tranvía, en todos los casos nos encontramos en un nivel A.

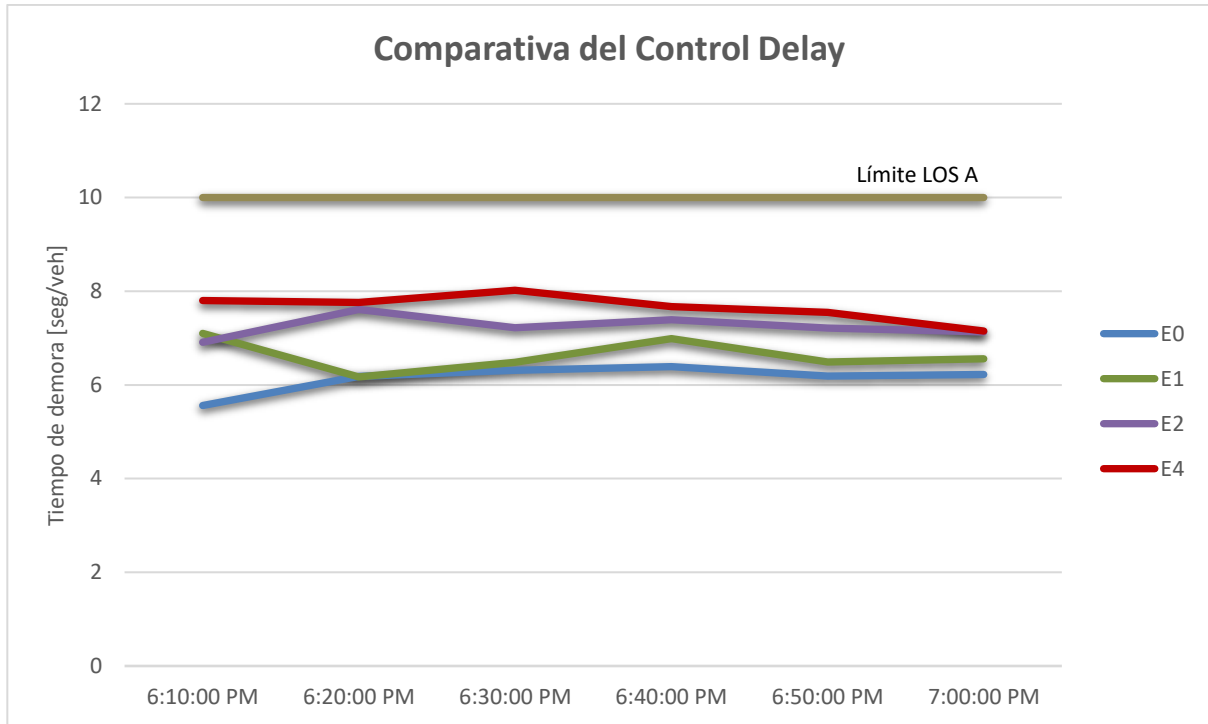


Figura 60. Comparativa del Control Delay. (Fuente: Elaboración propia).

En segundo lugar, en la Figura 61 se observa que en el escenario inicial y 1, ambos con demanda actual de tráfico, el tiempo de demora se mantiene similar, con apenas un 4% de subida debido a la priorización semafórica. En los escenarios 2 y 4, esta demora aumenta un 15% y un 22% respectivamente, aunque la demanda de tráfico se encuentra en estos casos al 120%.

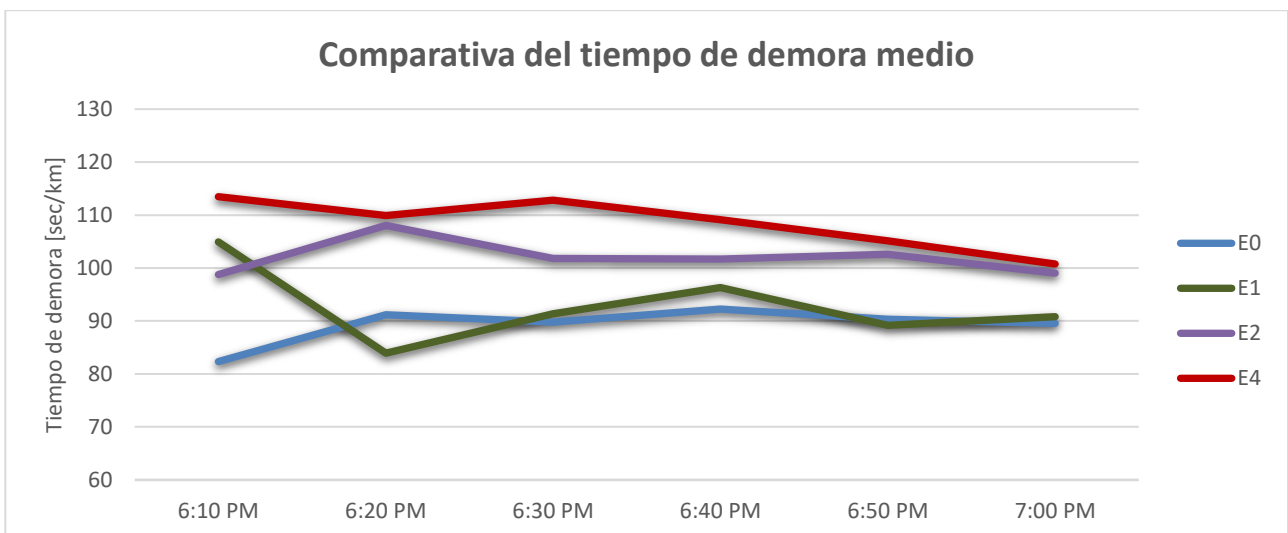


Figura 61. Comparativa del tiempo de demora medio. (Fuente: Elaboración propia).



Desglosando la comparativa por flujos, nos encontramos con una tendencia similar al *Control Delay* en la Av. Hermanos Maristas, donde los aumentos de la demanda de tráfico y de la frecuencia de paso del tranvía hacen aumentar los tiempos de demora. Este aumento alcanza el 14% en el escenario 1, el 27% en el escenario 2 y el 43% en el escenario 4. Por otro lado, al encontrarse la priorización semafórica en la fase de la Av. Amado Granell, el efecto es el contrario.

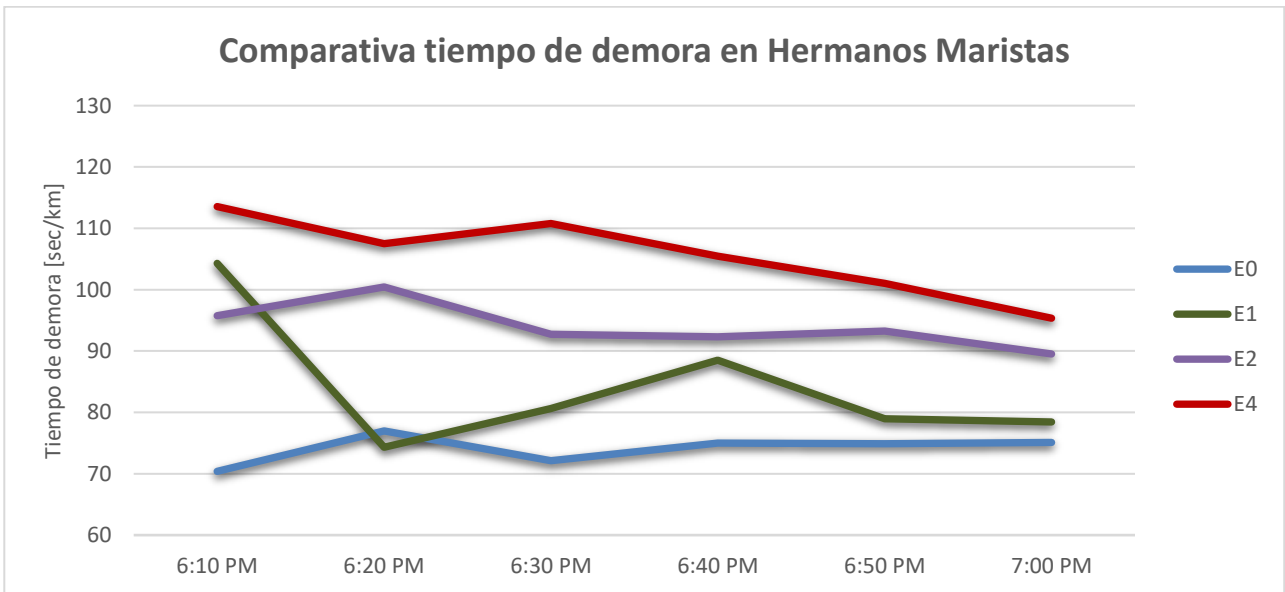


Figura 62. Comparativa del tiempo de demora en Hermanos Maristas. (Fuente: Elaboración propia).

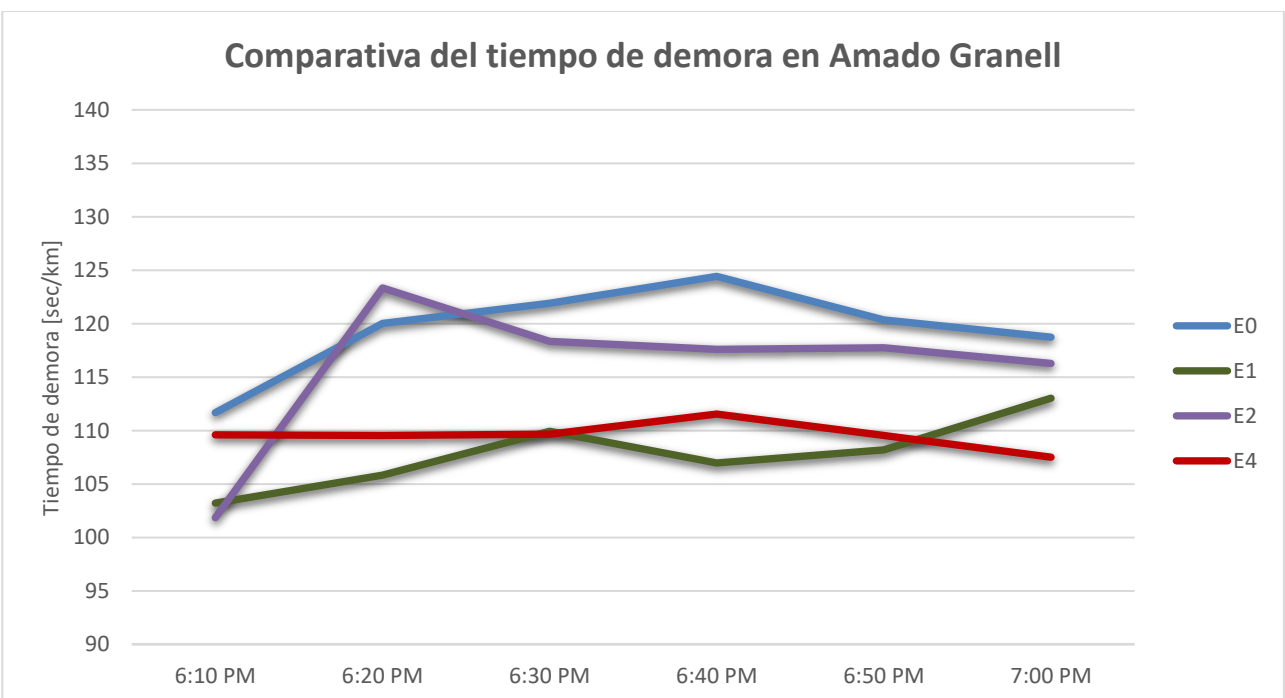
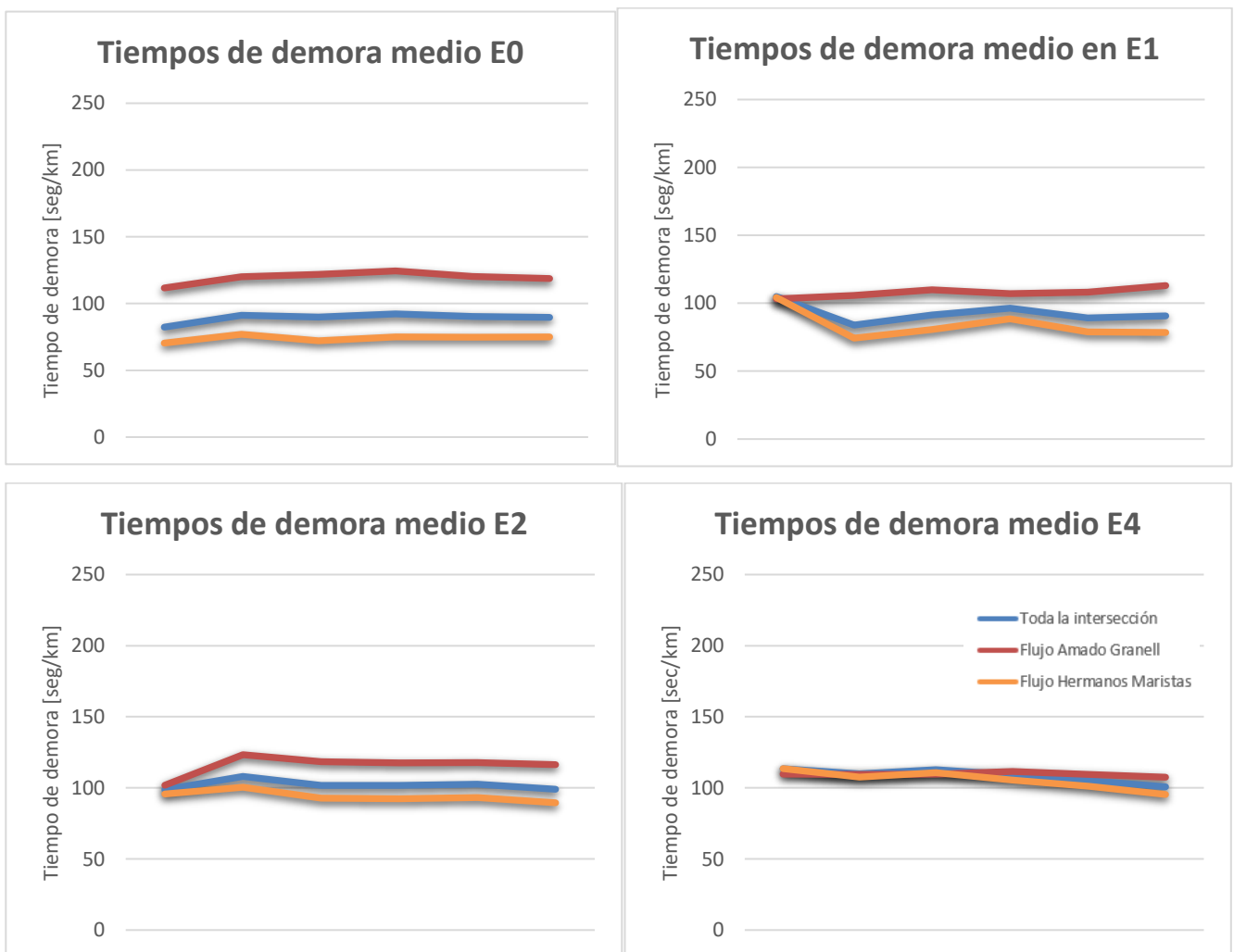


Figura 63. Comparativa del tiempo de demora en Amado Granell. (Fuente: Elaboración propia).

Además, en las Figuras 64 a - d se observa que la diferencia entre los tiempos de demora de ambos flujos tiende a hacerse nula. Mientras en el escenario inicial esta diferencia es de 46 s/km, en los escenarios 1 y 2 disminuye hasta 24 y 22 s/km respectivamente por el efecto de la priorización semafórica. Este cambio se hace más notable en el escenario 4, donde la diferencia es de solo 4 s/km, por el aumento de la frecuencia de paso del tranvía.

La conclusión de esta variable es que la priorización semafórica beneficia a los vehículos que se desplazan en el flujo de la Av. Amado Granell, consiguiendo una reducción del tiempo de demora de hasta un -10%.



Figuras 64 a - d. Comparativa del tiempo de demora medio (completo). (Fuente: Elaboración propia).

Respecto a la cola media, se observa en la Figura 65 que la tendencia es similar al tiempo de demora, donde los escenarios inicial y 1 tienen apenas una variación del 4%, y con aumentos del 32 y 40% en los escenarios 2 y 4, respectivamente. Este aumento es, sin embargo, superior al de la demanda de tráfico para estos 2 últimos escenarios. En todo caso, y observando los números absolutos de esta

cola media, se observa que la variación, en el caso de implantar la priorización semafórica con la misma demanda de tráfico, es de solo 1 vehículo al 100%. En el caso de demanda al 120%, el aumento de la frecuencia del tranvía implica un aumento medio de 2 vehículos en la cola. Esto implica que la priorización semafórica no es la principal causante de las colas, sino que es principalmente debido a la demanda de tráfico.

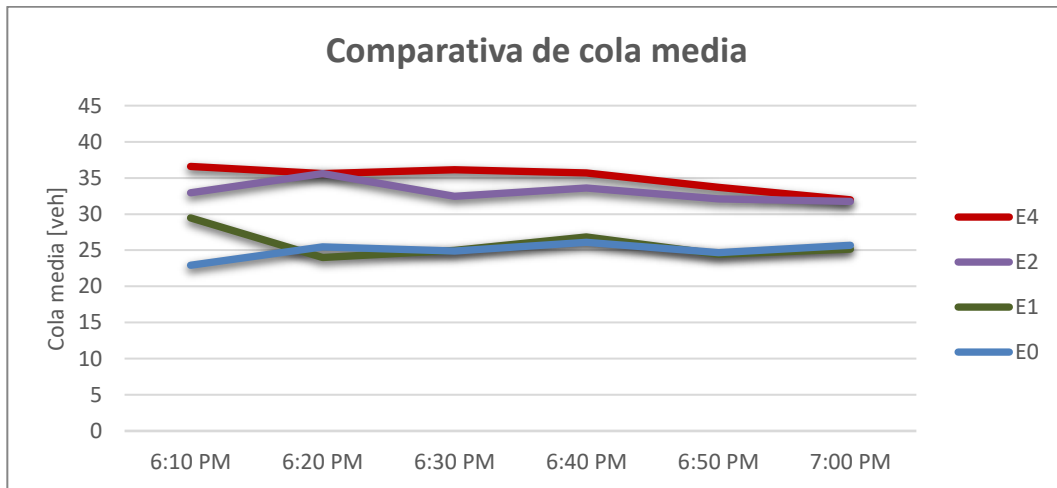


Figura 65. Comparativa de la cola media. (Fuente: Elaboración propia).

Desglosando por flujos, la cola media en Amado Granell se observa en la Figura 66 que apenas sufre variaciones y se encuentra entre 9 y 11 vehículos en todos los escenarios de estudio. Por otra parte, la cola media en la Av. Hermanos Maristas sí que muestra tendencias al variar, principalmente, la demanda de tráfico. En este caso, como se describe en la Tabla 35, el escenario 2 implica un aumento del 50% respecto a la situación inicial, y en el caso del escenario 4 alcanza el 67%.

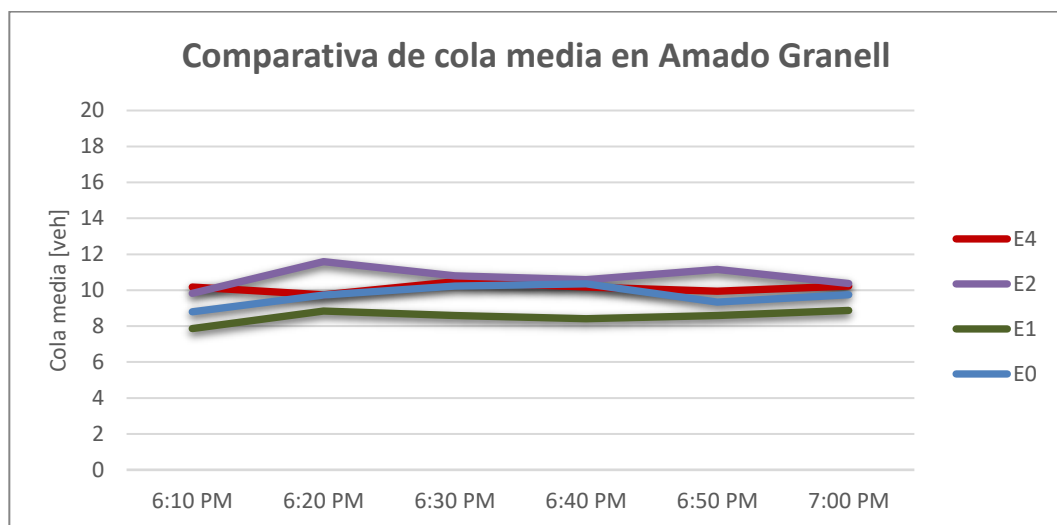


Figura 66. Comparativa de la cola media en Amado Granell. (Fuente: Elaboración propia).

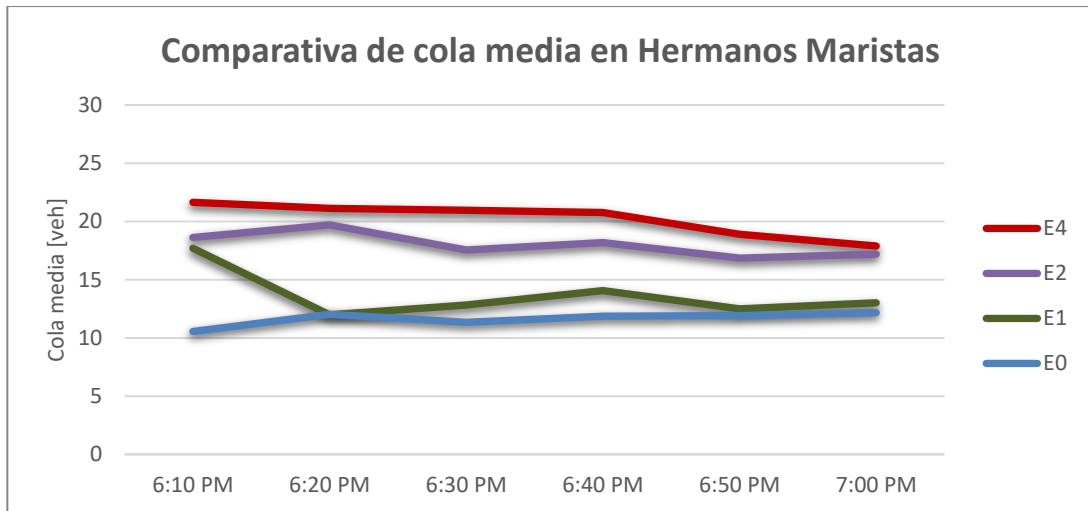


Figura 67. Comparativa de la cola media en Hermanos Maristas. (Fuente: Elaboración propia).

Por último, en la Figura 68 se observa la comparativa de velocidades medias en los autobuses, las cuales se encuentran en torno a los 11 km/h con variaciones de entre el -2 y -4%. Por otro lado, las velocidades de los turismos en la Av. Amado Granell muestran, en la Figura 69, un aumento de hasta el 5% debido principalmente a la priorización semafórica, que favorece a este flujo como se ha mencionado anteriormente, y situándola en torno a los 21 y 22 km/h.

Situación contraria sucede a los turismos de la Av. Hermanos Maristas, que ven reducida su velocidad media entre el -4 y -14%, ya que es el flujo principalmente afectado por la priorización semafórica y el aumento de la demanda de tráfico. En todo caso, las velocidades se encuentran entre los 22 y 26 km/h.

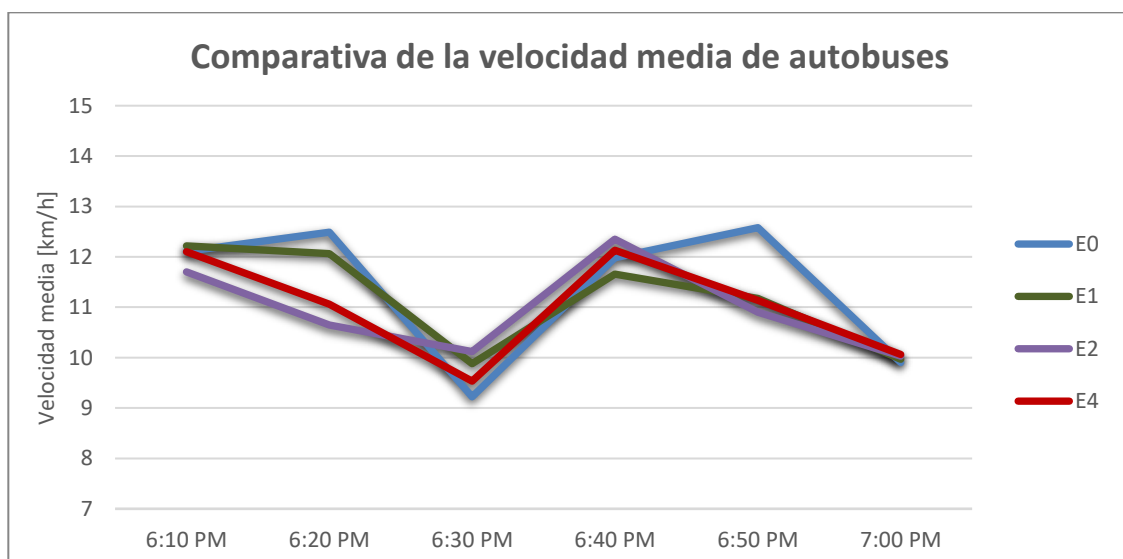


Figura 68. Comparativa de velocidad media de autobuses. (Fuente: Elaboración propia).

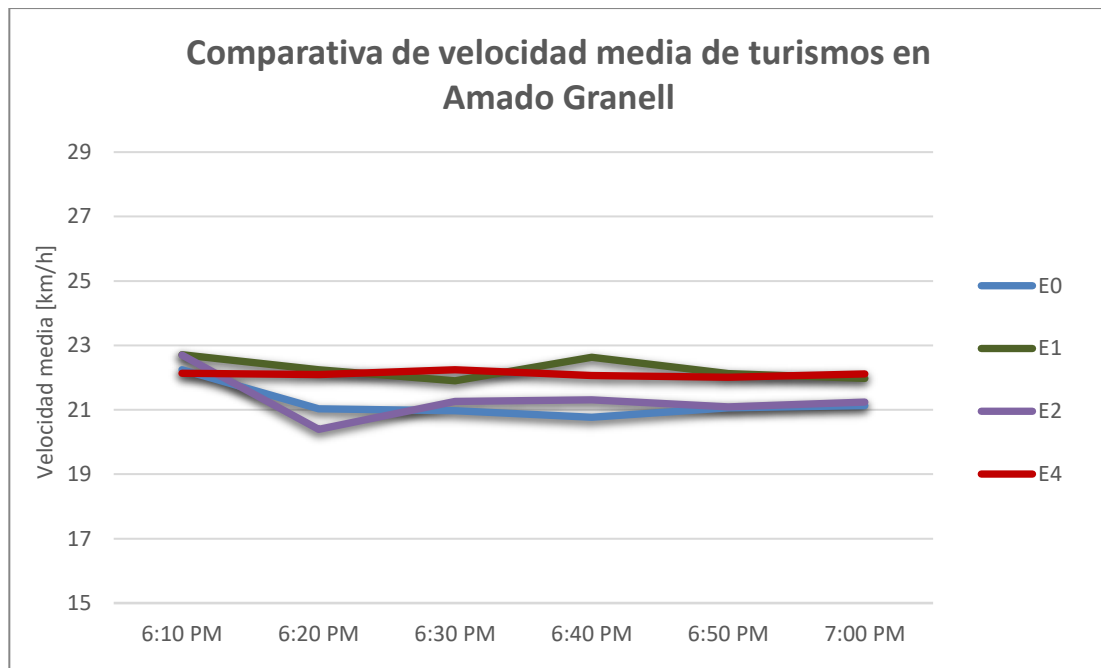


Figura 69. Comparativa de velocidad media de turismos en Amado Granell. (Fuente: Elaboración propia).

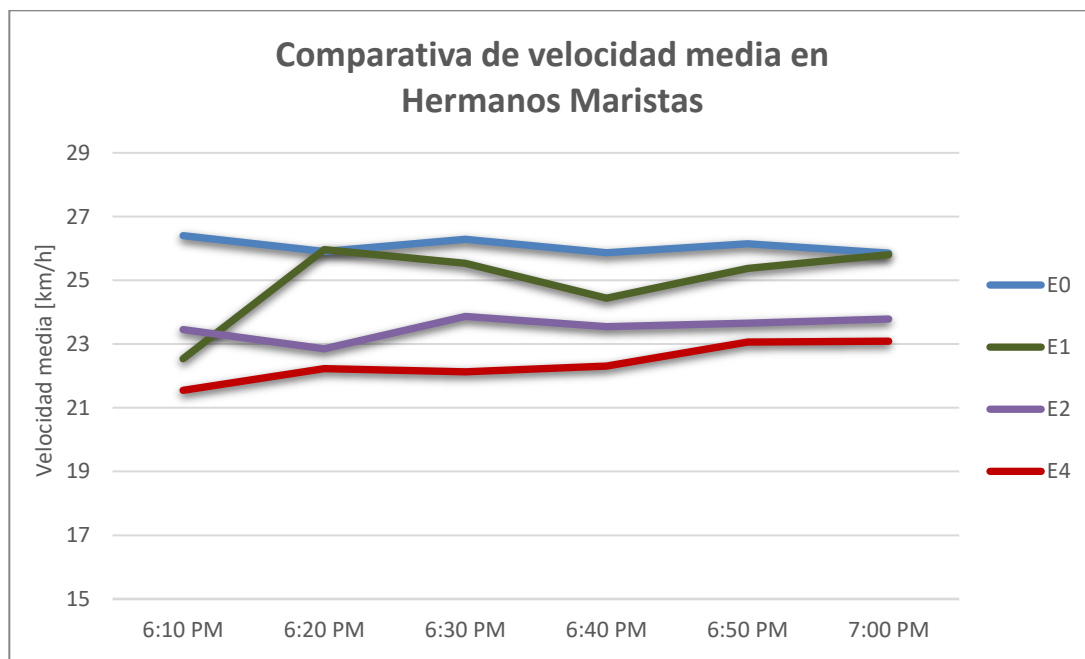
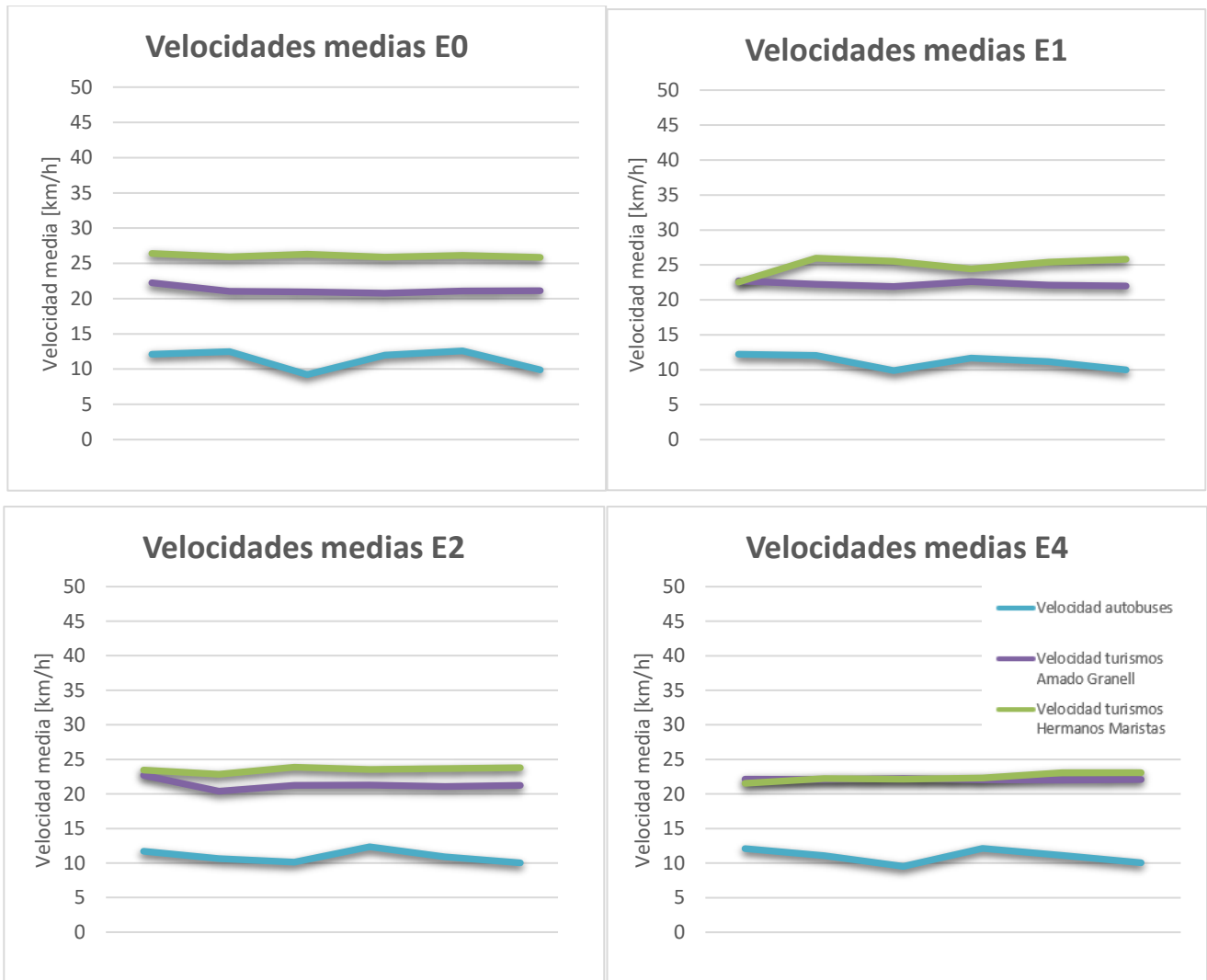


Figura 70. Comparativa de velocidad media de turismos en Hermanos Maristas. (Fuente: Elaboración propia).

Como se observa además en las Figuras 71 a – d, las velocidades medias de los turismos tienden a igualarse en ambos flujos con la priorización del tranvía y alcanzan una diferencia de apenas 0'3 km/h en el escenario 4.



Figuras 71 a - d. Comparativa de las velocidades medias (completo). (Fuente: Elaboración propia).

Como conclusión de los datos analizados, todas las variables marcan unos patrones de comportamiento en función de la demanda de tráfico y de la priorización del tranvía, de manera que se pueden prever para otros escenarios que no son objeto de este estudio.

Además, estas variables ofrecen datos cuantitativos que, aunque se han ido mencionando a lo largo de este apartado, se resumen en la Tabla 34, y que permiten ofrecer comparativas respecto a la situación inicial como se muestra en la Tabla 35.



|  | Escenario 0 | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 | Escenario 4 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Control Delay [s/veh]</b>                                 | 6'16        | 6'6         | 7'27        | 12'56       | 7'66        |
| Nivel de Servicio  | A           | A           | A           | B           | A           |
| <b>Flujo medio [veh/h]</b>                                   | 2978        | 3063        | 3645        | -           | 3648        |
| Flujo máximo [veh/h]   | 3102        | 3168        | 3724        | -           | 3685        |
| Flujo mínimo [veh/h]   | 2639        | 2940        | 3555        | -           | 3588        |
| <b>Tiempo de demora medio [s/km]</b>                         | 89          | 93          | 102         | -           | 109         |
| Tiempo de demora máximo [s/km]                               | 92          | 105         | 108         | -           | 113         |
| Tiempo de demora mínimo [s/km]                               | 82          | 84          | 99          | -           | 100         |
| <b>Tiempo de demora medio [s/km]<br/>(Amado Granell)</b>     | 120         | 108         | 116         | -           | 110         |
| Tiempo de demora máximo [s/km]<br>(Amado Granell)            | 124         | 113         | 123         | -           | 112         |
| Tiempo de demora mínimo [s/km]<br>(Amado Granell)            | 112         | 103         | 102         | -           | 108         |
| <b>Tiempo de demora medio [s/km]<br/>(Hermanos Maristas)</b> | 74          | 84          | 94          | -           | 106         |
| Tiempo de demora máximo [s/km]<br>(Hermanos Maristas)        | 77          | 104         | 100         | -           | 114         |
| Tiempo de demora mínimo [s/km]<br>(Hermanos Maristas)        | 70          | 74          | 90          | -           | 95          |
| <b>Cola media [veh]</b>                                      | 25          | 26          | 33          | -           | 35          |
| Cola máxima [veh]  | 26          | 29          | 36          | -           | 37          |
| Cola mínima [veh]  | 23          | 24          | 32          | -           | 32          |
| <b>Cola media [veh]<br/>(Amado Granell)</b>                  | 10          | 9           | 11          | -           | 10          |
| Cola máxima [veh]<br>(Amado Granell)                         | 10          | 9           | 12          | -           | 11          |
| Cola mínima [veh]<br>(Amado Granell)                         | 9           | 8           | 10          | -           | 10          |
| <b>Cola media [veh]<br/>(Hermanos Maristas)</b>              | 12          | 14          | 18          | -           | 20          |
| Cola máxima [veh]<br>(Hermanos Maristas)                     | 12          | 18          | 20          | -           | 22          |
| Cola mínima [veh]<br>(Hermanos Maristas)                     | 11          | 12          | 17          | -           | 18          |
| <b>Velocidad media autobuses [km/h]</b>                      | 11'4        | 11'2        | 11'0        | -           | 11'0        |



|   |      |      |      |   |      |
|---|------|------|------|---|------|
| Velocidad máxima autobuses [km/h]                     | 12'6 | 12'2 | 12'4 | - | 12'1 |
| Velocidad mínima autobuses [km/h]                     | 9'2  | 9'9  | 10'0 | - | 9'5  |
| <b>Velocidad media [km/h]<br/>(Amado Granell)</b>     | 21'2 | 22'3 | 21'3 | - | 22'1 |
| Velocidad máxima [km/h]<br>(Amado Granell)            | 22'2 | 22'7 | 22'7 | - | 22'2 |
| Velocidad mínima [km/h]<br>(Amado Granell)            | 20'8 | 21'9 | 20'4 | - | 22'0 |
| <b>Velocidad media [km/h]<br/>(Hermanos Maristas)</b> | 26'1 | 25'0 | 23'5 | - | 22'4 |
| Velocidad máxima [km/h]<br>(Hermanos Maristas)        | 26'4 | 26'0 | 23'9 | - | 23'0 |
| Velocidad mínima [km/h]<br>(Hermanos Maristas)        | 25'9 | 22'5 | 22'9 | - | 21'5 |

Tabla 34. Tabla resumen de resultados. (Fuente: Elaboración propia).



|  | Escenario 0 | $\Delta$ Escenario 1 | $\Delta$ Escenario 2 | $\Delta$ Escenario 3 | $\Delta$ Escenario 4 |
|--|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Control Delay [s/veh]</b>                                 | Referencia  | 7%                   | 18%                  | 104%                 | 24%                  |
| Nivel de Servicio  | Referencia  | 0 niveles            | 0 niveles            | 1 nivel              | 0 niveles            |
| <b>Flujo medio [veh/h]</b>                                   | Referencia  | 3%                   | 22%                  | -                    | 22%                  |
| Flujo máximo [veh/h]   | Referencia  | 2%                   | 20%                  | -                    | 19%                  |
| Flujo mínimo [veh/h]   | Referencia  | 11%                  | 35%                  | -                    | 36%                  |
| <b>Tiempo de demora medio [s/km]</b>                         | Referencia  | 4%                   | 15%                  | -                    | 22%                  |
| Tiempo de demora máximo [s/km]                               | Referencia  | 14%                  | 17%                  | -                    | 23%                  |
| Tiempo de demora mínimo [s/km]                               | Referencia  | 2%                   | 21%                  | -                    | 22%                  |
| <b>Tiempo de demora medio [s/km]<br/>(Amado Granell)</b>     | Referencia  | -10%                 | -3%                  | -                    | -8%                  |
| Tiempo de demora máximo [s/km]<br>(Amado Granell)            | Referencia  | -9%                  | -1%                  | -                    | -10%                 |
| Tiempo de demora mínimo [s/km]<br>(Amado Granell)            | Referencia  | -8%                  | -9%                  | -                    | -4%                  |
| <b>Tiempo de demora medio [s/km]<br/>(Hermanos Maristas)</b> | Referencia  | 14%                  | 27%                  | -                    | 43%                  |
| Tiempo de demora máximo [s/km]<br>(Hermanos Maristas)        | Referencia  | 35%                  | 30%                  | -                    | 48%                  |
| Tiempo de demora mínimo [s/km]<br>(Hermanos Maristas)        | Referencia  | 6%                   | 28%                  | -                    | 36%                  |
| <b>Cola media [veh]</b>                                      | Referencia  | 4%                   | 32%                  | -                    | 40%                  |
| Cola máxima [veh]  | Referencia  | 12%                  | 38%                  | -                    | 42%                  |
| Cola mínima [veh]  | Referencia  | 4%                   | 39%                  | -                    | 39%                  |
| <b>Cola media [veh]<br/>(Amado Granell)</b>                  | Referencia  | -10%                 | 10%                  | -                    | 0%                   |
| Cola máxima [veh]<br>(Amado Granell)                         | Referencia  | -10%                 | 15%                  | -                    | 5%                   |
| Cola mínima [veh]<br>(Amado Granell)                         | Referencia  | -11%                 | 11%                  | -                    | 11%                  |
| <b>Cola media [veh]<br/>(Hermanos Maristas)</b>              | Referencia  | 17%                  | 50%                  | -                    | 67%                  |
| Cola máxima [veh]<br>(Hermanos Maristas)                     | Referencia  | 50%                  | 67%                  | -                    | 83%                  |
| Cola mínima [veh]<br>(Hermanos Maristas)                     | Referencia  | 9%                   | 55%                  | -                    | 64%                  |
| <b>Velocidad media autobuses [km/h]</b>                      | Referencia  | -2%                  | -4%                  | -                    | -4%                  |

|   |            |      |      |   |      |
|---|------------|------|------|---|------|
| Velocidad máxima autobuses [km/h]                     | Referencia | -3%  | -2%  | - | -4%  |
| Velocidad mínima autobuses [km/h]                     | Referencia | 8%   | 9%   | - | 3%   |
| <b>Velocidad media [km/h]<br/>(Amado Granell)</b>     | Referencia | 5%   | 0%   | - | 4%   |
| Velocidad máxima [km/h]<br>(Amado Granell)            | Referencia | 2%   | 2%   | - | 0%   |
| Velocidad mínima [km/h]<br>(Amado Granell)            | Referencia | 5%   | -2%  | - | 6%   |
| <b>Velocidad media [km/h]<br/>(Hermanos Maristas)</b> | Referencia | -4%  | -10% | - | -14% |
| Velocidad máxima [km/h]<br>(Hermanos Maristas)        | Referencia | -2%  | -9%  | - | -13% |
| Velocidad mínima [km/h]<br>(Hermanos Maristas)        | Referencia | -13% | -12% | - | -17% |

Tabla 35. Tabla resumen con variaciones respecto a escenario inicial. (Fuente: Elaboración propia).

## 8. CONCLUSIONES

El 90% de los habitantes de las ciudades respira aire que no cumple las normas de seguridad, en gran medida por las emisiones del transporte dentro de los núcleos urbanos. Además, la Generalitat Valenciana expresa la intención de avanzar hacia un patrón en el que los desplazamientos a pie y en bicicleta y el transporte público tengan un papel cada vez más relevante.

La línea 10 de Metrovalencia se trata de un tranvía cuyo recorrido realiza un tramo en superficie, donde se cruza con el tráfico rodado y los peatones. De este modo, se ha escogido una intersección en la que se puede realizar un modelo de microsimulación, el cual permite replicar el comportamiento del tráfico real y el análisis de sus condiciones. El objetivo principal que se pretende conseguir con este modelo es analizar cómo afecta la priorización del tranvía a dicho tráfico, y compararlo con la situación actual sin la misma.

Para la realización del modelo digital, la recopilación de datos se basa en la geometría de la intersección, en los movimientos permitidos, la señalización y en la campaña de aforos, así como el transporte público afectado. Una vez introducidos todos estos datos, el modelo es calibrado mediante técnicas estadísticas y comparadas con el comportamiento real del aforo, de manera que ambos resultados no tengan diferencias estadísticamente significativas.

Además, se ha establecido el tamaño muestral de los resultados obtenidos, y se han definido las diferentes variables que modifican las condiciones del tráfico a su paso por la intersección, como son la

priorización total del tranvía, sus frecuencias, y la demanda de tráfico, así como las características de los resultados obtenidos que se analizan en este estudio.

Una vez realizado el diagnóstico con la regulación actual, se ha realizado adicionalmente la introducción del tranvía en este escenario, de manera que se obtiene una estimación del tiempo de parada que realiza. Posteriormente, se definen los escenarios alternativos que combinan de manera diferente las variables modificadas, para después analizarlos pormenorizadamente y también entre ellos.

Cabe destacar que, con la implantación de la priorización total de la línea 10, se ha obtenido una reducción de 80 segundos por kilómetro en el tiempo de viaje para dicho tramo de 450 metros, lo que equivale al 31% del tiempo de viaje en la regulación semafórica actual. Esto significa una mejora sustancial en el servicio tanto en esta intersección como en el resto del recorrido, siguiendo la línea del gobierno valenciano de mejorar los desplazamientos en este modo de transporte.

De este modo, y una vez analizados los resultados, se han podido obtener tendencias de comportamiento de la intersección con las variables modificadas, así como resultados cuantitativos de los parámetros del tráfico, de manera que el modelo se puede prever con escenarios adicionales no incluidos en este estudio. Estas tendencias se resumen de la siguiente manera: si la demanda de tráfico y la frecuencia del tranvía aumentan (con la priorización total)...

- El Control Delay aumenta, lo que indica tendencia a peor nivel de servicio.
- El tiempo de demora medio total y el del flujo en la Av. Hermanos Maristas aumenta, aunque en el flujo de la Av. Amado Granell disminuye. Además, la tendencia de los tiempos de demora en ambos flujos tiende a la media total.
- La cola media total y la del flujo en la Av. Hermanos Maristas aumenta, aunque la del flujo de la Av. Amado Granell se mantiene constante.
- La velocidad media de los autobuses disminuye ligeramente.
- La velocidad media de los turismos en la Av. Amado Granell aumenta ligeramente, aunque en el flujo de la Av. Hermanos Maristas disminuye.
- La cola virtual media se mantiene constante en valores muy próximos a 0, aunque la posible tendencia a un aumento hace que se recomiende su comprobación en futuros escenarios.

Por tanto, este estudio permite no solo haber analizado el comportamiento de la intersección del tranvía con la priorización semafórica total, sino que permite también ampliar indefinidamente los escenarios alternativos y las intersecciones afectadas, de manera que se cree un modelo completo de toda la línea en superficie. Un modelo digital que nos permite mejorar la calidad de las actuaciones en materia de movilidad urbana y, principalmente, del servicio de transporte público.

## 9. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible.

Para ello se definieron un total de 17 objetivos generales que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de nuestras ciudades. De todos ellos, los principalmente enfocados en este estudio son los que se describen a continuación.

| ODS   | Descripción de alcance   |
|---|--|
|   | <p>Mejora el servicio del transporte público, permitiendo trayectos más cortos y rápidos. Además, la gestión del tráfico que evita la generación de largas colas permite además la mejora de la calidad del aire en la zona urbana.</p> <p>También se apuesta por el uso eficiente de los recursos, ya que con los mismos vehículos de tranvía se disminuye el intervalo de paso y permite aumento de la calidad del servicio, así como de la puntualidad.</p> |
|  | <p>Al aumentar la velocidad comercial del tranvía, la puntualidad y en general la calidad del transporte, la cantidad de desplazamientos en vehículo privado disminuyen. Esto permite proporcionar alternativas sostenibles a los vehículos que emiten gases de efecto invernadero.</p>  |
|  | <p>Los modelos de microsimulación todavía no tienen un uso extendido en los sistemas de enseñanza superior, aunque las empresas sí que emplean esta herramienta. Mediante esta técnica, se puede extender su uso a zonas con bajo conocimiento y mejorar la calidad de su transporte público.</p>  |

## 10. REFERENCIAS

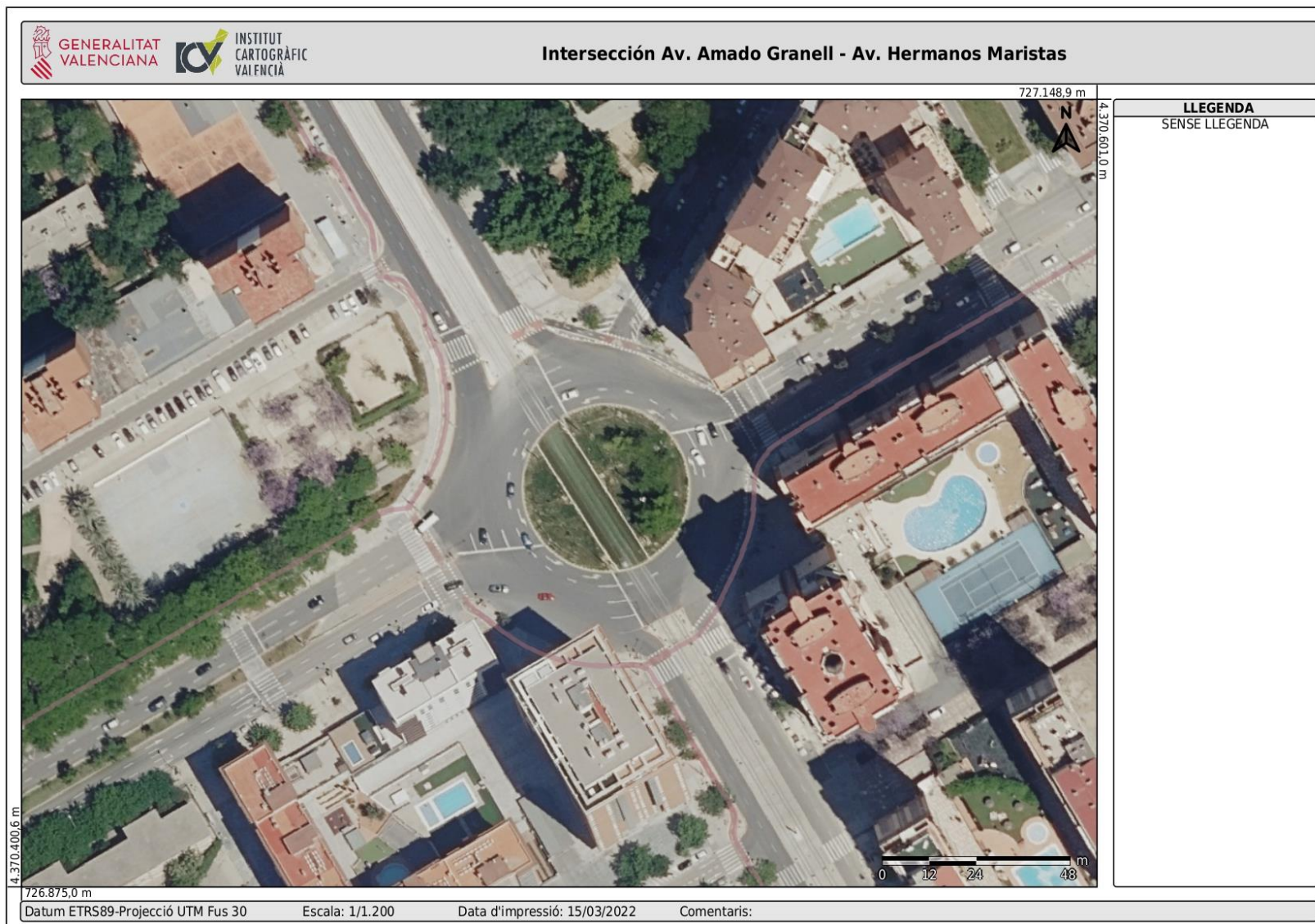
- Aimsun SLU. 2021.** Aimsun Next Tutorial 9.1 - Advanced Control: Priority. [En línea] 6 de abril de 2021. [Citado el: 25 de mayo de 2022.]  
[https://www.youtube.com/watch?v=MNKbfqFD6JM&ab\\_channel=Aimsun](https://www.youtube.com/watch?v=MNKbfqFD6JM&ab_channel=Aimsun).
- Ajuntament de València. 2022.** Mapas de intensidades de tráfico. [En línea] febrero de 2022. [Citado el: 21 de marzo de 2022.] <https://www.valencia.es/es/cas/movilidad/otras-descargas>.
- Boletín Oficial del Estado.** Ley 6/2011, de 1 de abril, de Movilidad de la Comunitat Valenciana. [En línea] [Citado el: 7 de junio de 2022.] <https://www.boe.es/eli/es-vc/l/2011/04/01/6>.
- Empresa Municipal de Transportes (EMT).** Geoportal EMT. [En línea] [Citado el: 22 de abril de 2022.] <https://geoportal.emtvalencia.es/visor?lang=va>.
- Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV). 2021.** Contrataciones del estado. [En línea] marzo de 2021. [Citado el: 8 de mayo de 2022.] <https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/f38bcec4-cc2c-4997-b5ee-dc77b469c446/DOC2021052511572721-028+PT.pdf?MOD=AJPERES>.
- Generalitat Valenciana.** Pla de Mobilitat Metropolità de València. Antecedentes. [En línea] [Citado el: 7 de junio de 2022.] <https://www.pmomevalencia.com/antecedentes>.
- Metrovalencia. 2022.** Plànols / Documents. [En línea] 31 de enero de 2022. [Citado el: 11 de marzo de 2022.] <https://www.metrovalencia.es/>.
- ONU.** Objetivos de Desarrollo Sostenible. [En línea] [Citado el: 21 de mayo de 2022.]  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>.
- Roads and Maritime Services. 2013.** Traffic Modelling Guidelines. [En línea] febrero de 2013. [Citado el: 15 de marzo de 2022.] <https://roads-waterways.transport.nsw.gov.au/business-industry/partners-suppliers/documents/technical-manuals/modellingguidelines.pdf>.
- Statistical Discovery.** Portal de formación estadística. [En línea] [Citado el: 23 de mayo de 2022.]  
[https://www.jmp.com/es\\_pe/statistics-knowledge-portal/t-test.html](https://www.jmp.com/es_pe/statistics-knowledge-portal/t-test.html).
- Transport for London (TfL). 2021.** Traffic Modelling Guidelines. TfL Traffic Manager and Network Performance Best. Version 4. [En línea] septiembre de 2021. [Citado el: 15 de marzo de 2022.]  
<http://content.tfl.gov.uk/traffic-modelling-guidelines.pdf>.
- Transportation Research Board: Highway Capacity Manual 7<sup>th</sup> Edition. Chapter 19 - Signalized Intersections.** Washington, D.C. : National Academies Press (2022).
- U.S. Department of Transportation. 2010.** *Roundabouts: An Informational Guide*. Washington D.C. : s.n., 2010.
- . **2019.** *Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software*. 2019.

ANEXOS

I. Àmbit de estudi y alcance



Anexo Figura 1. Emplazamiento de la línea 10 de Metrovalencia (Fuente: <https://visor.gva.es/visor/>)



Anexo Figura 2. Vista aérea de la intersección nº1 (Fuente: <https://visor.gva.es/visor/>)



Anexo Figura 3. Vista a3rea de la intersecci3n n2 (Fuente: <https://visor.gva.es/visor/>)





Anexo Figura 4. Vista aérea de la intersecció nº3 (Fuente: <https://visor.gva.es/visor/>)



Anexo Figura 5. Vista aérea de la intersecció nº4 (Fuente: <https://visor.gva.es/visor/>)

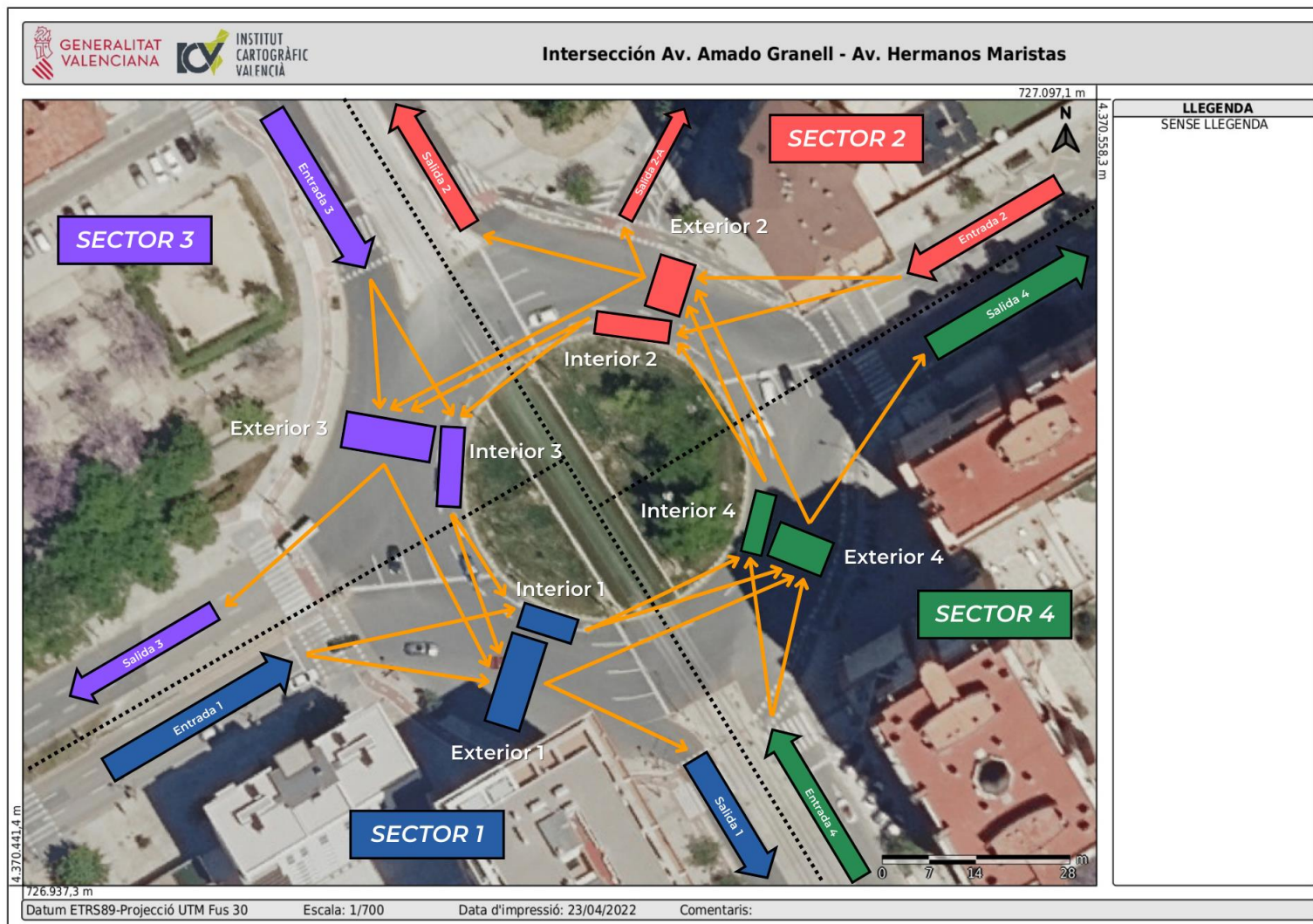


Anexo Figura 6. Vista aérea de la intersección nº5 (Fuente: <https://visor.gva.es/visor/>)



Anexo Figura 7. Vista aérea de la intersecció n°6 (Fuente: <https://visor.gva.es/visor/>)

II. Recopilación de datos de tráfico



Anexo Figura 8. Definición esquemática de las secciones y maniobras (Fuente: Elaboración propia)



Anexo Figura 9. Trayecto de las líneas de la EMT (Fuente: Elaboración propia)

**AFORO 06/04/2022 (18:00 - 18:15h)**

| Maniobras turismos |               |                   |                         |
|--------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen             | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1          | 1-INTERIOR    | 32                | 17%                     |
| ENTRADA 1          | 1-EXTERIOR    | 157               | 83%                     |
| 1-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 158               | 71%                     |
| 1-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR-S  | 66                | 29%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-INTERIOR    | 7                 | 13%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 45                | 87%                     |
| ENTRADA 4          | 4-INTERIOR    | 28                | 20%                     |
| ENTRADA 4          | 4-EXTERIOR    | 109               | 80%                     |
| 4-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 80                | 26%                     |
| 4-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR-S  | 232               | 74%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-INTERIOR    | 6                 | 17%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 29                | 83%                     |
| ENTRADA 2          | 2-INTERIOR    | 116               | 36%                     |
| ENTRADA 2          | 2-EXTERIOR    | 202               | 64%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-SA | 34                | 11%                     |
| 2-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 194               | 62%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-S  | 83                | 27%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-INTERIOR    | 14                | 11%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 108               | 89%                     |
| ENTRADA 3          | 3-INTERIOR    | 13                | 23%                     |
| ENTRADA 3          | 3-EXTERIOR    | 44                | 77%                     |
| 3-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 70                | 20%                     |
| 3-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR-S  | 276               | 80%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-INTERIOR    | 20                | 74%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 7                 | 26%                     |

Extrapolado a 1 h →

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 189            | 0             | 13                 |
| ENTRADA 2          | 318            | 0             | 30                 |
| ENTRADA 3          | 57             | 0             | 4                  |
| ENTRADA 4          | 137            | 0             | 6                  |

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 756            | 0             | 52                 |
| ENTRADA 2          | 1272           | 0             | 120                |
| ENTRADA 3          | 228            | 0             | 16                 |
| ENTRADA 4          | 548            | 0             | 24                 |
| <b>TOTAL</b>       | <b>2804</b>    | <b>0</b>      | <b>212</b>         |

veh/h

| Maniobras pesados |               |                   |                         |
|-------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen            | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1         | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 1         | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-EXTERIOR        | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-EXTERIOR        | 1-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR        | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR        | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4         | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4         | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR        | 4-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR        | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR        | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 2         | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 2         | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR-SA | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR        | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR        | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR        | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3         | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3         | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-EXTERIOR        | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-EXTERIOR        | 3-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 3-INTERIOR        | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-INTERIOR        | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |

| Maniobras motos |               |                   |                         |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen          | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1       | 1-INTERIOR    | 2                 | 15%                     |
| ENTRADA 1       | 1-EXTERIOR    | 11                | 85%                     |
| 1-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 12                | 75%                     |
| 1-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR-S  | 4                 | 25%                     |
| 1-INTERIOR      | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 4                 | 100%                    |
| ENTRADA 4       | 4-INTERIOR    | 2                 | 33%                     |
| ENTRADA 4       | 4-EXTERIOR    | 4                 | 67%                     |
| 4-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 5                 | 25%                     |
| 4-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR-S  | 15                | 75%                     |
| 4-INTERIOR      | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| ENTRADA 2       | 2-INTERIOR    | 10                | 33%                     |
| ENTRADA 2       | 2-EXTERIOR    | 20                | 67%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-SA | 1                 | 4%                      |
| 2-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 19                | 70%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-S  | 7                 | 26%                     |
| 2-INTERIOR      | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 10                | 100%                    |
| ENTRADA 3       | 3-INTERIOR    | 3                 | 75%                     |
| ENTRADA 3       | 3-EXTERIOR    | 1                 | 25%                     |
| 3-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 8                 | 27%                     |
| 3-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR-S  | 22                | 73%                     |
| 3-INTERIOR      | 1-INTERIOR    | 2                 | 67%                     |
| 3-INTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 1                 | 33%                     |

Anexo Tabla 1. Datos del aforo, 18:00 a 18:15h (Fuente: Elaboración propia)



| Maniobras turismos |               |                   |                         |
|--------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen             | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1          | 1-INTERIOR    | 38                | 22%                     |
| ENTRADA 1          | 1-EXTERIOR    | 135               | 78%                     |
| 1-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 166               | 65%                     |
| 1-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR-S  | 89                | 35%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-INTERIOR    | 2                 | 4%                      |
| 1-INTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 43                | 96%                     |
| ENTRADA 4          | 4-INTERIOR    | 39                | 30%                     |
| ENTRADA 4          | 4-EXTERIOR    | 90                | 70%                     |
| 4-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 88                | 29%                     |
| 4-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR-S  | 211               | 71%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-INTERIOR    | 10                | 24%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 31                | 76%                     |
| ENTRADA 2          | 2-INTERIOR    | 110               | 37%                     |
| ENTRADA 2          | 2-EXTERIOR    | 186               | 63%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-SA | 30                | 10%                     |
| 2-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 203               | 67%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-S  | 72                | 24%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-INTERIOR    | 12                | 10%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 108               | 90%                     |
| ENTRADA 3          | 3-INTERIOR    | 9                 | 13%                     |
| ENTRADA 3          | 3-EXTERIOR    | 61                | 87%                     |
| 3-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 131               | 35%                     |
| 3-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR-S  | 241               | 65%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-INTERIOR    | 7                 | 33%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 14                | 67%                     |

**AFORO 06/04/2022 (18:15 - 18:30h)**

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 173            | 0             | 13                 |
| ENTRADA 2          | 296            | 1             | 18                 |
| ENTRADA 3          | 70             | 0             | 5                  |
| ENTRADA 4          | 129            | 0             | 11                 |

Extrapolado a 1 h →

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 692            | 0             | 52                 |
| ENTRADA 2          | 1184           | 4             | 72                 |
| ENTRADA 3          | 280            | 0             | 20                 |
| ENTRADA 4          | 516            | 0             | 44                 |
| <b>TOTAL</b>       | <b>2672</b>    | <b>4</b>      | <b>188</b>         |

veh/h

| Maniobras pesados |               |                   |                         |
|-------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen            | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1         | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 1         | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-EXTERIOR        | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-EXTERIOR        | 1-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR        | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR        | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4         | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4         | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR        | 4-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR        | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR        | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 2         | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 2         | 2-EXTERIOR    | 1                 | 100%                    |
| 2-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR-SA | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR        | 3-EXTERIOR    | 1                 | 100%                    |
| 2-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR        | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR        | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3         | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3         | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-EXTERIOR        | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-EXTERIOR        | 3-EXTERIOR-S  | 1                 | 100%                    |
| 3-INTERIOR        | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-INTERIOR        | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |

| Maniobras motos |               |                   |                         |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen          | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1       | 1-INTERIOR    | 2                 | 15%                     |
| ENTRADA 1       | 1-EXTERIOR    | 11                | 85%                     |
| 1-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 11                | 73%                     |
| 1-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR-S  | 4                 | 27%                     |
| 1-INTERIOR      | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 3                 | 100%                    |
| ENTRADA 4       | 4-INTERIOR    | 4                 | 36%                     |
| ENTRADA 4       | 4-EXTERIOR    | 7                 | 64%                     |
| 4-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 8                 | 38%                     |
| 4-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR-S  | 13                | 62%                     |
| 4-INTERIOR      | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 4                 | 100%                    |
| ENTRADA 2       | 2-INTERIOR    | 7                 | 39%                     |
| ENTRADA 2       | 2-EXTERIOR    | 11                | 61%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-SA | 3                 | 13%                     |
| 2-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 11                | 48%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-S  | 9                 | 39%                     |
| 2-INTERIOR      | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 7                 | 100%                    |
| ENTRADA 3       | 3-INTERIOR    | 1                 | 20%                     |
| ENTRADA 3       | 3-EXTERIOR    | 4                 | 80%                     |
| 3-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 9                 | 41%                     |
| 3-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR-S  | 13                | 59%                     |
| 3-INTERIOR      | 1-INTERIOR    | 1                 | 100%                    |
| 3-INTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |

Anexo Tabla 2. Datos del aforo, 18:15 a 18:30h (Fuente: Elaboración propia)





| Maniobras turismos |               |                   |                         |
|--------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen             | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1          | 1-INTERIOR    | 41                | 21%                     |
| ENTRADA 1          | 1-EXTERIOR    | 154               | 79%                     |
| 1-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 180               | 76%                     |
| 1-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR-S  | 57                | 24%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-INTERIOR    | 6                 | 12%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 44                | 88%                     |
| ENTRADA 4          | 4-INTERIOR    | 31                | 28%                     |
| ENTRADA 4          | 4-EXTERIOR    | 79                | 72%                     |
| 4-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 54                | 18%                     |
| 4-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR-S  | 249               | 82%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-INTERIOR    | 12                | 32%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 25                | 68%                     |
| ENTRADA 2          | 2-INTERIOR    | 110               | 35%                     |
| ENTRADA 2          | 2-EXTERIOR    | 203               | 65%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-SA | 22                | 8%                      |
| 2-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 193               | 68%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-S  | 67                | 24%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-INTERIOR    | 13                | 11%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 109               | 89%                     |
| ENTRADA 3          | 3-INTERIOR    | 20                | 33%                     |
| ENTRADA 3          | 3-EXTERIOR    | 40                | 67%                     |
| 3-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 69                | 20%                     |
| 3-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR-S  | 273               | 80%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-INTERIOR    | 9                 | 27%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 24                | 73%                     |

Extrapolado a 1 h →

### AFORO 06/04/2022 (18:30 - 18:45h)

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 195            | 0             | 12                 |
| ENTRADA 2          | 313            | 3             | 28                 |
| ENTRADA 3          | 60             | 0             | 5                  |
| ENTRADA 4          | 110            | 0             | 5                  |

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 780            | 0             | 48                 |
| ENTRADA 2          | 1252           | 12            | 112                |
| ENTRADA 3          | 240            | 0             | 20                 |
| ENTRADA 4          | 440            | 0             | 20                 |
| <b>TOTAL</b>       | <b>2712</b>    | <b>12</b>     | <b>200</b>         |

veh/h

| Maniobras pesados |               |                   |                         |
|-------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen            | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1         | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 1         | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-EXTERIOR        | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-EXTERIOR        | 1-EXTERIOR-S  | 1                 | 100%                    |
| 1-INTERIOR        | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR        | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4         | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4         | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR        | 4-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR        | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR        | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 2         | 2-INTERIOR    | 1                 | 33%                     |
| ENTRADA 2         | 2-EXTERIOR    | 2                 | 67%                     |
| 2-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR-SA | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR        | 3-EXTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| 2-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR        | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR        | 3-EXTERIOR    | 1                 | 100%                    |
| ENTRADA 3         | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3         | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-EXTERIOR        | 1-EXTERIOR    | 1                 | 33%                     |
| 3-EXTERIOR        | 3-EXTERIOR-S  | 2                 | 67%                     |
| 3-INTERIOR        | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-INTERIOR        | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |

| Maniobras motos |               |                   |                         |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen          | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1       | 1-INTERIOR    | 4                 | 33%                     |
| ENTRADA 1       | 1-EXTERIOR    | 8                 | 67%                     |
| 1-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 10                | 67%                     |
| 1-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR-S  | 5                 | 33%                     |
| 1-INTERIOR      | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 4                 | 100%                    |
| ENTRADA 4       | 4-INTERIOR    | 2                 | 40%                     |
| ENTRADA 4       | 4-EXTERIOR    | 3                 | 60%                     |
| 4-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 1                 | 6%                      |
| 4-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR-S  | 16                | 94%                     |
| 4-INTERIOR      | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| ENTRADA 2       | 2-INTERIOR    | 7                 | 25%                     |
| ENTRADA 2       | 2-EXTERIOR    | 21                | 75%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-SA | 1                 | 4%                      |
| 2-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 17                | 71%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-S  | 6                 | 25%                     |
| 2-INTERIOR      | 3-INTERIOR    | 1                 | 14%                     |
| 2-INTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 6                 | 86%                     |
| ENTRADA 3       | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3       | 3-EXTERIOR    | 5                 | 100%                    |
| 3-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 5                 | 18%                     |
| 3-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR-S  | 23                | 82%                     |
| 3-INTERIOR      | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-INTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 1                 | 100%                    |

Anexo Tabla 3. Datos del aforo, 18:30 a 18:45h (Fuente: Elaboración propia)



| Maniobras turismos |               |                   |                         |
|--------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen             | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1          | 1-INTERIOR    | 36                | 18%                     |
| ENTRADA 1          | 1-EXTERIOR    | 162               | 82%                     |
| 1-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 184               | 75%                     |
| 1-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR-S  | 62                | 25%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-INTERIOR    | 8                 | 14%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 48                | 86%                     |
| ENTRADA 4          | 4-INTERIOR    | 30                | 23%                     |
| ENTRADA 4          | 4-EXTERIOR    | 102               | 77%                     |
| 4-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 90                | 27%                     |
| 4-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR-S  | 244               | 73%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-INTERIOR    | 10                | 26%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 28                | 74%                     |
| ENTRADA 2          | 2-INTERIOR    | 118               | 40%                     |
| ENTRADA 2          | 2-EXTERIOR    | 174               | 60%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-SA | 30                | 10%                     |
| 2-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 174               | 60%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-S  | 88                | 30%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-INTERIOR    | 12                | 9%                      |
| 2-INTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 116               | 91%                     |
| ENTRADA 3          | 3-INTERIOR    | 18                | 26%                     |
| ENTRADA 3          | 3-EXTERIOR    | 50                | 74%                     |
| 3-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 82                | 24%                     |
| 3-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR-S  | 258               | 76%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-INTERIOR    | 20                | 67%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 10                | 33%                     |

### **AFORO 06/04/2022 (18:45 - 19:00h)**

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 198            | 0             | 6                  |
| ENTRADA 2          | 292            | 2             | 16                 |
| ENTRADA 3          | 68             | 0             | 2                  |
| ENTRADA 4          | 132            | 0             | 8                  |

Extrapolado a 1 h →

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 792            | 0             | 24                 |
| ENTRADA 2          | 1168           | 8             | 64                 |
| ENTRADA 3          | 272            | 0             | 8                  |
| ENTRADA 4          | 528            | 0             | 32                 |
| <b>TOTAL</b>       | <b>2760</b>    | <b>8</b>      | <b>128</b>         |

veh/h

| Maniobras pesados |               |                   |                         |
|-------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen            | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1         | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 1         | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-EXTERIOR        | 4-EXTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| 1-EXTERIOR        | 1-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR        | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR        | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4         | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4         | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR        | 4-EXTERIOR-S  | 2                 | 100%                    |
| 4-INTERIOR        | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR        | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 2         | 2-INTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| ENTRADA 2         | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR-SA | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR        | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR        | 3-INTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| 2-INTERIOR        | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3         | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3         | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-EXTERIOR        | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-EXTERIOR        | 3-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 3-INTERIOR        | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-INTERIOR        | 1-EXTERIOR    | 2                 | 100%                    |

| Maniobras motos |               |                   |                         |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen          | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1       | 1-INTERIOR    | 2                 | 33%                     |
| ENTRADA 1       | 1-EXTERIOR    | 4                 | 67%                     |
| 1-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 4                 | 67%                     |
| 1-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR-S  | 2                 | 33%                     |
| 1-INTERIOR      | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 4                 | 100%                    |
| ENTRADA 4       | 4-INTERIOR    | 2                 | 25%                     |
| ENTRADA 4       | 4-EXTERIOR    | 6                 | 75%                     |
| 4-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 4                 | 29%                     |
| 4-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR-S  | 10                | 71%                     |
| 4-INTERIOR      | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| ENTRADA 2       | 2-INTERIOR    | 4                 | 25%                     |
| ENTRADA 2       | 2-EXTERIOR    | 12                | 75%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-SA | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 6                 | 33%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-S  | 12                | 67%                     |
| 2-INTERIOR      | 3-INTERIOR    | 2                 | 50%                     |
| 2-INTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 2                 | 50%                     |
| ENTRADA 3       | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3       | 3-EXTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| 3-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR-S  | 10                | 100%                    |
| 3-INTERIOR      | 1-INTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| 3-INTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |

Anexo Tabla 4. Datos del aforo, 18:45 a 19:00h (Fuente: Elaboración propia)



| Maniobras turismos |               |                   |                         |
|--------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen             | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1          | 1-INTERIOR    | 147               | 19%                     |
| ENTRADA 1          | 1-EXTERIOR    | 608               | 81%                     |
| 1-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 667               | 71%                     |
| 1-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR-S  | 274               | 29%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-INTERIOR    | 23                | 11%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 180               | 89%                     |
| ENTRADA 4          | 4-INTERIOR    | 128               | 25%                     |
| ENTRADA 4          | 4-EXTERIOR    | 380               | 75%                     |
| 4-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 291               | 24%                     |
| 4-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR-S  | 936               | 76%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-INTERIOR    | 38                | 25%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 113               | 75%                     |
| ENTRADA 2          | 2-INTERIOR    | 454               | 37%                     |
| ENTRADA 2          | 2-EXTERIOR    | 765               | 63%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-SA | 116               | 10%                     |
| 2-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 743               | 64%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-S  | 310               | 27%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-INTERIOR    | 51                | 10%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 441               | 90%                     |
| ENTRADA 3          | 3-INTERIOR    | 60                | 24%                     |
| ENTRADA 3          | 3-EXTERIOR    | 195               | 76%                     |
| 3-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 331               | 24%                     |
| 3-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR-S  | 1048              | 76%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-INTERIOR    | 56                | 50%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 55                | 50%                     |

**AFORO 06/04/2022 (18:00 - 19:00h)**

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 755            | 0             | 44                 |
| ENTRADA 2          | 1219           | 6             | 92                 |
| ENTRADA 3          | 255            | 0             | 16                 |
| ENTRADA 4          | 508            | 0             | 30                 |
| <b>TOTAL</b>       | <b>2737</b>    | <b>6</b>      | <b>182</b>         |

veh/h

| Maniobras pesados |               |                   |                         |
|-------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen            | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1         | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 1         | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-EXTERIOR        | 4-EXTERIOR    | 2                 | 67%                     |
| 1-EXTERIOR        | 1-EXTERIOR-S  | 1                 | 33%                     |
| 1-INTERIOR        | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR        | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4         | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4         | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR        | 4-EXTERIOR-S  | 2                 | 100%                    |
| 4-INTERIOR        | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR        | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 2         | 2-INTERIOR    | 3                 | 50%                     |
| ENTRADA 2         | 2-EXTERIOR    | 3                 | 50%                     |
| 2-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR-SA | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR        | 3-EXTERIOR    | 3                 | 100%                    |
| 2-EXTERIOR        | 2-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR        | 3-INTERIOR    | 2                 | 67%                     |
| 2-INTERIOR        | 3-EXTERIOR    | 1                 | 33%                     |
| ENTRADA 3         | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3         | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-EXTERIOR        | 1-EXTERIOR    | 1                 | 25%                     |
| 3-EXTERIOR        | 3-EXTERIOR-S  | 3                 | 75%                     |
| 3-INTERIOR        | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-INTERIOR        | 1-EXTERIOR    | 2                 | 100%                    |

| Maniobras motos |               |                   |                         |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen          | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1       | 1-INTERIOR    | 10                | 23%                     |
| ENTRADA 1       | 1-EXTERIOR    | 34                | 77%                     |
| 1-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 37                | 71%                     |
| 1-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR-S  | 15                | 29%                     |
| 1-INTERIOR      | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 15                | 100%                    |
| ENTRADA 4       | 4-INTERIOR    | 10                | 33%                     |
| ENTRADA 4       | 4-EXTERIOR    | 20                | 67%                     |
| 4-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 18                | 25%                     |
| 4-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR-S  | 54                | 75%                     |
| 4-INTERIOR      | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 10                | 100%                    |
| ENTRADA 2       | 2-INTERIOR    | 28                | 30%                     |
| ENTRADA 2       | 2-EXTERIOR    | 64                | 70%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-SA | 5                 | 5%                      |
| 2-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 53                | 58%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-S  | 34                | 37%                     |
| 2-INTERIOR      | 3-INTERIOR    | 3                 | 11%                     |
| 2-INTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 25                | 89%                     |
| ENTRADA 3       | 3-INTERIOR    | 4                 | 25%                     |
| ENTRADA 3       | 3-EXTERIOR    | 12                | 75%                     |
| 3-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 22                | 24%                     |
| 3-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR-S  | 68                | 76%                     |
| 3-INTERIOR      | 1-INTERIOR    | 5                 | 71%                     |
| 3-INTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 2                 | 29%                     |

**FLUJO AMADO GRANELL**

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 0              | 0             | 0                  |
| ENTRADA 2          | 0              | 0             | 0                  |
| ENTRADA 3          | 57             | 0             | 4                  |
| ENTRADA 4          | 137            | 0             | 6                  |

Extrapolado a 1 h →

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 0              | 0             | 0                  |
| ENTRADA 2          | 0              | 0             | 0                  |
| ENTRADA 3          | 228            | 0             | 16                 |
| ENTRADA 4          | 548            | 0             | 24                 |
| <b>TOTAL</b>       | <b>776</b>     | <b>0</b>      | <b>40</b>          |

veh/h

| Maniobras turismos |               | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
|--------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen             | Destino       |                   |                         |
| ENTRADA 1          | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 1          | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 14                | 39%                     |
| 1-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR-S  | 22                | 61%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 6                 | 100%                    |
| ENTRADA 4          | 4-INTERIOR    | 28                | 20%                     |
| ENTRADA 4          | 4-EXTERIOR    | 109               | 80%                     |
| 4-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 77                | 60%                     |
| 4-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR-S  | 52                | 40%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-INTERIOR    | 4                 | 14%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 24                | 86%                     |
| ENTRADA 2          | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 2          | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-SA | 30                | 30%                     |
| 2-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 18                | 18%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-S  | 53                | 52%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 4                 | 100%                    |
| ENTRADA 3          | 3-INTERIOR    | 13                | 23%                     |
| ENTRADA 3          | 3-EXTERIOR    | 44                | 77%                     |
| 3-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 51                | 77%                     |
| 3-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR-S  | 15                | 23%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-INTERIOR    | 6                 | 46%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 7                 | 54%                     |

| Maniobras motos |               | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen          | Destino       |                   |                         |
| ENTRADA 1       | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 1       | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 4                 | 80%                     |
| 1-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR-S  | 1                 | 20%                     |
| 1-INTERIOR      | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| ENTRADA 4       | 4-INTERIOR    | 2                 | 33%                     |
| ENTRADA 4       | 4-EXTERIOR    | 4                 | 67%                     |
| 4-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 9                 | 90%                     |
| 4-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR-S  | 1                 | 10%                     |
| 4-INTERIOR      | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| ENTRADA 2       | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 2       | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-SA | 0                 | 0%                      |
| 2-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 6                 | 55%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-S  | 5                 | 45%                     |
| 2-INTERIOR      | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3       | 3-INTERIOR    | 3                 | 75%                     |
| ENTRADA 3       | 3-EXTERIOR    | 1                 | 25%                     |
| 3-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 7                 | 100%                    |
| 3-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR-S  | 0                 | 0%                      |
| 3-INTERIOR      | 1-INTERIOR    | 2                 | 67%                     |
| 3-INTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 1                 | 33%                     |

Anexo Tabla 6. Datos del flujo en Amado Granell, 18:00 a 18:15h (Fuente: Elaboración propia)



**FLUJO HERMANOS MARISTAS**

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 189            | 0             | 13                 |
| ENTRADA 2          | 318            | 0             | 30                 |
| ENTRADA 3          | 0              | 0             | 0                  |
| ENTRADA 4          | 0              | 0             | 0                  |

Extrapolado a 1 h →

| Sección de entrada | Nº de turismos | Nº de pesados | Nº de motocicletas |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|
| ENTRADA 1          | 756            | 0             | 52                 |
| ENTRADA 2          | 1272           | 0             | 120                |
| ENTRADA 3          | 0              | 0             | 0                  |
| ENTRADA 4          | 0              | 0             | 0                  |
| <b>TOTAL</b>       | <b>2028</b>    | <b>0</b>      | <b>172</b>         |

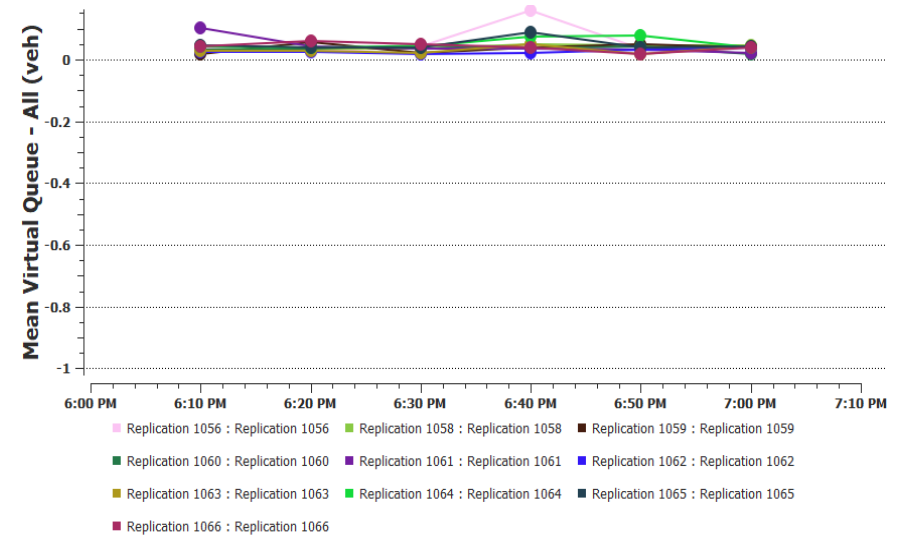
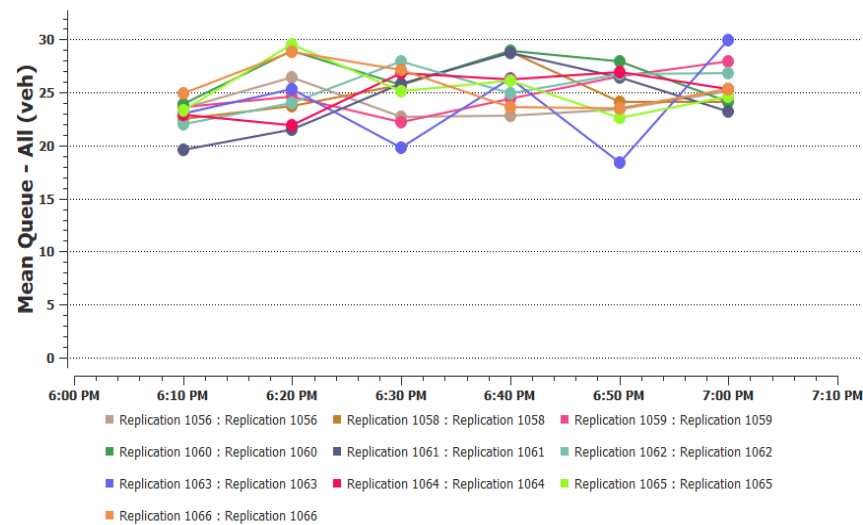
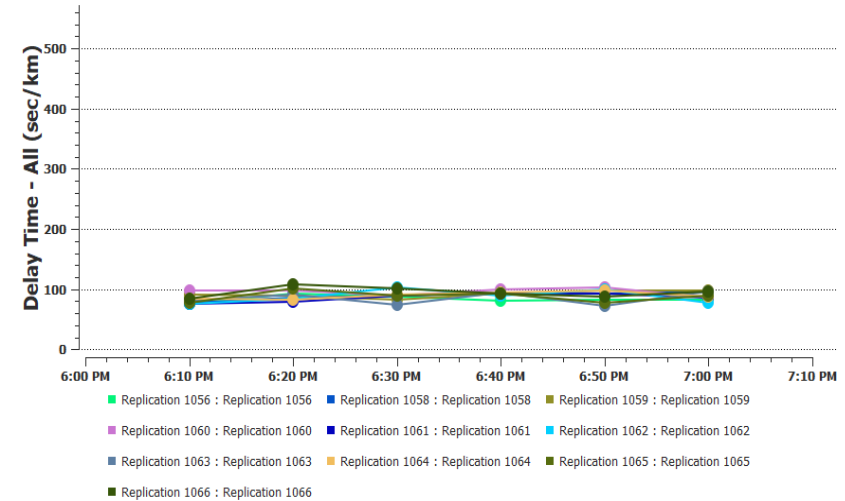
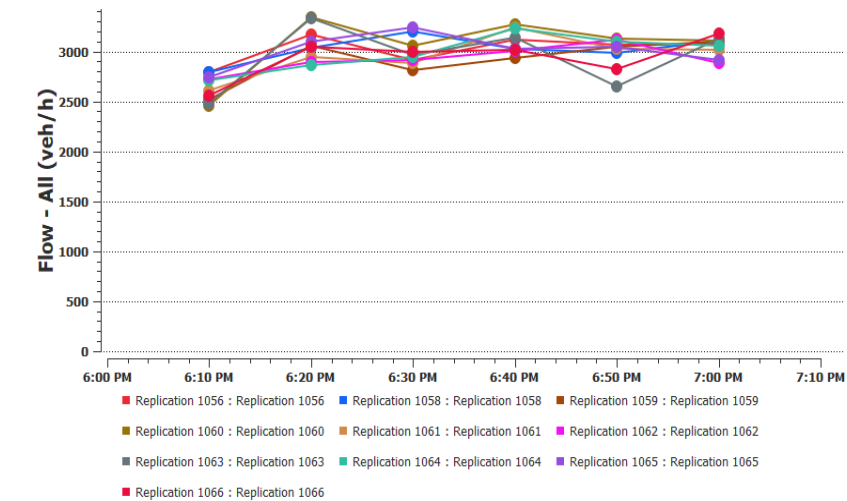
veh/h

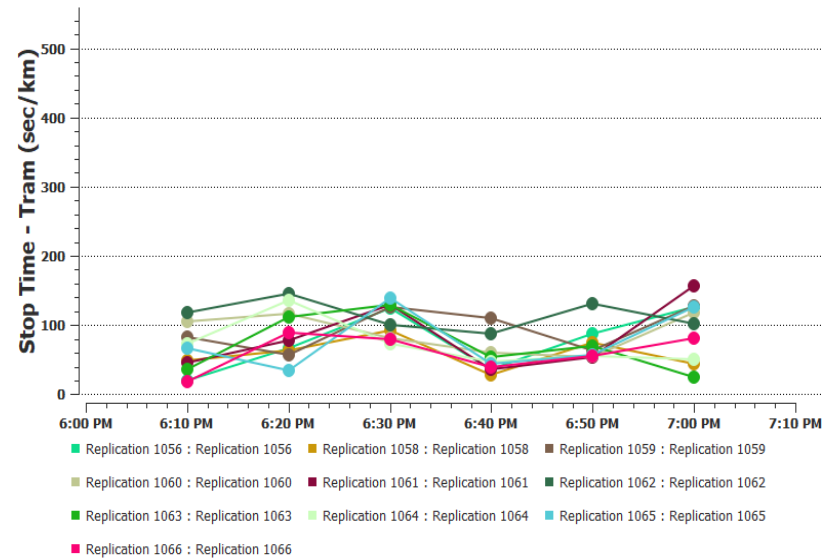
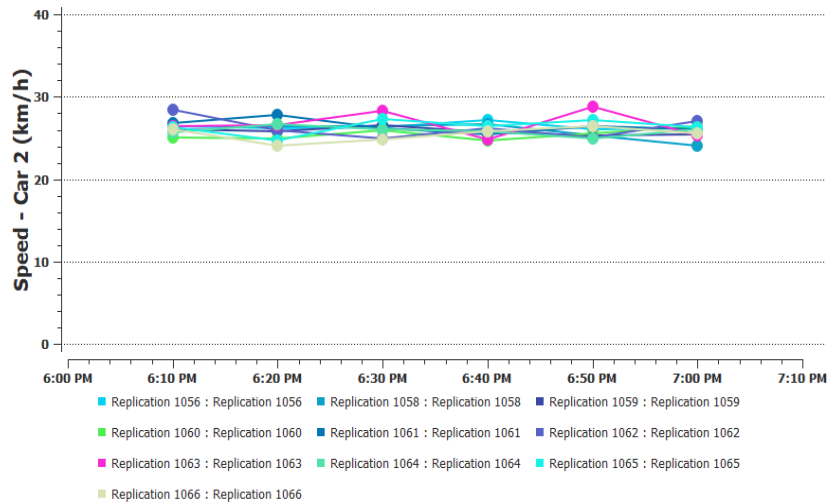
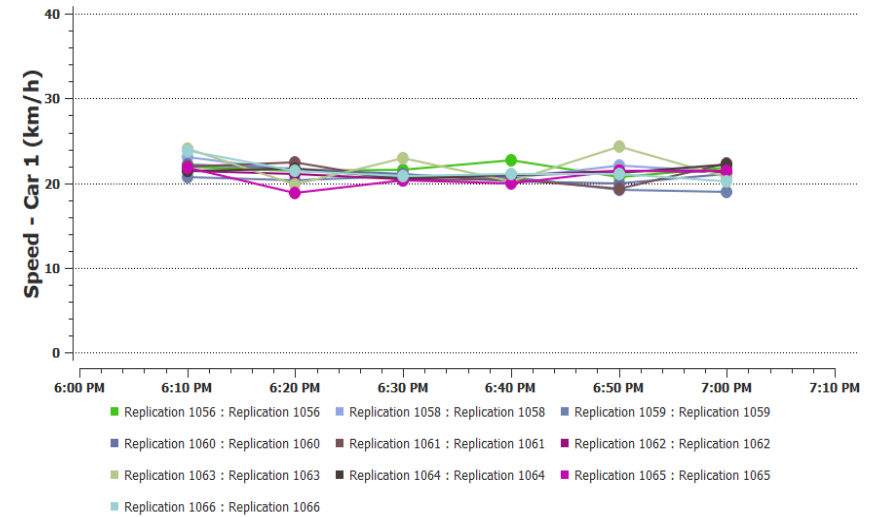
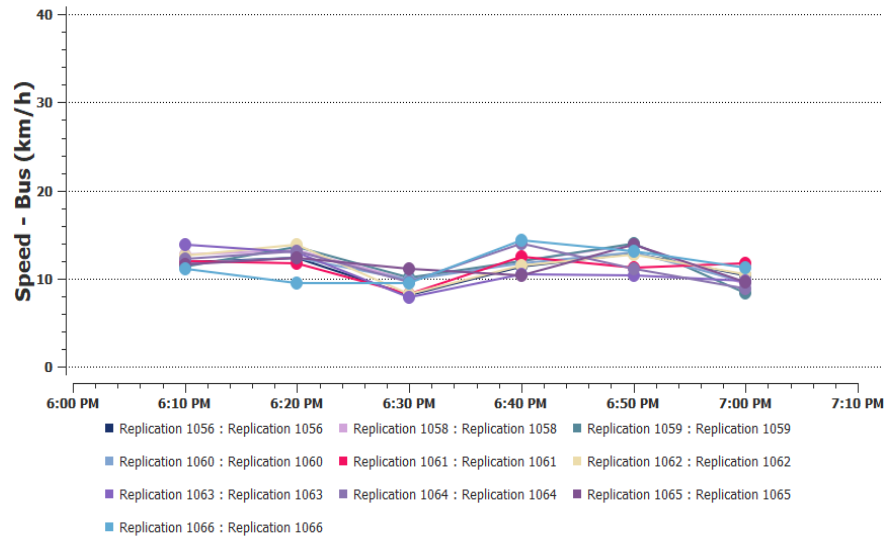
| Maniobras turismos |               |                   |                         |
|--------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen             | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1          | 1-INTERIOR    | 32                | 17%                     |
| ENTRADA 1          | 1-EXTERIOR    | 157               | 83%                     |
| 1-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 152               | 78%                     |
| 1-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR-S  | 44                | 22%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-INTERIOR    | 7                 | 15%                     |
| 1-INTERIOR         | 4-EXTERIOR    | 39                | 85%                     |
| ENTRADA 4          | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4          | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 11                | 6%                      |
| 4-EXTERIOR         | 4-EXTERIOR-S  | 180               | 94%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-INTERIOR    | 2                 | 29%                     |
| 4-INTERIOR         | 2-EXTERIOR    | 5                 | 71%                     |
| ENTRADA 2          | 2-INTERIOR    | 116               | 36%                     |
| ENTRADA 2          | 2-EXTERIOR    | 202               | 64%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-SA | 4                 | 2%                      |
| 2-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 184               | 84%                     |
| 2-EXTERIOR         | 2-EXTERIOR-S  | 30                | 14%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-INTERIOR    | 14                | 12%                     |
| 2-INTERIOR         | 3-EXTERIOR    | 104               | 88%                     |
| ENTRADA 3          | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3          | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-EXTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 27                | 9%                      |
| 3-EXTERIOR         | 3-EXTERIOR-S  | 261               | 91%                     |
| 3-INTERIOR         | 1-INTERIOR    | 14                | 100%                    |
| 3-INTERIOR         | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |

| Maniobras motos |               |                   |                         |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Origen          | Destino       | Nº de movimientos | % respecto mismo origen |
| ENTRADA 1       | 1-INTERIOR    | 2                 | 15%                     |
| ENTRADA 1       | 1-EXTERIOR    | 11                | 85%                     |
| 1-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 12                | 80%                     |
| 1-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR-S  | 3                 | 20%                     |
| 1-INTERIOR      | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 1-INTERIOR      | 4-EXTERIOR    | 2                 | 100%                    |
| ENTRADA 4       | 4-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 4       | 4-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-EXTERIOR      | 4-EXTERIOR-S  | 14                | 100%                    |
| 4-INTERIOR      | 2-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 4-INTERIOR      | 2-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 2       | 2-INTERIOR    | 10                | 33%                     |
| ENTRADA 2       | 2-EXTERIOR    | 20                | 67%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-SA | 1                 | 5%                      |
| 2-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 17                | 85%                     |
| 2-EXTERIOR      | 2-EXTERIOR-S  | 2                 | 10%                     |
| 2-INTERIOR      | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 2-INTERIOR      | 3-EXTERIOR    | 10                | 100%                    |
| ENTRADA 3       | 3-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| ENTRADA 3       | 3-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-EXTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 5                 | 19%                     |
| 3-EXTERIOR      | 3-EXTERIOR-S  | 22                | 81%                     |
| 3-INTERIOR      | 1-INTERIOR    | 0                 | 0%                      |
| 3-INTERIOR      | 1-EXTERIOR    | 0                 | 0%                      |

Anexo Tabla 7. Datos del flujo en Hermanos Maristas, 18:00 a 18:15h (Fuente: Elaboración propia)

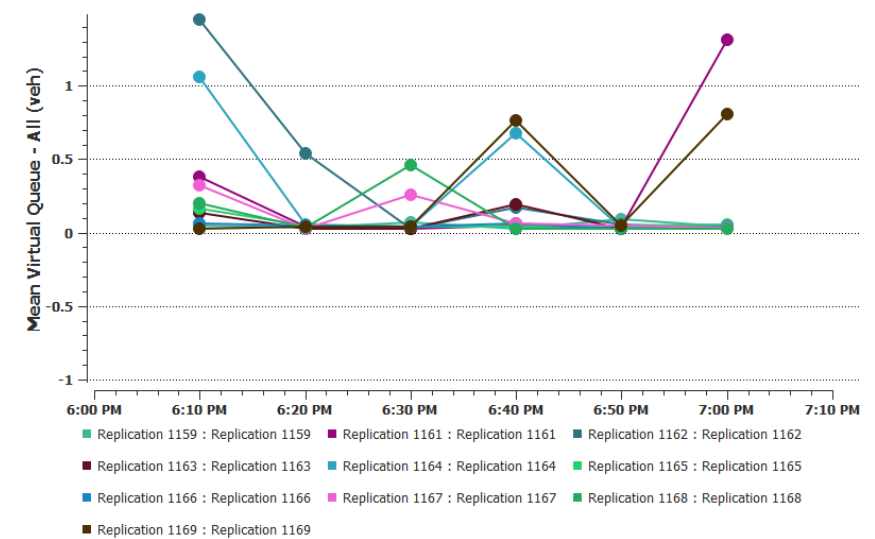
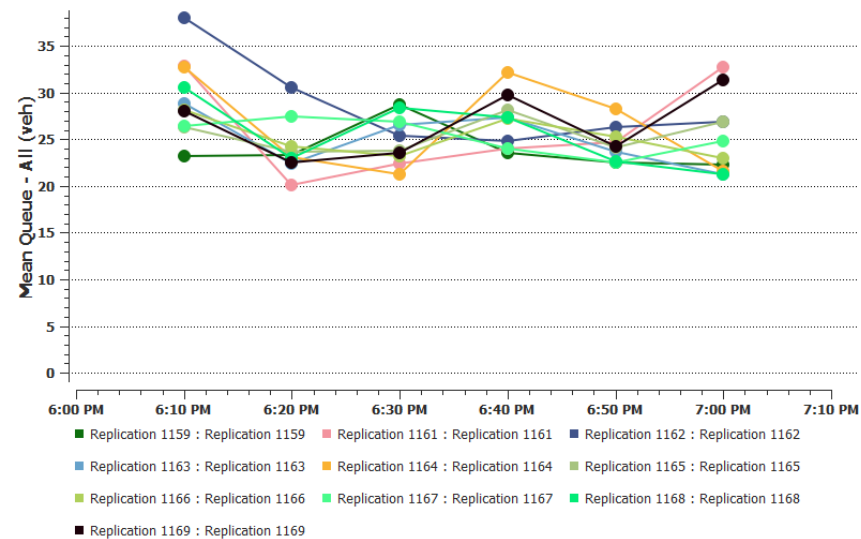
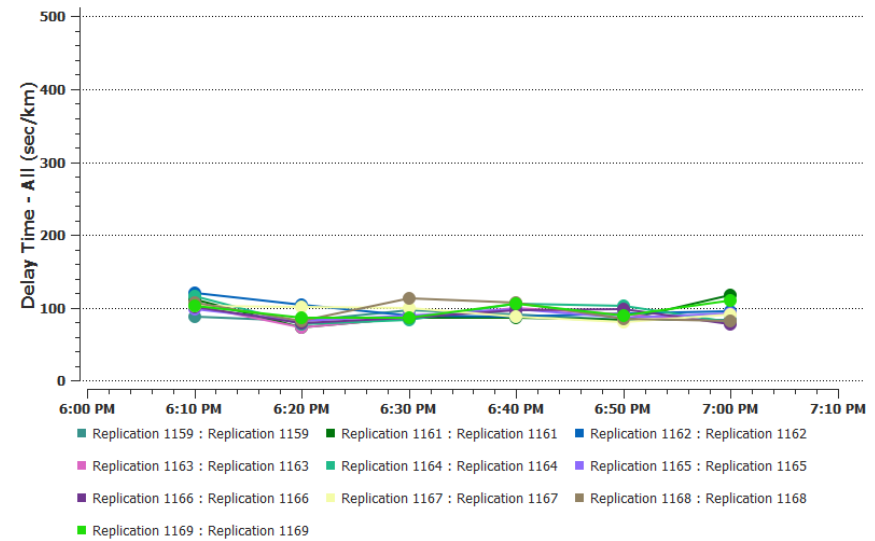
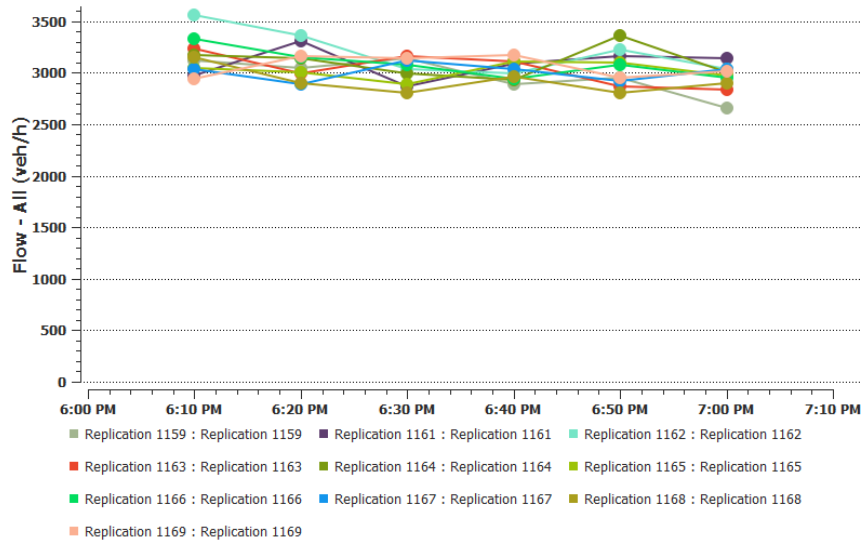
### III. Diagnóstico con la situación actual



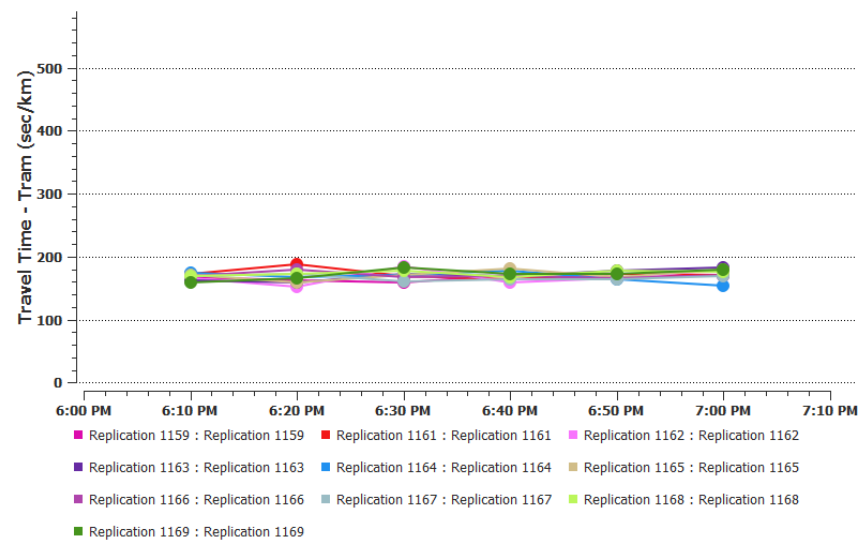
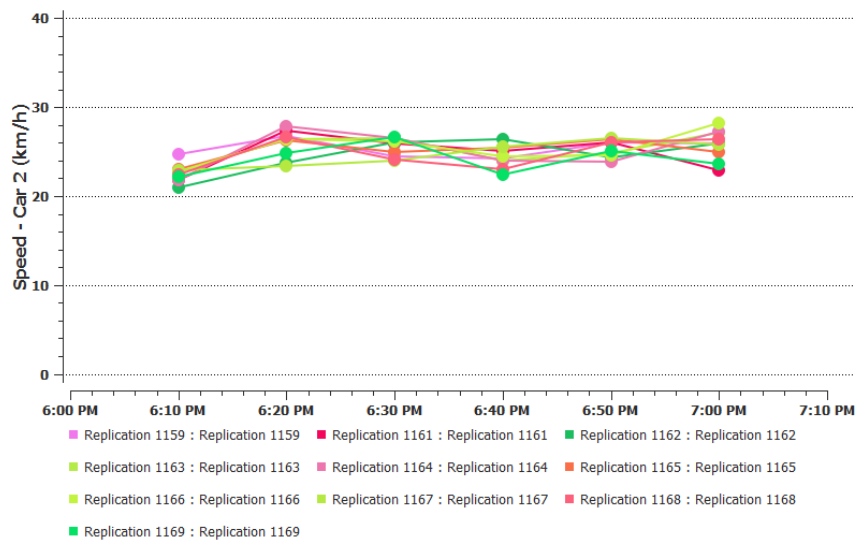
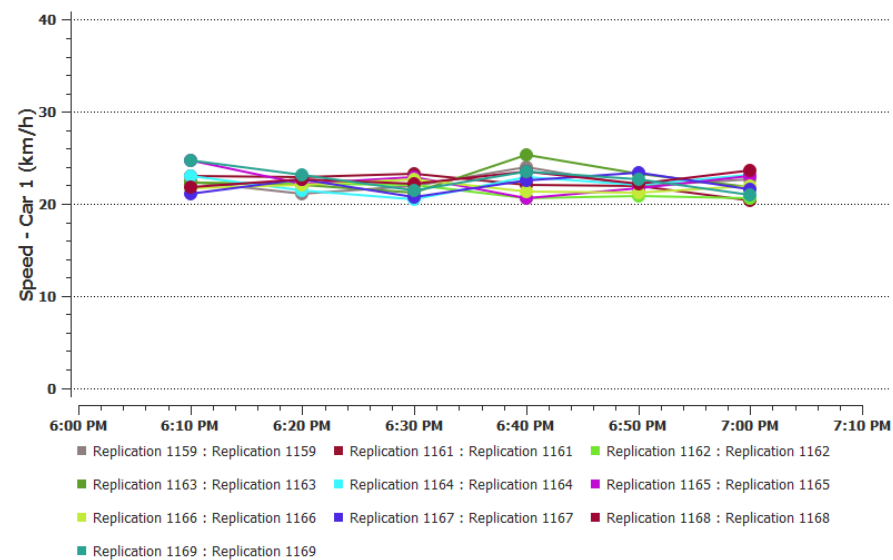
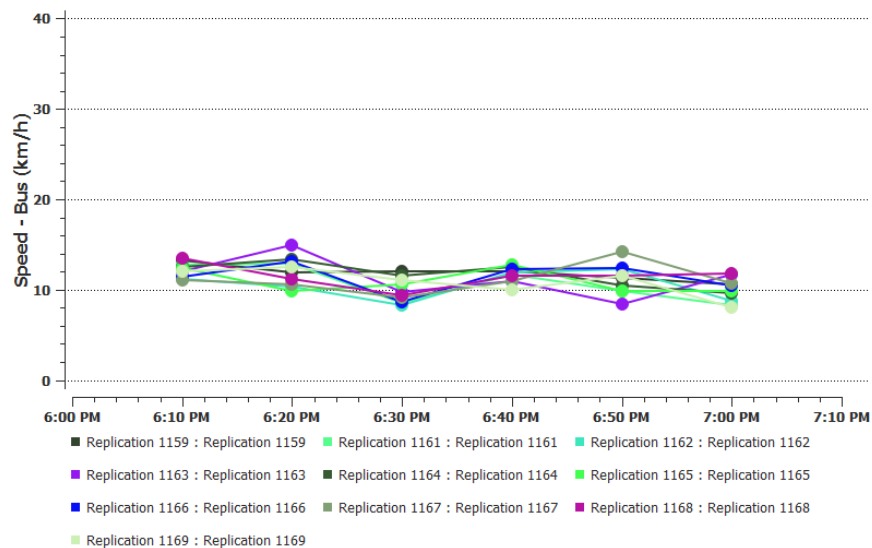


Anexo Figuras 10 a - h. Resultados Aimsun Next escenario inicial por replicaciones (Fuente: Elaboración propia)

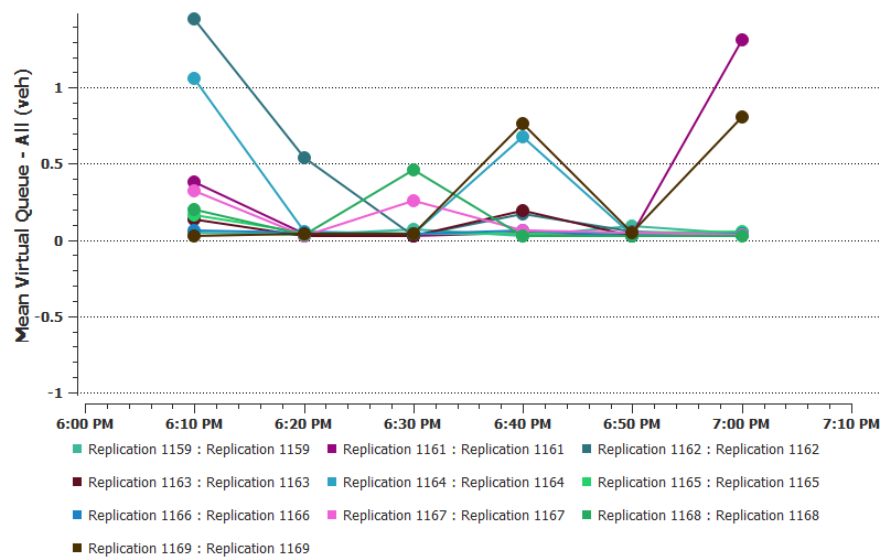
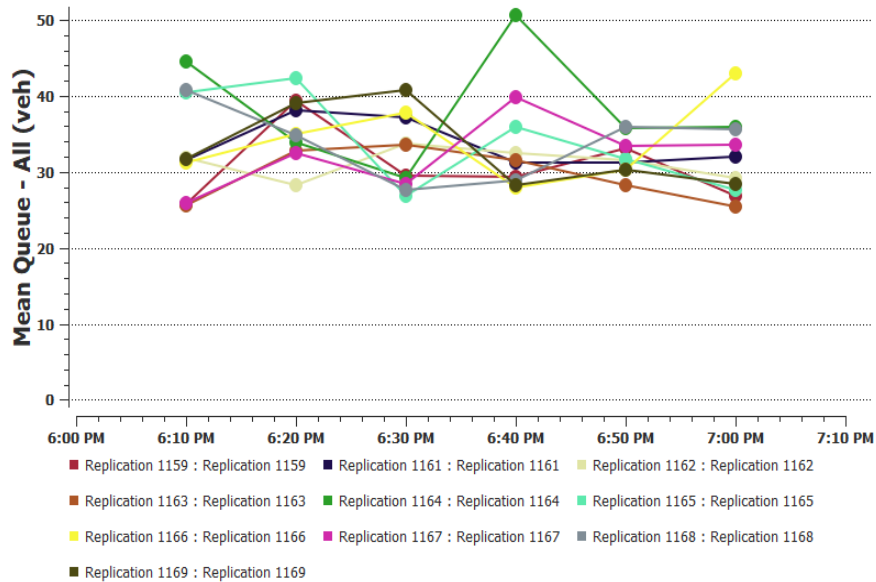
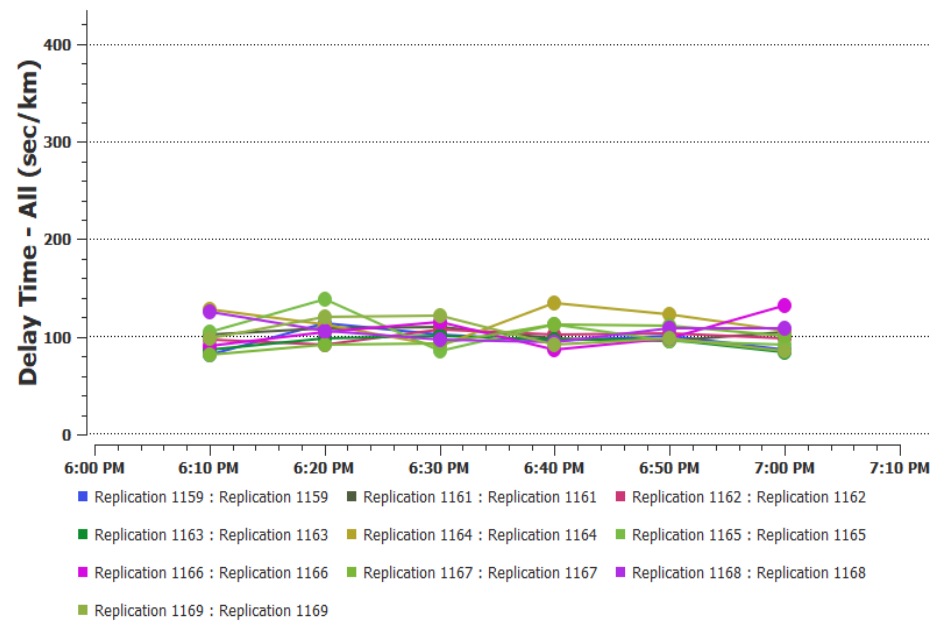
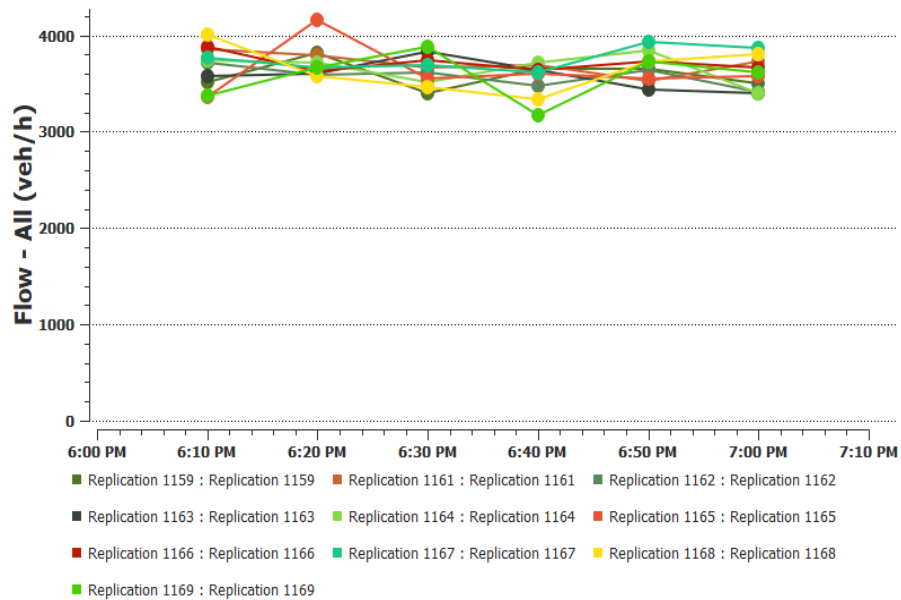
#### IV. Diagnóstico de los diferentes escenarios

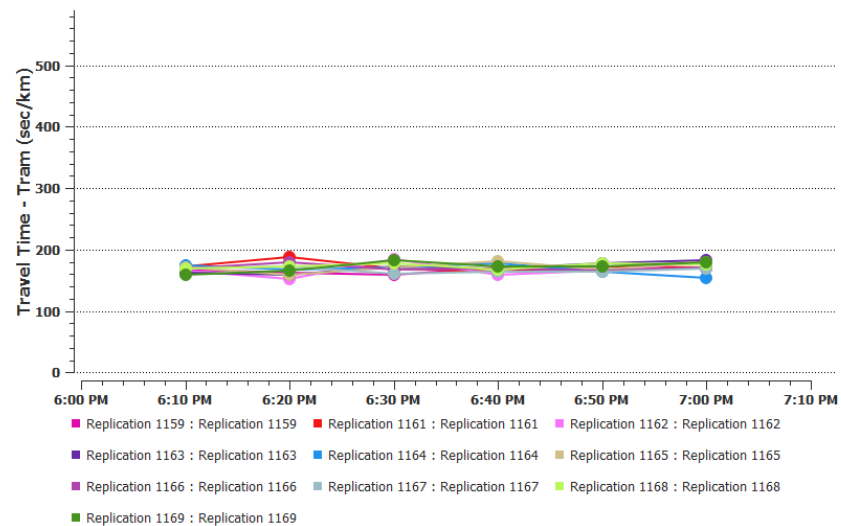
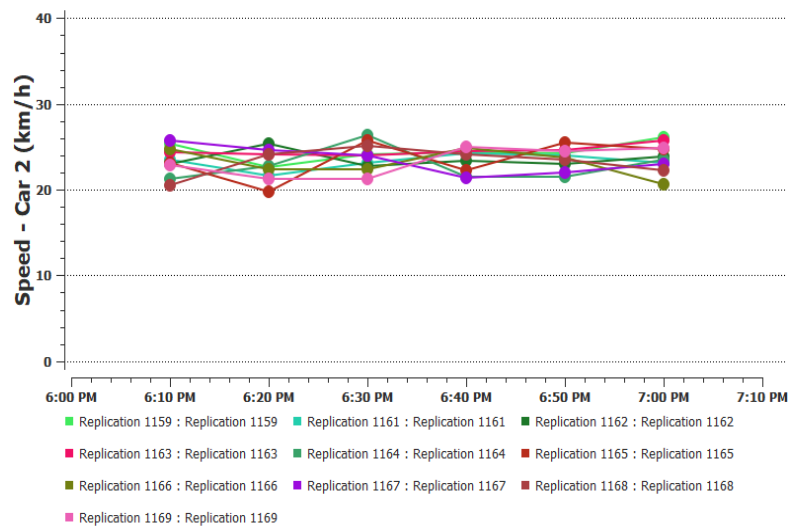
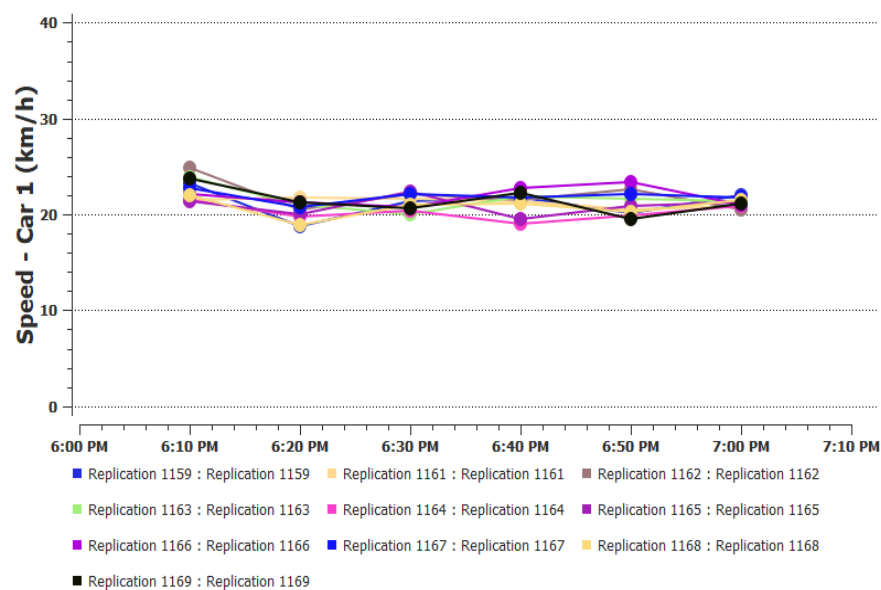
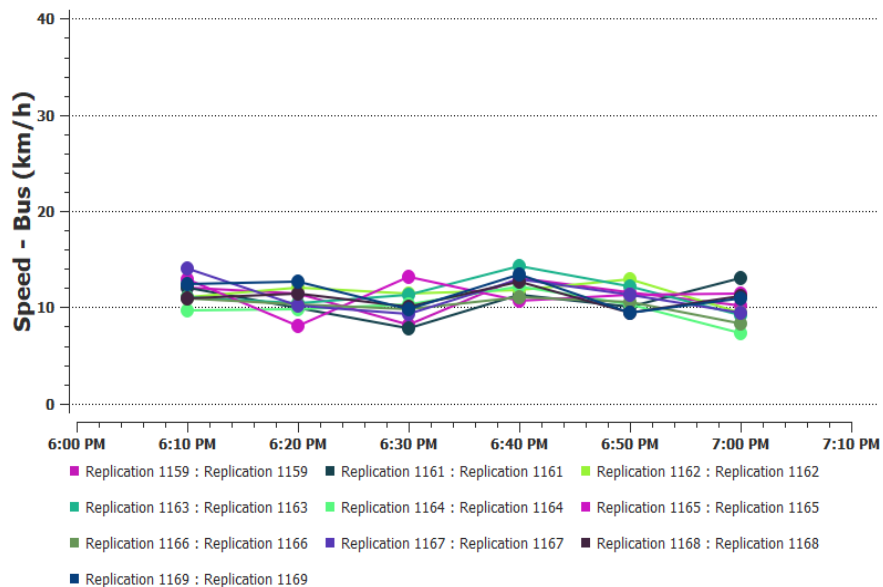




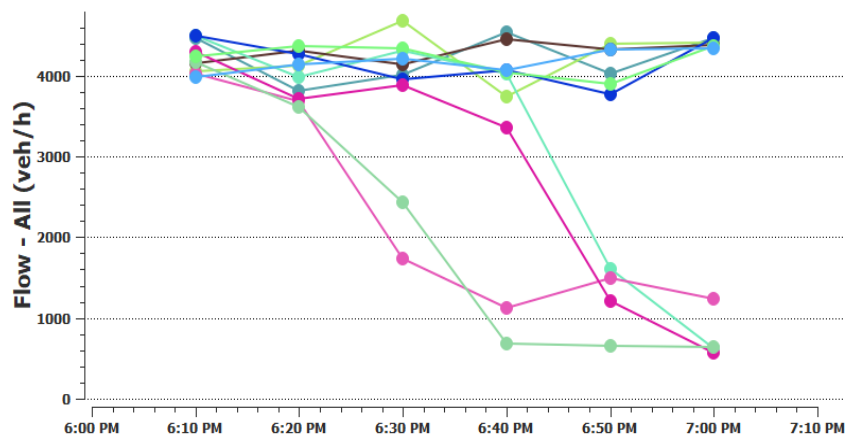


Anexo Figuras 11 a - h. Resultados Aimsun Next escenario 1 por replicaciones (Fuente: Elaboración propia)

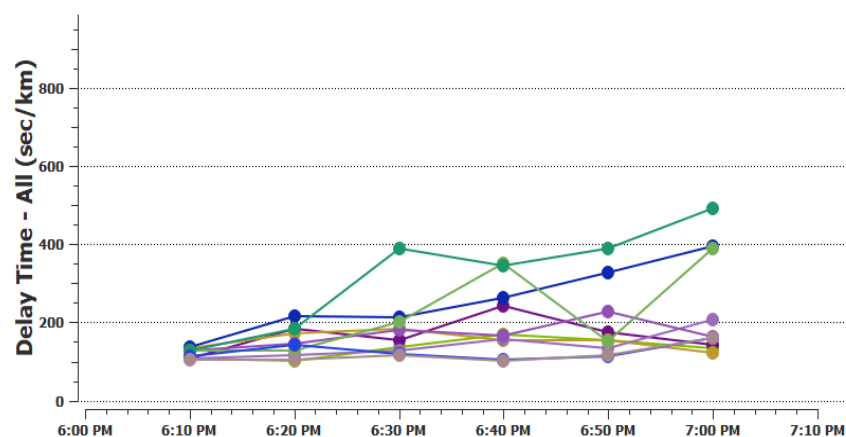




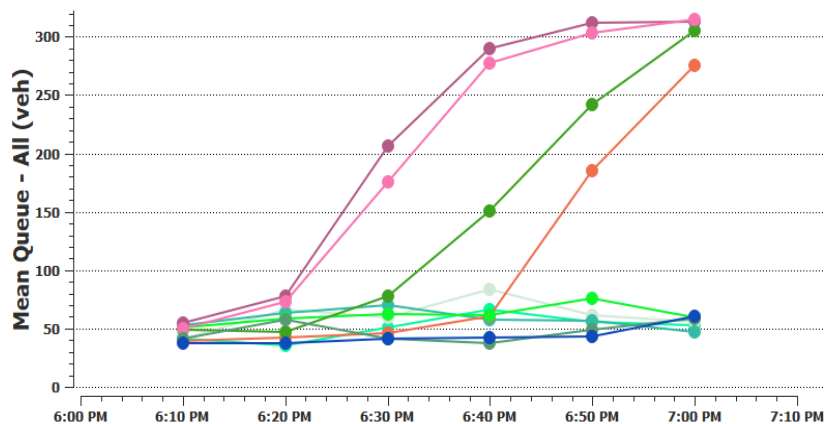
Anexo Figuras 12 a - h. Resultados Aimsun Next escenario 2 por replicaciones (Fuente: Elaboración propia)



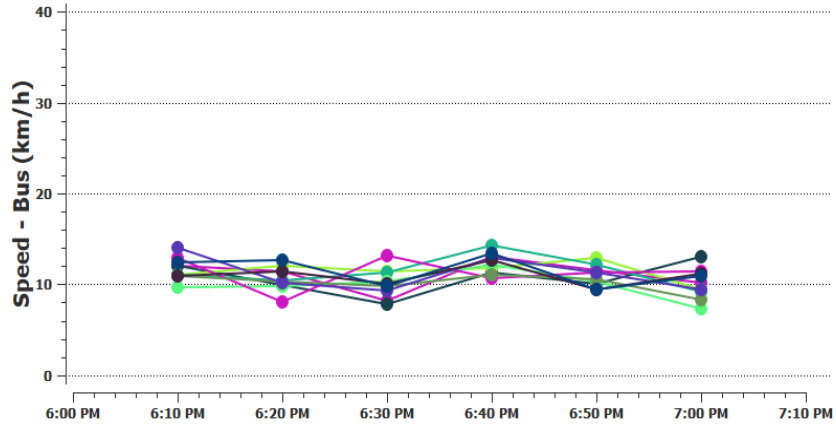
■ Replication 1159 : Replication 1159 ■ Replication 1161 : Replication 1161 ■ Replication 1162 : Replication 1162  
 ■ Replication 1163 : Replication 1163 ■ Replication 1164 : Replication 1164 ■ Replication 1165 : Replication 1165  
 ■ Replication 1166 : Replication 1166 ■ Replication 1167 : Replication 1167 ■ Replication 1168 : Replication 1168  
 ■ Replication 1169 : Replication 1169



■ Replication 1159 : Replication 1159 ■ Replication 1161 : Replication 1161 ■ Replication 1162 : Replication 1162  
 ■ Replication 1163 : Replication 1163 ■ Replication 1164 : Replication 1164 ■ Replication 1165 : Replication 1165  
 ■ Replication 1166 : Replication 1166 ■ Replication 1167 : Replication 1167 ■ Replication 1168 : Replication 1168  
 ■ Replication 1169 : Replication 1169

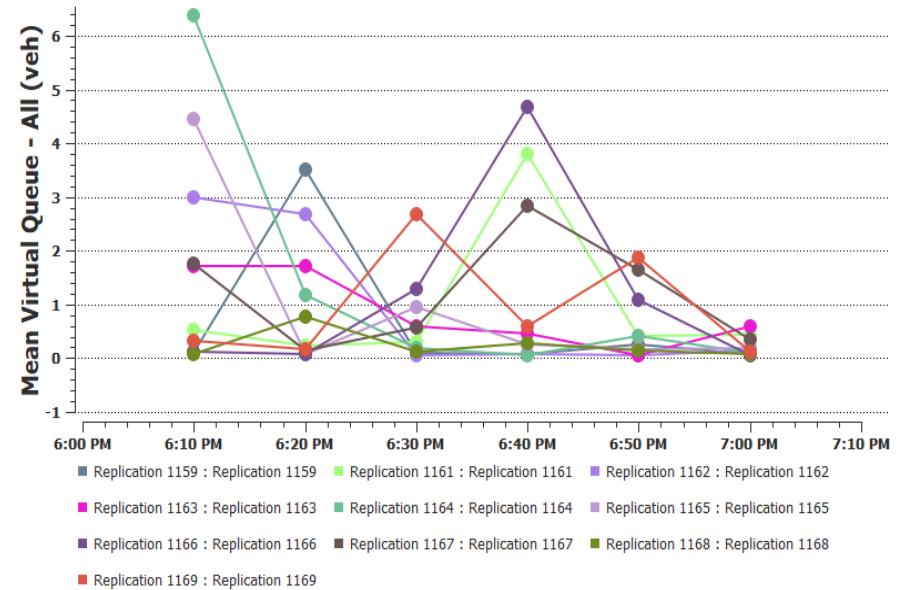
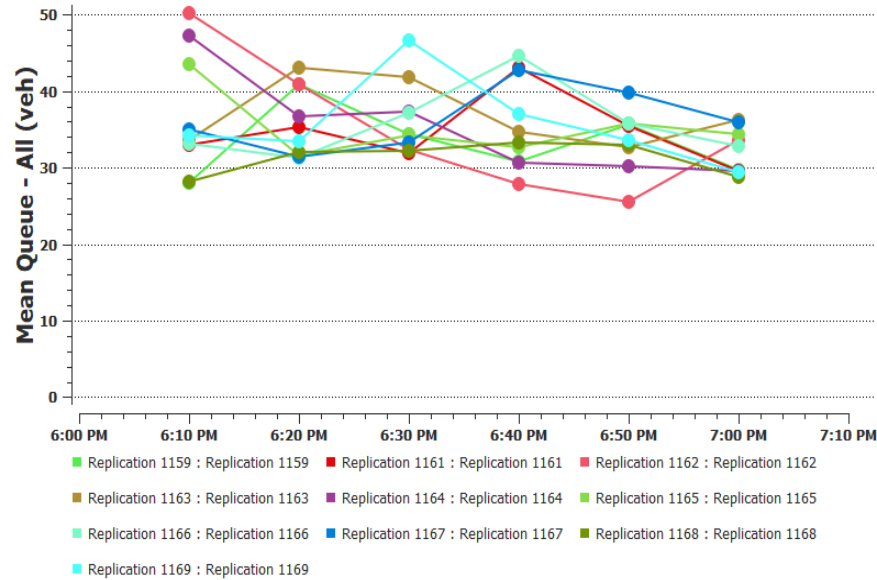
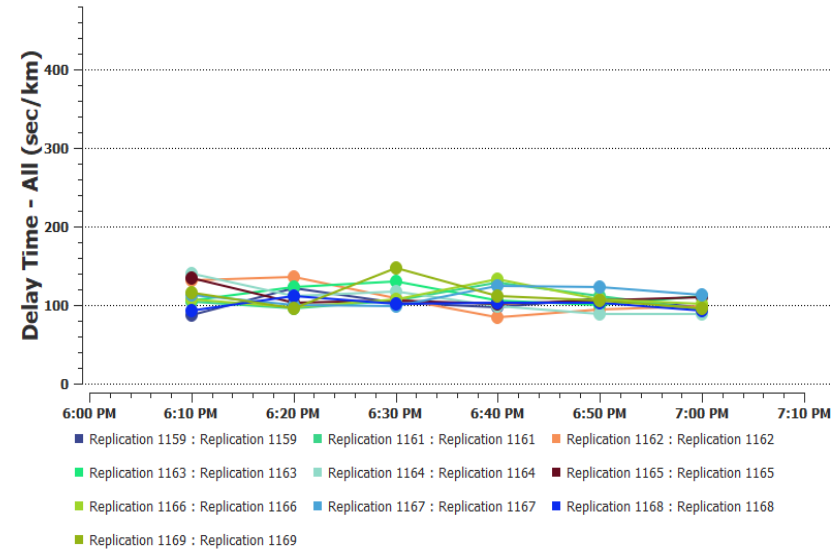
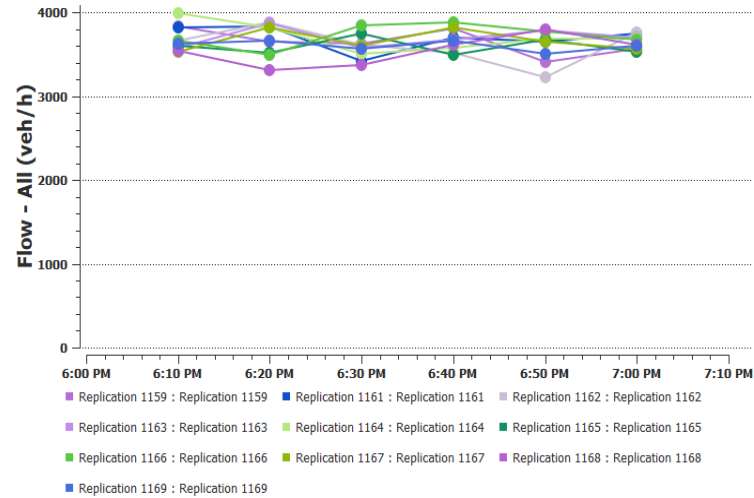


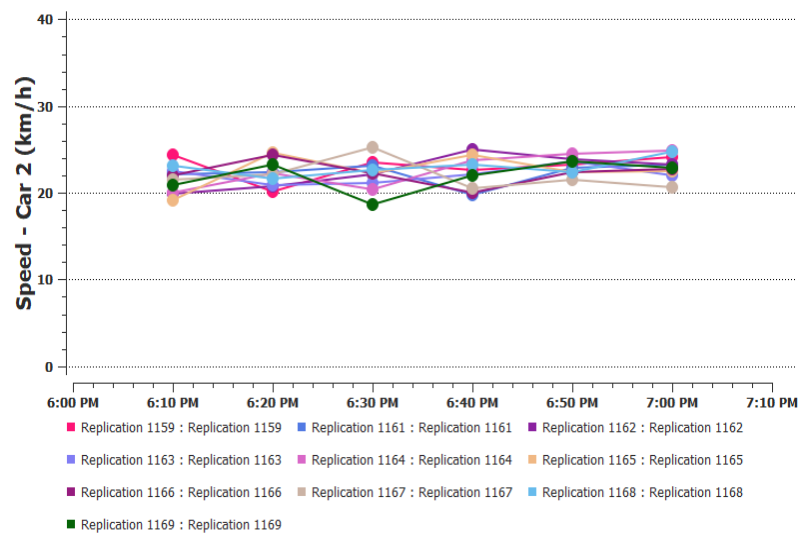
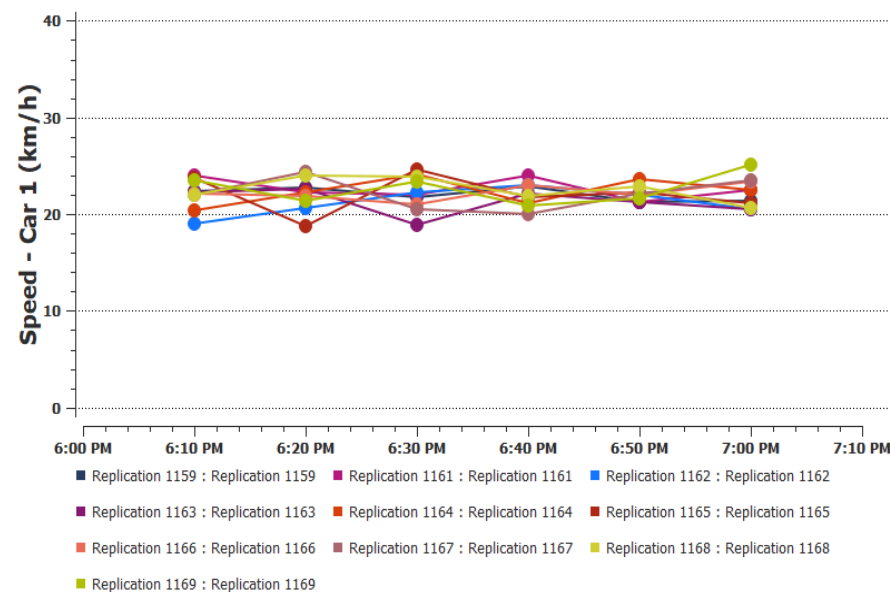
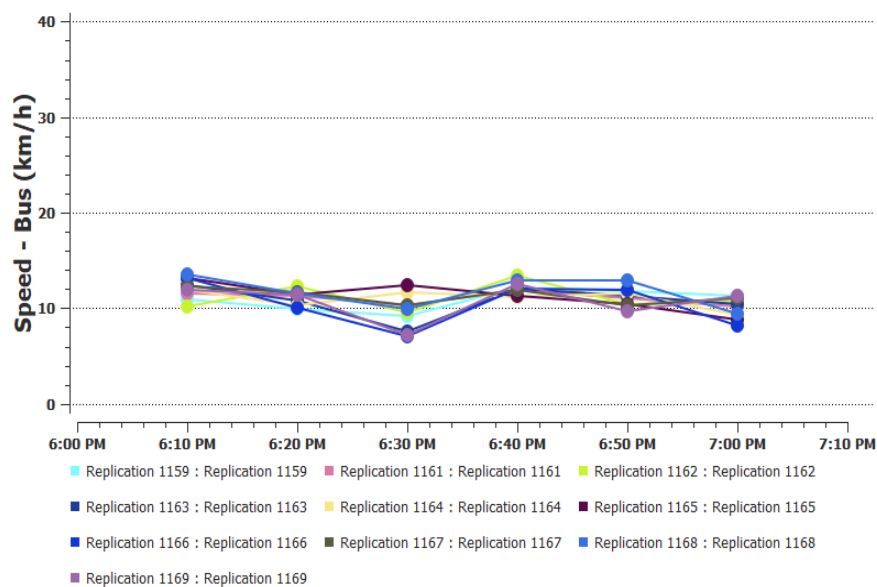
■ Replication 1159 : Replication 1159 ■ Replication 1161 : Replication 1161 ■ Replication 1162 : Replication 1162  
 ■ Replication 1163 : Replication 1163 ■ Replication 1164 : Replication 1164 ■ Replication 1165 : Replication 1165  
 ■ Replication 1166 : Replication 1166 ■ Replication 1167 : Replication 1167 ■ Replication 1168 : Replication 1168  
 ■ Replication 1169 : Replication 1169



■ Replication 1159 : Replication 1159 ■ Replication 1161 : Replication 1161 ■ Replication 1162 : Replication 1162  
 ■ Replication 1163 : Replication 1163 ■ Replication 1164 : Replication 1164 ■ Replication 1165 : Replication 1165  
 ■ Replication 1166 : Replication 1166 ■ Replication 1167 : Replication 1167 ■ Replication 1168 : Replication 1168  
 ■ Replication 1169 : Replication 1169

Anexo Figuras 13 a - h. Resultados Aimsun Next escenario 3 por replicaciones (Fuente: Elaboración propia)





Anexo Figuras 14 a - g. Resultados Aimsun Next escenario 4 por replicaciones (Fuente: Elaboración propia)