



AYUNTAMIENTO DE
BUITRAGO DEL LOZOYA
PLAN GENERAL

VOLUMEN 5.10

ANEXOS SECTORIALES Y AMBIENTALES
ANEXO 10. ESTUDIO DE TRÁFICO
Y MOVILIDAD

DOCUMENTO DE APROBACIÓN
INICIAL
FEBRERO 2022



RUEDA Y VEGA ASOCIADOS, S.L.P.
Jesús Rueda- M^o Angeles Vega, arquitectos
www.ruedavega.com

**Estudio de tráfico y movilidad. Plan General
de Ordenación Urbana de Buitrago de Lozoya
(Madrid)**

Febrero 2022

ÍNDICE

1. **Introducción** 6

2. **Características de la actuación. Usos y superficies** 7

3. **Caracterización del viario** 10

4. **Oferta de transporte público.** 12

5. **Caracterización de la movilidad en situación actual** 14

 5.1. Estaciones de aforo 14

 5.2. Trabajos de campo 17

6. **Definición de escenarios**..... 19

 6.1. Escenario 0 19

 6.2. Escenario 1 19

 6.3. Escenario 2 19

7. **Caracterización del tráfico en situación futura** 21

 7.1. Generación de viajes 21

 7.2. Distribución de viajes 21

8. **Impacto en el tráfico en situación actual y futura** 23

 8.1. Modelización 23

 8.1.1. Situación actual 24

 8.1.2. Puesta en servicio 26

 8.2. Niveles de Servicio 27

 8.2.1. Niveles de servicio en el tronco, convergencias y divergencias 35

9. **Conclusiones** 37

Anejo I. Líneas autobuses interurbanos 38

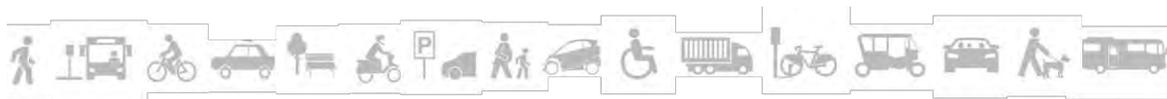
Anejo II. Fichas de estaciones de aforo..... 46

Anejo III. Aforo de Vehículos 50

Anejo IV. Matrices..... 63

Anejo V. Tráficos asignados 68

Anejo VI. Metodología de cálculo de niveles de servicio 74



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Situación sector S1.....7

Figura 2. Situación sector S2.....8

Figura 3. Situación sector S3.....8

Figura 4. Situación sector S4.....9

Figura 5. Plano general red de carreteras. Ámbito de estudio10

Figura 6. Plano de transporte público en Buitrago de Lozoya12

Figura 7. Mapa de Tráfico de la DGC. Ministerio de Fomento.....15

Figura 8. Estación de aforo E-96-0 (A-1).....16

Figura 9. Distribución horaria A-1 (%)16

Figura 10. Localización aforos.17

Figura 11. Modelo macro. Oferta (red viaria)25

Figura 12. Modelo micro. Oferta (red viaria)26

Figura 13. Modelo micro. Oferta (red viaria futura)27

Figura 14. Niveles de servicio28

Figura 15. Nivel de servicio E0.....30

Figura 16. Nivel de servicio E1A31

Figura 17. Nivel de servicio E1B.....32

Figura 18. Nivel de servicio E2A33

Figura 19. Nivel de servicio E2B.....34

Figura 20. Esquema localización de elementos.....36

Figura 21. Esquema línea 191.....39

Figura 22. Esquema línea 191-A39

Figura 23. Esquema línea 191-B40

Figura 24. Esquema línea 191-C40

Figura 25. Esquema línea 191-D41

Figura 26. Esquema línea 191-E41

Figura 27. Esquema línea 194-A42

Figura 28. Esquema línea 195-A42

Figura 29. Esquema línea 195-B43

Figura 30. Esquema línea 196.....43

Figura 31. Esquema línea 199-A.....44

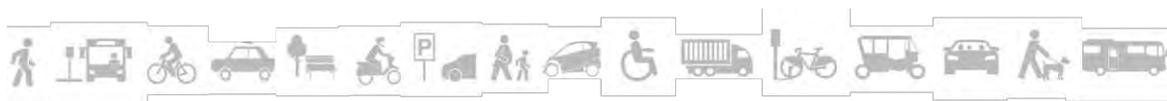


Figura 32. Esquema línea 911..... 44

Figura 33. Esquema línea 912..... 45

Figura 34. Ficha estación M-96-0. Calzada 1..... 47

Figura 35. Ficha estación M-96-0. Calzada 2..... 48

Figura 36. Ficha estación M-96-0. Coeficientes..... 49

Figura 37. Aforos tronco A-1 51

Figura 38. Aforos acceso 1..... 54

Figura 39. Aforos enlace este 57

Figura 40. Aforos enlace oeste 59

Figura 41. Aforos intersección..... 61

Figura 42. Asignación del tráfico. E0 69

Figura 43. Asignación del tráfico. E1A 70

Figura 44. Asignación del tráfico. E1B 71

Figura 45. Asignación del tráfico. E2A 72

Figura 46. Asignación del tráfico. E2B 73

Figura 47. Criterios de los niveles de servicio según curvas de velocidad. 77

Figura 48. Esquema básico en áreas de convergencia y divergencia..... 80



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Denominación sectores y superficies9

Tabla 2. Usos lucrativos y equipamientos9

Tabla 3. Estación permanente. M-96-0. Año 2019.....14

Tabla 4. Estación permanente. M-212-3. Año 2019.....14

Tabla 5. Evolución histórica estaciones de aforo.15

Tabla 6. Porcentaje reparto modal.....21

Tabla 7. Viajes generados.....22

Tabla 8. Criterios de calibración links24

Tabla 9. Criterios de calibración giros24

Tabla 10. Clasificación niveles de servicio29

Tabla 11. Niveles de servicio tronco, convergencia y divergencia36

Tabla 12. Aforos tronco A-1.....52

Tabla 13. Aforos acceso 1.....55

Tabla 14. Aforos enlace este58

Tabla 15. Aforos enlace oeste60

Tabla 16. Aforos intersección62

Tabla 17. Matriz situación actual64

Tabla 18. Matriz tráfico expandido64

Tabla 19. Matriz tráfico futuro puesta en servicio64

Tabla 20. Matriz tráfico expandido largo plazo.....65

Tabla 21. Matriz tráfico futuro largo plazo.....65

Tabla 22. Matriz situación actual H3065

Tabla 23. Matriz tráfico expandido H30.....66

Tabla 24. Matriz tráfico futuro puesta en servicio H30.....66

Tabla 25. Matriz tráfico expandido largo plazo H3066

Tabla 26. Matriz tráfico futuro largo plazo H3067

Tabla 27. Niveles de servicio según densidad y velocidades en flujo libre75

Tabla 28. Factores de corrección por anchura de carril76

Tabla 29. Factores de corrección por obstáculos laterales76

Tabla 30. Factores de equivalencia entre vehículos pesados y ligeros78

Tabla 31. Factores de equivalencia entre vehículos pesados y ligeros78

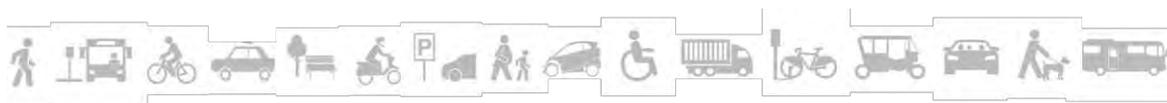


Tabla 32. Criterio nivel de servicio en función de la densidad.....	80
Tabla 33. Factores de equivalencia entre vehículos pesados y ligeros.....	82
Tabla 34. Modelos para determinar P_{FM} en convergencias.....	82
Tabla 35. Criterios para elegir la ecuación en autovías con tres carriles por sentido.....	83
Tabla 36. Modelos determinar P_{FM} en divergencias.....	83
Tabla 37. Criterios para elegir la ecuación en autovías con tres carriles por sentido.....	83
Tabla 38. Capacidades en la unión rampa autovía/autopista.....	84
Tabla 39. Capacidades en la unión rampa - carretera multicarril/Vía Colectora-Distribuidora.....	84
Tabla 40. Capacidades en los ramales según velocidad.....	85



1. Introducción

El objetivo del presente documento es realizar estudio de tráfico y movilidad que analice la incidencia de los desarrollos urbanísticos del Plan General de Ordenación Urbana de Buitrago de Lozoya, para el año de puesta en servicio y el año horizonte (20 años después del año de puesta en servicio).

Para evaluar el funcionamiento del tráfico, se analizarán la situación actual, y la situación tras la puesta en servicio de los sectores, de uso residencial y de actividades económicas.

El documento se ha estructurado de la siguiente manera:

1. Introducción.
2. Características de la actuación.
3. Caracterización del viario.
4. Oferta de transporte público.
5. Caracterización de la movilidad en situación actual:
 - a. Estaciones de aforos
 - b. Trabajos de campo.
6. Definición de escenarios.
7. Generación de tráfico.
8. Impacto en el tráfico en situación actual y futura.
9. Conclusiones

Tras caracterizar el enlace y los desarrollos objeto de estudio (superficies, usos, etc.) se describirá la red viaria del entorno: principales vías, número de carriles, velocidades, etc. y las relaciones que sirven.

Posteriormente se caracterizará el tráfico en el ámbito, a partir de dos fuentes: los datos publicados por el Ministerio de Fomento y los obtenidos de la campaña de aforo realizada para el presente Estudio de tráfico.

El último aspecto para caracterizar la situación actual será describir la red de transporte público en la zona de estudio.

Con los elementos anteriores (oferta y demanda) se construirá un modelo de transporte que represente la movilidad del ámbito de estudio.

Adicionalmente se incluyen seis anejos, con los siguientes contenidos

- En el Anejo I se recogen las líneas de transporte público que dan servicio al entorno.
- En el Anejo II se incluyen los datos de la estación de aforo del Ministerio de Fomento utilizada y su distribución horaria.
- En el Anejo III recoge los datos recopilados en los trabajos de campo.
- En el Anejo IV recoge las matrices obtenidas del modelo.
- El Anejo V recoge los tráficos asignados en el modelo.
- El Anejo VI recoge la metodología de cálculo de niveles de servicio



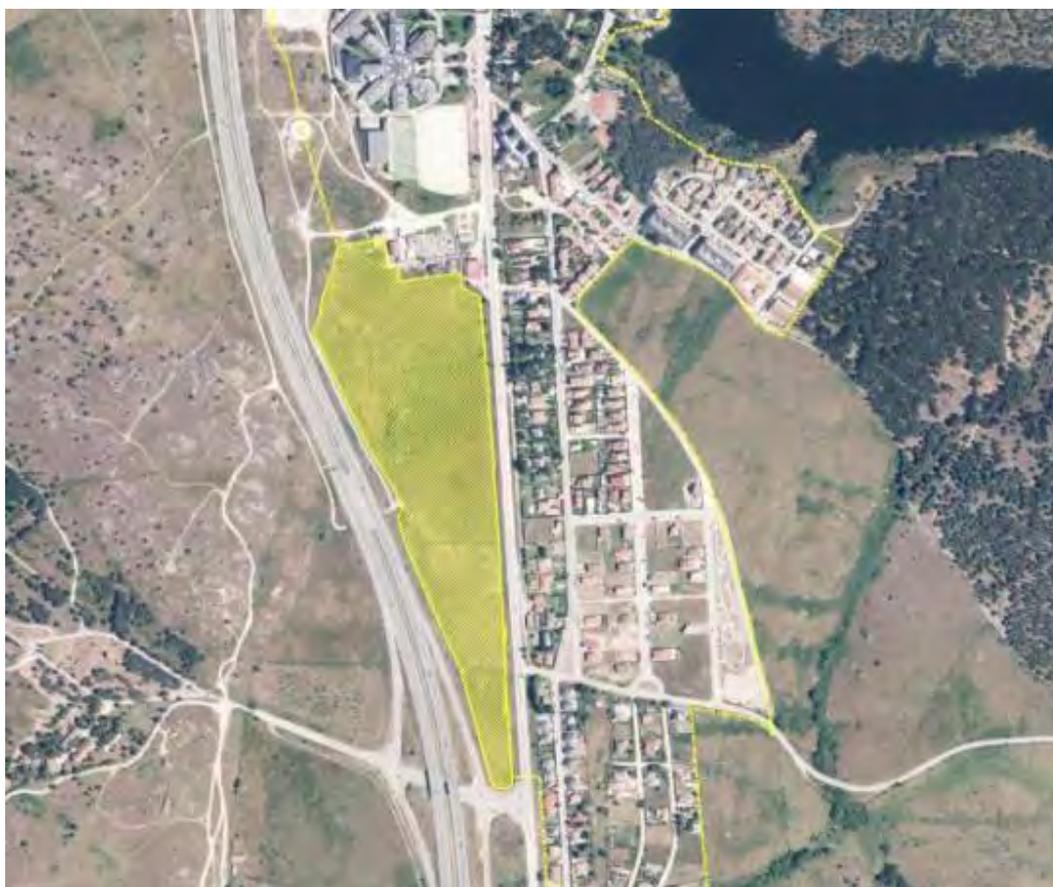
2. Características de la actuación. Usos y superficies

Este estudio se desarrolla dentro del término municipal de Buitrago de Lozoya, estimándose el impacto sobre el tráfico y la movilidad debido al Plan de Ordenación Municipal del municipio.

Se tendrán en cuenta las infraestructuras necesarias para el desarrollo de los sectores que se describen a continuación.

El sector S1 Miramontes, sector de suelo urbanizable no sectorizado, está localizado en la zona Suroeste del núcleo urbano, en terrenos situados entre la autovía A-1 y la antigua carretera nacional N-I. Cuenta con una superficie total de 84.033,10 m²s. El 62,54% de la superficie edificable está destinado a vivienda, un 14,65% es de comercio y servicios, otro 12,06% es empresarial y oficinas y el otro 10,75% hospedaje.

Figura 1. Situación sector S1



El sector S2, Ampliación de las Roturas, sector de suelo urbanizable sectorizado, configura el remate oriental de las Urbanizaciones de vivienda unifamiliar situadas al sur de la Carretera de Mangirón. Cuenta con una superficie total de 27.936,93 m²s. De la superficie edificable, 6.126,27 m²c van destinados a vivienda, 340,35 m²c a comercio y servicios y 340,35 m²c a hospedaje.



Figura 2. Situación sector S2



El sector S3, El Mesón, sector de suelo urbanizable sectorizado, situado al sur de Buitrago, en la margen derecha de la N-I. Ocupando el triángulo formado por esta carretera y la cañada real de San Lázaro, limitando por el sur con el Pinar del Mesón. Cuenta con una superficie total de 38.416,92 m²s. De la superficie edificable, 8.605,39 m²c van destinados a industria, 1.229,34 m²c a comercio y servicios, 1.229,34 m²c a empresarial y oficinas y 1.229,34 m²c a hospedaje.

Figura 3. Situación sector S3



El sector S4, Telefónica, sector de suelo urbanizable sectorizado, está situado al nordeste del municipio, en el paraje “El Bosque”, con frente a la M-137. Pertenecen a una finca propiedad de Compañía Telefónica de España SAU, ocupada en la actualidad por antenas e instalaciones de telecomunicaciones obsoletas y edificios auxiliares en desuso. Se pretende crear un campus formativo con un área de actividad productiva y tecnológica. Suelos calificados como sistema general de "Equipamiento Singular " en las NNSS de 1990. Cuenta con una superficie total de 68.711,08 m²s.

Figura 4. Situación sector S4

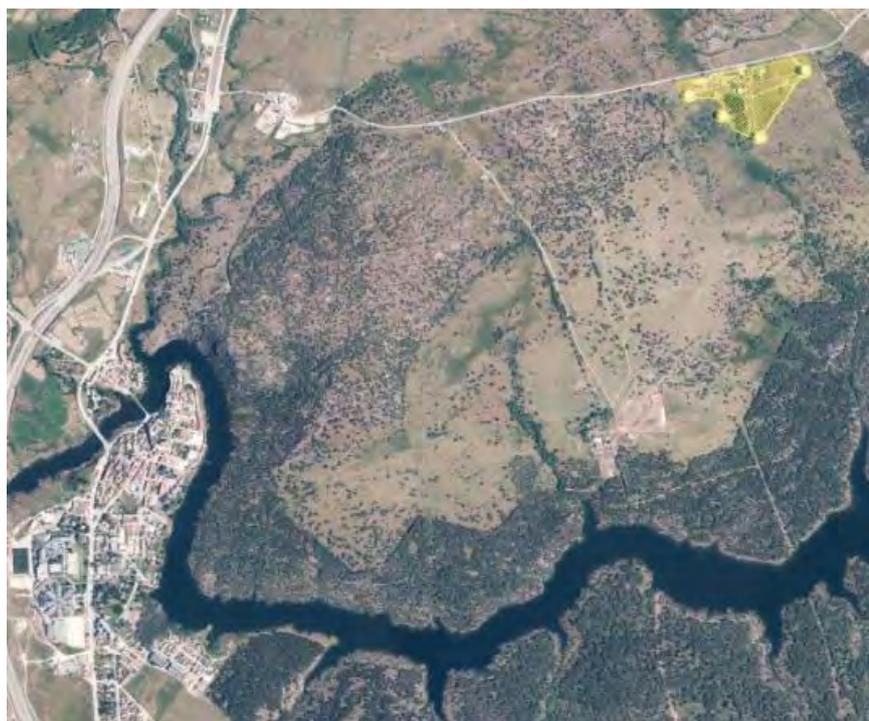


Tabla 1. Denominación sectores y superficies

Sector	Denominación	Superficie total (m ² s)
S1	Miramontes	84.033,10
S2	Ampliación las Roturas	27.936,93
S3	El Mesón	38.416,92
S4	Telefónica	68.711,08
TOTAL		219.098,03

Tabla 2. Usos lucrativos y equipamientos

Sector	Edificabilidad (m ² c)	N.º viviendas	Superficie total (m ² s)
S1	20.745,01	101	84.033,10
S2	6.806,97	28	27.936,93
S3	12.293,41	-	38.416,92
S4	68.711,08	-	68.711,08
TOTAL	108.556,47	129	219.098,03



3. Caracterización del viario

En el presente apartado se describirá la situación actual de Buitrago de Lozoya en relación con la oferta de red vial y la demanda de movilidad, detallada para el caso del transporte en vehículo privado.

A continuación, se procede a la descripción del viario existente en el entorno que rodea los sectores y que tiene influencia en el ámbito de estudio.

En la siguiente figura puede apreciarse de manera general el viario principal descrito en el presente estudio.

Las principales vías son: Autovía del Norte (A-1), Avenida de Madrid (N-1), M-126 y M-634.

Figura 5. Plano general red de carreteras. Ámbito de estudio



- Autovía del Norte (A-1)

Autovía que conecta Madrid con Irún. A su altura con el municipio, cuenta con dos carriles en sentido norte y tres en sentido sur. Tiene dos salidas al municipio, una situada al sur del mismo y en el entorno de los desarrollos objeto de estudio, y otra situada en el norte del municipio.

- Avenida de Madrid (N-1)

La N-1 atraviesa Buitrago de Lozoya de norte a sur. Cuenta con un carril por sentido. La velocidad es de 50 km/h dentro del término municipal. En el entorno de los sectores objeto de estudio, existe un enlace entre la A-1 y la N-1.

- M-126

Carretera autonómica que conecta el este del municipio con el embalse de El Villar. Cuenta con un carril por sentido sin arcenes.

- M-634

Carretera autonómica que une el oeste del municipio con Gargantilla de Lozoya. Cuenta con un carril por sentido sin arcenes.



Tienen paso por el municipio las siguientes líneas de autobuses interurbanos de la Comunidad de Madrid:

- 191. Madrid (Plaza Castilla) – Buitrago
- 191. Buitrago – Braojos
- 191B. Buitrago – Somosierra
- 191C. Buitrago - Montejo de la Sierra
- 191D. Buitrago - Robledillo de la Jara
- 191E. Buitrago - Cervera de Buitrago
- 194A. Buitrago - Lozoyuela – Rascafría
- 195A. Buitrago - Gargantilla – Lozoyuela
- 195B. Buitrago – Gargantilla
- 196. Madrid (Plaza Castilla) - La Acebeda
- 199A. Buitrago - Montejo - Manjirón – Buitrago
- 911. Buitrago - Montejo - La Hiruela
- 912. Buitrago - Montejo - Puebla de la Sierra

En el Anejo I. Líneas autobuses interurbanos, se incluyen los esquemas y horarios de todas las líneas citadas.



5. Caracterización de la movilidad en situación actual

La caracterización del tráfico se ha obtenido a partir de los datos de tráfico publicados por las diferentes administraciones, y de los aforos realizados de manera específica para este estudio en las áreas a estudiar.

5.1. Estaciones de aforo

En los siguientes apartados se analizarán los datos de aforos de tráfico publicados por el Ministerio de Fomento.

Existen dos estaciones cerca del ámbito. Se trata de la estación permanente M-96-0 y la estación de cobertura M-212-3.

Tabla 3. Estación permanente. M-96-0. Año 2019

Estación	Carretera	p.k.	Tipo	IMD	% pesados
M-96-0	A-1	75+590	Permanente	25.608	15,7%

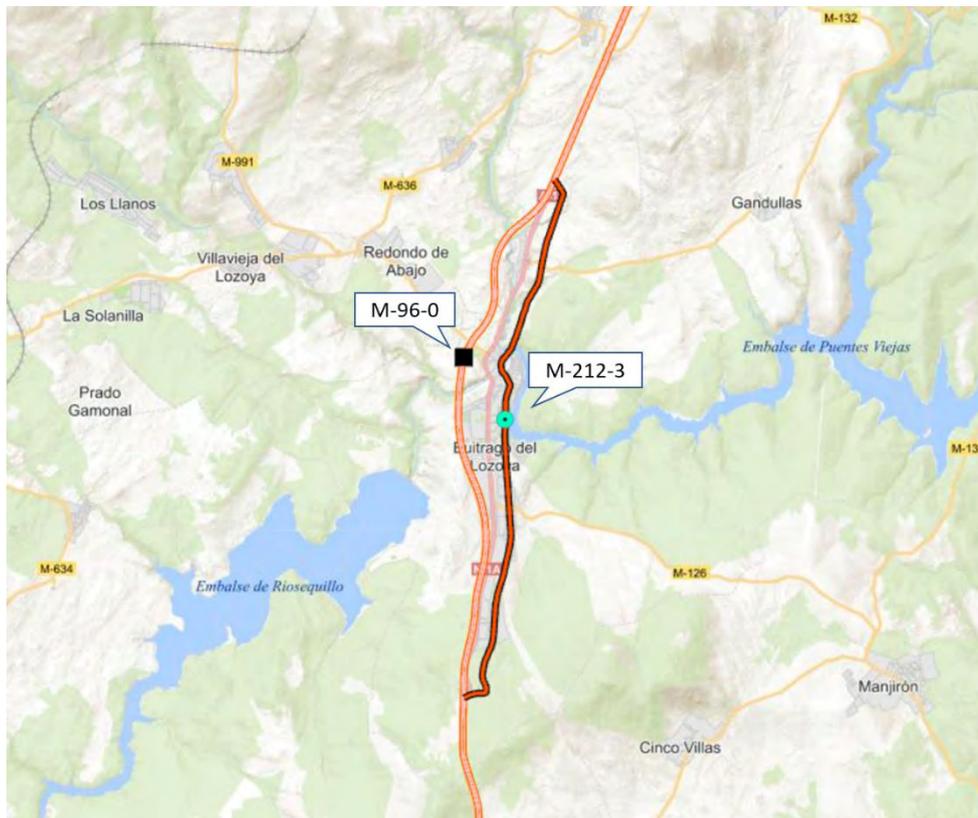
Tabla 4. Estación permanente. M-212-3. Año 2019

Estación	Carretera	p.k.	Tipo	IMD	% pesados
M-212-3	N-1A	75+000	Cobertura	3.411	2,86%

En el Anejo II. Fichas de estaciones de aforo, se adjunta la ficha de “Detalles, coeficientes y congestión” de la estación M-96-0. A continuación, se muestra una imagen del Mapa de Tráfico de la Dirección General de Carreteras en el área de estudio, con la localización de las estaciones señaladas en este epígrafe.



Figura 7. Mapa de Tráfico de la DGC. Ministerio de Fomento.



La evolución histórica del tráfico en las estaciones de aforo seleccionadas se resume en la siguiente tabla.

Tabla 5. Evolución histórica estaciones de aforo.

Año	E-96-0			M-212-3		
	IMD Total	IMD Pesados	% Pesados	IMD Total	IMD Pesados	% Pesados
2008	22.691	4.813	21,21%	1.326	207	15,61%
2009	25.457	3.958	15,55%	1.363	183	13,43%
2010	24.187	3.901	16,13%	1.352	243	17,97%
2011	21.145	3.458	16,35%	2.838	609	21,46%
2012	20.210	3.305	16,35%	2.750	564	20,51%
2013	19.564	3.053	15,61%	2.695	540	20,04%
2014	21.143	3.429	16,22%	3.130	625	19,97%
2015	21.776	3.487	16,01%	2.807	558	19,88%
2016	22.454	3.630	16,17%	3.493	142	4,07%
2017	23.879	3.859	16,16%	4009	249	6,21%
2018	25.360	4.274	16,85%	3.510	101	2,88%
2019	25.663	4.025	15,7%	3.411	97	2,84%



Para poder comparar los aforos realizados los datos obtenidos se transforman en un día medio laborable atendiendo a los coeficientes proporcionados en las fichas de las estaciones de aforo M-96-0, situada en la A-1. Para convertir los tráficos medidos en el trabajo de campo en tráficos equivalentes de un día laborable medio se emplea el coeficiente de nocturnidad N (1,03 para el mes de mayo), con el cual se pasa de tráfico de 16 horas (6:00 a 22:00) a la intensidad del día completo.

La intensidad media diaria medida en la estación previo al Covid-19, es un 31% mayor a la intensidad medida en el tronco de la A-1 en los aforos realizados el 19 de mayo de 2021.

En base a este porcentaje, se procede a corregir los aforos realizados en campo.



6. Definición de escenarios

Para analizar el impacto de los nuevos desarrollos se analizarán los siguientes escenarios:

- Escenario 0. Situación actual (2021).
- Escenario 1. Corto plazo (2025):
 - Escenario 1A. Proyección sin nuevos desarrollos y sin actuaciones
 - Escenario 1B. Proyección con nuevos desarrollos y con actuaciones
- Escenario 2. Largo plazo (2045):
 - Escenario 2A. Proyección sin nuevos desarrollos y sin actuaciones
 - Escenario 2B. Proyección con nuevos desarrollos y con actuaciones

El objetivo es evaluar el efecto de la puesta en servicio de los nuevos desarrollos y las infraestructuras asociadas, en relación con el escenario de partida.

6.1. Escenario 0

El escenario 0 representa la situación actual, con el viario y el tráfico existente en el año 2021.

6.2. Escenario 1

El escenario 1 representa la situación a corto plazo, año de puesta en servicio.

Dentro de ese horizonte temporal se considerarán dos casos:

- Escenario 1A. Se considera una proyección del tráfico, sin la puesta en servicio de nuevos desarrollos, ni en el S1, ni el S2, ni el S3.
- Escenario 1B. A la proyección del tráfico existente, se le unen los tráficos generados por los desarrollos en cuestión, considerando las siguientes hipótesis:
 - S1: se considera completamente terminado y en servicio.
 - S2: se considera completamente terminado y en servicio.
 - S3: se considera completamente terminado y en servicio.

Para la proyección de los tráficos actuales, se ha considerado que todos los tráficos se incrementan un 1,44% anual, siguiendo las indicaciones de la Orden FOM/3317/2010 sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia. Por tanto, los valores utilizados en el cálculo están contruidos tomando como base los del escenario 0, elevando los resultados un 1,44% anual.

6.3. Escenario 2

El escenario 2 representará el tráfico a largo plazo, 20 años después del escenario 1. Igualmente se analizarán dos casos:

- Escenario 2A. Se considera una proyección del tráfico, sin la puesta en servicio de nuevos desarrollos, ni en el S1, ni el S2, ni el S3.
- Escenario 2B. A la proyección del tráfico existente, se le unen los tráficos generados por los desarrollos en cuestión, considerando las siguientes hipótesis:
 - S1: se considera completamente terminado y en servicio.



- S2: se considera completamente terminado y en servicio.
- S3: se considera completamente terminado y en servicio.



El reparto de los nuevos viajes generados y atraídos para los sectores se realiza, por lo tanto, de forma proporcional.

Se supone que el 50% de los nuevos viajes son de entrada, y el otro 50% de viajes son de salida.

Los viajes generados por el sector S4 no van a ser objeto de estudio, debido a que los viajes que se realizarán en el mismo se producirán solo en momentos puntuales, cuando se realice algún evento en el lugar. Por otro lado, debido a la situación geográfica del sector y a las características de su uso, los viajes no afectarán al enlace analizado en este estudio de tráfico.

Por lo tanto, los viajes quedan distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 7. Viajes generados

Zona	Vehículos
S1	1.420
S2	193
S3	741



8. Impacto en el tráfico en situación actual y futura

8.1. Modelización

Para la modelización de la red y simulación del tráfico se ha utilizado la aplicación de planificación de transportes VISUM de PTV en su versión 20.0. Esta modelización consiste en obtener un modelo matemático que recoja las relaciones de movilidad existentes en el ámbito de estudio y que simule adecuadamente el comportamiento de los usuarios de la red viaria, apoyado en la metodología clásica de cuatro etapas:

- Modelo de generación y atracción de viajes
- Modelo de distribución espacial de viajes
- Modelo de reparto modal
- Modelo de asignación de privado y público

El primer paso ha consistido en representar la oferta viaria del ámbito, incluyendo aquellas vías que sean significativas y los elementos que las definen: recorrido, número de carriles, velocidad, etc.

Posteriormente, mediante un algoritmo de cálculo, y partiendo de una zonificación, Visum es capaz de construir una matriz origen-destino que ajuste los movimientos a los tráficos aforados.

Dicha matriz se ajusta atendiendo a la incorporación de información tal como datos de aforo de las vías supramunicipales de la red general y estatal, publicadas por el MITMA.

El procedimiento de asignación elegido ha sido el denominado “Tribut-Equilibrium-Lohse”. Se ha utilizado la “Regla heurística” para la estimación de impedancias a partir de los resultados de cada iteración con un máximo de 20 iteraciones para completar la asignación.

Los criterios que se han tenido en cuenta para la calibración del modelo se representan a continuación:

- El coeficiente de Correlación R²: los valores obtenidos se sitúan cercanas al 100%, por lo tanto, se considera un ajuste válido.
- El estadístico GEH, que se define como:

$$GEH = \sqrt{\frac{(q_{obs} - q_{sim})^2}{0,5(q_{obs} + q_{sim})}}$$

Donde

q_{obs}: tráfico observado en el periodo considerado

q_{sim}: tráfico simulado en el periodo considerado

Según las recomendaciones de la FHWA se debe cumplir que al menos un 85% de los arcos tiene que tener un GEH <5 por arco individual, o bien que para la suma sobre flujos de arco el GEH debe ser menor que 4.

- El Indicador %RMSE (Percentage Mean Square Error)



$$\%RMSE = 100 \sqrt{\frac{\sum(E_i - O_i)^2}{N-1}}{\frac{\sum O_i^2}{N}}$$

Donde:

E_i : Valor estimado por el modelo

O_i : Valor estimado por los aforos

E_i : Número de observaciones

En la siguiente tabla se recoge los resultados de los criterios establecidos para la calibración. La modelización de la situación actual se considera, atendiendo a dichos criterios, óptima.

Tabla 8. Criterios de calibración links

Coeficiente de correlación R2	% GEH < 5	GEH medio	% RMSE
0,999	100	0,39	0,07

Tabla 9. Criterios de calibración giros

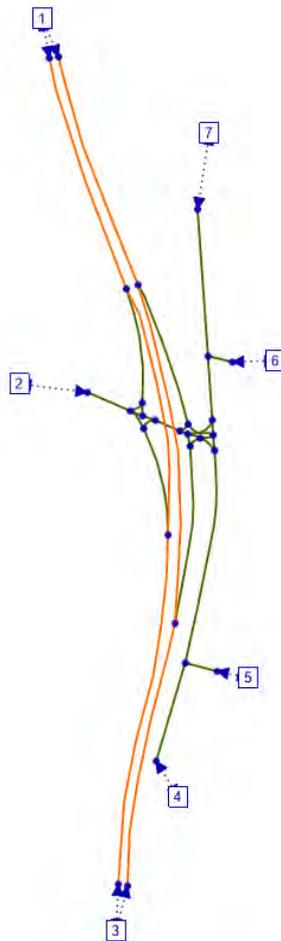
Coeficiente de correlación R2	% GEH < 5	GEH medio	% RMSE
0,999	100	0,594	0,300

8.1.1. Situación actual

En la siguiente figura se muestra la red viaria utilizada para representar la movilidad del ámbito y la zonificación realizada con centroides numerados del 1 al 7.



Figura 11. Modelo macro. Oferta (red viaria)



Una vez asignado, se obtienen las matrices origen destino para cada uno de los centroides de la red.

El estudio de tráfico se centra en la zona del enlace entre la A-1 y N-1. Para ello, se utilizará el software de microsimulación Aimsun para modelar el modelo micro. Este software permite estimar el tiempo de demora que experimentan los vehículos en cada una de las secciones analizadas, así como las colas que se producen dentro de la red.

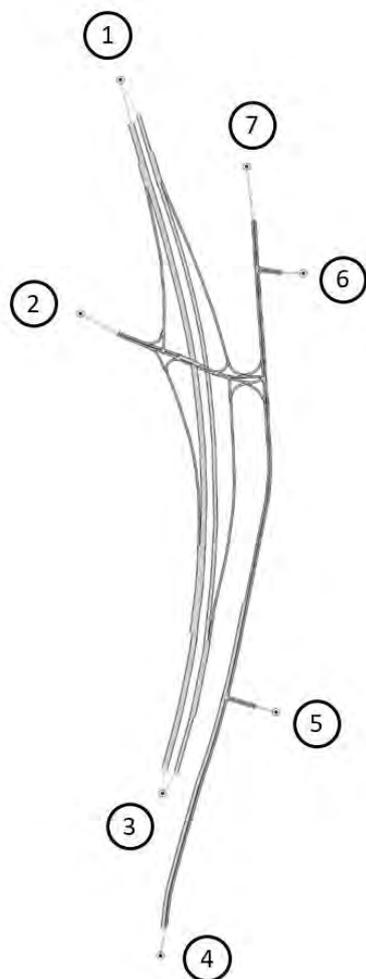
En el modelo micro, se introduce la hora H30. En la estación M-96-0, la H30 es el 11,23% de la IMD.

Se define como intensidad en la hora 30 (H30) a la intensidad de tráfico que, ordenada de mayor a menor, ocupa el lugar 30 en la relación de intensidades de las 8.760 horas que tiene el año.

Para los nuevos desarrollos se supone un 15% de los viajes totales diarios para la hora modelada



Figura 12. Modelo micro. Oferta (red viaria)



8.1.2. Puesta en servicio

En la puesta en servicio, se tiene en cuenta en el modelo la red viaria del ámbito, así como la demanda generada y atraída en el sector. En la siguiente figura se muestra la red utilizada para representar la movilidad del ámbito y la zonificación realizada con centroides numerados del 1 al 8.

Los viajes generados por el sector S1 entran y salen por el centroide 8, los viajes del sector S2 por el centroide 6 y los del sector S3 por el centroide 5.



La capacidad de la vía depende de numerosos factores, aunque los más importantes son la velocidad a la que se permita circular y el número de carriles. A mayor velocidad, y mayor número de carriles, mayor capacidad de la vía.

Conocida la capacidad de la vía, se define el nivel de servicio como una forma de caracterizar la congestión de la vía. Los niveles de servicio se caracterizan con un código de letras que va desde la "A" (nivel de servicio muy bueno) hasta "F" (tráfico muy congestionado).

Así, si el tráfico que circula por la vía es muy inferior a la capacidad, no habrá congestión y el nivel de servicio será bueno ("A"). Si el tráfico que circula por la vía es similar a la capacidad de la vía, el nivel de congestión será elevado y el nivel de servicio será malo ("F").

Los niveles de servicio tienen la descripción cualitativa descrita recogida en la siguiente figura.

Figura 14. Niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIONES DE FLUJO	DESCRIPCIÓN DE CIRCULACIÓN
A		Alta calidad de servicio. El tráfico fluye libremente con poca o ninguna restricción de velocidad o maniobra. No hay demoras
B		El tráfico es estable y fluye libremente. La capacidad de maniobra se encuentra tan solo levemente restringida. No hay demoras
C		Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad, y la libertad de maniobra está restringida. Los conductores deben ser más cuidadosos en los cambios de carril. Demoras mínimas
D		La velocidad disminuye ligeramente y aumenta la densidad. La libertad de maniobra se encuentra notablemente limitada. Demoras mínimas
E		Proximidad de los vehículos entre sí, con poco espacio para maniobras. La comodidad de los conductores es escasa. Demoras significativas
F		Tráfico muy congestionado con atascos, especialmente en áreas donde los vehículos confluyen. Demoras significativas

Para realizar el cálculo de niveles de servicio se utilizará el software de microsimulación Aimsun, que permite estimar el tiempo de demora que experimentan los vehículos en cada una de las secciones



analizadas. En el caso de intersecciones no semaforizadas, el tiempo de demora es el parámetro que define el nivel de servicio, según las horquillas indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 10. Clasificación niveles de servicio

Demora media (s/veh)	Nivel de servicio por ratio volumen/capacidad	
	$V/C \leq 1,0$	$V/C > 1,0$
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Es decir, tiempos de demora bajos corresponden con niveles de servicio buenos (“A” y “B”). Sin embargo, tiempos de demora altos, corresponden a niveles de servicio malos (“E” y “F”).

Para llevar a cabo los cálculos se precisan los siguientes datos de entrada:

- Calles: número de carriles, sentidos y tipología.
- Matrices origen-destino actuales y futuras.
- Porcentaje de vehículos pesados.

A partir de la demora y en base a la tabla ya presentada se obtienen el nivel de servicio en cada carril de cada acceso. En las siguientes figuras se muestran los niveles de servicio y tiempos medio de demora en situación actual y futura.



Figura 15. Nivel de servicio E0

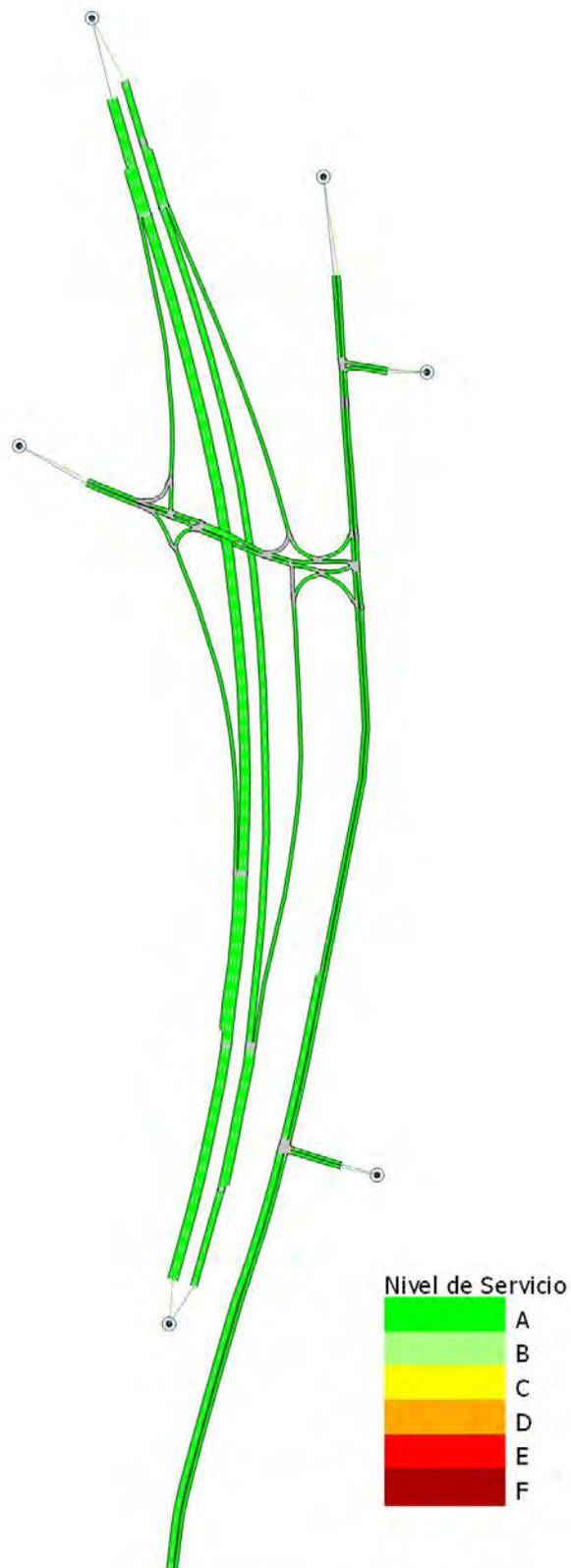


Figura 16. Nivel de servicio E1A

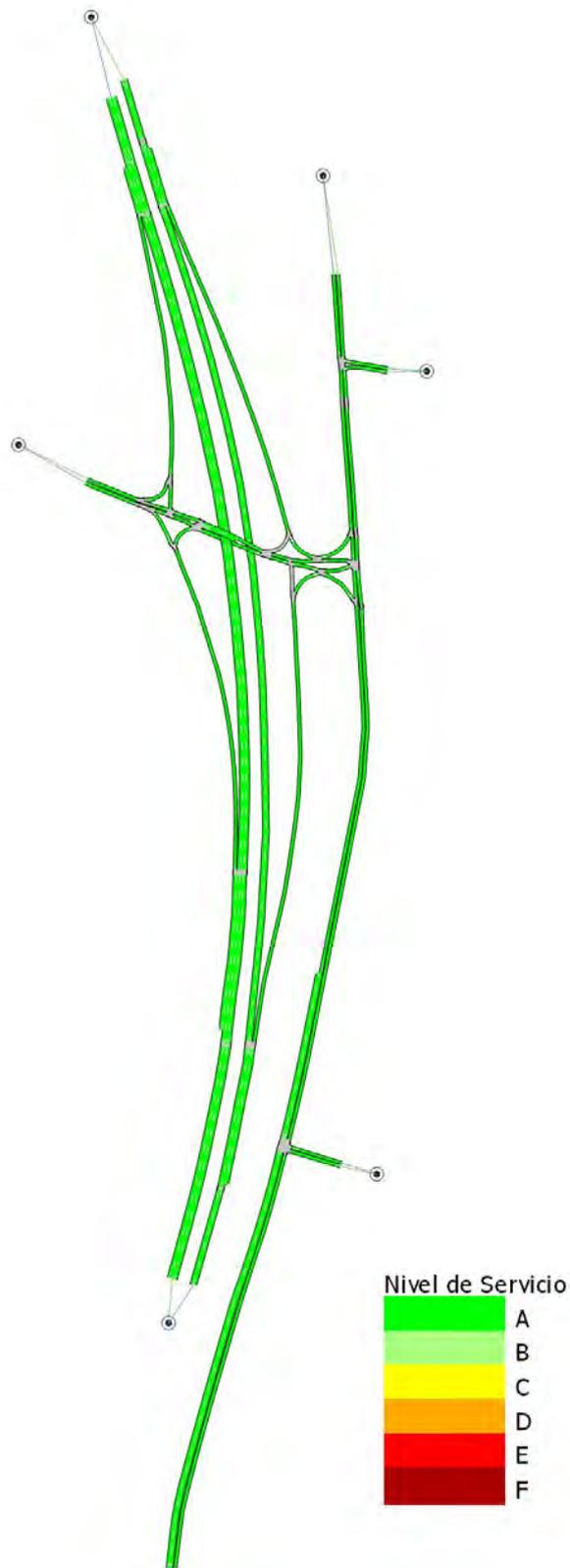


Figura 17. Nivel de servicio E1B

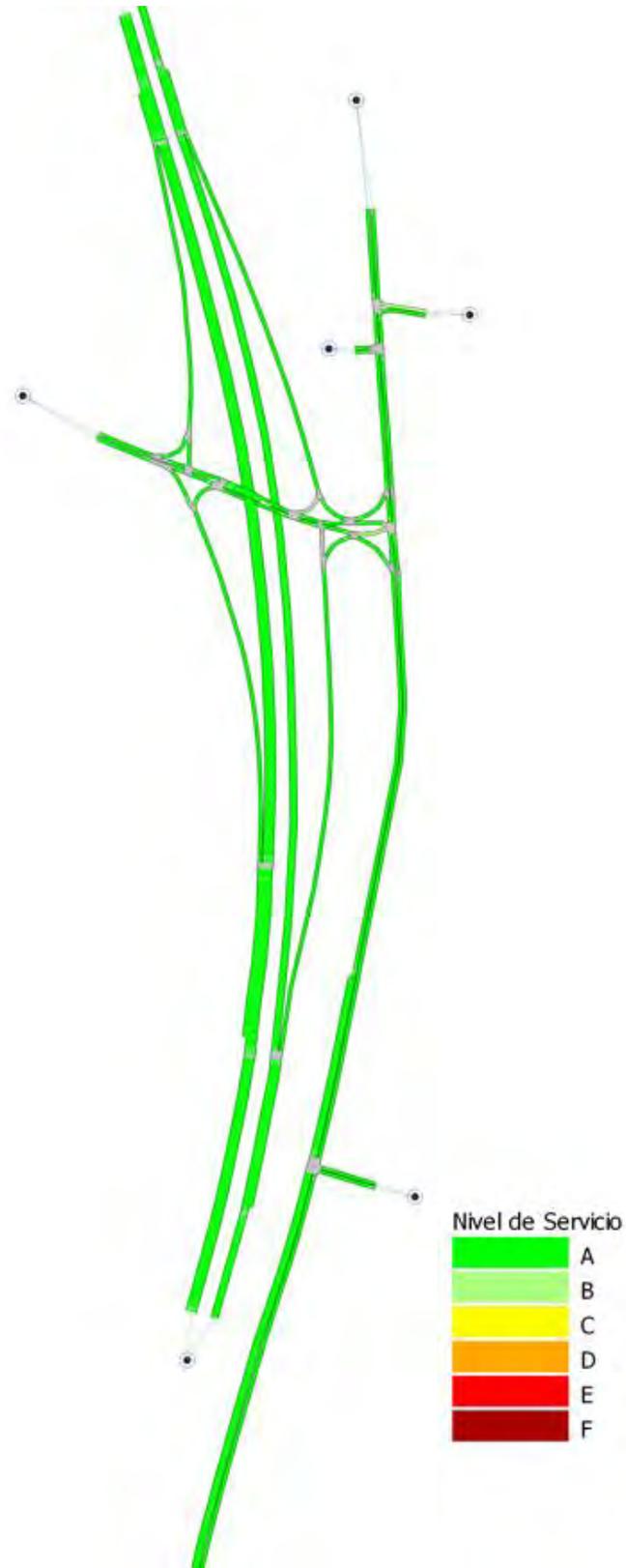


Figura 18. Nivel de servicio E2A

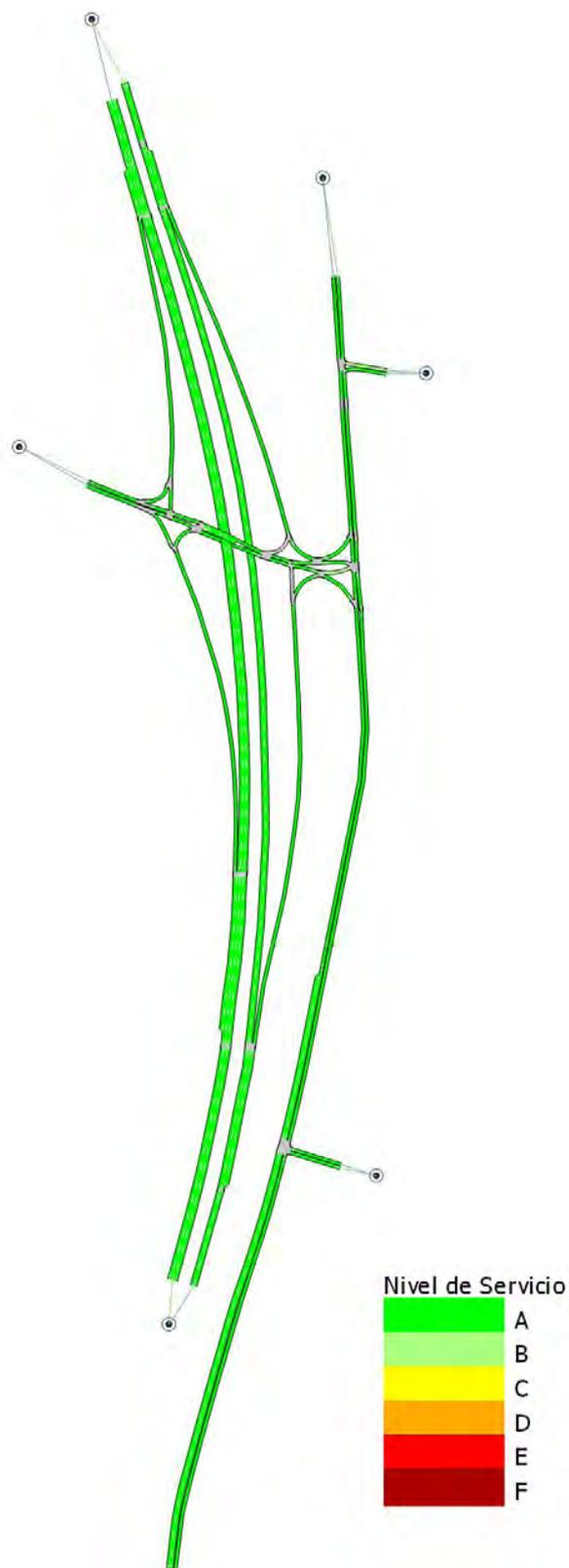
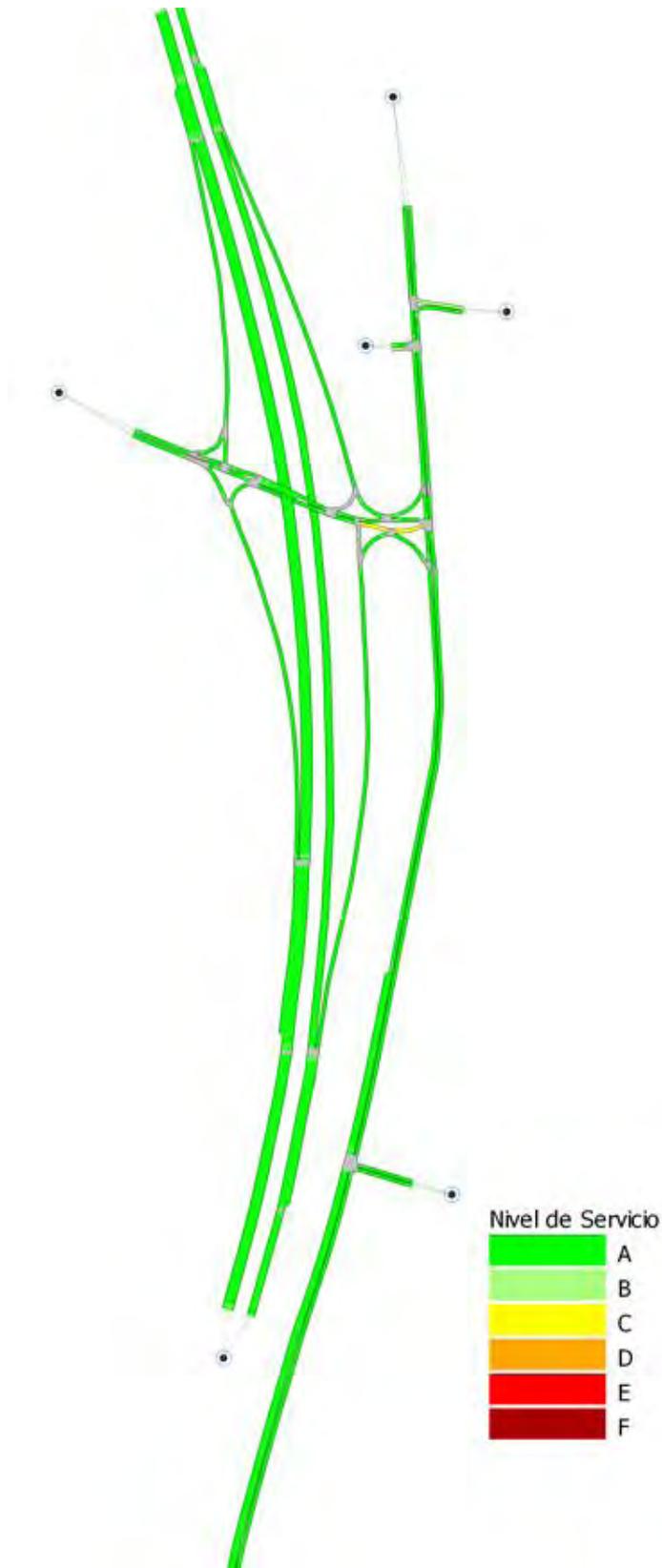


Figura 19. Nivel de servicio E2B



Tal y como se puede ver en las figuras anteriores, no existe problemas de congestión para ninguno de los escenarios.

En el escenario 0, correspondiente a la situación actual y en el escenario 1A, se obtiene un nivel de servicio A en todo el enlace e intersecciones.

En los escenarios 1B y 2A, el nivel de servicio es A en todos los tramos del enlace y en las intersecciones exceptuando el stop en el lado este del enlace en dirección Buitrago y en la salida de la urbanización Las Roturas, (centroide 6) en los cuales se da un nivel de servicio B.

En el escenario 2B, el nivel de servicio es A en todos los tramos del enlace y en las intersecciones exceptuando la salida de la urbanización Las Roturas, (centroide 6) y la salida del sector 1 (centroide 8) en los cuales se da un nivel de servicio B. Además, se registra un nivel de servicio C en el stop y ceda el paso del lado este del enlace en dirección Buitrago.

8.2.1. Niveles de servicio en el tronco, convergencias y divergencias.

En este apartado se analizan los niveles de servicio en los escenarios 0, 1A, 1B, 2A y 2B en los tramos básicos de la autovía detallados en el esquema. Las hipótesis de partida adoptadas han sido las siguientes

- Tráfico en hora punta derivado del modelo de asignación
- Factor de hora punta: FHP = 0,95
- Factor de conductores habituales: FP = 1
- Ancho de carril: 3,5 m.
- Ancho de arcén derecho: 2,5 m.
- Terreno llano (ET = 1,5)
- % Pesados: derivado del modelo de asignación.
- Nº carriles por sentido de circulación.
- Velocidad de proyecto: 120 km/h para tramos de la autovía y 60 km/h para tramos de la vía de servicio

La metodología utilizada para el cálculo se incluye en el Anejo VI. Metodología de cálculo de niveles de servicio.



Figura 20. Esquema localización de elementos.

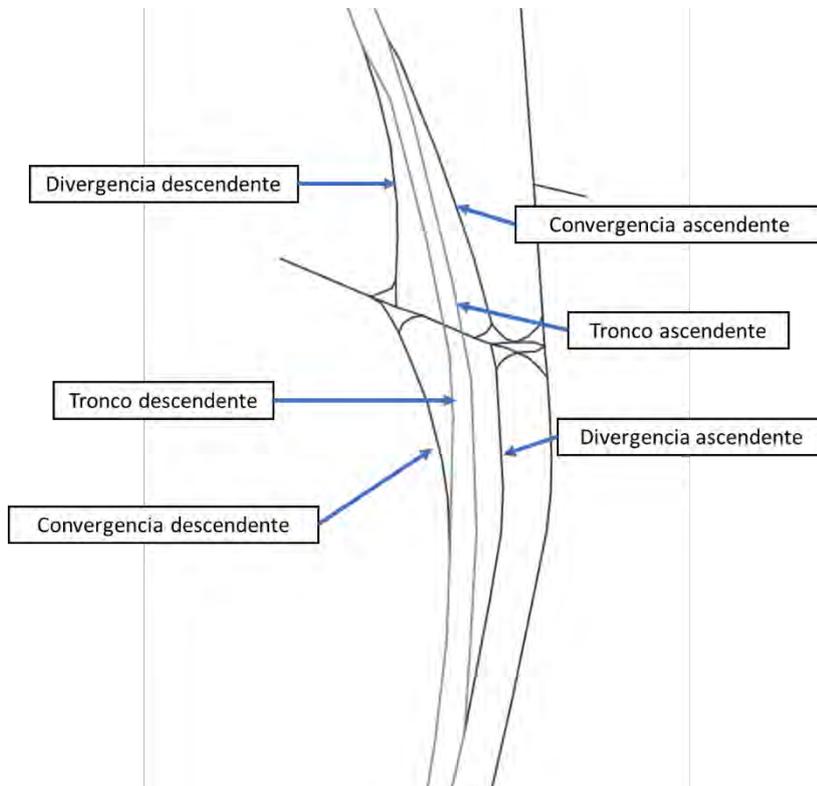


Tabla 11. Niveles de servicio tronco, convergencia y divergencia

Elemento	E0	E1A	E1B	E2A	E2B
Tronco (Ascendente)	A	A	A	B	B
Divergencia (Ascendente)	B	B	B	C	C
Convergencia (Ascendente)	B	B	B	C	C
Tronco (Descendente)	A	A	A	A	A
Divergencia (Descendente)	B	B	B	B	B
Convergencia (Descendente)	B	B	B	C	C

Como se puede ver en la tabla anterior, no existen problemas de congestión tanto en el tronco de la A-1, como en las convergencias y divergencias que sirven como entrada y salida desde la autovía al enlace objeto de estudio. No se supera el nivel de servicio C a largo plazo, 20 años tras la puesta en servicio.



9. Conclusiones

El presente estudio tiene como objetivo establecer el efecto sobre el tráfico asociado a la ejecución de los nuevos desarrollos dentro del Plan General de Ordenación Urbana del municipio madrileño de Buitrago de Lozoya.

El suelo de los cuatro sectores que componen los nuevos desarrollos estará destinado para uso residencial, industrial, comercial y servicios, empresarial y oficinas y hospedaje.

Para poder caracterizar el tráfico en el ámbito, se ha realizado una campaña de grabación de aforos el miércoles 19 de mayo de 2021. De dicha campaña se dedujo el tráfico existente en la actualidad. Se ha completado la caracterización del tráfico con las estaciones aforo disponibles en el entorno del Ministerio de Fomento.

Para analizar el tráfico en el ámbito de estudio se han analizado cinco escenarios: situación actual, año de puesta en servicio con actuación y sin actuación y 20 años tras la puesta en servicio, con y sin actuación.

Teniendo en cuenta los metros cuadrados construibles de los distintos sectores y los usos de estos, se ha calculado los viajes generados y atraídos para cada uno de los nuevos desarrollos. Para la distribución de los viajes se ha tenido en cuenta la Encuesta domiciliaria de movilidad de la Comunidad de Madrid.

Para la modelización de la red y simulación del tráfico de la situación actual se ha utilizado la aplicación de planificación de transportes VISUM de PTV en su versión 20.0

Una vez obtenidas las matrices origen-destino en situación actual, se ha modelado la red micro utilizando el software de microsimulación Aimsun, obteniéndose para los distintos escenarios los flujos, el tiempo de demora que experimentan los vehículos en las secciones, así como las colas que se producen. En el modelo micro se ha tenido en cuenta la hora H30.

Según los cálculos realizados, en ningún punto del enlace se produce congestión ni en situación actual ni en situación futura, sin superar el nivel de servicio C.

Los niveles de servicio en el tronco y en las salidas de la autovía dentro del ámbito de estudio, se han calculado con el Highway Capacity Manual. En ninguno de los elementos analizados, tampoco se supera el nivel de servicio C para los distintos escenarios.

Por tanto, se puede considerar que la implantación de los nuevos usos en el municipio de Buitrago de Lozoya apenas produce impacto en el tráfico del entorno y los viajes generados en la zona no tendrán apenas influencia en el tráfico de la A-1.



Anejo I. Líneas autobuses interurbanos



Figura 33. Esquema línea 912



Anejo II. Fichas de estaciones de aforo



Figura 34. Ficha estación M-96-0. Calzada 1

GOBIERNO DE ESPAÑA		MINISTERIO DE FOMENTO		SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS		DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS		INTENSIDADES HORARIAS MEDIAS EN LAS 24 HORAS DEL DIA MEDIO 2016																			
Estación: M-96-0				Tipo de Datos: Validados Mensual																							
Día: Todos																											
Provincia: MADRID		Tipo: PERMANENTE		Población: BUITRAGO DEL LOZOYA																							
Carretera: A-1		PK: 75,59		Núm. Calzadas: 2																Conv. Carriles: 2+3							
Calzada: 1		Porcentajes Horarios																									
Carril	Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	IMD aprox	
1	Ligeros	1,23	0,81	0,55	0,54	0,49	0,80	1,73	3,44	4,84	6,31	7,66	7,85	7,56	6,88	6,06	5,75	6,21	6,37	6,13	5,76	4,91	3,72	2,61	1,78	8.368	
1	Pesados	2,81	2,43	1,93	2,54	2,10	2,10	2,37	3,09	3,86	4,30	4,85	5,52	6,23	6,29	5,96	5,68	6,12	6,23	5,85	5,18	4,19	3,53	3,59	3,25	1.813	
1	Total	1,51	1,10	0,80	0,89	0,78	1,03	1,85	3,38	4,67	5,95	7,16	7,44	7,33	6,78	6,04	5,74	6,20	6,35	6,08	5,66	4,78	3,68	2,78	2,04	10.181	
2	Ligeros	0,30	0,12	0,07	0,07	0,05	0,12	0,47	1,60	3,13	5,40	8,14	9,59	9,81	8,33	6,53	5,89	7,52	8,60	8,21	7,03	4,76	2,51	1,16	0,57	4.056	
2	Pesados	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00	0,00	0,00	1,39	2,78	5,56	5,56	8,33	9,72	11,11	8,33	8,33	9,72	9,72	6,94	5,56	2,78	1,39	1,39	0,00	72	
2	Total	0,29	0,12	0,07	0,10	0,05	0,12	0,46	1,60	3,13	5,40	8,09	9,57	9,81	8,38	6,56	5,94	7,56	8,62	8,19	7,00	4,72	2,50	1,16	0,56	4.128	
Todos	Ligeros	0,93	0,59	0,39	0,39	0,35	0,58	1,32	2,84	4,28	6,01	7,82	8,42	8,30	7,36	6,21	5,80	6,64	7,10	6,81	6,17	4,86	3,32	2,13	1,38	12.424	
Todos	Pesados	2,71	2,33	1,86	2,49	2,02	2,02	2,28	3,02	3,82	4,35	4,88	5,62	6,37	6,47	6,05	5,78	6,26	6,37	5,89	5,20	4,14	3,45	3,50	3,13	1.885	
Todos	Total	1,16	0,82	0,59	0,66	0,57	0,77	1,45	2,87	4,22	5,79	7,43	8,05	8,04	7,24	6,19	5,79	6,59	7,00	6,69	6,05	4,77	3,34	2,31	1,61	14.309	

El coeficiente de variación (%) es el cociente entre la desviación típica de los porcentajes horarios y la media de esos porcentajes en %: (σ/x)

Las IMDs de este informe son aproximadas, pues son las medias automáticas de los datos aforados que han pasado correctamente los procesos internos de validación. Los datos de IMD reales expandidos representativos correspondientes a la estación aparecen en el resto de las tablas.

05/09/2019



Figura 35. Ficha estación M-96-0. Calzada 2

GOBIERNO DE ESPAÑA		MINISTERIO DE FOMENTO		SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS		DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS		INTENSIDADES HORARIAS MEDIAS EN LAS 24 HORAS DEL DIA MEDIO 2011																			
Estacion: M-96-0				Tipo de Datos: Validados Mensual																							
Dia: Todos																											
Provincia: MADRID		Tipo: PERMANENTE		Población: BUITRAGO DEL LOZOYA																							
Carretera: A-1		PK: 75,59		Núm. Calzadas: 2																Conv. Carriles: 2+3							
Calzada: 2		Porcentajes Horarios																									
Carril	Tipo	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	IMD aprox	
1	Ligeros	0,48	0,32	0,32	0,32	0,32	0,80	2,56	3,20	3,36	4,48	4,80	5,12	6,88	7,68	7,68	7,68	9,60	10,56	8,32	5,76	4,32	2,72	1,60	1,12	625	
1	Pesados	1,18	0,59	0,00	0,59	1,18	1,18	2,37	2,37	4,73	5,92	6,51	6,51	7,69	7,69	8,28	8,28	7,69	6,51	5,33	4,73	3,55	2,96	2,37	1,78	169	
1	Total	0,63	0,38	0,25	0,38	0,50	0,88	2,52	3,02	3,65	4,79	5,16	5,42	7,05	7,68	7,81	7,81	9,19	9,70	7,68	5,54	4,16	2,77	1,76	1,26	794	
2	Ligeros	0,82	0,52	0,58	0,78	1,01	1,41	2,03	3,00	4,28	5,53	6,12	5,69	6,72	6,08	5,45	6,32	7,50	8,41	7,72	6,76	5,51	3,62	2,51	1,61	4.971	
2	Pesados	2,48	1,84	2,06	2,18	2,40	3,08	3,98	4,97	5,52	5,18	4,88	4,67	5,27	5,01	5,18	5,22	5,61	5,57	5,01	5,27	4,67	3,64	3,04	3,25	2.335	
2	Total	1,36	0,94	1,05	1,23	1,45	1,94	2,66	3,63	4,68	5,42	5,72	5,37	6,26	5,74	5,37	5,97	6,90	7,50	6,86	6,28	5,24	3,63	2,68	2,14	7.306	
3	Ligeros	0,70	0,31	0,35	0,54	0,74	0,89	1,24	2,45	3,73	3,89	3,96	4,39	6,06	5,87	4,78	5,59	8,51	11,15	11,50	9,60	6,68	3,73	2,21	1,13	2.574	
3	Pesados	3,31	1,65	1,65	1,65	1,65	3,31	5,79	6,61	9,09	4,96	4,13	3,31	3,31	2,48	3,31	6,61	9,09	5,79	4,96	4,13	3,31	3,31	3,31	3,31	121	
3	Total	0,82	0,37	0,41	0,59	0,78	1,00	1,45	2,63	3,97	3,93	3,97	4,34	5,94	5,71	4,71	5,64	8,53	10,91	11,21	9,35	6,53	3,71	2,26	1,22	2.695	
Todos	Ligeros	0,76	0,44	0,49	0,67	0,87	1,20	1,82	2,84	4,04	4,93	5,34	5,24	6,52	6,13	5,41	6,19	7,98	9,44	8,96	7,58	5,79	3,59	2,35	1,42	8.170	
Todos	Pesados	2,44	1,75	1,90	2,06	2,29	2,97	3,96	4,88	5,64	5,22	4,95	4,72	5,33	5,07	5,30	5,49	5,90	5,64	5,03	5,18	4,53	3,58	3,01	3,16	2.625	
Todos	Total	1,17	0,76	0,83	1,01	1,21	1,63	2,34	3,33	4,43	5,00	5,24	5,11	6,23	5,87	5,38	6,02	7,48	8,51	8,00	6,99	5,48	3,58	2,51	1,84	10.795	

El coeficiente de variación (%) es el cociente entre la desviación típica de los porcentajes horarios y la media de esos porcentajes en %. (σ/x)

Las IMDs de este informe son aproximadas, pues son las medias automáticas de los datos aforados que han pasado correctamente los procesos internos de validación. Los datos de IMD reales expandidos representativos correspondientes a la estación aparecen en el resto de las tablas.

05/09/2019



Figura 36. Ficha estación M-96-0. Coeficientes

GOBIERNO DE ESPAÑA		MINISTERIO DE FOMENTO		DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS		DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS		DETALLES, COEFICIENTES Y CONGESTIÓN. ESTACIÓN M-96-0 2018				
Via:	A-1	PK:	75,59			Hora 30	Hora 100	Hora 500				
Calzada:	2					Intensidad Horaria Total (veh/hora)	1031	723	90			
Población:	MADRID					Porcentaje de Pesados (%)	11	22,7	68,9			
Días Aforados:	31											
INTENSIDADES MEDIAS: IMD (VEH / DÍA)												
TIPO		TOTAL		MERCANCIAS PELIGROSAS		VEH. EXTRANJEROS						
1. MOTOS		62		0		0						
2. COCHES		9778		0		0						
3. COCHES CON CARAVANA		6		0		6						
4. CAMIONETAS		460		0		0						
5. TRACTORES AGRICOLAS		0		0		0						
VEHICULOS LIGEROS (1+2+3+4+5)		10306		0		6						
6. CAMIONES SIN REMOLQUE		232		6		0						
7. CAMIONES ARTICULADOS		1935		33		1136						
8. TRENES DE CARRETERA		68		0		31						
9. VEHICULOS ESPECIALES		21		0		2						
10. AUTOBUSES		168		0		0						
VEHICULOS PESADOS (6+7+8+9+10)		2424		39		1169						
TOTAL		12730		39		1175						
COEFICIENTES												
Mes	L			K			N			S		
	Ligeros	Pesados	Total	Ligeros	Pesados	Total	Ligeros	Pesados	Total	Ligeros	Pesados	Total
ENERO	1,54	1,05	1,37	2,97	2,27	2,77	1,00	1,16	1,04	1,19	0,84	1,07
FEBRERO	1,35	1,05	1,26	2,07	2,38	2,12	1,00	1,15	1,03	1,28	0,82	1,14
MARZO	1,23	1,04	1,18	2,01	2,30	2,06	1,00	1,14	1,03	1,25	0,82	1,11
ABRIL	1,17	1,00	1,12	2,41	2,40	2,41	1,00	1,14	1,03	1,25	0,83	1,13
MAYO	0,84	0,99	0,88	2,22	2,28	2,23	1,00	1,15	1,03	1,07	0,84	1,02
JUNIO	0,94	0,94	0,94	1,87	2,43	1,94	1,02	1,18	1,04	1,21	0,81	1,11
JULIO	0,69	0,98	0,75	1,83	2,27	1,87	1,13	1,18	1,13	1,32	0,83	1,22
AGOSTO	0,64	1,10	0,72	1,55	2,36	1,61	1,06	1,19	1,07	1,14	0,85	1,09
SEPTIEMBRE	0,94	0,98	0,95	13,45	2,22	7,56	1,02	1,11	1,04	1,36	0,81	1,22
OCTUBRE	1,08	0,94	1,04	3,42	2,23	3,10	1,01	1,10	1,02	1,27	0,86	1,15
NOVIEMBRE	1,19	0,99	1,13	2,66	2,27	2,57	1,07	1,20	1,09	1,28	0,85	1,15
DICIEMBRE	1,21	0,91	1,11	2,51	2,11	2,42	1,09	1,16	1,10	1,33	0,78	1,16
TOTAL	1,07	1,00	1,04	3,25	2,29	2,72	1,03	1,15	1,05	1,21	0,84	1,11



Anejo III. Aforo de Vehículos



Figura 37. Aforos tronco A-1

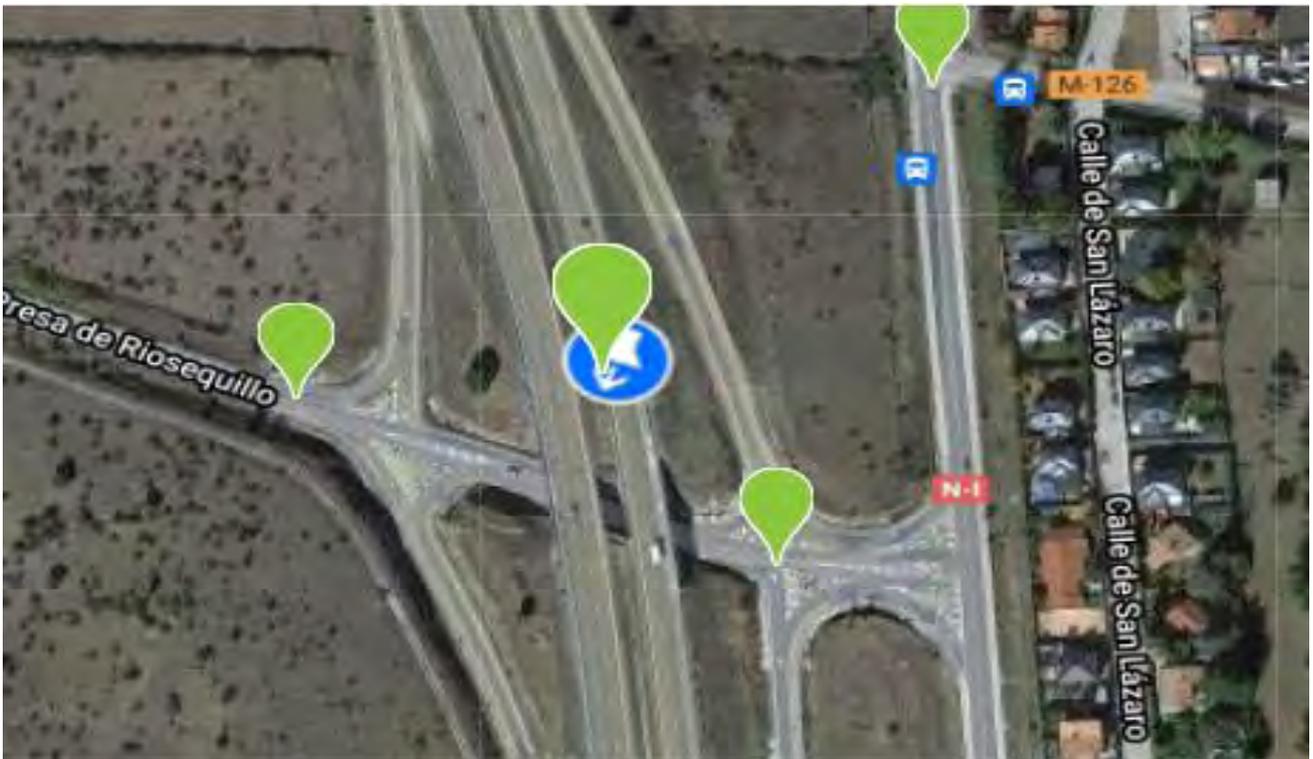


Tabla 12. Aforos tronco A-1

Horario	Southbound – Hacia Madrid	Northbound – Hacia Burgos
6:00	60	39
6:15	44	35
6:30	53	45
6:45	71	70
7:00	74	92
7:15	76	103
7:30	97	114
7:45	117	109
8:00	98	103
8:15	111	125
8:30	114	124
8:45	131	137
9:00	121	130
9:15	140	147
9:30	129	148
9:45	103	181
10:00	109	164
10:15	110	161
10:30	134	168
10:45	152	220
11:00	141	188
11:15	151	198
11:30	136	169
11:45	131	175
12:00	138	159
12:15	149	157
12:30	148	130
12:45	157	138
13:00	142	146
13:15	141	142
13:30	150	131
13:45	137	128
14:00	123	124
14:15	134	115
14:30	108	94
14:45	125	137
15:00	148	123



Horario	Southbound – Hacia Madrid	Northbound – Hacia Burgos
15:15	134	157
15:30	136	147
15:45	124	128
16:00	153	149
16:15	171	148
16:30	168	148
16:45	162	135
17:00	160	145
17:15	161	162
17:30	157	162
17:45	168	128
18:00	157	138
18:15	183	164
18:30	171	144
18:45	156	140
19:00	161	120
19:15	129	132
19:30	144	126
19:45	169	97
20:00	153	109
20:15	158	114
20:30	139	85
20:45	147	74
21:00	127	82
21:15	104	82
21:30	107	67
21:45	100	51
Totales	8402	8203



Tabla 13. Aforos acceso 1

Horario	Southbound – Hacia Madrid	Northbound – Hacia Burgos
6:00	60	39
6:15	44	35
6:30	53	45
6:45	71	70
7:00	74	92
7:15	76	103
7:30	97	114
7:45	117	109
8:00	98	103
8:15	111	125
8:30	114	124
8:45	131	137
9:00	121	130
9:15	140	147
9:30	129	148
9:45	103	181
10:00	109	164
10:15	110	161
10:30	134	168
10:45	152	220
11:00	141	188
11:15	151	198
11:30	136	169
11:45	131	175
12:00	138	159
12:15	149	157
12:30	148	130
12:45	157	138
13:00	142	146
13:15	141	142
13:30	150	131
13:45	137	128
14:00	123	124
14:15	134	115
14:30	108	94
14:45	125	137
15:00	148	123



Horario	Westbound – Salida	Eastbound – Entrada
8:00	3	1
8:15	8	0
8:30	0	0
8:45	0	1
9:00	0	0
9:15	0	0
9:30	0	2
9:45	3	0
10:00	0	0
10:15	0	1
10:30	1	1
10:45	2	0
11:00	0	0
11:15	1	1
11:30	0	0
11:45	1	1
12:00	0	1
12:15	0	1
12:30	2	1
12:45	4	1
13:00	0	3
13:15	0	1
13:30	0	1
13:45	0	2
Totales	25	19



Figura 39. Aforos enlace este

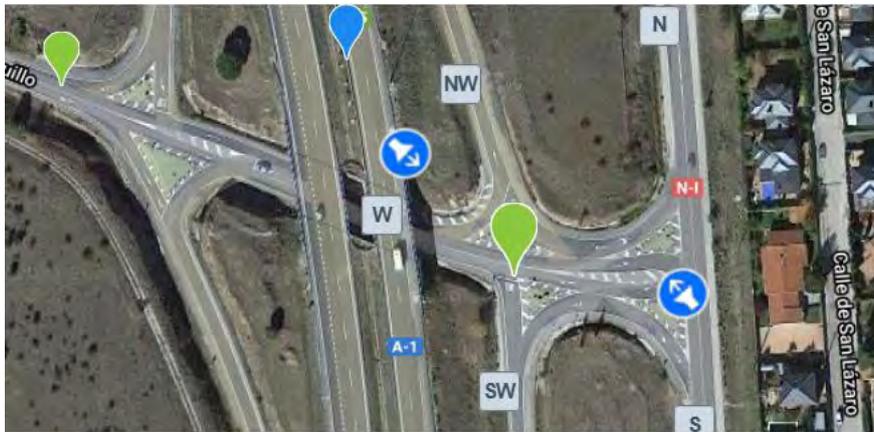


Tabla 14. Aforos enlace este

Hora de comienzo	N- Avenida Madrid			S- Avenida Madrid			SW- Accso desde A-1 Madrid				W- Hacia A-1 Madrid y Embalse		
	Southbound			Northbound			Northeastbound				Eastbound		
	Hard Right	Right	Thru	Thru	Bear Left	Left	Hard Right	Bear Left	Left	Hard Left	Right	Left	Hard Left
	N-NW	N-W	N-S	S-N	S-NW	S-W	SW-S	SW-N	SW-NW	SW-W	W-S	W-N	W-NW
8:00	0	13	6	8	0	0	0	41	0	0	0	2	0
8:15	3	19	5	13	0	0	0	68	0	0	0	1	0
8:30	0	17	2	17	0	0	0	38	0	0	0	1	0
8:45	0	24	7	16	0	0	0	57	0	1	0	2	0
9:00	1	34	9	6	0	0	0	29	0	0	0	3	0
9:15	2	20	7	4	0	0	1	19	0	0	0	1	0
9:30	0	16	2	4	0	0	1	24	0	0	0	2	0
9:45	1	11	3	11	0	0	0	15	0	0	0	2	1
10:00	2	14	1	11	0	0	0	21	1	0	0	1	0
10:15	2	16	8	4	0	0	1	28	0	0	1	2	0
10:30	1	14	3	6	0	0	2	16	0	0	0	1	0
10:45	1	16	4	6	0	2	0	25	0	0	0	0	0
11:00	3	15	6	4	0	0	1	15	0	0	0	2	0
11:15	1	14	4	6	0	0	1	20	1	0	0	1	0
11:30	3	17	2	8	0	0	1	25	0	0	0	3	0
11:45	3	15	2	10	0	0	2	30	0	0	0	0	0
12:00	2	15	5	8	0	0	0	26	0	0	0	3	0
12:15	1	24	7	2	0	0	0	27	0	0	0	2	0
12:30	3	23	3	5	1	0	0	19	0	0	0	1	0
12:45	2	15	5	7	0	0	1	23	0	1	0	5	0
13:00	1	17	9	5	0	0	0	25	0	0	0	2	0
13:15	3	23	4	7	0	0	1	29	0	0	0	0	0
13:30	1	57	6	14	0	0	0	31	0	0	0	3	0
13:45	3	33	3	13	0	0	1	26	0	0	0	3	1
Totales	39	482	113	195	1	2	13	677	2	2	1	43	2

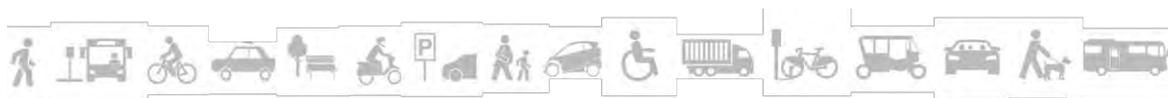


Figura 40. Aforos enlace oeste

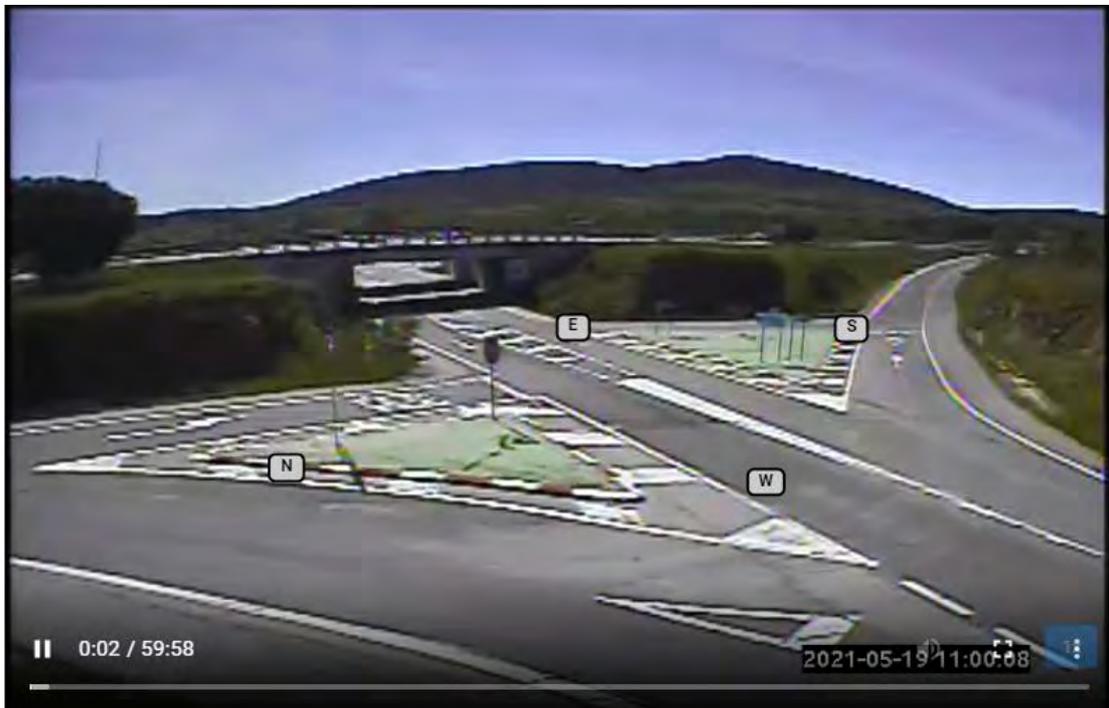


Tabla 15. Aforos enlace oeste

Hora de comienzo	N- A1 Burgos Southbound		E- Buitrago del Lozoya Westbound		W- Embalse Riosequillo Eastbound	
	Right	Left	Thru	Left	Right	Thru
	N-W	N-E	E-W	E-S	W-S	W-E
8:00	1	2	0	13	0	0
8:15	0	1	0	17	0	0
8:30	0	1	1	18	1	0
8:45	0	1	1	24	0	1
9:00	0	3	0	34	0	0
9:15	0	1	2	18	0	0
9:30	0	2	1	15	0	0
9:45	0	2	1	10	0	1
10:00	0	0	0	15	0	1
10:15	0	2	0	16	0	1
10:30	0	1	0	13	0	0
10:45	0	0	3	16	1	0
11:00	0	1	1	14	0	1
11:15	0	1	0	14	0	0
11:30	0	1	0	17	0	2
11:45	1	0	1	14	0	0
12:00	0	1	1	14	0	2
12:15	0	3	2	22	1	0
12:30	0	0	0	24	0	1
12:45	0	3	1	15	1	2
13:00	0	2	0	16	1	0
13:15	0	0	0	23	1	0
13:30	1	2	0	57	0	1
13:45	0	2	0	33	0	2
Totales	3	32	15	472	6	15



Figura 41. Aforos intersección



Tabla 16. Aforos intersección

Hora de comienzo	N- A1 Burgos Southbound		E- Buitrago del Lozoya Westbound		W- Embalse Riosequillo Eastbound	
	Right	Left	Thru	Left	Right	Thru
	N-W	N-E	E-W	E-S	W-S	W-E
8:00	16	2	6	4	6	45
8:15	23	5	9	5	1	82
8:30	17	5	7	1	2	56
8:45	30	13	25	4	3	71
9:00	33	15	8	8	5	32
9:15	19	0	6	10	5	19
9:30	16	6	6	2	7	24
9:45	12	6	6	3	0	28
10:00	16	4	8	4	4	29
10:15	17	6	7	5	3	30
10:30	18	6	6	1	1	23
10:45	18	4	6	2	1	30
11:00	20	5	11	2	2	18
11:15	19	5	6	0	1	27
11:30	13	7	2	10	3	31
11:45	18	8	5	1	6	36
12:00	19	7	4	3	8	30
12:15	30	4	9	3	10	20
12:30	24	8	8	4	0	26
12:45	20	10	6	2	9	25
13:00	20	4	6	8	2	30
13:15	26	5	9	3	3	34
13:30	62	4	11	3	2	45
13:45	38	9	8	1	3	39
Totales	544	148	185	89	87	830



Anejo IV. Matrices



Tabla 17. Matriz situación actual

	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	7	11247	0	0	0	93	11347
2	0	0	17	0	0	0	42	59
3	10981	0	0	38	1	258	1765	13043
4	0	0	10	0	0	0	516	527
5	0	0	0	0	0	0	58	58
6	0	0	268	0	0	0	559	827
7	117	44	1128	264	73	442	0	2068
	11098	51	12670	302	74	700	3034	27929

Tabla 18. Matriz tráfico expandido

	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	8	12080	0	0	0	100	12188
2	0	0	18	0	0	0	45	63
3	11794	0	0	40	1	277	1896	14010
4	0	0	11	0	0	0	555	566
5	0	0	0	0	0	0	62	62
6	0	0	288	0	0	0	600	888
7	125	47	1211	284	78	475	0	2221
	11920	55	13609	325	80	752	3258	29999

Tabla 19. Matriz tráfico futuro puesta en servicio

	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0	8	12080	0	151	39	100	288	12667
2	0	0	18	0	1	0	45	1	66
3	11794	0	0	40	174	322	1896	332	14560
4	0	0	11	0	7	2	555	13	588
5	147	1	168	4	1	9	103	1	435
6	38	0	332	1	0	2	611	21	1006
7	125	47	1211	284	106	482	0	53	2308
8	282	1	322	8	2	18	77	0	710
	12388	57	14143	337	442	875	3386	710	32338



Tabla 20. Matriz tráfico expandido largo plazo

	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	10	16079	0	0	0	133	16223
2	0	0	24	0	0	0	59	84
3	15699	0	0	54	2	369	2524	18647
4	0	0	15	0	0	0	738	753
5	0	0	0	0	0	0	83	83
6	0	0	383	0	0	0	799	1182
7	167	63	1612	378	104	632	0	2956
	15866	73	18114	432	106	1001	4337	39929

Tabla 21. Matriz tráfico futuro largo plazo

	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0	10	16079	0	151	39	133	288	16701
2	0	0	24	0	1	0	59	1	86
3	15699	0	0	54	175	414	2524	332	19197
4	0	0	15	0	7	2	738	13	775
5	147	1	168	4	1	9	123	1	455
6	38	0	427	1	0	2	809	21	1300
7	167	63	1612	378	132	639	0	53	3043
8	282	1	322	8	2	18	77	0	710
	16333	75	18648	445	468	1124	4465	710	42268

Tabla 22. Matriz situación actual H30

	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	1	1263	0	0	0	10	1274
2	0	0	2	0	0	0	5	7
3	1233	0	0	4	0	29	198	1465
4	0	0	1	0	0	0	58	59
5	0	0	0	0	0	0	7	7
6	0	0	30	0	0	0	63	93
7	13	5	127	30	8	50	0	232
	1246	6	1423	34	8	79	341	3137



Tabla 23. Matriz tráfico expandido H30

	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	1	1357	0	0	0	11	1369
2	0	0	2	0	0	0	5	7
3	1325	0	0	5	0	31	213	1573
4	0	0	1	0	0	0	62	64
5	0	0	0	0	0	0	7	7
6	0	0	32	0	0	0	67	100
7	14	5	136	32	9	53	0	249
	1339	6	1528	36	9	84	366	3369

Tabla 24. Matriz tráfico futuro puesta en servicio H30

	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0	1	1357	0	23	6	11	43	1441
2	0	0	2	0	0	0	5	0	7
3	1325	0	0	5	26	38	213	50	1656
4	0	0	1	0	1	0	62	2	67
5	22	0	25	1	0	1	13	0	63
6	6	0	39	0	0	0	69	3	117
7	14	5	136	32	13	54	0	8	262
8	42	0	48	1	0	3	12	0	106
	1409	6	1608	38	63	103	385	106	3720

Tabla 25. Matriz tráfico expandido largo plazo H30

	1	2	3	4	5	6	7	
1	0	1	1806	0	0	0	15	1822
2	0	0	3	0	0	0	7	9
3	1763	0	0	6	0	41	283	2094
4	0	0	2	0	0	0	83	85
5	0	0	0	0	0	0	9	9
6	0	0	43	0	0	0	90	133
7	19	7	181	42	12	71	0	332
	1782	8	2034	49	12	112	487	4484



Tabla 26. Matriz tráfico futuro largo plazo H30

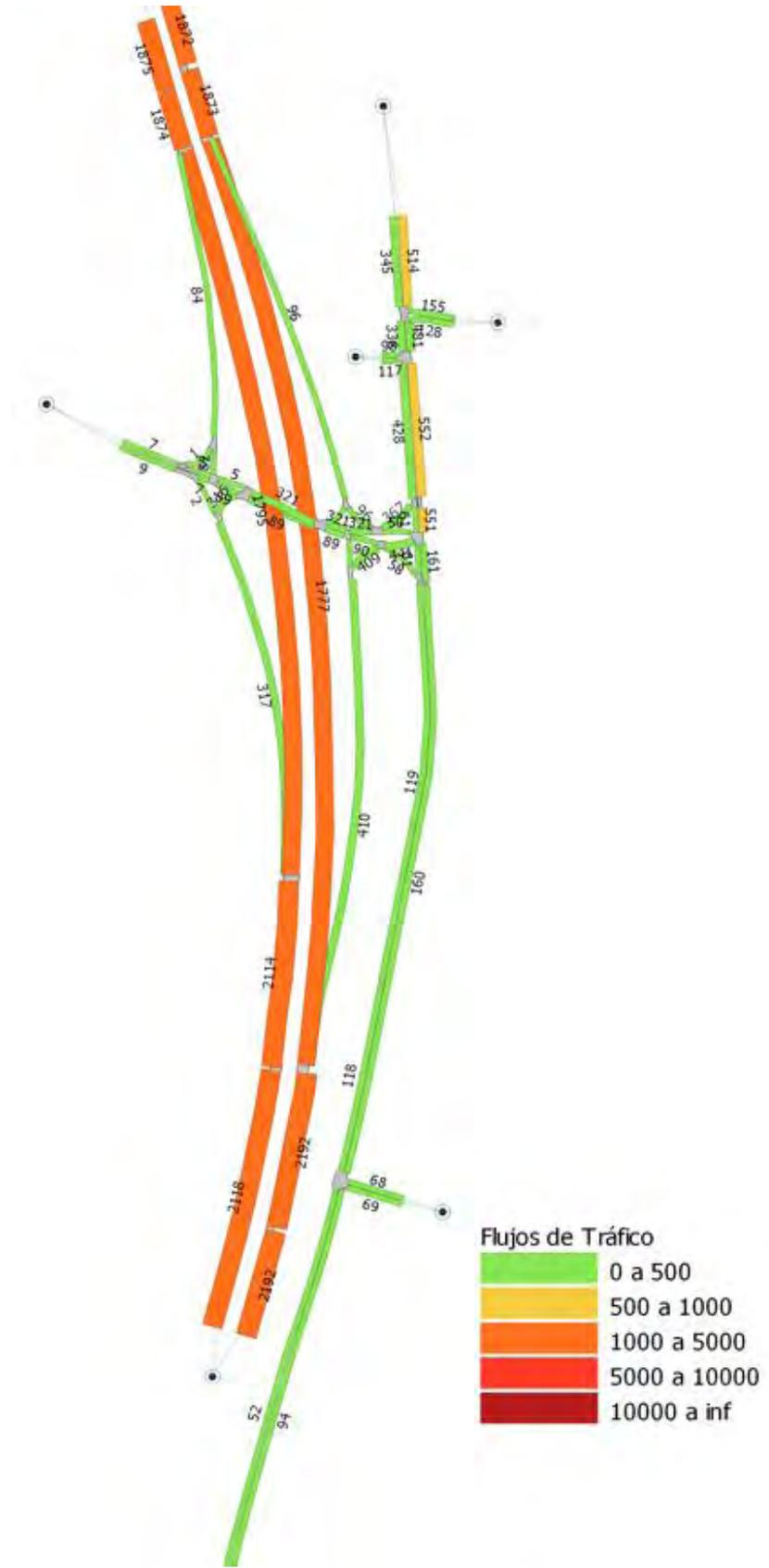
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0	1	1806	0	23	6	15	43	1894
2	0	0	3	0	0	0	7	0	10
3	1763	0	0	6	26	48	283	50	2177
4	0	0	2	0	1	0	83	2	88
5	22	0	25	1	0	1	15	0	65
6	6	0	50	0	0	0	91	3	150
7	19	7	181	42	16	72	0	8	345
8	42	0	48	1	0	3	12	0	106
	1852	9	2114	50	66	131	506	106	4835



Anejo V. Tráficos asignados



Figura 46. Asignación del tráfico. E2B



Anejo VI. Metodología de cálculo de niveles de servicio



En el presente apartado se expone la metodología seguida para la determinación de los niveles de servicio en el tronco genérico de un tramo de autovía. La metodología utilizada corresponde a la metodología descrita en el capítulo 14 recogido en el volumen 2 del Manual de Capacidad del año 2010, Highway Capacity Manual 2010.

Es importante destacar que todo el Manual está redactado con unidades imperiales (pies, millas,...) y por tanto todas las tablas que en él se recogen se expresan en dichas unidades. Para su aplicación en unidades métricas se opta por transformar los datos iniciales a unidades imperiales, realizar todo el procedimiento y al final presentar los datos de nuevo transformados en unidades métricas.

Nivel de servicio

El cálculo del nivel de servicio se sirve de unos factores correctores que reflejan la realidad de la vía, apartándose así de las condiciones ideales siguientes:

- Sin vehículos pesados (Camiones, autobuses o vehículos recreacionales) en el flujo de tráfico.
- Una población de conductores compuesta principalmente por conductores que están familiarizados con la infraestructura.
- Ancho mínimo de carril de 12 pies (3,66 metros) y obstáculos laterales a la derecha (arcén exterior) a más de 6 pies (1,82 metros).

La magnitud que define el nivel de servicio en una autovía o autopista es la densidad de tráfico, medida en vehículos equivalentes a coches por milla y carril, según la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 27. Niveles de servicio según densidad y velocidades en flujo libre

Nivel de Servicio	Density (pc/mi/ln)	Densidad (pc/km/ln) Aprox.
A	0 - 11	0 – 6,8
B	> 11 - 18	> 6,8 – 11,2
C	> 18 - 26	> 11,2 – 16,2
D	> 26 – 35	> 16,2 – 21,7
E	> 35 – 48	> 21,7 – 28,6
F	> 45	> 28,6

Datos de entrada.

El cálculo precisa de la siguiente información:

- Datos sobre la autovía:
 - o Velocidad en Flujo Libre (FFS), de 55 a 75 mi/h. Se ha de redondear al más próximo.
 - o Número de carriles en la autovía en la dirección de análisis, mínimo dos.
 - o Ancho de carril, de 10 a 12 pies, o más, de 3,05 a 3,66 metros.
 - o Ancho libre de obstáculos a la derecha, de 0 a 6 pies, o de 0 a 1,82 metros.
 - o Densidad de rampas, de 0 a 6 rampas por milla.
 - o Tipo de Terreno (Llano, ondulado o montañoso) o longitud y pendiente específica.
- Datos de demanda
 - o Demanda durante la hora de análisis.
 - o Presencia de vehículos pesados y recreacionales.



- o Factor de hora punta, hasta 1,00, depende del periodo de análisis, normalmente 15 minutos, y relaciona el tráfico en dicho periodo con el tráfico en una hora.
- o Factor de población de conductores, de 0,85 a 1,00.

Procedimiento de cálculo.

En primer lugar, se ha de determinar la velocidad en flujo libre (FFS). Se puede utilizar una velocidad obtenida en campo (medida directamente en la vía) o bien se estimar a partir de la siguiente ecuación:

$$FFS = 75,4 - f_{LW} - f_{LC} - 3,22 TRD^{0,84}$$

Siendo:

FFS = velocidad en flujo libre (mi/h).

f_{LW} = factor de corrección por anchura del carril (mi/h).

f_{LC} = factor de corrección por obstáculos laterales (mi/h).

TRD = densidad total de rampas (ramps/mi).

El valor de los factores de corrección se recoge en las siguientes tablas.

Tabla 28. Factores de corrección por anchura de carril

Ancho de Carril (pies)	F_{LW}
≥ 12	0
$\geq 11 - 12$	1,9
$\geq 10 - 11$	6,6

Tabla 29. Factores de corrección por obstáculos laterales

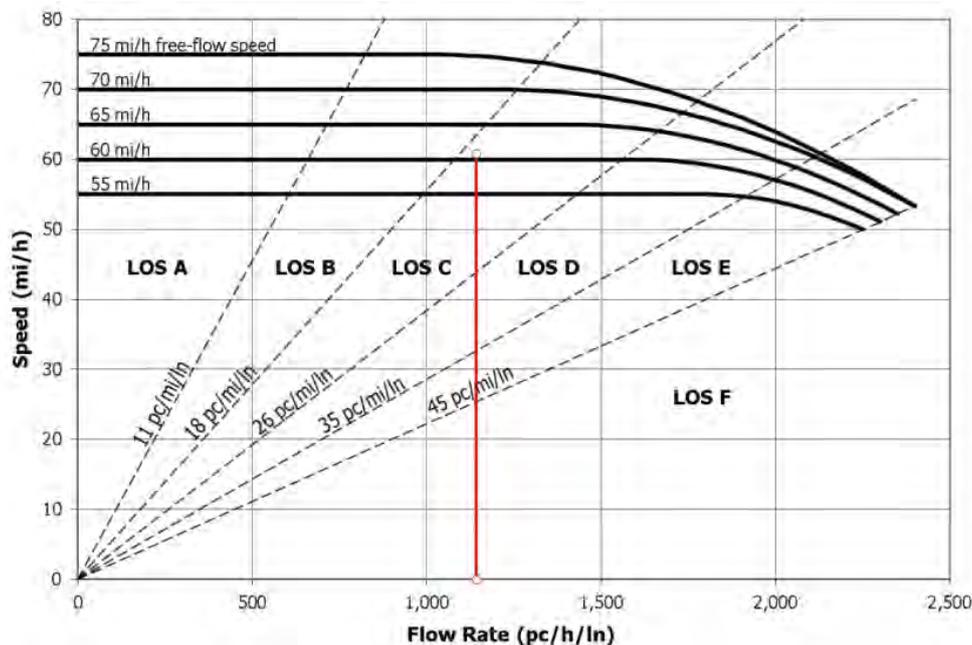
Arcén derecho (pies)	Número de carriles en una dirección			
	2	3	4	5
6	0	0	0	0
5	0,6	0,4	0,2	0,1
4	1,2	0,8	0,4	0,2
3	1,8	1,2	0,6	0,3
2	2,4	1,6	0,8	0,4
1	3	2	1	0,5
0	3,6	2,4	1,2	0,6

Las rampas a considerar en el parámetro de densidad de rampas se corresponden con el número de rampas, tanto de entrada como de salida en la dirección estudiada, en un rango de 3 millas aguas arriba y aguas abajo respecto del punto medio del tramo objeto de análisis. El factor se obtiene dividiendo este número por 6 millas.

Una vez determinada la velocidad en flujo libre se pasa a seleccionar la curva de flujo libre que se ha de utilizar en el análisis. La siguiente figura recoge las diferentes curvas. La interpolación entre las curvas no está recomendada realizándose la selección de la curva concreta por proximidad. La figura muestra también el límite de los niveles de servicios como las líneas inclinadas, cada una correspondiente a un valor constante de la densidad de tráfico.



Figura 47. Criterios de los niveles de servicio según curvas de velocidad.



El siguiente paso consiste en obtener el volumen de demanda ajustado (V_p), que se expresa en vehículos ligeros equivalentes a través de la siguiente expresión:

$$V_p = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_P}$$

Siendo:

V_p = intensidad horaria equivalente para 15 minutos de punta, en vehículos/hora/carril.

V = intensidad punta horaria, en vehículos/hora.

PHF = Factor de Hora Punta, con valores típicos de 0,85 a 0,98.

N = número de carriles.

f_{HV} = factor de corrección de vehículos pesados.

f_P = factor de conductores habituales, con valores típicos de 0,85 a 1,00.

El factor de hora punta (PHF) se puede calcular con la expresión si se dispusiera de valores de campo:

$$PHF = \frac{V}{4 * V_{15}}$$

Siendo:

V_{15} = Intensidad en los 15 minutos de punta, en vehículos/ hora.

El factor de ajuste de vehículos pesados (f_{HV}) se trata de un factor de paso para considerar el efecto de los vehículos pesados en el tráfico, ya que todo el cálculo se realiza considerando vehículos equivalentes a turismos. Se halla mediante la expresión:

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



Siendo:

- f_{HV} = factor de ajuste de vehículos pesados.
- E_T = factor de equivalencia de vehículos pesados.
- E_R = factor de equivalencia de vehículos de recreo.
- P_T = porcentaje de vehículos pesados.
- P_R = porcentaje de vehículos de recreo.

Los factores de equivalencia (E_T , E_R) se determinan a partir del tipo de terreno:

Tabla 30. Factores de equivalencia entre vehículos pesados y ligeros

Factor	Tipo terreno		
	Llano	Ondulado	Accidentado
E_T Camiones/ buses	1,5	2,5	4,5
E_R Vehículos de recreo	1,2	2,0	4,0

La velocidad de circulación de los vehículos (S) es constante e igual a la velocidad libre (FFS) siempre y cuando la intensidad en vehículos equivalentes por hora (V_p) no sobrepase un valor límite en función de la curva utilizada, en caso contrario se utiliza una determinada función según la curva. La siguiente tabla recoge las ecuaciones que describen el cálculo de la velocidad.

Tabla 31. Factores de equivalencia entre vehículos pesados y ligeros

Factor	Velocidad según flujo		
	Punto de ruptura (pc/h/ln)	Velocidad (S) para flujo entre y Punto de ruptura	Velocidad (S) para flujo entre el punto de ruptura y la capacidad
75	1.000	75	$75 - 0,00001107 (V_p - 1.000)^2$
70	1.200	70	$70 - 0,00001160 (V_p - 1.200)^2$
65	1.400	65	$65 - 0,00001418 (V_p - 1.400)^2$
60	1.600	60	$60 - 0,00001816 (V_p - 1.600)^2$
55	1.800	65	$55 - 0,00002469 (V_p - 1.800)^2$

Siendo

V_p = Intensidad en vehículos equivalentes por hora y carril.

FFS = Velocidad en flujo libre (mi/h).

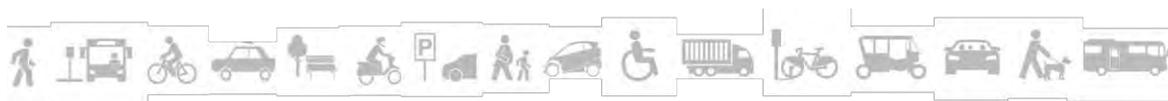
Finalmente, la densidad de tráfico (D) se calcula en base a la intensidad en vehículos equivalentes por hora y carril (V_p), y a la velocidad de circulación de los vehículos en mi/h (S), según la siguiente expresión:

$$D = \frac{V_p}{S}$$

Siendo:

D = Densidad expresada en vehículos por milla y carril.

V_p = Intensidad en vehículos equivalentes por hora y carril.



S = velocidad media en el flujo de tráfico bajo condiciones base.

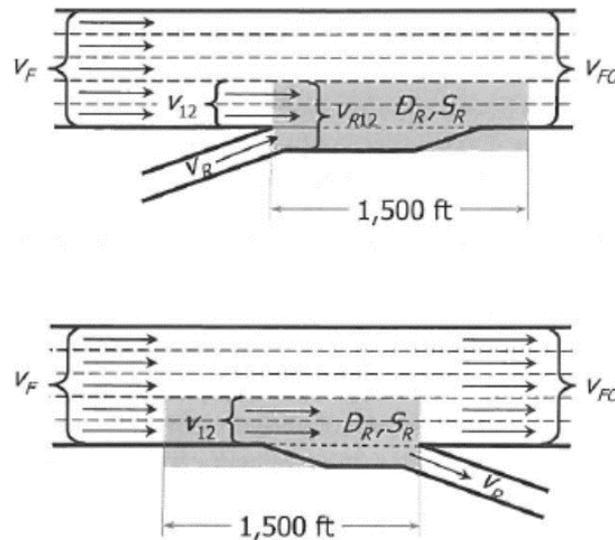
Una vez obtenidos todos los parámetros anteriores se puede establecer el nivel de servicio según los criterios establecidos anteriormente.



A continuación, se desarrolla la metodología empleada para calcular los niveles de servicio de los diferentes elementos que componen los enlaces, todas ellas correspondientes al Manual de Capacidad de Carreteras en su versión del año 2010 (HCM 2010), en diversos capítulos.

La siguiente figura muestra el esquema básico en las áreas de convergencia y divergencia de los carriles de aceleración y deceleración de una autovía, autopista o Vía Colectora-Distribuidora. Se representan también las variables a considerar.

Figura 48. Esquema básico en áreas de convergencia y divergencia



Para rampas, tanto de convergencia y divergencia se considera que el área de influencia corresponde a un área con una longitud de 1.500 pies (460 metros aproximadamente) desde el punto en que las vías se unen o separan, respectivamente, y un ancho que comprende los dos carriles situados más a la derecha de la vía principal y los correspondientes a la convergencia o divergencia.

La metodología descrita a continuación corresponde a rampas localizadas en el lado derecho de la vía, si bien existen metodologías específicas para el caso menos frecuente de rampas situadas en el lado izquierdo.

Nivel de servicio

La magnitud que define el nivel de servicio en una autovía o autopista es la densidad de tráfico, medida en vehículos equivalentes a coches por milla y carril, según la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 32. Criterio nivel de servicio en función de la densidad

Nivel de servicio	Density (pc/mi/ln)	Densidad (pc/km/ln) Aprox.
A	0 – 10	0 – 6,2
B	> 10 – 20	> 6,8 – 12,4
C	> 20 – 28	> 12,4 – 17,4
D	> 28 – 35	> 17,4 – 21,7
E	> 35	> 21,7
F	La demanda excede a la capacidad	

El cálculo precisa de la siguiente información:

- Datos sobre la autovía:



- Infraestructura:
 - Velocidad en Flujo Libre (FFS), de 55 a 75 mi/h. Se ha de redondear al más próximo.
 - Número de carriles en la autovía en la dirección de análisis, de 2 a 5.
 - Tipo de Terreno (Llano, ondulado o montañoso) o longitud y pendiente específica.
- Demanda:
 - Demanda durante la hora de análisis, aguas arriba de la unión rampa-autovía.
 - Presencia de vehículos pesados y recreacionales.
 - Factor de hora punta, hasta 1,00, depende del periodo de análisis, normalmente 15 minutos, y relaciona el tráfico en dicho periodo con el tráfico en una hora.
 - Factor de población de conductores, de 0,85 a 1,00.
- Datos sobre la rampa
 - Infraestructura:
 - Tipo de rampa Convergencia (on-ramp) o divergencia (off-ramp).
 - Lado de la unión: se consideran rampas situadas en el lado derecho.
 - Número de carriles en la rampa: 1 ó 2.
 - Longitud del carril de aceleración o deceleración.
 - Velocidad en Flujo Libre (FFS), de 20 a 50 mi/h.
 - Tipo de Terreno (Llano, ondulado o montañoso) o longitud y pendiente específica.
 - Demanda:
 - Demanda durante la hora de análisis en la rampa.
 - Presencia de vehículos pesados y recreacionales.
 - Factor de hora punta, hasta 1,00, depende del periodo de análisis, normalmente 15 minutos, y relaciona el tráfico en dicho periodo con el tráfico en una hora.
 - Factor de población de conductores, de 0,85 a 1,00.
- Sobre otras rampas adyacentes (A menos de 8.000 pies o 2.450 metros aguas arriba o abajo)
 - Distancia a la rampa adyacente.
 - Tipo de rampa.
 - Tráfico en hora punta en las rampas adyacentes.

Procedimiento de cálculo

En primer lugar, hay que obtener todos los flujos de tráfico a considerar expresados en vehículos ligeros equivalentes a través de la siguiente expresión:

$$v_i = \frac{V_i}{PHF * f_{HV} * f_P}$$

Siendo:

v_i = intensidad horaria equivalente para 15 minutos de punta, en vehículos/hora/carril.

V_i = intensidad punta horaria, en vehículos/hora.

P_{HF} = Factor de Hora Punta, con valores típicos de 0,85 a 0,98.

f_{HV} = factor de corrección de vehículos pesados.

f_P = factor de conductores habituales, con valores típicos de 0,85 a 1,00.

El factor de ajuste de vehículos pesados (f_{HV}) se trata de un factor de paso para considerar el efecto de los vehículos pesados en el tráfico, ya que todo el cálculo se realiza considerando vehículos equivalentes a turismos. Se halla mediante la expresión:



Convergencia	Convergencia	Convergencia	Ecuación 13-10 o 13-9
Convergencia	Convergencia	Divergencia	Ecuación 13-11 o 13-10 o 13-9
Divergencia	Convergencia	Convergencia	Ecuación 13-9
Divergencia	Convergencia	Divergencia	Ecuación 13-11 o 13-9

Una vez obtenido el valor anterior hay que chequear que es razonable en función del tráfico que queda en el resto de carriles para los casos de autovías que tiene más de dos carriles y corregir en consecuencia.

Obtenido el valor del tráfico en los carriles situados más a la derecha se pasa a realizar el chequeo de las capacidades de los diferentes elementos. Hay tres puntos de chequeo importantes a tener en cuenta:

- La capacidad de la autovía justo aguas abajo de una convergencia o aguas arriba de una divergencia.
- La capacidad de la rampa.
- El flujo máximo en el área de influencia de la rampa.

Habitualmente la capacidad de la autovía es el factor determinante, habiéndose observado en diversos estudios que la turbulencia generada en el entorno de la unión rampa-autovía no disminuye la capacidad de la autovía. En las convergencias rara vez la capacidad de la rampa tiene un rol importante sin embargo en las divergencias el fallo suele producirse por una falta de capacidad en la rampa, o en la intersección de esta con la vía con la que intercepte.

En área de divergencia el flujo en el área de influencia (v_{R12}) corresponde al valor v_{12} ya calculado, y este se utiliza para determinar la capacidad. Para determinar la capacidad de las áreas de convergencia se ha de determinar el flujo en el área de influencia (v_{R12}) con la ecuación:

$$v_{R12} = v_{12} + v_R$$

La capacidad de las uniones rampa-autovía, o rampa con carreteras multicarril o vías colectoras-distribuidoras, se recogen en las siguientes tablas.

Tabla 38. Capacidades en la unión rampa autovía/autopista

Velocidad en flujo libre FFS (mi/h)	Capacidad en la autovía aguas arriba o abajo en vehículos equivalentes por hora (pc/h)				Máximo flujo en el área de influencia de una convergencia (v_{12})	Máximo flujo en el área de influencia de una divergencia (v_{R12})
	Número de carriles en una dirección					
	2	3	4	>4		
>=70	4800	7200	9600	2400/ln	4600	4400
65	4700	7050	9400	2350/ln	4600	4400
60	4600	6900	9200	2300/ln	4600	4400
55	4500	6750	9000	2250/ln	4600	4400

Tabla 39. Capacidades en la unión rampa - carretera multicarril/Vía Colectora-Distribuidora

Velocidad en flujo libre FFS (mi/h)	Capacidad en la Vía Colectora-Distribuidora o carretera multicarril aguas arriba o abajo en vehículos equivalentes por hora (pc/h)			Máximo flujo en el área de influencia de una convergencia (v_{12})	Máximo flujo en el área de influencia de una divergencia (v_{R12})
	Número de carriles en una dirección				
	2	3	>3		
>=60	4400	6600	2200/ln	4600	4400
55	4200	6300	2100/ln	4600	4400



50	4000	6000	2000/ln	4600	4400
45	3800	5700	1900/ln	4600	4400

Las capacidades en la rampa se establecen según la siguiente tabla.

Tabla 40. Capacidades en los ramales según velocidad

Velocidad en la rampa FFS , SFR (mi/h)	Capacidad de la rampa (pc/h)	
	Un Carril	Dos Carriles
> 50	2200	4400
>= 40 – 50	2100	4100
>= 30 - 40	2000	3800
>= 20 – 30	1900	3500
< 20	1800	3200

En caso de que se superen las capacidades anteriores el nivel de servicio sería un F.

El siguiente paso, una vez chequeadas las capacidades, es determinar la densidad en el área de influencia de la rampa. Para convergencias el cálculo se realiza según la siguiente fórmula:

$$D_R = 5,475 + 0,00734V_R + 0,0078V_{12} - 0,00627L_A$$

Siendo:

D_R = Densidad en vehículos por milla y carril en el área de divergencia.

v_{12} = Volumen de tráfico en las inmediaciones del área de divergencia en los carriles 1 y 2 de la autovía.

L_A = Longitud del carril de deceleración.

El cálculo de la densidad en áreas de divergencia responde a la ecuación:

$$D_R = 4,252 + 0,0086V_{12} - 0,009L_D$$

Donde:

D_R = Densidad en vehículos por milla y carril en el área de divergencia.

v_{12} = Volumen de tráfico en las inmediaciones del área de divergencia en los carriles 1 y 2 de la autovía.

L_A = Longitud del carril de deceleración.

El nivel de servicio se establece utilizando la tabla ya recogida al principio del apartado en función de la densidad. Complementariamente el manual de capacidad establece una serie de ecuaciones que permiten estimar las velocidades en el área de influencia de la rampa y en los carriles exteriores de la autovía, así como la velocidad media para el conjunto de los vehículos de la unión rampa-autovía.

