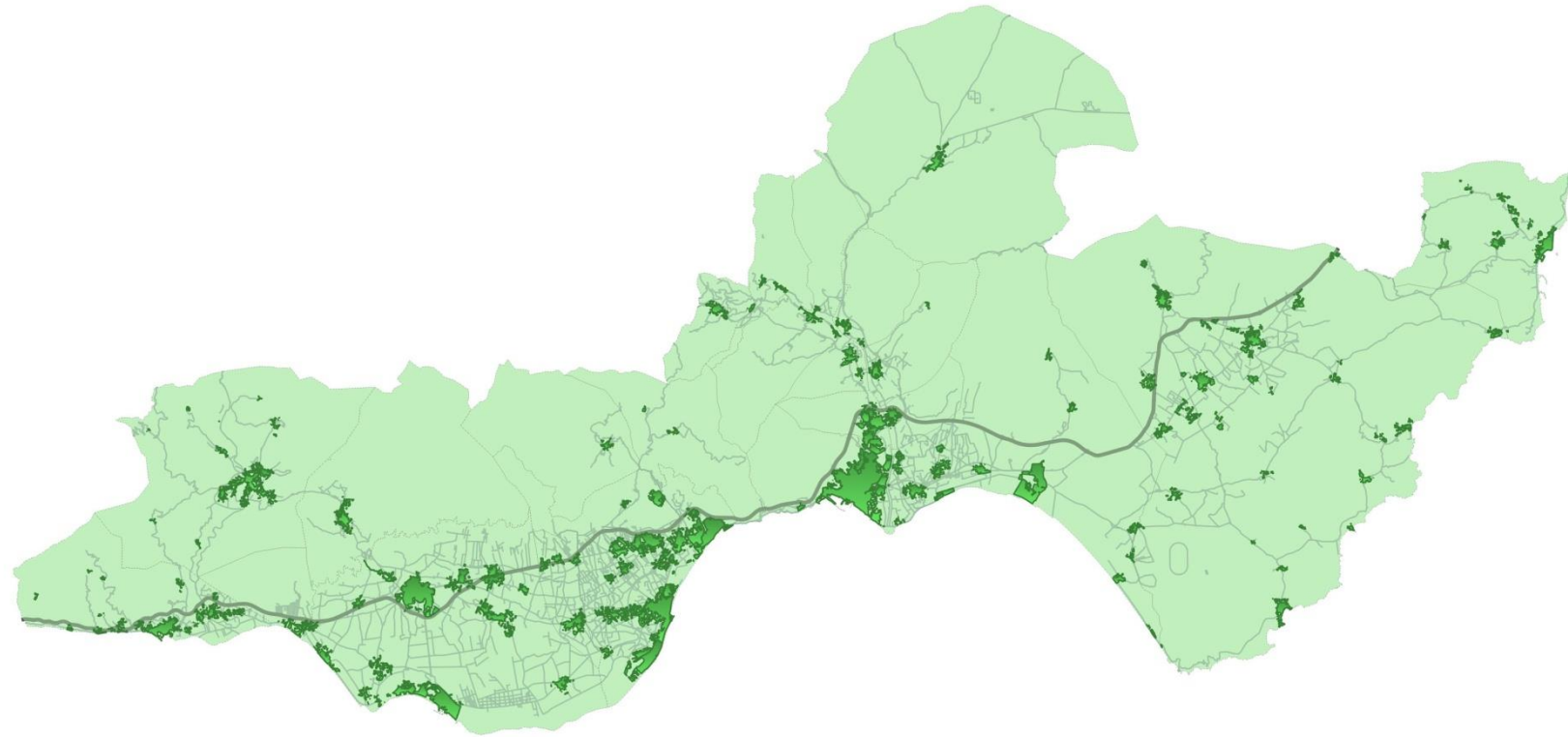


# PLAN DE TRANSPORTE METROPOLITANO DEL ÁREA DE ALMERÍA

## Plan de Movilidad Sostenible



Anexo II: Modelización  
Diciembre 2023





## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVOS PERSEGUIDOS POR EL MODELO DE TRANSPORTE .....</b>	<b>4</b>
2.1. FUNCIONALIDADES DEL MODELO DE TRANSPORTE PROPUESTO .....	5
2.2. RELACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTES CON EL PLAN DE TRANSPORTE METROPOLITANO DEL ÁREA DE ALMERÍA (PTMAAL)	6
<b>3. DATOS DE PARTIDA PARA LA MODELIZACIÓN .....</b>	<b>6</b>
3.1. DATOS SOCIOECONÓMICOS, DEMOGRÁFICOS Y URBANÍSTICOS .....	6
3.2. INFORMACIÓN PROVENIENTE DE ENCUESTAS .....	7
3.3. DATOS PROVENIENTES DE REGISTROS DE TELEFONÍA MÓVIL .....	8
3.3.1. <i>Comparativa de las fuentes de telefonía móvil .....</i>	<i>8</i>
A. <i>Especificación de los datos aportados al estudio (KIDO DYNAMICS) .....</i>	<i>8</i>
B. <i>Especificación de los datos publicados por el MITMA .....</i>	<i>8</i>
C. <i>Comparativa de las dos fuentes de telefonía móvil disponibles .....</i>	<i>9</i>
D. <i>Comparativa de las fuentes de telefonía móvil con las Encuesta domiciliaria (EDM 2022) .....</i>	<i>9</i>
3.4. TRANSPORTE PÚBLICO .....	9
3.5. TRANSPORTE PRIVADO .....	10
3.6. JUSTIFICACIÓN DE LA EXISTENCIA DE SUFICIENTES DATOS PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS MARCADOS POR LA MODELIZACIÓN	10
<b>4. METODOLOGÍA DE MODELIZACIÓN DEL ESCENARIO BASE .....</b>	<b>10</b>
4.1. INTRODUCCIÓN .....	10
4.2. ZONIFICACIÓN .....	11
4.3. GENERACIÓN/ATRACCIÓN .....	12
4.4. DISTRIBUCIÓN .....	13
4.5. REPARTO MODAL .....	13
4.6. ASIGNACIÓN .....	14
4.6.1. <i>Segmentos de demanda .....</i>	<i>14</i>
4.6.2. <i>Sistema de Transporte Privado .....</i>	<i>15</i>
A. <i>Red de Transporte Privado .....</i>	<i>15</i>
B. <i>Demanda de Transporte Privado .....</i>	<i>18</i>
4.6.3. <i>Sistema de Transporte Público .....</i>	<i>19</i>
A. <i>Red de Transporte Público .....</i>	<i>19</i>
B. <i>Sistema Tarifario .....</i>	<i>21</i>
C. <i>Demanda de Transporte Público .....</i>	<i>22</i>
4.6.4. <i>Calibración del modelo base .....</i>	<i>23</i>
A. <i>Implementación de las funciones volumen-demora .....</i>	<i>23</i>
B. <i>Método de Asignación .....</i>	<i>25</i>
C. <i>Proceso de ajuste de las matrices de demanda .....</i>	<i>26</i>
4.6.5. <i>Validación del modelo base .....</i>	<i>26</i>
<b>5. ESCENARIOS FUTUROS .....</b>	<b>29</b>
5.1. PROYECCIÓN DE LAS VARIABLES SOCIOECONÓMICAS .....	29
5.1.1. <i>Afiliados a la Seguridad Social por lugar de trabajo .....</i>	<i>29</i>
5.1.2. <i>Metros cuadrados de viviendas totales .....</i>	<i>30</i>
5.1.3. <i>Metros cuadrados utilizados como oficinas .....</i>	<i>30</i>
5.1.4. <i>Metros cuadrados utilizados para comercio .....</i>	<i>31</i>
5.2. MEDIDAS PROPUESTAS .....	31
5.2.1. <i>Escenario 1 .....</i>	<i>31</i>
5.2.2. <i>Escenario 2 .....</i>	<i>32</i>
5.2.3. <i>Escenario 3 .....</i>	<i>32</i>
5.2.4. <i>Escenario 4 .....</i>	<i>33</i>
5.3. RESULTADOS .....	34



## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Datos socioeconómicos, demográficos y urbanísticos empleados en la etapa de generación y atracción del modelo de transportes propuesto.....	6
Tabla 2. Datos disponibles para la modelización del sistema de transporte público (● Disponible; o Parcialmente disponible; x No disponible; NA No Aplica) .....	9
Tabla 3. Datos disponibles para la modelización del sistema de transporte privado (● Disponible; o Parcialmente disponible; x No disponible; NA No Aplica) .....	10
Tabla 4. Matrices de Viajes en transporte público, vehículos ligeros y vehículos pesados en un día laborable tipo de febrero de 2022 en el área metropolitana de Almería.....	15
Tabla 5. Tabla de Link Types del modelo .....	15
Tabla 6. Líneas de Transporte Público del Área Metropolitana de Almería .....	19
Tabla 7. Sistema Tarifario en función del nº de saltos realizados por Sistema de Transporte .....	21
Tabla 8. Demanda de 24h por línea de transporte público utilizadas en el proceso de calibración del modelo base.....	22
Tabla 9. Funciones cónicas y sus coeficientes en relación a la categoría del link.....	24
Tabla 10. Variables socioeconómicas analizadas .....	29
Tabla 11. Afiliados a la Seguridad Social por lugar de trabajo para el año base y el año horizonte.....	29
Tabla 12. Metros cuadrados de viviendas totales para el año base y el año horizonte .....	30
Tabla 13. Metros cuadrados utilizados como oficinas para el año base y el año horizonte.....	30
Tabla 14. Metros cuadrados utilizados para comercio para el año base y el año horizonte.....	31
Tabla 14. Resultados de indicadores para Escenario Base y Escenarios futuros 1, 2, 3 y 4.....	34

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Zonificación interna del Área Metropolitana y su agregación en macrozonas.....	12
Ilustración 2. Zonificación interna del Área Metropolitana y su agregación en macrozonas.....	12
Ilustración 3. Tipología de carreteras – Área Metropolitana de Almería .....	18
Ilustración 4. Red de Transporte Público del Área Metropolitana de Almería .....	20
Ilustración 5. Restricciones Línea 102 – ida .....	20
Ilustración 6. Restricción de bajados en la línea 102 – vuelta .....	20
Ilustración 7. Zonificación Tarifaria del Área Metropolitana de Almería.....	21
Ilustración 8. Paradas de Transporte público según la Zona Tarifaria .....	22
Ilustración 9. Gráfica de la función cónica. El eje de abscisas representa la ratio intensidad/capacidad. El eje de ordenadas muestra por cuánto se va a multiplicar el tiempo para cada grado de saturación. ....	24
Ilustración 10. Parámetros del método de asignación de transporte privado introducidos en el modelo base.....	25
Ilustración 11. Parámetros de asignación de transporte público introducidos en el modelo base .....	26
Ilustración 12. Fórmula para el cálculo de la Impedancia de transporte público.....	26
Ilustración 13. Resultado del análisis de regresión de los vehículos ligeros observados y modelizados .....	27
Ilustración 14. Resultado del análisis de regresión de los vehículos pesados observados y modelizados .....	27
Ilustración 15. Resultado del análisis de regresión de la demanda diaria observada y modelizada en las líneas de transporte público .....	28
Ilustración 16. Actuaciones consideradas en el Escenario 1.....	32
Ilustración 17. Actuaciones consideradas en el Escenario 2.....	32
Ilustración 18. Actuaciones consideradas en el Escenario 3.....	33
Ilustración 18. Actuaciones consideradas en el Escenario 3.....	33
Ilustración 20. Flujo de Tráfico de vehículos privados del Escenario 4 del Plan. ....	35
Ilustración 21. Flujo de Tráfico de vehículos privados del Escenario 4 del Plan. ....	36
Ilustración 22. Flujo de Tráfico de vehículos privados del Escenario 4 del Plan. ....	37
Ilustración 23. Flujo de Tráfico de vehículos privados del Escenario 4 del Plan. ....	38



Ilustración 24. Flujo de personas en transporte público del Escenario 4 del Plan. .... 39

Ilustración 25. Flujo de personas en transporte público del Escenario 4 del Plan. .... 40

Ilustración 26. Flujo de personas en transporte público del Escenario 4 del Plan. .... 41

Ilustración 26. Flujo de personas en transporte público del Escenario 4 del Plan. .... 42



## 1. Introducción

El presente documento tiene como objetivo detallar la metodología que se ha seguido para confeccionar el escenario base del modelo de transportes de cuatro etapas del Área Metropolitana de Almería, el cual se encuentra justificado en función de los objetivos a cumplir por la modelización, la idoneidad de los datos de partida para alcanzar dichos objetivos, y en ese sentido en la propuesta de una metodología acorde con dicho análisis.

La necesidad de justificar la idoneidad de los datos de partida disponibles para la modelización y que son necesarios para alcanzar los objetivos perseguidos, está motivada en procesos de recopilación y fusión de información, en los que se enmarcan el tratamiento de datos de terminales móviles y los trabajos asociados a las campañas en campo. Estos son procedimientos que resultan fundamentales en la elaboración de un instrumento de planificación de sistema de transportes como el presente Plan, ya que tienen como finalidad caracterizar de manera fidedigna las relaciones de movilidad existentes en un determinado ámbito de estudio y es por ello que sirven como base en la elaboración del Plan de Transporte Metropolitano de Almería (PTMAAL en adelante).

La metodología llevada a cabo a partir de la información recabada, fusionada y utilizada, permite caracterizar, modelizar la movilidad del ámbito de forma adecuada y calibrar la herramienta para un escenario base fijado para el año 2022, y se considera suficiente para alcanzar los objetivos perseguidos por el Plan.

En ese sentido, la metodología aplicada y desarrollada, se detallará en los apartados que hacen parte del presente informe y que se presentan a continuación a manera general:

- El **apartado 2** describe los objetivos a cumplir por el modelo de transportes y su rol como herramienta de planificación durante la confección del Plan.
- El **apartado 3** presenta la información de partida para confeccionar el modelo de transportes, detallando la idoneidad de la información disponible en función de los objetivos de modelización marcados en el apartado 2.
- El **apartado 4** presenta la metodología empleada para confeccionar el modelo de transportes de acuerdo con la información de partida disponible y los objetivos que debe satisfacer el modelo, explicando el estado de cada una de las etapas del modelo. Este apartado también expone los resultados de la calibración/validación de la herramienta y del escenario base.

## 2. Objetivos perseguidos por el modelo de transporte

A lo largo de las últimas décadas, se ha proliferado el uso de los modelos de simulación en el ámbito de la planificación del transporte. Previamente a la existencia de modelos como herramienta de apoyo en la toma de decisiones, los planificadores del transporte empleaban su experiencia e intuición en los procesos de planificación, lo que equivale a decir que empleaban un “modelo mental”.

Las principales diferencias entre emplear un “modelo mental” o un modelo analítico implícito (como por ejemplo un modelo de cuatro etapas), son:

- A pesar de que el empleo de la experiencia e intuición aporta valor en un proceso de toma de decisiones, un “modelo mental” no permite evaluar las hipótesis en las que se basa, su robustez no se puede evaluar, las consecuencias lógicas son desconocidas, como también su relación con la información del sistema de transportes existente. Por el contrario, a pesar del escepticismo que generan en algunos órganos decisores, los modelos analíticos sí permiten discutir las hipótesis en las que se basan, las consecuencias lógicas de sus datos de salida vienen dadas por sus formulaciones matemáticas y se basan en información recabada del sistema de transportes que pretenden simular, por lo que su validación se puede argumentar y discutir.
- Un modelo analítico implícito permite realizar análisis de sensibilidad a sus principales variables e hipótesis tomadas, permitiendo comprobar su robustez ante combinaciones de parámetros que intervienen en su formulación.
- Ambos modelos son complementarios, siendo la situación ideal el uso de la experiencia y conocimiento ingenieril para la calibración del modelo analítico y su posterior interpretación a la hora de incorporar sus resultados en la toma de decisiones, siempre teniendo en mente todas las hipótesis de partida en las que se basa el modelo implícito y sus formulaciones para realizar una correcta interpretación de los resultados del mismo.

El principal problema de los modelos analíticos implícitos, como es el caso de los modelos de transporte de cuatro etapas, es que en la gran mayoría de las ocasiones no se fijan correctamente de antemano los objetivos a satisfacer por el modelo o dichos objetivos no son realistas de acuerdo con la información existente para la modelización. En otras ocasiones la metodología propuesta, las principales hipótesis y formulaciones en las que se basa el modelo no se detallan en los anejos de modelización con suficiente detalle, el proceso de calibración es deficiente ante la ausencia en nuestro territorio nacional de recomendaciones técnicas y criterios claros (únicamente se trata en un capítulo de la Nota de Servicio 5/2014) o no se detalla la información de partida empleada para la calibración del modelo, perdiendo la trazabilidad de los datos sobre los que está construido. Estas circunstancias conducen a modelos de transporte de poca utilidad para evaluar escenarios futuros, retroalimentando la incertidumbre que generan en ciertos profesionales.

Por los motivos expuestos anteriormente, en este capítulo se fijan los objetivos a satisfacer por el modelo de cuatro etapas propuesto por el Consultor para este contrato, haciendo hincapié en qué se puede evaluar y qué no se puede evaluar con certidumbre utilizando como herramienta de apoyo el modelo de transportes propuesto. Por último, se describe la relación del modelo de transportes con las distintas fases del Plan.



### 2.1. Funcionalidades del modelo de transporte propuesto

Un modelo macroscópico de transportes de cuatro etapas constituye una herramienta de planificación que permite analizar en un mismo archivo (paquete de simulación) la oferta de transportes, la demanda de transportes y la simulación de la interacción entre la oferta y demanda en un determinado ámbito de estudio para un día tipo, tanto en su situación base (en el caso del modelo del Plan es febrero de 2022) como en la situación futura, observando las implicaciones que tiene un cambio en la oferta de transportes sobre la demanda (redistribución geográfica y/o entre los distintos modos de transporte existentes) y viceversa (el incremento o decremento de demanda que experimenta la infraestructura de transporte frente a variaciones de demanda de transporte en el ámbito de estudio).

El modelo de transportes confeccionado para el Plan consiste en un modelo de transportes de 4 etapas, que satisface los siguientes objetivos:

- A partir de la etapa de generación/atracción es capaz de estimar la demanda de transportes en el ámbito de estudio en función de hipótesis de la evolución de variables socioeconómicas, sociodemográficas y urbanísticas que intervienen en su formulación de generación/atracción, como, por ejemplo: la población, el número de afiliados a la Seguridad Social, la tasa de motorización, el número de plazas escolares y universitarias, el número de camas de hospital, etc. Además, las formulaciones de generación y atracción se están calibrando por motivo de viaje para poder tener más flexibilidad a la hora de realizar estimaciones de demanda en años futuros donde existe la posibilidad de que pueda emerger una crisis económica en el corto-medio plazo.
  - A través de sus etapas de distribución de la demanda, reparto modal y asignación (con consideración de la congestión viaria) permite estudiar los efectos de una determinada actuación o paquete de actuaciones estimando:
    - Redistribución de la demanda entre los modos de transporte.
    - Redistribución de la demanda entre distintos itinerarios dentro de un mismo modo de transporte.
    - Redistribución de la demanda entre zonas de transporte debido a cambios en la oferta y/o demanda de transporte que incrementen o abaraten el coste percibido de viajar entre cualquier par de zonas.
  - Visualización del tráfico de corto y largo recorrido de cualquier arco del modelo. A través de esta potencialidad se puede conocer el número de usuarios afectados (junto con su origen y destino) por cualquier actuación que se proponga, conociendo la extensión geográfica del impacto que la actuación va a tener en el sistema de transportes. A través de esta potencialidad podremos determinar si el efecto de la actuación tiene un efecto localizado o amplio en la red de transportes del ámbito de estudio y su grado de afección sobre los modos de transporte afectados.
  - Visualización de las rutas alternativas en el ámbito de estudio. Tras codificar una actuación se puede comparar el escenario con la actuación frente al escenario sin la actuación, comprendiendo cuáles son las rutas alternativas del itinerario bajo estudio y su modo, obteniendo un alto grado de comprensión del sistema de transportes en su conjunto.
- Una vez calibrado y validado el modelo de transportes (incluso durante la fase de calibración), el modelo permite, entre otras muchas funcionalidades:
    - Identificar relaciones de movilidad metropolitanas con una demanda global razonable y con una oferta de transporte público deficiente.
    - Identificar relaciones de movilidad metropolitanas con una demanda global razonable cuya distancia sea compatible con los modos bicicleta y vehículos de movilidad personal que carecen de infraestructura dedicada a estos modos.
    - Obtener multitud de indicadores necesarios para llevar a cabo el análisis coste-beneficio y cálculos medioambientales que no podrían ser estimados con precisión sin el empleo de un modelo de transportes.
  - Servir de insumo para los cálculos medioambientales o de coste-beneficio requeridos para la redacción del Plan.
    - Para cada escenario codificado y tras asignar la demanda de cada modo a su red, el modelo permite observar simultáneamente bajo una misma herramienta métricas la intensidad, velocidad, porcentaje de pesados, ratio volumen/capacidad, veh-km, veh-h, pasajeros-km, pasajeros-h, etc. de cualquier arco de la red de transportes codificada en el modelo. Haciendo uso de esta información se pueden estimar las emisiones de contaminantes y la contaminación acústica en el ámbito de estudio. Asimismo, se puede emplear esta información como dato de partida o complementario como insumo en un análisis coste-beneficio o de seguridad vial.
  - Estudio del periodo de modelización (24 horas), para la planificación del sistema de transportes a nivel estratégico (también para servir de insumo a cálculos medioambientales y de coste beneficio).
- Por lo tanto, con el modelo de cuatro etapas del Plan se pueden estudiar multitud de actuaciones sobre el sistema de transportes para distintos escenarios de oferta y demanda. A continuación, se exponen ejemplos de actuaciones que se podrán estudiar con el modelo de simulación:
- Afección de nuevos desarrollos urbanísticos en el sistema de transportes.
  - Cambios en la oferta de transporte de cualquier modo de transporte, por ejemplo:
    - Nueva infraestructura viaria.
    - Prohibición de circulación de vehículos pesados en una vía.
    - Implantación de carriles dedicados al bus.
    - Cambios en la política tarifaria.
    - Nuevas líneas de transporte público.
    - Modificación del trazado de líneas de transporte público.
    - Cambios en las frecuencias de los servicios de transporte público.
    - Cambios en la velocidad comercial de las líneas de transporte público.
  - Políticas de restricción de aparcamiento.
  - Efectos de la implantación de una zona de bajas emisiones.



- Estudio de escenarios con un coeficiente de ocupación en vehículo privado mayor (políticas de car sharing, etc.)

**Aunque uno de los objetivos principales del modelo es el de estimación de los efectos de las distintas medidas, el modelo resulta también una herramienta útil para el análisis conjunto de la oferta y la demanda de transportes, sirviendo como herramienta para la comprensión del sistema de transportes y el análisis e identificación de necesidades durante la fase de análisis y diagnóstico.**

Cabe resaltar que el foco de un plan de transportes metropolitano debe estar sobre los desplazamientos interurbanos y periurbanos, sin descuidar las etapas de estos desplazamientos que se realicen en suelo urbano. Por este motivo, el foco del modelo de transportes propuesto consiste en modelizar con precisión el transporte mecanizado (transporte privado y transporte público), siendo posible estudiar los efectos de cualquier actuación sobre la demanda de transporte de los modos mecanizados.

## 2.2. Relación del modelo de transportes con el Plan de Transporte Metropolitano del Área de Almería (PTMAAL)

A continuación, se resume el rol del modelo de transportes dentro de cada una de las etapas del PTMAAL:

- Durante la confección del **BORRADOR DEL PTMAAL** (ETAPA 1), la calibración del escenario base del modelo sirve como una herramienta de validación de la información recabada de oferta y demanda del sistema de transportes, al constituir el modelo de simulación una herramienta donde se simula la interacción entre la oferta y la demanda del sistema de transportes, detectando inconsistencias en los datos de entrada o en las formulaciones del modelo si la interacción simulada no encaja con los datos observados (velocidades, intensidades, demanda por línea de transporte, etc.). Por este motivo, el modelo de transportes resulta de gran interés para ahondar en la comprensión del sistema de transportes del área metropolitana en su conjunto, al integrar bajo una misma herramienta la oferta y la demanda de transportes del área metropolitana y su interacción.
- Durante la redacción de la **VERSIÓN PRELIMINAR DEL PTMAAL** (ETAPA 2) y de la **VERSIÓN FINAL DEL PTMAAL** (ETAPA 3), el escenario base del modelo ya estará calibrado y validado, por lo que se empleará el mismo para simular múltiples escenarios de oferta (análisis de actuaciones planteadas) y demanda (hipótesis de evolución de la demanda) para estudiar la interacción de estas nuevas condiciones de oferta y demanda, observando en el modelo los flujos resultantes por modo de transporte. En este momento y para diversos escenarios bajo análisis, se estará en disposición de hacer uso del modelo para obtener múltiples indicadores que sirvan como dato de entrada en los análisis coste-beneficio o medioambientales requeridos para el correcto desarrollo del Plan.

## 3. Datos de partida para la modelización

Para la modelización del Área Metropolitana de Almería, **se ha tomado como escenario base un día laborable tipo de febrero de 2022**. La selección de un día laborable tipo de febrero de 2022 como escenario base para la modelización, se debe a que es preferible llevar a cabo el ejercicio de calibración del escenario base en una situación de movilidad normal.

Cuando se modeliza el sistema de transportes de un determinado territorio se modeliza un día tipo, se toma una “foto” de ese día (datos observados de oferta y demanda por modo de transporte) y mediante un ajuste de formulaciones matemáticas se alcanza una situación donde la interacción entre la oferta y demanda modelizadas de los distintos modos se asemeja a los datos observados. Es evidente que partir de una “foto” o escenario base con una movilidad normal, se va a conducir a unas formulaciones mucho más estables que si partimos de una situación inestable, cambiante semana a semana como la situación que se ha vivido tras la irrupción de la pandemia de la COVID-19, donde el comportamiento de las personas usuarias ha sido muy volátil en función de las políticas de restricción a la movilidad puestas en marcha o en función del miedo a un posible contagio en la red de transporte público. En ese sentido, las fórmulas matemáticas pretenden reflejar el comportamiento de las personas usuarias de los distintos modos de transporte y es preferible calibrar ese comportamiento en una situación de movilidad normal.

A continuación, se detallan los datos de partida disponibles para llevar a cabo la modelización, junto con una descripción de la fuente, el año al que hace referencia la información y las precauciones que ha tenido en cuenta el Consultor para la fusión e incorporación de cada fuente de información en el modelo.

### 3.1. Datos socioeconómicos, demográficos y urbanísticos

Las variables que se resumen a continuación son una selección de las variables sociodemográficas, demográficas y urbanísticas que han sido empleadas para la calibración de los modelos de generación y atracción (primera etapa de un modelo de cuatro etapas).

Tabla 1. Datos socioeconómicos, demográficos y urbanísticos empleados en la etapa de generación y atracción del modelo de transportes propuesto



Variable	Fuente	Entidad geográfica de medida	Año
Población según sexo (periodicidad anual). Padrón Municipal de Habitantes. Cifras oficiales de población municipal.	Junta de Andalucía	Municipal	2021
Alumnos en centros públicos y privados por municipio	Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA)	Municipal	2019 - 2020
Afiliaciones a la Seguridad Social según lugar de trabajo	Seguridad Social	Municipal	2021
Afiliados a la Seguridad Social por lugar de residencia en los municipios del ámbito de estudio.	Seguridad Social		
Parque de vehículos	Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA)	Municipal	2020
Plazas en establecimientos hoteleros	Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA)	Municipal	2020
Estadística de los declarantes del IRPF por municipios (Agencia Tributaria)	Agencia Tributaria	Provincial y Municipal	2019
Superficie vivienda (total) Superficie vivienda (media)	Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA)	Municipal	2022
Superficie construida en los edificios con usos: industrial, de oficinas, comercial, cultural, espectáculos y religioso.	Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA)	Municipal	2022
Superficie construida en recintos no residenciales con destino agrícola	Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA)	Municipal	2022

Fuente: Elaboración propia

Tras un análisis de la información socioeconómica, urbanística y demográfica publicada por fuentes oficiales referida al ámbito de estudio, podemos afirmar que la información es bastante reciente (cerca al año del escenario base, 2022) y cubre la totalidad de las variables que suelen ser interesantes para la confección de los modelos de generación y atracción. Estas variables se incorporan en la formulación de la etapa de

generación y atracción de viajes para explicar la movilidad generada y atraída por cada zona de transporte por motivo de viaje, al existir información sobre el empleo (municipio de residencia de los afiliados a la Seguridad Social y municipio donde está ubicado el lugar de trabajo), estudios (alumnos en centros públicos y privados por municipio) y otros motivos de viaje donde englobaríamos el ocio, la salud, etc.

### 3.2. Información Proveniente de encuestas

Para la modelización del Área Metropolitana de Almería se dispone de las siguientes encuestas:

- Encuestas de preferencia reveladas.
  - Encuesta domiciliaria del 24 de mayo al 17 de junio del 2022.
  - Encuesta de preferencia revelada In Situ del 06 al 21 de junio del 2022.
- Encuestas de preferencia declaradas del 06 al 21 de junio del 2022.

La **Encuesta Domiciliaria** llevada a cabo del 24 de mayo al 17 de junio del 2022 se ha expandido de 1.788 personas encuestadas a 456.145 personas, representando a la población del Área Metropolitana de los 16 años en adelante, presentando un error en las macrozonas de 0,113% y en las zonas de 0,036%. Estas encuestas han aportado información valiosa para el proceso de modelización, como: tiempo medio de viaje por modo de transporte principal, motivo de uso y no uso de bicicletas, patinetes, transporte público y vehículo particular general y por municipio, reparto modal, movilidad obligada, motivo de viaje, tipología de viaje, viajes por etapas, frecuencia de viajes, frecuencia de modo y distribución de viajes horaria. En ese sentido, se obtuvo la matriz de viajes global y por modo. Es importante recordar que la Encuesta Domiciliaria únicamente aporta información acerca de los externos-internos al Área Metropolitana.

Las **Encuestas de Preferencia Revelada (PR)** In Situ recogen datos de Origen/Destino de los principales centros atractores, los cuales ayudaron a calibrar el modelo al complementar la información obtenida por la Encuesta Domiciliaria. En total se realizaron 570 encuesta al pie de calle.

Las **Encuestas de Preferencia Declaradas (PD)** In Situ se analizaron tres escenarios de mejoras del transporte público y se realizaron 359 encuestas a pie de calle dentro de las 570 encuestas de Preferencias Reveladas.

En resumen, las encuestas realizadas permitieron obtener la información necesaria para describir y representar de la manera más realista posible, la movilidad en el ámbito para un día laborable tipo de febrero de 2022.



### 3.3. Datos provenientes de registros de telefonía móvil

Como elemento fundamental para la calibración de la demanda del escenario base el Consultor ha puesto al servicio del contrato datos provenientes de registros de telefonía móvil de días laborables tipo de febrero de 2022 obtenidos a través de un acuerdo de colaboración con la empresa KIDO DYNAMICS. Esta información sirvió de base para la modelización al indicar los viajes totales que se llevan a cabo en el ámbito de estudio, diferenciando entre viajes internos-internos, internos-externos y pasantes (externos-externos) con respecto al área metropolitana de Almería. Las ventajas de utilizar datos de telefonía móvil para obtener datos de movilidad son varias:

- Recolección pasiva de los datos, que elimina algunas de las limitaciones inherentes a las encuestas, tales como las respuestas imprecisas o incorrectas, dependencia del deseo de responder del entrevistado, etc.
- Muestras mucho más grandes, capaces de capturar una mayor variedad de comportamientos (del orden de decenas de millones de personas para un país como España).
- Posibilidad de actualización con la frecuencia deseada y casi a tiempo real (desfase del orden de pocas horas), dado que los datos se recogen y almacenan de manera continua en el tiempo.
- Facilidad para evaluar a posteriori eventos no planificados (como perturbaciones del tráfico por accidentes, manifestaciones, celebraciones deportivas, etc.), gracias al almacenamiento de los datos. Además, dado que el formato de los registros sigue los mismos estándares en cualquier país u operador, cualquier herramienta basada en metadatos de movilidad es fácilmente exportable a otros operadores del mismo país o a nuevos países en cualquier continente.
- Etc.

El tratamiento y análisis de los datos provenientes de registros de telefonía móvil empleados en el estudio, abarcando desde la extracción de los datos hasta la obtención de las matrices de movilidad resultantes.

Con la finalidad de validar las matrices de movilidad que el consultor ha puesto en disposición del contrato, y dado que el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana ha publicado<sup>1</sup> recientemente en abierto datos de movilidad entre municipios en todo el territorio nacional, el Consultor ha realizado una comparativa de los datos de telefonía móvil del estudio (KIDO DYNAMICS) con los publicados por el Ministerio, así como también con las Encuestas telefónicas, encuestas de preferencias reveladas y declaradas, que se llevaron a cabo en el año 2022 y que le ha permitido fusionar las fuentes y obtener la mejor imagen posible de la movilidad global (todos los modos de transporte) en el Área Metropolitana de Almería.

#### 3.3.1. Comparativa de las fuentes de telefonía móvil

A continuación, se procede a la realización de un análisis comparativo de la información obtenida a través de la explotación de datos de telefonía móvil de dos fuentes distintas, la facilitada para el estudio (KIDO

DYNAMICS) y la publicada por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MiTMA). Para ello, primero se detalla la especificación de los datos obtenidos en ambos estudios con la finalidad de interpretarlos correctamente para posteriormente poder realizar la comparativa, conociendo así las principales diferencias metodológicas entre ambas fuentes.

#### A. Especificación de los datos aportados al estudio (KIDO DYNAMICS)

**Zonificación:** La zonificación a la que van referidos los datos de movilidad es la zonificación del estudio, expuesta en el apartado 4.2. *Zonificación*, consistente en 379 zonas, siendo 198 zonas internas y 181 zonas externas con respecto al Área Metropolitana de Almería. Las zonas internas se encuentran agregadas en 7 macrozonas. Como se puede observar en la **Ilustración 1. Zonificación interna del Área Metropolitana y su agregación en macrozonas**, la zonificación del estudio se encuentra muy desagregada, y en consecuencia los datos de movilidad se obtienen con mucho detalle en cuanto a resolución de relaciones de movilidad.

**Días de estudio:** Se ha realizado un promedio de días laborables tipo de febrero de 2022 (martes, miércoles y jueves) que no sean víspera de festivos. Los datos mostrados corresponden a un promedio de la movilidad de los días 15/02/2022, 16/02/2022, 17/02/2022, 22/02/2022, 23/02/2022, 24/02/2022.

**Población de estudio:** Población residente en España y extranjeros. Comparado con los datos proporcionados por el MiTMA cabe destacar que los datos que el Consultor ha puesto al servicio del contrato sí incluyen los movimientos de extranjeros (obtenidos a partir de los teléfonos móviles en roaming).

**Viajes objeto de estudio:** La información facilitada por la empresa KIDO DYNAMICS incluye una estimación de todos los desplazamientos que se realizan en el ámbito de estudio, incluyendo aquellos desplazamientos inferiores a 500 m, conocidos como microtrayectos. Esto nos permite tener una estimación de la movilidad global en el ámbito de estudio, incluyendo los desplazamientos de muy corto recorrido.

**Indicadores:** Se segmentan los datos de demanda por fecha, zona de origen, zona de destino, según la franja de inicio y finalización del viaje, por trayecto, por género, por franjas de edad, por dispositivos en itinerancia o roaming (nacionales o extranjeros) y por viajes de ida y vuelta.

#### B. Especificación de los datos publicados por el MiTMA

**Zonificación:** La zonificación del estudio publicado por el MiTMA es mucho más agregada que la zonificación del estudio, al constituir una zonificación basada en unidades administrativas (distritos, municipios o agrupaciones de municipios, según los casos) con una población, en general, superior a 5.000 habitantes y en ningún caso inferior a 1.000 habitantes. La zonificación del estudio del MiTMA ofrece por lo tanto un nivel de detalle muy inferior a la zonificación del estudio (que está constituida principalmente a partir de secciones censales), siendo este uno de los principales beneficios de haber incluido en el contrato datos de telefonía específicos para el estudio.

<sup>1</sup> <https://www.mitma.gob.es/ministerio/covid-19/evolucion-movilidad-big-data>



**Días de estudio:** Se ha realizado un promedio de días laborables tipo de febrero de 2020 (martes, miércoles y jueves) que no sean víspera de festivo, en una de las semanas previas a la situación de pandemia (movilidad normal). Los datos mostrados corresponden a un promedio de la movilidad de los días 18/02/2020, 19/02/2020 y 20/02/2020.

**Población de estudio:** Población residente en España. Cabe destacar que no incluye a los extranjeros, aunque sí especifica en qué provincia residen los residentes en España que viajan en el área metropolitana de Almería, facilitando información de los españoles no residentes en la provincia de Almería.

**Viajes objeto de estudio:** Se analizan los viajes de más de 500 metros con origen y destino dentro de España.

**Indicadores:** Se segmentan los datos de demanda en tramos de 1 hora según la hora de inicio del viaje, por la distancia ortodrómica entre el origen y el destino, así como también por motivo de viaje, lo que permitirá comparar los motivos de viaje con los obtenidos en las Encuestas telefónicas, encuestas de preferencias reveladas y declaradas, que se llevaron a cabo en el año 2022.

### C. Comparativa de las dos fuentes de telefonía móvil disponibles

Tras conocer las especificaciones de las dos fuentes de datos de telefonía móvil (KIDO DYNAMICS y MiTMA) se tendrá presente que:

- La zonificación del estudio del MiTMA es mucho más agregada. En ese sentido, para poder comparar los datos de ambas fuentes se ha llevado a cabo un proceso de fusión de zonificaciones que puede distorsionar ligeramente los resultados, al tener que repartir los viajes de la zonificación más agregada (MiTMA) en la zonificación más desagregada (zonificación del estudio) a partir de datos de población y usos del suelo.
- El estudio del MiTMA únicamente contabiliza los desplazamientos de una longitud superior a 500 m, mientras que los datos de telefonía aportados por el Consultor incluyen todos los desplazamientos.
- El estudio del MiTMA únicamente contabiliza los desplazamientos de los residentes en España, mientras que los datos de KYDO DYNAMICS también incluye a los extranjeros. Sin embargo, los datos del MiTMA sí segmentan por la provincia de residencia de los residentes en España, dato que puede ser de utilidad para observar cómo se mueven los españoles no residentes en la provincia de Almería a través del área metropolitana de Almería.

### D. Comparativa de las fuentes de telefonía móvil con las Encuesta domiciliaria (EDM 2022)

Además de la comparativa entre ambas fuentes de datos procedentes de la explotación de datos de registros de telefonía móvil, el consultor ha comparado sendas fuentes con los resultados que se obtuvieron en la Encuesta Domiciliaria de 2022 (EDM2022). La especificación de los datos obtenidos en la EDM2022 es la siguiente:

**Zonificación:** La zonificación por macrozonas en el Plan es exactamente la misma que la que se empleó en el estudio anterior, tal y como se ha comentado anteriormente.

**Días de estudio:** La encuesta domiciliaria se llevó a cabo en días laborables desde el 24 de mayo de 2022 al 17 de junio de 2022.

**Población de estudio:** Población residente en el área metropolitana de Almería, con edad igual o superior a los 16 años. Cabe resaltar que la encuesta domiciliaria no recaba información acerca de no residentes en el ámbito de estudio (nacionales residentes fuera del área metropolitana de Almería y extranjeros), siendo esta una limitación tradicional de la encuesta domiciliaria.

**Viajes objeto de estudio:** Los viajes registrados en la encuesta domiciliaria corresponden a aquellos desplazamientos superiores a 500 metros.

**Indicadores:** La encuesta domiciliaria proporciona una gran cantidad de información de cada desplazamiento como por ejemplo hora, motivo de viaje, modo, coeficiente de ocupación si el modo elegido es vehículo privado, tipo de billete, línea y parada empleados si se ha viajado en transporte público, etc.

### 3.4. Transporte Público

La red de transporte público relevante para alcanzar los objetivos propuestos por la modelización incluye la Red de Transporte Público del Área Metropolitana de Almería, la cual comprende un total de 30 líneas de autobús interurbano y 25 líneas de autobús urbano.

Para modelizar el sistema de transporte público en el escenario base debemos de introducir fidedignamente en el paquete de simulación la oferta de transporte público y tras el proceso de calibración, debemos obtener una demanda modelizada por línea de transporte público que esté en el mismo orden de magnitud de la demanda observada, así como también reflejar correctamente el número de pasajeros subidos por parada de transporte, en caso de estar el dato disponible.

A continuación, se presenta una tabla resumen con toda la información disponible de un día laborable tipo de febrero de 2022 para modelizar el sistema de transporte público diferenciando entre datos de oferta y demanda.

Tabla 2. Datos disponibles para la modelización del sistema de transporte público (● Disponible; ○ Parcialmente disponible; x No disponible; NA No Aplica)

Tipo	Variable	Bus urbano	Bus interurbano
Oferta	Información georreferenciada: Líneas, número de expediciones, frecuencias, recorridos, horario y paradas.	●	●
Oferta	Sistema tarifario	●	●
Oferta	Tráficos permitidos entre paradas (coordinación entre los autobuses urbanos e interurbanos)		●
Oferta	Velocidad comercial por línea	x	x
Demanda	Número total de pasajeros por línea	●	●



Tipo	Variable	Bus urbano	Bus interurbano
Demanda	Pasajeros subidos por parada de transporte	x	x
Demanda	Pasajeros bajados por parada de transporte	x	x
Demanda	Número de transbordos por parada	x	x

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla anterior, **la información necesaria para introducir todas las líneas de transporte público en el paquete de simulación** con sus tarifas, frecuencias, horarios, recorridos y tráficos permitidos entre paradas **está totalmente disponible** para un día laborable tipo de febrero de 2022.

En lo referente a la demanda, se cumple el requisito indispensable para poder ajustar la demanda de transporte público que es disponer del número total de pasajeros por línea.

Como suele ser habitual, no se dispone del número de transbordos por parada, no obstante, el sistema tarifario y la demanda de pasajeros de la red de transporte urbano e interurbano, sí nos ofrecen una idea general acerca del número medio de transbordos que realizan las personas usuarias de estas redes de transporte, pudiendo incorporar esta información en el modelo y simular mejor el comportamiento de las personas usuarias con respecto a la tendencia a realizar transbordos y los modos de acceso/dispersión de la red de transporte público.

El procedimiento adelantado para confeccionar la demanda de Transporte público, se explica en la sección **4.6.3. Sistema de Transporte Público** de este documento.

### 3.5. Transporte Privado

Para obtener una “foto” fidedigna de la movilidad en un día laborable tipo de febrero de 2022 en vehículo privado se requiere que el modelo calibrado y validado refleje las intensidades de tráfico por tipo de vehículo ligero (longitud < 6 metros) y pesado (longitud > 6 metros) en las vías más importantes del área metropolitana de Almería, así como también su congestión (velocidades o tiempos de recorrido). Para la confección de la Demanda de Transporte Privado, se lleva a cabo el procesado y la revisión de los datos de aforo provenientes de una red densa de espiras desplegadas en la red de carreteras, datos históricos de aforos y de aforos de trabajo de campo, que aporte datos de intensidades y velocidades en puntos clave de la red de carreteras es suficiente para calibrar y validar la asignación sobre la red de carreteras.

También se dispone de la planta de la red de carreteras en el ámbito de estudio con información a nivel de arco de la velocidad máxima permitida, el número de carriles, tipo de vehículo permitido, giros permitidos, etc.

Tabla 3. Datos disponibles para la modelización del sistema de transporte privado (● Disponible; ○ Parcialmente disponible; x No disponible; NA No Aplica)

Tipo	Variable	Disponible
Oferta	Red de transporte por carretera (trazado, número de carriles, velocidad máxima permitida giros permitidos, tipo de vehículo permitido, etc.)	●
Demanda	Intensidades de tráfico por hora en puntos clave de la red de carreteras	●

Fuente: Elaboración propia

El detalle del procedimiento adelantado para confeccionar la demanda de Transporte privado, se explica en detalle en el capítulo **4.6.2. Sistema de Transporte Privado** del presente documento.

### 3.6. Justificación de la existencia de suficientes datos para alcanzar los objetivos marcados por la modelización

Tras exponer los objetivos perseguidos por la modelización y las fuentes de información disponibles podemos afirmar que **sí se dispone de información suficiente para calibrar y validar un modelo de demanda del área metropolitana de Almería que satisfaga los objetivos marcados** y también que su uso nutrirá el Plan con una herramienta para una mejor comprensión del sistema de transportes y el estudio de las actuaciones del Plan.

Por una parte, disponemos de toda la oferta del sistema de transportes (privado, público y de modos sostenibles), por otra disponemos de información suficiente de demanda de cada uno de los modos (sobre todo de los mecanizados que son los que mayor demanda tienen) y por último información de demanda global proveniente de registros de telefonía móvil. Tras incorporar toda esta información en el modelo los especialistas en modelización han sido capaces de cruzar toda la información y calibrar, de acuerdo con los estándares internacionales en mejores prácticas de calibración, un escenario base que simule los datos observados de forma adecuada. El ejercicio de calibración se puede conceptualizar como un puzzle donde toda la información recabada encaja una vez calibrado el modelo y donde la interacción entre la oferta y la demanda de transportes observada queda reflejada en el modelo. Una vez calibrado el escenario base, la herramienta estará lista para el estudio de escenarios de oferta y demanda futuros, pudiendo obtener del modelo multitud de indicadores que son fundamentales para análisis coste-beneficio y medioambientales.

## 4. Metodología de modelización del Escenario Base

### 4.1. Introducción

Las cuatro etapas del modelo de demanda propuesto son:



- Etapa 1. Generación/atracción. Persigue obtener los viajes generados y atraídos por motivo de viaje de cada una de las macrozonas de transporte pertenecientes al Área Metropolitana de Almería.
- Etapa 2. Distribución espacial. A partir de los resultados anteriores (suma de filas y columnas de la matriz de viajes generados/atraídos), se estima la matriz G/A por motivo de viaje y, a partir de ella, se obtiene la matriz O/D global por motivo de viaje.
- Etapa 3. Reparto modal. El objetivo es descomponer la matriz O/D global en diversas matrices por modo de transporte, reproduciendo la elección modal que realiza el usuario en cada caso. El foco de esta etapa es la descomposición de la matriz global de viajes entre los modos privado y público.
- Etapa 4. Asignación de las matrices correspondientes a los modos de transporte público y privado sobre su red.

El proceso de modelización expuesto a continuación se ha llevado a cabo para los siguientes períodos horarios:

- Punta de la mañana correspondiente con el tramo horario de 7:00-9:00h.
- Modelo de un día completo 24h.
- A continuación, se resumen las principales características de la zonificación y etapas del modelo de demanda propuesto para alcanzar los objetivos definidos anteriormente.

#### 4.2. Zonificación

La zonificación propuesta para el PTMAAL consiste en un total de 379 zonas, siendo 198 zonas internas y 181 zonas externas con respecto al Área Metropolitana de Almería. Las zonas se agregan en 7 macrozonas que corresponden con el anterior Plan de Transporte Metropolitano del Área de Almería (2016), aportando esta zonificación agregada una visión más global de la movilidad interurbana objeto de estudio. Cabe destacar que determinadas zonas internas se consideran zonas especiales debido a su potencial de atracción de viajes.

La zonificación se ha diseñado siguiendo los siguientes criterios:

- **Garantizar la compatibilidad con las divisiones administrativas existentes.** Se ha garantizado la compatibilidad con las secciones censales (2019) obtenidas del Instituto Nacional de Estadística (INE) y con los límites municipales. Una zona como mínimo, salvo en el caso de las zonas especiales, corresponde con una sección censal y como máximo con el área que abarca un municipio.
- **Garantizar que el nivel de detalle es suficiente para permitir alcanzar con éxito los objetivos a alcanzar por la modelización.**
- **Garantizar la compatibilidad con estudios anteriores y con la ubicación de las antenas de telefonía móvil.** La zonificación propuesta es compatible con la del anterior Plan de Transporte Metropolitano del Área de Almería: Plan de Movilidad Sostenible (2016).
  - Mayor desagregación zonal de los municipios situados en el área metropolitana de Almería para que la población no supere alrededor de 7.000 habitantes por zona, ya que en la anterior

zonificación había zonas con poblaciones superiores a 15.000 habitantes, lo que supone realizar un análisis con un nivel de agregación excesivo para los objetivos marcados.

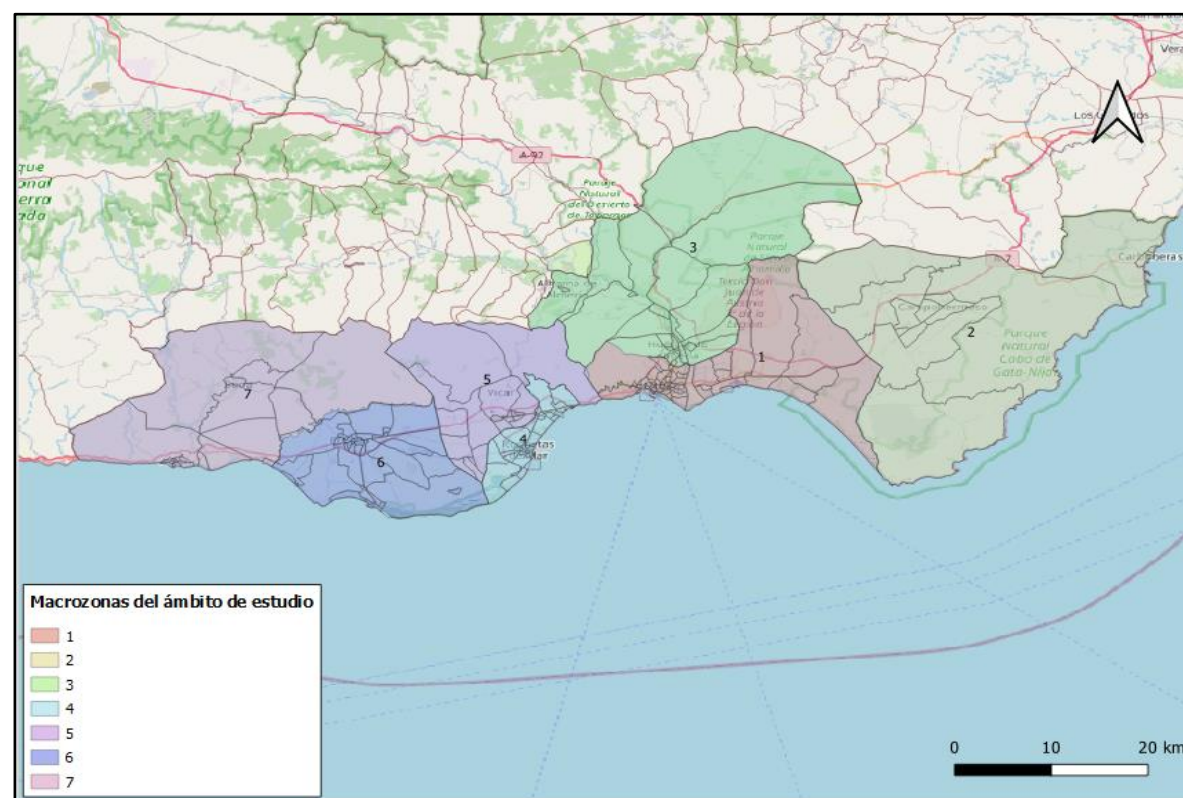
- La anterior zonificación agregaba municipios de la corona metropolitana de Almería, por lo que se han desagregado estas zonas para que cada zona corresponda como máximo con el área que abarca un municipio, pudiendo representar así en el modelo los flujos interurbanos entre todos los municipios contenidos en el área metropolitana.
- La zonificación ha sido verificada por el proveedor de datos de telefonía móvil KIDO DYNAMICS, quedando garantizada su compatibilidad con la zonificación de las antenas. No obstante, algunas de las zonas especiales propuestas son demasiado pequeñas para garantizar que el nivel de extrapolación en la obtención del número de viajes a partir de datos provenientes de registros de telefonía móvil sea robusto. Este hecho afecta a varias de las zonas especiales propuestas, por lo que las zonas especiales afectadas se han agregado junto a la zona correspondiente a su sección censal original para proceder a la obtención de las matrices OD provenientes de datos de telefonía móvil. Posteriormente, en trabajo de gabinete, se ha realizado una desagregación para trabajar con la zonificación propuesta a lo largo del Plan.
- Se han aislado 16 zonas especiales con un especial potencial de atracción de viajes. Las zonas se resumen a continuación:
  - Aeropuerto de Almería
  - Puerto de Almería
  - Estación intermodal de Bus y Tren (Estación de Autobuses)
  - Universidad de Almería
  - Hospital Universitario de Torrecárdenas
  - Centro Comercial Mediterráneo
  - Polígono industrial San Rafael
  - Polígono industrial la Cepa
  - Polígono industrial La Juaida
  - Parque Comercial Gena Plaza
  - Parque Comercial CEMAR
  - Polígono industrial la Redonda
  - Centro integral de Mercancías El Ejido
  - Hospital de poniente, El Ejido
  - Centro Comercial Torrecárdenas
  - Hospital de Alta Resolución El Toyo



- **Inclusión de un elevado número de zonas externas para la correcta caracterización de la movilidad interna-externa al ámbito de estudio, aprovechando las virtudes de los datos provenientes de registros móviles.** Por ejemplo, se incluyen como zonas externas al ámbito de estudio cada uno de los municipios de la provincia de Almería que no forman parte del área metropolitana de Almería. También se han desagregado con mayor detalle las provincias aledañas a la provincia de Almería, llevando a cabo las divisiones pertinentes para agruparlas por corredores de acceso por carretera al área metropolitana de Almería. El resto de provincias españolas tienen su propia zona externa. La gran cantidad de zonas externas nos permitirá tener una gran certidumbre acerca de las relaciones de movilidad del área metropolitana con su exterior y sus principales vías de acceso al área metropolitana, aprovechando así una de las principales virtudes de la tecnología basada en registros de telefonía móvil en comparación con métodos tradicionales como encuestas origen destino.

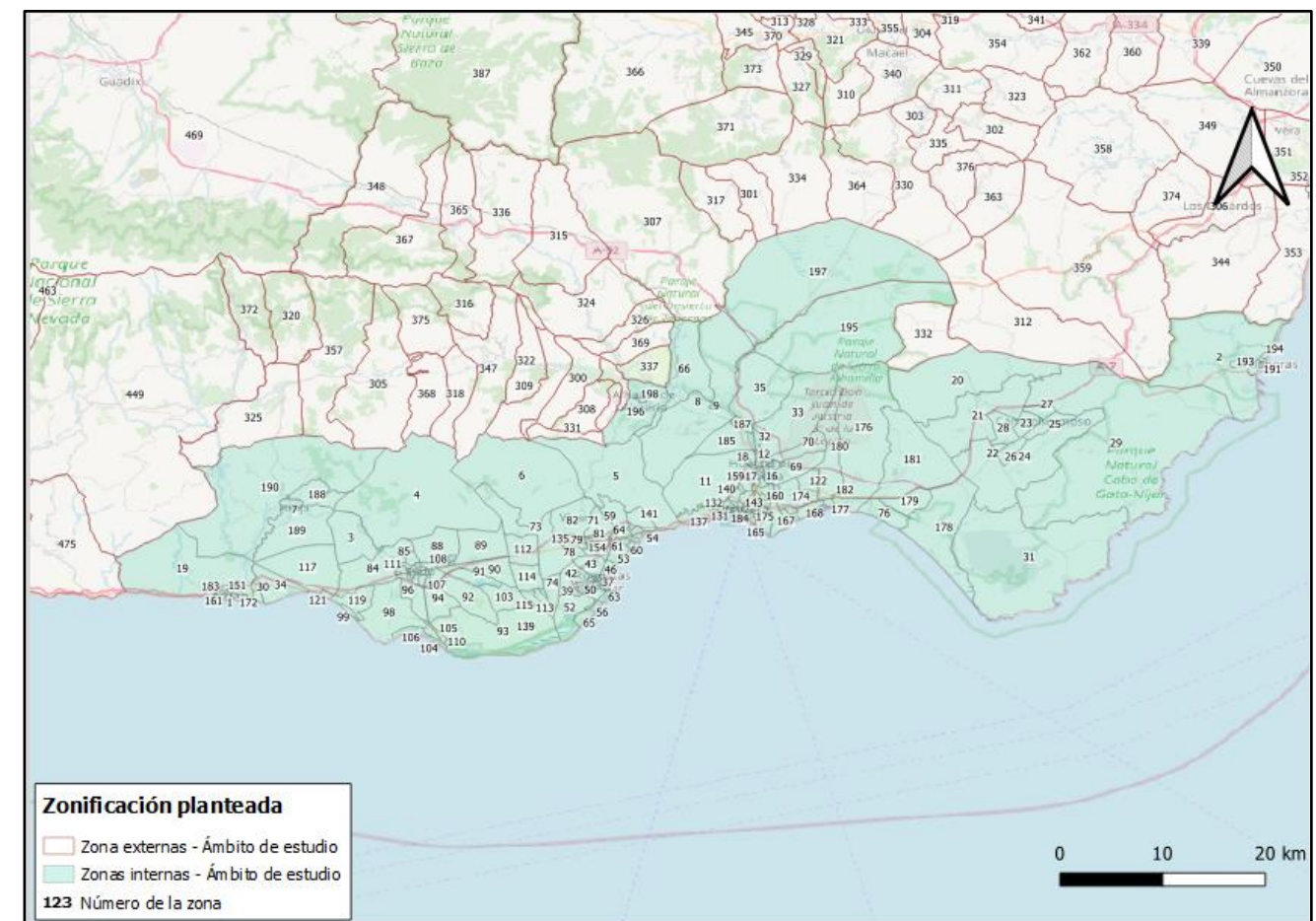
A continuación, se muestran dos imágenes de la zonificación propuesta para el Plan. En la primera podemos observar las zonas internas al área metropolitana de Almería y su nivel de agregación por macrozonas. En la segunda imagen se muestran la zonificación planteada, que incluye las zonas internas y externas del ámbito de estudio.

Ilustración 1. Zonificación interna del Área Metropolitana y su agregación en macrozonas



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2. Zonificación interna del Área Metropolitana y su agregación en macrozonas



Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Generación/Atracción

La etapa de generación y atracción consiste en la obtención de formulaciones matemáticas que vinculan la movilidad existente en un territorio con una serie de variables socioeconómicas, sociodemográficas y urbanísticas. Como resultado de esta etapa se obtiene el número total de viajes que genera y atrae cada una de las zonas de transporte en las que se ha zonificado el ámbito de estudio.

Una vez ajustada esta formulación matemática para el escenario base, la proyección a futuro de las variables que intervienen en las formulaciones junto con el empleo de las citadas fórmulas determinarán la movilidad global en el ámbito de estudio en cualquier escenario futuro, al obtener la cantidad de viajes que genera y atrae cada una de las zonas de transporte en el escenario futuro considerado (año futuro al que se han proyectado las variables).

Con la finalidad de disponer de modelos de generación y atracción flexibles se ha segmentado la generación y atracción por motivo de viaje, obteniendo una fórmula de generación y otra de atracción para cada uno de los siguientes motivos de viaje en los que se ha segmentado la demanda:

- **HBW** - Home Based Work (viajes por motivo trabajo basados en el hogar),
- **HBS** - Home Based Study (viajes por motivo estudios basados en el hogar),
- **HBO** - Home Based Other (viajes por motivo distinto a estudios o trabajo basados en el hogar),
- **NHB** - Non-Home Based (viajes de cualquier motivo no basado en el hogar)

La segmentación por motivo de viaje propuesta permite involucrar a un mayor número de variables socioeconómicas, sociodemográficas y urbanísticas en las formulaciones de generación y atracción, teniendo así un mayor control acerca de la proyección de la demanda futura. Por ejemplo, un descenso de la previsión de afiliados a la Seguridad Social se trasladaría en un menor número de viajes por motivo trabajo.

El modelo de generación permite:

- Crecer la demanda a futuro para un año horizonte determinado proyectando las variables al año horizonte para introducir dichas variables en las formulaciones de generación/atración por motivo de viaje.
- Durante el proceso de proyección de las variables a futuro se pueden realizar hipótesis de proyección de las variables y generar distintos escenarios de evolución de la demanda que permitan obtener resultados del modelo de simulación para un determinado año horizonte en un rango de valores.
- Las variables socioeconómicas, sociodemográficas y urbanísticas que se han cruzado con los datos de movilidad para obtener formulaciones estadísticamente significativas en cada uno de los modelos de generación y atracción asociados a cada motivo de viaje son por ejemplo la población, el parque de vehículos, el número de plazas escolares, el número de plazas universitarias, el número de camas de hospital, la renta, los afiliados a la Seguridad Social en residencia y lugar de trabajo, población demandante de empleo, el número de camas de hotel y/o en apartamentos turísticos y los m<sup>2</sup> acumulados en todas las plantas construidas de todas las tipologías contempladas por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA).

#### 4.4. Distribución

Los modelos de distribución permiten reproducir el número de viajes entre cada par origen/destino mediante modelos matemáticos basados en las variables de generación/atración entre cada zona de transporte y el coste generalizado del viaje entre ellas. El modelo de distribución “redistribuye” la demanda, o en otras palabras cambia la estructura de la matriz O/D global, si existe un cambio significativo en la infraestructura de transporte privado o público (o una mejora del servicio de transporte público) entre dos pares de zonas que haga disminuir o aumentar el coste generalizado de transporte entre las mismas, haciendo esta relación de movilidad más o menos atractiva. Estos modelos deben cumplir dos premisas fundamentales:

- Ser consistentes desde un punto de vista puramente estadístico con un elevado coeficiente de correlación (R<sup>2</sup>) y un t estadístico significativo (mayor de 2) en las variables explicativas del modelo.
- Tener relaciones funcionales coherentes, es decir, que los coeficientes del modelo deben aparecer siempre con el signo teórico esperado, positivo para la variable viajes en zona de generación/atración y negativo para el coste generalizado, variable siempre penalizadora de la movilidad (a mayor coste menor número de viajes).

El modelo utilizado es de tipo gravitatorio con la siguiente formulación:

$$V_{ij} = a * G_i^b * A_j^c * CG_{ij}^d$$

Donde:

V <sub>ij</sub>	Número de viajes entre las zonas i y j
G <sub>i</sub>	Viajes generados en la zona de origen i
A <sub>j</sub>	Viajes atraídos en la zona de destino j
CG <sub>ij</sub>	Coste generalizado entre cada par de zonas ij
a,b,...,d	Parámetros de ajuste

Como coste generalizado del viaje se han adoptado los datos procedentes del modelo de asignación en transporte público y privado, ponderando tiempos y costes en función de la demanda de estos modos. Cabe resaltar que el modelo de distribución de la demanda se aplica de forma independiente para cada motivo de viaje.

El último paso para obtener las matrices de viajes por motivo es transformar la matriz de generados/atráidos (G/A) en el formato de matriz origen/destino (O/D) que se emplea en la etapa de asignación. Para ello, se ha adoptado el siguiente procedimiento:

- La matriz G/A de punta de la mañana es similar a la matriz O/D ya que la gran mayoría de viajes responden a una movilidad con origen en el hogar. Por tanto, no ha sido preciso hacer ningún proceso de transformación para este período horario.
- El modelo de día laborable (24h) se obtiene la matriz O/D como la semisuma de la matriz resultante del modelo y su traspuesta, ya que al ser una matriz diaria se considera que es simétrica.

#### 4.5. Reparto Modal

El objetivo de este modelo es explicar el reparto entre transporte público y vehículo privado en el año base y estimar las alteraciones producidas en la demanda de estos modos al modificarse la distribución espacial del sistema de actividades o las condiciones de oferta del sistema de transporte.

Por otra parte, es preciso aclarar que la distinción entre transporte público y privado en la que se basa este modelo se refiere al modo predominante en la secuencia modal de los viajes. A este respecto cabe señalar lo siguiente:

- Cuando la secuencia modal está integrada en su totalidad por medios de transporte público, se trata de un viaje en transporte público.
- Cuando la secuencia modal está integrada en su totalidad por medios de transporte privado, se trata de un viaje en transporte privado.
- Cuando la secuencia modal combina medios de transporte público y privado, se trata de un viaje en transporte público por entender que ése es el modo que predomina en el viaje y que la etapa en transporte privado es una etapa de mera aproximación a la red de transporte público.



Este modelo, cuyo contenido responde a un proceso conceptualmente bien conocido, ha estado marcado en esta ocasión por dos consideraciones básicas:

- Es necesario construir un modelo de reparto que pueda ser integrado sin dificultad en un proceso general y convencional de modelización de cuatro etapas. Esto conduce a la elección de un modelo tipo agregado, que opera sobre una matriz de viajes totales que es preciso repartir entre los diferentes modos.
- Es necesario obtener un modelo que reproduzca lo mejor posible la secuencia de decisiones que realiza el usuario del sistema de transportes para optar por una modalidad concreta en cada viaje. Hay que tener en cuenta que una parte importante de las personas usuarias del transporte público son usuarios cautivos de estos modos, ya que carecen de vehículo privado y, por tanto, no tienen posibilidad de elección modal público-privado.

Ello pone de manifiesto que el modelo de reparto modal, además de entrar a considerar elementos del análisis comparado de “costes” entre los distintos modos, y para simular correctamente las decisiones del usuario, debe tener en cuenta variables como la disponibilidad de vehículo, siempre con la condición necesaria de que las variables a utilizar sean sencillas de calcular y de proyectar.

La formulación del modelo de reparto modal corresponde con la de un modelo Logit que permite definir funciones de utilidad que dependen de los modos de transporte considerados y de las variables de elección del usuario. Para una alternativa “i” la expresión matemática de la utilidad es:

$$U_i = K + a * X_1 + b * X_2$$

donde X son las características de elección del usuario y K una constante que recoge la parte no explicada por las variables de la elección del usuario.

Las características de elección del usuario para este tipo de modelo suelen ser variables como el tiempo y el coste, debiendo ser estos parámetros negativos, penalizando la elección del modo.

La probabilidad de elegir la alternativa “i” frente a la alternativa “j” viene dada por la siguiente formulación:

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{e^{U_i} + e^{U_j}}$$

donde  $P_i$  es la probabilidad de elegir el modo “i” frente al modo “j” y  $U$  la función de utilidad de la alternativa correspondiente.

## 4.6. Asignación

### 4.6.1. Segmentos de demanda

Los segmentos de demanda que se asignan al sistema de transportes en el modelo de asignación corresponden con la demanda en transporte privado y en transporte público.

- La demanda en transporte privado involucra por una parte una **matriz de vehículos ligeros** y otra **matriz de vehículos pesados**, entendiendo vehículo ligero como aquel que tiene una longitud inferior a 6m y

vehículo pesado como aquél que tiene una longitud superior a los 6m. La matriz de viajes en vehículos ligeros se obtiene de la etapa de reparto modal, siendo necesaria una conversión a una matriz de vehículos ligeros mediante coeficientes de ocupación observados en el ámbito de estudio (EDM 2022).

- La demanda en transporte público consiste en una única **matriz de viajes en transporte público** que se obtiene de la etapa de reparto modal.
- La selección y definición de los segmentos de demanda en transporte privado (vehículos ligeros y pesados) viene determinada por los siguientes motivos:
- Las estaciones de aforo disponibles en el ámbito de estudio distinguen como máximo entre vehículos ligeros y pesados, clasificando como vehículos ligeros aquellos que tienen una longitud inferior a los 6 metros y los vehículos pesados como aquellos que tienen una longitud mayor a 6 metros. **Para armonizar y fusionar toda la información disponible se ha considerado oportuno seguir la misma clasificación en el modelo de demanda.** El hecho de que en las estaciones de aforo no se disponga de datos más desagregados por tipo de vehículo imposibilita poder segmentar los vehículos ligeros en coches, ciclomotores, furgonetas, etc. y los vehículos pesados en vehículos pesados de tonelaje medio y vehículos pesados de tonelaje alto. Para poder contar con una segmentación más desagregada se requeriría de una extensa campaña de aforos a lo largo del ámbito de estudio aforando ciclomotores y vehículos pesados de distinto tonelaje, incurriendo en un coste desproporcionado comparado con el beneficio que se podría obtener del análisis de dichos datos en un proyecto de planificación.
- Los modelos macroscópicos de demanda, a diferencia de los modelos microscópicos, no simulan el comportamiento individual de cada uno de los vehículos para estimar la congestión, sino que lo hacen de forma agregada. Para el estudio de la congestión, los modelos macroscópicos como el confeccionado para este Plan emplean formulaciones de intensidad-demora por tipo de vía que, en función de la intensidad de un determinado tramo para un escenario dado, proporcionan la demora experimentada por los vehículos que la atraviesan (a mayor intensidad mayor demora, incrementándose exponencialmente la congestión una vez se supere la capacidad teórica del tramo). La intensidad que interviene en la formulación se introduce en unidades de vehículos equivalentes, término conocido en inglés como *Passenger Car Units* (PCU). En estas unidades de vehículos equivalentes, un ciclomotor se considera que equivale a 0,4 vehículos equivalentes, mientras que un vehículo pesado se considera que equivale a alrededor de 2 vehículos equivalentes. Para más información se recomienda la lectura del apartado 2.4.3.1 de las recomendaciones de modelización de tráfico de Transport for London *Traffic Modelling Guidelines* [en línea] [fecha de consulta: 17/11/2020]. Disponible en: <http://content.tfl.gov.uk/traffic-modelling-guidelines.pdf>. **En el modelo de transporte confeccionado para el Plan, el segmento de demanda de vehículos pesados computa como 2,3 vehículos equivalentes en los cálculos de capacidad.**

El hecho de que no se simulen en el modelo de forma más desagregada los distintos tipos de vehículos que forman parte de la demanda en transporte privado no significa que el Consultor no haya estudiado todos los modos de transporte en el Plan. Todos los modos de transporte e infraestructuras asociadas son estudiados en el Plan, pero para calibrar un modelo con garantías únicamente puedes incorporar aquella información que esté disponible, siendo necesaria en muchas ocasiones la agregación de tipos de vehículos bajo un mismo segmento de demanda. Si por ejemplo se identifica que en una zona determinada del ámbito de estudio el uso del ciclomotor se está disparando o se prevé que aumente considerablemente, se identificará si esta



captación de demanda procede del transporte público o del transporte privado y en los escenarios futuros se modificará la demanda en vehículos equivalentes (PCU) entre las zonas donde se prevé este considerable aumento (1 ciclomotor equivale a 0.4 PCU). De esta forma, a nivel de planificación se pueden tener en cuenta los efectos de un aumento del uso del modo ciclomotor.

Tabla 4. Matrices de Viajes en transporte público, vehículos ligeros y vehículos pesados en un día laborable tipo de febrero de 2022 en el área metropolitana de Almería

Corona Metropolitana	Viajes en Transporte Público	Vehículos Ligeros (Coches y Motos)	Vehículos Pesados
<b>Total Área Metropolitana</b>	<b>30.937</b>	<b>756.209</b>	<b>62.470</b>

Fuente: Elaboración propia tras la calibración del escenario base (2022) del modelo de transportes

#### 4.6.2. Sistema de Transporte Privado

##### A. Red de Transporte Privado

La red de Transporte Privado comprende la totalidad de la red de carreteras de la Provincia de Almería, identificando en ella las diferentes categorías viarias acorde a la jerarquía de carreteras establecida por La Junta de Andalucía.

Con la finalidad de modelizar fidedignamente la oferta de red viaria para lograr los objetivos de modelización de este Plan, se ha trabajado tanto con la herramienta GIS como con el software Visum de la compañía PTV Group. La combinación de ambas permite la confección del modelo macroscópico que permite arrojar resultados georreferenciados de alta calidad. Para poder definir esta red se han tenido en cuenta las siguientes dos premisas:

- Codificar la red viaria de transporte privado en función de las necesidades determinadas por la zonificación adoptada.
- Definir el viario de transporte privado siempre teniendo en cuenta las rutas y paradas de las líneas de transporte público, con la finalidad de que estén reflejadas en el modelo de manera detallada.

Para poder representar esta red a nivel geométrico se ha realizado un grafiado de la misma con la definición de los siguientes elementos principales:

- **Arcos o links:** definen las secciones de la red en ambas direcciones. Contienen la información intrínseca sobre los atributos funcionales que las definen, como longitud, velocidad media, entre otros. Cada elemento de la red (carretera o vía) esta subdivido en varios arcos, de forma que permita representar tramos con distintas características geométricas (número de carriles, pendientes, etc.) o funcionales (velocidades, tiempos, tarifas, peajes, tipo de vehículo autorizado a circular en el arco etc.). En el software Visum se caracteriza cada arco de la red en función a la categoría que esté asociada, es decir, los arcos se organizan por categorías de vías y número de carriles, de forma que existen múltiples categorías distintas. A cada una de estas categorías se les ha aplicado las características geométricas y funcionales que le

corresponden por tipo de vía y número de carriles, de forma que la red queda organizada por las distintas categorías, conocidas en PTV Visum como *Link Types*.

- **Nodos:** los nodos de la red son los elementos de unión entre los arcos. Permiten definir los cambios de características en los distintos tramos de la red.
- **Centroides:** obtenidos a partir de la zonificación del área de estudio, son los elementos que conectan el centroide de cada zona de la zonificación de estudio con la red de carreteras con respecto a la cuál permiten asociar la demanda a la red viaria. Se corresponden con el centro representativo de cada zona de transporte origen o destino de demanda de viajes, y representan el acceso y dispersión de cada zona.

Tabla 5. Tabla de Link Types del modelo

Código Link Type	Tipo de categoría	Tipo de categoría	Número de carriles	Velocidad máxima de la vía
0	Blocked Oneway	Blocked Oneway	0	0Km/h
1	Construction	Construction	0	0Km/h
2	Red de carreteras del Estado	Red de carreteras del Estado, 4, 70	4	70Km/h
3		Red de carreteras del Estado, 4, 60	4	60Km/h
4		Red de carreteras del Estado, 4, 50	4	50Km/h
5		Red de carreteras del Estado, 4, 40	4	40Km/h
6		Red de carreteras del Estado, 3, 60	3	60Km/h
7		Red de carreteras del Estado, 3, 50	3	50Km/h
8		Red de carreteras del Estado, 3, 40	3	40Km/h
9		Red de carreteras del Estado, 3, 30	3	30Km/h
10		Red de carreteras del Estado, 2, 120	2	120Km/h
11		Red de carreteras del Estado, 2, 110	2	110Km/h
12		Red de carreteras del Estado, 2, 100	2	100Km/h
13		Red de carreteras del Estado, 2, 90	2	90Km/h
14		Red de carreteras del Estado, 2, 80	2	80Km/h
15		Red de carreteras del Estado, 2, 70	2	70Km/h
16		Red de carreteras del Estado, 2, 60	2	60Km/h
17		Red de carreteras del Estado, 2, 50	2	50Km/h
18		Red de carreteras del Estado, 2, 40	2	40Km/h
19		Red de carreteras del Estado, 2, 30	2	30Km/h
20		Red de carreteras del Estado, 2, 20	2	20Km/h
21		Red de carreteras del Estado, 1, 120	1	120Km/h
22	Red de carreteras del Estado, 1, 110	1	110Km/h	
23	Red de carreteras del Estado, 1, 100	1	100Km/h	
24	Red de carreteras del Estado, 1, 90	1	90Km/h	
25	Red de carreteras del Estado, 1, 80	1	80Km/h	
26	Red de carreteras del Estado, 1, 70	1	70Km/h	



Código Link Type	Tipo de categoría	Tipo de categoría	Número de carriles	Velocidad máxima de la vía	Código Link Type	Tipo de categoría	Tipo de categoría	Número de carriles	Velocidad máxima de la vía	
27		Red de carreteras del Estado, 1, 60	1	60Km/h	91		Red Complementaria Metropolitana, 2, 110	2	110Km/h	
28		Red de carreteras del Estado, 1, 50	1	50Km/h	92		Red Complementaria Metropolitana, 2, 100	2	100Km/h	
29		Red de carreteras del Estado, 1, 40	1	40Km/h	93		Red Complementaria Metropolitana, 2, 90	2	90Km/h	
30		Red de carreteras del Estado, 1, 30	1	30Km/h	94		Red Complementaria Metropolitana, 2, 80	2	80Km/h	
31		Red de carreteras del Estado, 1, 20	1	20Km/h	95		Red Complementaria Metropolitana, 2, 70	2	70Km/h	
40	Red Básica Estructurante	Red Básica Estructurante, 3, 100	3	100Km/h	96	Red Complementaria Metropolitana	Red Complementaria Metropolitana, 2, 60	2	60Km/h	
41		Red Básica Estructurante, 2, 120	2	120Km/h	97		Red Complementaria Metropolitana, 2, 50	2	50Km/h	
42		Red Básica Estructurante, 2, 90	2	90Km/h	98		Red Complementaria Metropolitana, 2, 40	2	40Km/h	
50	Red Intercomarcal	Red Intercomarcal, 3, 50	3	70Km/h	99		Red Complementaria Metropolitana, 2, 30	2	30Km/h	
51		Red Intercomarcal, 3, 30	3	60Km/h	100		Red Complementaria Metropolitana, 1, 90	1	90Km/h	
52		Red Intercomarcal, 3, 40	3	50Km/h	101		Red Complementaria Metropolitana, 1, 80	1	80Km/h	
53		Red Intercomarcal, 2, 100	2	100Km/h	102		Red Complementaria Metropolitana, 1, 70	1	70Km/h	
54		Red Intercomarcal, 2, 90	2	90Km/h	103		Red Complementaria Metropolitana, 1, 60	1	60Km/h	
55		Red Intercomarcal, 2, 80	2	80Km/h	104		Red Complementaria Metropolitana, 1, 50	1	50Km/h	
56		Red Intercomarcal, 2, 70	2	70Km/h	105		Red Complementaria Metropolitana, 1, 40	1	40Km/h	
57		Red Intercomarcal, 2, 60	2	60Km/h	106		Red Complementaria Metropolitana, 1, 30	1	30Km/h	
58		Red Intercomarcal, 2, 50	2	50Km/h	110		Red Provincial	Red Provincial, 2, 70	2	70Km/h
59		Red Intercomarcal, 2, 40	2	40Km/h	111			Red Provincial, 2, 60	2	60Km/h
60		Red Intercomarcal, 2, 30	2	30Km/h	112			Red Provincial, 2, 50	2	50Km/h
61		Red Intercomarcal, 1, 110	1	110Km/h	113			Red Provincial, 2, 40	2	40Km/h
62		Red Intercomarcal, 1, 100	1	100Km/h	114			Red Provincial, 2, 30	2	30Km/h
63		Red Intercomarcal, 1, 90	1	90Km/h	115			Red Provincial, 2, 20	2	20Km/h
64		Red Intercomarcal, 1, 80	1	80Km/h	116	Red Provincial, 1, 90		1	90Km/h	
65		Red Intercomarcal, 1, 70	1	70Km/h	117	Red Provincial, 1, 80		1	80Km/h	
66		Red Intercomarcal, 1, 60	1	60Km/h	118	Red Provincial, 1, 70		1	70Km/h	
67		Red Intercomarcal, 1, 50	1	50Km/h	119	Red Provincial, 1, 60		1	60Km/h	
68		Red Intercomarcal, 1, 40	1	40Km/h	120	Red Provincial, 1, 50		1	50Km/h	
69		Red Intercomarcal, 1, 30	1	30Km/h	121	Red Provincial, 1, 40	1	40Km/h		
70		Red Intercomarcal, 1, 20	1	20Km/h	122	Red Provincial, 1, 30	1	30Km/h		
80		Red Complementaria	Red Complementaria, 2, 50	2	50Km/h	123	Red Provincial, 1, 20	1	20Km/h	
81			Red Complementaria, 1, 80	1	80Km/h	130	Red urbana estructural	Red urbana estructural, 4, 50	4	50Km/h
82	Red Complementaria, 1, 70		1	70Km/h	131	Red urbana estructural, 4, 40		4	40Km/h	
83	Red Complementaria, 1, 60		1	60Km/h	133	Red urbana Estructural, 3, 60		3	60Km/h	
84	Red Complementaria, 1, 50		1	50Km/h	134	Red urbana Estructural, 3, 50		3	50Km/h	
85	Red Complementaria, 1, 40		1	40Km/h	135	Red urbana Estructural, 3, 40		3	40Km/h	
86	Red Complementaria, 1, 30		1	30Km/h	138	Red urbana estructural, 2, 90		2	90Km/h	
87	Red Complementaria, 1, 20	1	20Km/h	139	Red urbana estructural, 2, 80	2		80Km/h		
90		Red Complementaria Metropolitana, 2, 120	2	120Km/h	140	Red urbana estructural, 2, 70	2	70Km/h		



Código Link Type	Tipo de categoría	Tipo de categoría	Número de carriles	Velocidad máxima de la vía
141		Red urbana estructural, 2, 60	2	60Km/h
142		Red urbana Estructural, 2, 50	2	50Km/h
143		Red urbana Estructural, 2, 40	2	40Km/h
144		Red urbana Estructural, 2, 30	2	30Km/h
146		Red urbana estructural, 1, 90	1	90Km/h
147		Red urbana estructural, 1, 80	1	80Km/h
148		Red urbana estructural, 1, 70	1	70Km/h
149		Red urbana Estructural, 1, 60	1	60Km/h
150		Red urbana estructural, 1, 50	1	50Km/h
151		Red urbana estructural, 1, 40	1	40Km/h
152		Red urbana Estructural, 1, 30	1	30Km/h
153		Red urbana Estructural, 1, 20	1	20Km/h
156	Red urbana Troncal	Red urbana Troncal, 2, 70	2	70Km/h
157		Red urbana Troncal, 2, 60	2	60Km/h
158		Red urbana Troncal, 2, 50	2	50Km/h
159		Red urbana Troncal, 2, 40	2	40Km/h
160		Red urbana Troncal, 2, 30	2	30Km/h
161		Red urbana Troncal, 2, 20	2	20Km/h
163		Red urbana Troncal, 1, 70	1	70Km/h
164		Red urbana Troncal, 1, 60	1	60Km/h
165		Red urbana Troncal, 1, 50	1	50Km/h
166		Red urbana Troncal, 1, 40	1	40Km/h
167		Red urbana Troncal, 1, 30	1	30Km/h
168		Red urbana Troncal, 1, 20	1	20Km/h
171		Red urbana Colectora	Red urbana Colectora, 2, 80	2
172	Red urbana Colectora, 2, 60		2	60Km/h
173	Red urbana Colectora, 2, 50		2	50Km/h
174	Red urbana Colectora, 2, 40		2	40Km/h
175	Red urbana Colectora, 2, 30		2	30Km/h
176	Red urbana Colectora, 1, 80		1	80Km/h
177	Red urbana Colectora, 1, 70		1	70Km/h
178	Red urbana colectora, 1, 60		1	60Km/h
179	Red urbana Colectora, 1, 50		1	50Km/h
180	Red urbana Colectora, 1, 40		1	40Km/h
181	Red urbana Colectora, 1, 30		1	30Km/h
182	Red urbana Colectora, 1, 20	1	20Km/h	
183	Red urbana Local	Red urbana Local, 3 Lanes, 30	3	30Km/h
184		Red urbana Local, 2, 50	2	50Km/h

Código Link Type	Tipo de categoría	Tipo de categoría	Número de carriles	Velocidad máxima de la vía
185		Red urbana Local, 2, 40	2	40Km/h
186		Red urbana Local, 2, 30	2	30Km/h
187		Red urbana Local, 2, 20	2	20Km/h
188		Red urbana Local, 1, 60	1	60Km/h
189		Red urbana Local, 1, 50	1	50Km/h
190		Red urbana Local, 1, 40	1	40Km/h
191		Red urbana Local, 1, 30	1	30Km/h
192		Red urbana Local, 1, 20	1	20Km/h
193		Residencial, 1 Lane, 30	1	30Km/h
194		Camino, 1 Lane, 20	1	20Km/h
195		Camino, 2 Lanes 40	2	40Km/h
196		Camino, 1 Lane, 30	1	30Km/h
200		Red Viario Autónomo no Catalogado	Red Viario Autónomo no Catalogado, 1, 70	1
201	Red Viario Autónomo no Catalogado, 1, 60		1	60Km/h
202	Red Viario Autónomo no Catalogado, 1, 50		1	50Km/h
203	Red Viario Autónomo no Catalogado, 1, 40		1	40Km/h
204	Red Viario Autónomo no Catalogado, 1, 30		1	30Km/h

La red grafiada está definida por un conjunto de nodos y arcos que conectan los nodos entre sí. La mayoría de los nodos representan intersecciones de vía o paradas de autobús interurbano y autobús urbano, mientras que los arcos o *links* corresponden a tramos de vía homogéneos entre intersecciones adyacentes.

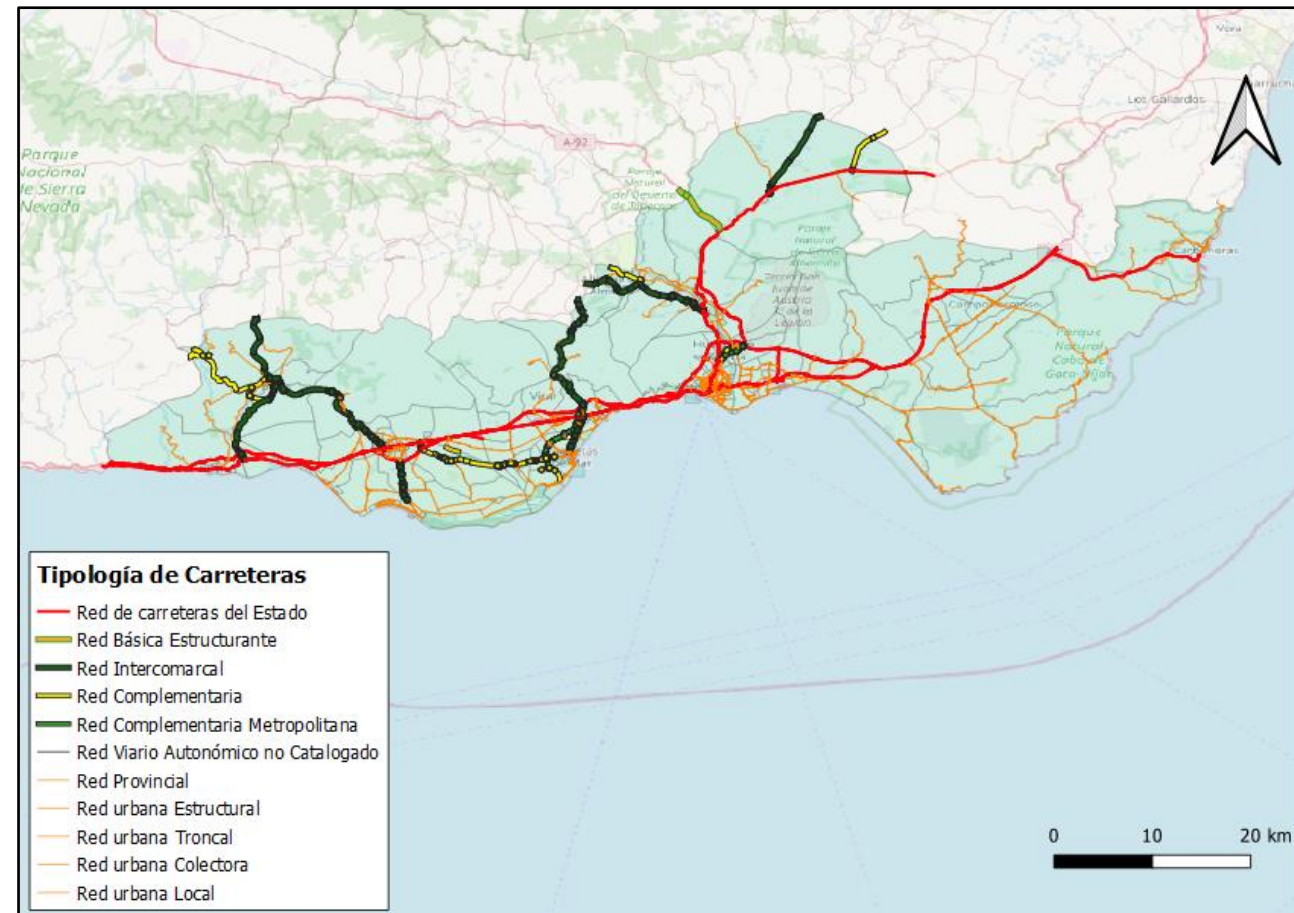
El procedimiento de edición del modelo base en lo que respecta a la oferta de la Red Viaria de Transporte Privado ha consistido en lo siguiente:

- Seleccionar la red de carreteras a incluir en el modelo de simulación de acuerdo con los objetivos que se persiguen. Para ello, se ha partido de información obtenida de OpenStreetMap a través de un archivo “.osm” que contiene todas las carreteras del país según tipología de vía, lo que es un buen punto de partida para poder depurar correctamente la red y adaptarla a los objetivos de modelización. También se ha consultado la información publicada por el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).
- El siguiente paso ha consistido en ajustar los elementos geométricos y funcionales de la red viaria a las condiciones del escenario base, siendo un proceso bastante minucioso que determina en gran medida la cantidad de trabajo que se tendrá que realizar en la etapa posterior de calibración. El nivel de detalle en las proximidades de una ciudad en las zonas internas es mayor que en el resto del ámbito de estudio, de manera que se ha establecido un nivel de detalle que no comprometa a los objetivos perseguidos por la modelización. En concreto se han codificado:
  - a. Velocidades en flujo libre de cada arco
  - b. Número de carriles de cada arco



c. Capacidad máxima diaria de cada arco

Ilustración 3. Tipología de carreteras – Área Metropolitana de Almería



Fuente: Elaboración propia

- Una vez realizados los dos pasos anteriores, el siguiente paso, que posee especial relevancia, consiste en la edición de la accesibilidad de la red, que conlleva la revisión de que todos los componentes geométricos y funcionales de la misma funcionen correctamente en su conjunto. Para poder llevar a cabo este paso se ha hecho uso de varias herramientas propias del software Visum en combinación con la herramienta de Google Maps y Google Traffic, con el fin de analizar la accesibilidad a cada una de las zonas, así como encontrar errores en el modelado de la red.

A lo largo de todo el proceso de la confección del modelo macroscópico se han ido realizando ajustes a los elementos de la red, de manera que se ha conseguido elaborar un modelo que refleja con la mayor fidelidad posible la realidad de un día laborable tipo en la red viaria de febrero de 2022 en el área metropolitana de Almería.

B. Demanda de Transporte Privado

Para la confección de la Demanda de Transporte Privado, se ha llevado a cabo el procesado y la revisión de los datos de aforo provenientes de cinco fuentes de información diferentes:

- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).
- Dirección General de Tráfico (DGT).
- Junta de Andalucía.
- Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Almería, 2015 (PMUS).
- Aforos de trabajo de campo.

Para validar cada uno de los datos de aforos de las distintas fuentes se ha llevado a cabo un proceso de validación de los datos con el fin de detectar posibles inconsistencias y minimizar el sesgo en las estimaciones del modelo.

Estas fuentes fueron trabajadas individualmente para obtener la Intensidad Media Diaria (IMD) para un día de febrero del 2022. Esta información fue clasificada en vehículos ligeros, vehículos pesados, totalidad de vehículos y velocidad media cuando la fuente brindada esa información.

En primer lugar, se extrajo de cada una de las bases de datos la información necesaria para obtener la Intensidad Media Diaria (IMD) por tipo de vehículo y la velocidad media. Cada una de las fuentes tiene diferente información, siendo así es que cada uno se trató individualmente, destacando en cada uno el siguiente procesamiento en común:

En los casos donde los datos no se encuentren dados para el año del escenario base, tal y como se expone en el apartado 5 del Anexo II de la Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento, se aplicará un incremento anual acumulativo de 1,44%, ya que tal y como se enuncia en dicho apartado, para el año de 2017 en adelante se aplicará dicho incremento. Se hace una excepción para los datos del tráfico en el interior de la ciudad ya que se utiliza el factor de crecimiento recomendado por el PMUS de 2,9%.

Los aforos de trabajo de campo, se realizaron en 9 intersecciones por un periodo de dos horas, los días 21 y 22 de junio del 2022, los cuales fueron trabajados para obtener el IMD para cada uno de las tipologías de vehículos y su total.

La información de demanda de los aforos ha sido registrada en el modelo a nivel de arco o *link* en los atributos A\_24\_L (Aforo 24 horas vehículos ligeros), A\_24\_P (Aforo 24 horas vehículos pesados), A\_24\_T (Aforo 24 horas vehículos totales), A\_V\_24H (Aforos velocidad media 24 horas) y CALIBRAR, este último atributo tiene la finalidad de determinar si los datos de la estación de aforo a pasado el proceso de calidad de los datos o se han considerado sospechosos tiene codificación de 0. Además, se ha codificado el origen de los datos en los campos A\_ID\_DETE (Aforo ID determinado para cada estación) y A\_SOURCE (Aforo fuente).

4.6.3. Sistema de Transporte Público

A. Red de Transporte Público

La Red de Transporte Público del Área Metropolitana de Almería comprende un total de 30 líneas de autobús interurbano, 17 líneas de autobús urbano de Almería y 8 líneas de autobús urbano de El Ejido. Todas las líneas que componen la red de transporte público del modelo se detallan a continuación:

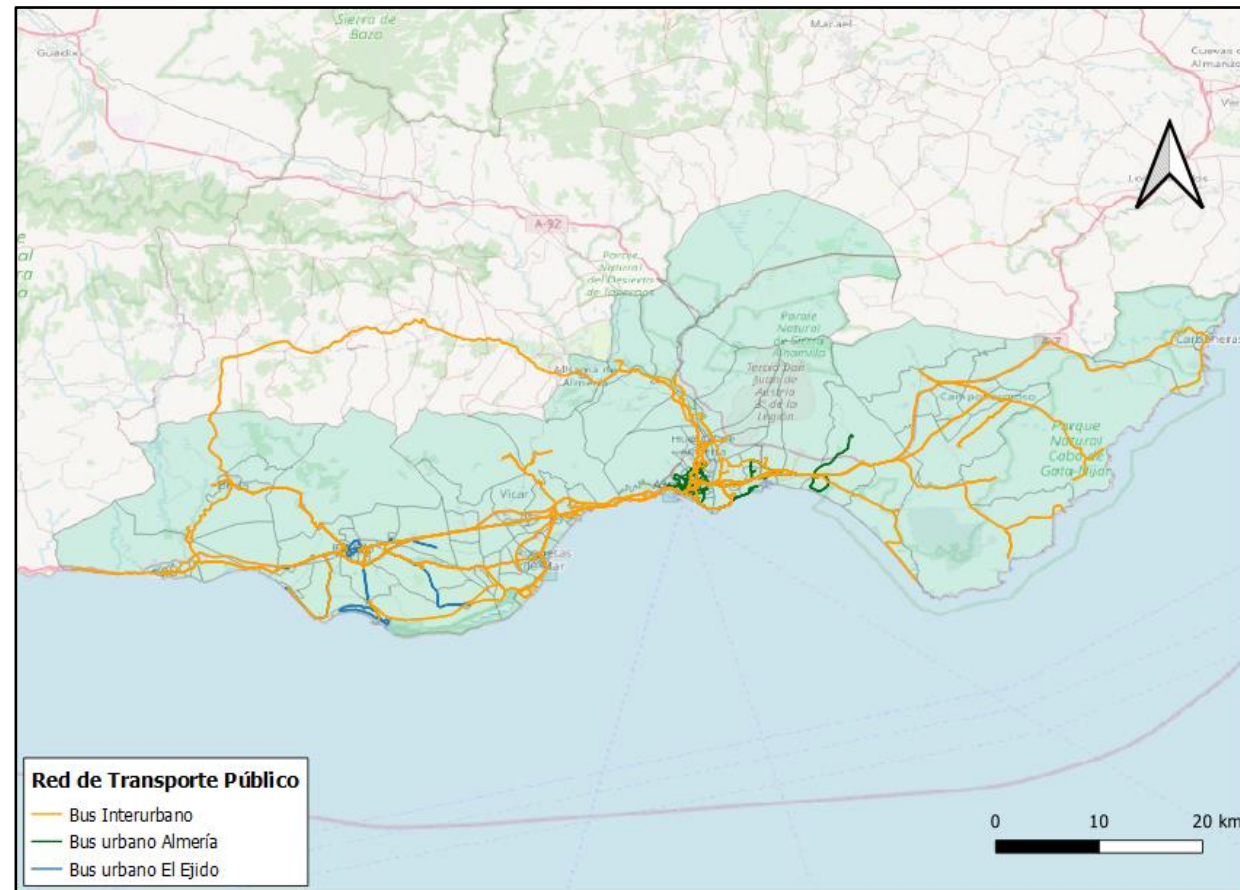
Tabla 6. Líneas de Transporte Público del Área Metropolitana de Almería

Sistema de Transporte	Línea	Nombre de la Línea	Vehicle Journeys
Autobús Interurbano	BI-100	Circular Huércal de Almería	28
	BI-101	Almería - Huércal - Viator - Campamento NN	23
	BI-102	Almería - Huércal - Viator - Pechina NN	17
	BI-103	Almería - Los Pinos - Benahadux - Gádor NN	14
	BI-104	Almería - Los Pinos - Benahadux - Gádor - Berja NN	2
	BI-105	Almería - Los Pinos - Benahadux - Rioja NN	14
	BI-106	Almería - Santa Fe de Mondújar NN	5
	BI-108	Pechina - Huércal - Universidad NN	2
	BI-201	Almería - Los Molinos - El Mamí - Venta Gaspar - El Alquíán NN	14
	BI-202	Almería - Retamar - Cabo de Gata - La Fabriquilla NN	13
	BI-203	Almería - Hospital El Toyo - San Isidro - Campohermoso - Rodalquilar NN	3
	BI-211	Almería - Hospital El Toyo - San Isidro - Campohermoso - Atochares NN	10
	BI-212	Almería - Hospital El Toyo - San José - La Isleta Del Moro NN	9
	BI-213	Almería - Hospital El Toyo - Venta Del Pobre - Agua Amarga NN	10
	BI-301	Almería - Aguadulce - El Parador - Puebla De Vícar - Venta Del Viso NN	39
	BI-320	Almería - Castell Del Rey/El Parador - Felix - Enix NN	7
	BI-330	Almería - Aguadulce - Roquetas - Las Marinas NN	57
	BI-333	Almería - Aguadulce - Roquetas - San Agustín - Almerimar NN	7
	BI-334	Roquetas - La Mojonera - Las Norias - Hospital Poniente NN	12
	BI-336	Universidad - Roquetas - Las Marinas - La Mojonera - Cortijos de Marín NN	8
	BI-351	Almería - Aguadulce - Barrio Archilla - La Mojonera - Las Norias - El Ejido NN	4
	BI-354	San Agustín - La Mojonera - Las Norias - El Ejido NN	4

Sistema de Transporte	Línea	Nombre de la Línea	Vehicle Journeys
	BI-356	Universidad - Aguadulce - El Ejido - Adra - Berja NN	8
	BI-370	El Parador - Puebla de Vícar - El Ejido - Dalías - Berja NN	16
	BI-372	Santa María Del Águila - El Ejido - Dalías - Berja NN	3
	BI-373	Adra - Berja NN	3
	BI-380	Almería - Aguadulce - El Parador - Puebla de Vícar - El Ejido - Adra NN	23
	BI-381	Almería - El Ejido - Adra NN	11
	BI-383	Almería - Aguadulce - El Parador - Puebla de Vícar - El Ejido - Guardias Viejas - Balerna NN	2
	BI-999	Aguadulce - Roquetas - Las Marinas	28
Autobús Urbano de Almería	BU_1	Casco Histórico	86
	BU_2	Hospital Torrecárdenas	85
	BU_3	Torrecárdenas - Nueva Almería	97
	BU_4	Torrecárdenas - La Goleta - Universidad	95
	BU_5	Centro - Villa Blanca - C. C. Torrecárdenas	308
	BU_6	El Puche - Pescadería	84
	BU_7	Piedras Redondas - La Goleta	114
	BU_8	Los Molinos - C. C. Torrecárdenas	197
	BU_11	Zapillo - Universidad- Nueva Andalucía	5
	BU_12	Nueva Andalucía - Universidad - Zapillo	62
	BU_15	Circular Levante	145
	BU_18	Torrecárdenas -Costacabana	16
	BU_19	Gregorio Marañón "La Salle"- Universidad	30
	BU_20	Centro Hospital el Toyo	94
	BU_21	Cuevas de los Medina Hospital el Toyo	176
	BU_30	Almería - Aeropuerto - Retamar	156
	BU_31	Retamar Directo	48
	Autobús Urbano de El Ejido	BU_EJI_11	Ej. Sur - Ej. Norte - St. Domingo - Almerimar - Ej. Beach
BU_EJI_21		Ej. Norte - Ej. Sur - St. Domingo - Ej. Beach - Almerimar	10
BU_EJI_31		La Costa - Bvar. - Sto. Domingo - Sm Águila - La Redonda	10
BU_EJI_41.1		Est. Autobuses - Las Norias - Sto. Domingo - Est. Autobuses	8
BU_EJI_51		Est. Autobuses - Balerna - Est. Autobuses	6
BU_EJI_61		Est. Autobuses - San Agustín - Est. Autobuses	2
BU_EJI_71		Est. Autobuses - San Silvestre - Est. Autobuses	2
BU_EJI_81		Est. Autobuses - Canalillo - Est. Autobuses	2



Ilustración 4. Red de Transporte Público del Área Metropolitana de Almería



Fuente: Elaboración propia

La red de Transporte Público del Área Metropolitana de Almería viene definida por las siguientes características para un Día Laborable Tipo (DLT) de febrero de 2022:

- Itinerario de la línea y paradas.
- Número de servicios de cada línea para 24h.
- Frecuencia de cada servicio reflejada como tiempo de espera (min) según período horario.
- Tarifas de viaje de cada Sistema de Transporte (autobús interurbano y urbano).

Para poder codificar el Sistema de Transporte Público en el modelo se ha hecho uso de los archivos *General Transit Feed Specification* (GTFS) elaborados por el propio consultor a partir de datos proporcionados tanto por El **Consortio de Transporte Metropolitano de Almería** para el autobús interurbano, como por los **Ayuntamiento de Almería y El Ejido** para el autobús urbano. Estos archivos contienen la información de rutas, servicios y frecuencias de cada línea para un período de tiempo determinado, por lo que se han tenido que adaptar cada uno de los archivos y sus datos a un día laborable tipo de febrero de 2022.

Con respecto a las restricciones de subida y bajada en las líneas de autobús interurbano, se han tenido en cuenta a la hora de ser codificadas en el modelo, tal y como se muestra a continuación como ejemplo de la línea 102 del Consorcio de Transportes:

Ilustración 5. Restricciones Línea 102 – ida

Index	StopPointNo	StopPointName	IsRoutePoint	AccumLength	Length	Info	Profile point	<>	Board	Alight
1	782981	Estación Intermodal	☑	0,000km			☑	=	☑	☐
28	680108	Almería - P. Generalife_i	☑	1,735km	1,735km		☑	=	☑	☐
44	680095	Almería - Manuel Azaña	☑	2,141km	0,406km		☑	=	☑	☐
62	680096	Estadio Mediterráneo	☑	3,121km	0,980km		☑	=	☑	☐
110	680209	La Cañada - Iglesia	☑	5,883km	2,762km		☑	!	☑	☐
154	680212	IES Portocarrero_i	☑	7,875km	1,993km		☑	!	☑	☑
190	680221	El Alquíán - Centro	☑	10,976km	3,101km		☑	=	☑	☑
241	680091	Hospital El Toyo_v	☑	15,317km	4,340km		☑	=	☑	☑
248	1189051	Retamar - C. Marquesa_i	☑	15,682km	0,366km		☑	-	☑	☑
258	680382	Retamar - Centro Vecinal_i	☑	16,521km	0,838km		☑	-	☑	☑
288	680377	Rambla Morales	☑	22,937km	6,417km		☑	-	☑	☑
301	680383	Ruescas - Crta. San José	☑	24,701km	1,764km		☑	...	☑	☑
313	680384	Paraje Del Huevo	☑	26,026km	1,325km		☑	...	☑	☑
327	680378	Pujare	☑	27,574km	1,548km		☑	...	☑	☑
336	680385	Cortijo Los Nietos	☑	29,028km	1,454km		☑	...	☑	☑
354	680379	Cabo de Gata - Pueblo	☑	30,801km	1,773km		☑	...	☑	☑
378	680380	Las Salinas	☑	34,660km	3,859km		☑	...	☑	☑
384	680386	La Almadraba	☑	35,510km	0,850km		☑	...	☑	☑
391	680387	La Fabriquilla	☑	36,348km	0,838km		☑	...	☐	☑

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6. Restricción de bajados en la línea 102 – vuelta

Index	StopPointNo	StopPointName	IsRoutePoint	AccumLength	Length	Info	Profile point	<>	Board	Alight
1	680387	La Fabriquilla	☑	0,000km			☑	...	☑	☐
14	680386	La Almadraba	☑	0,897km	0,897km		☑	...	☑	☑
20	680380	Las Salinas	☑	1,747km	0,850km		☑	...	☑	☑
53	680379	Cabo de Gata - Pueblo	☑	5,660km	3,913km		☑	...	☑	☑
71	680385	Cortijo Los Nietos	☑	7,442km	1,782km		☑	...	☑	☑
80	680378	Pujare	☑	8,889km	1,447km		☑	...	☑	☑
94	680384	Paraje Del Huevo	☑	10,437km	1,548km		☑	...	☑	☑
102	680383	Ruescas - Crta. San José	☑	11,704km	1,267km		☑	...	☑	☑
114	680377	Rambla Morales	☑	13,430km	1,726km		☑	...	☑	☑
142	1189032	Retamar - Centro Vecinal_v	☑	19,817km	6,387km		☑	-	☑	☑
153	680381	Retamar - C. Marquesa_v	☑	20,654km	0,837km		☑	-	☑	☑
182	680335	El Alquíán - Instituto_i	☑	24,582km	3,927km		☑	-	☑	☑
186	680365	El Alquíán - Instituto_v	☑	24,650km	0,068km		☑	-	☑	☑
198	680221	El Alquíán - Centro	☑	25,019km	0,369km		☑	=	☑	☑
236	1188636	IES Portocarrero_v	☑	28,083km	3,063km		☑	=	☑	☑
277	680209	La Cañada - Iglesia	☑	29,978km	1,895km		☑	=	☑	☑
324	680110	Estadio Mediterráneo	☑	32,872km	2,894km		☑	=	☐	☑
338	680095	Almería - Manuel Azaña	☑	33,762km	0,889km		☑	=	☐	☑
354	680094	Almería - P. Generalife_v	☑	34,180km	0,418km		☑	=	☐	☑
405	782981	Estación Intermodal	☑	35,751km	1,572km		☑	=	☐	☑

Fuente: Elaboración propia

Tal y como ha establecido el Consorcio de Transportes de Almería para los autobuses interurbanos, en la **Ilustración 5**, se muestra la ruta de la línea 102 en sentido ida, donde se observa lo siguiente:

- Primera parada: los pasajeros suben al autobús.
- Desde la segunda hasta la quinta parada: los pasajeros sólo pueden subir al autobús porque este se encuentra en ámbito urbano.



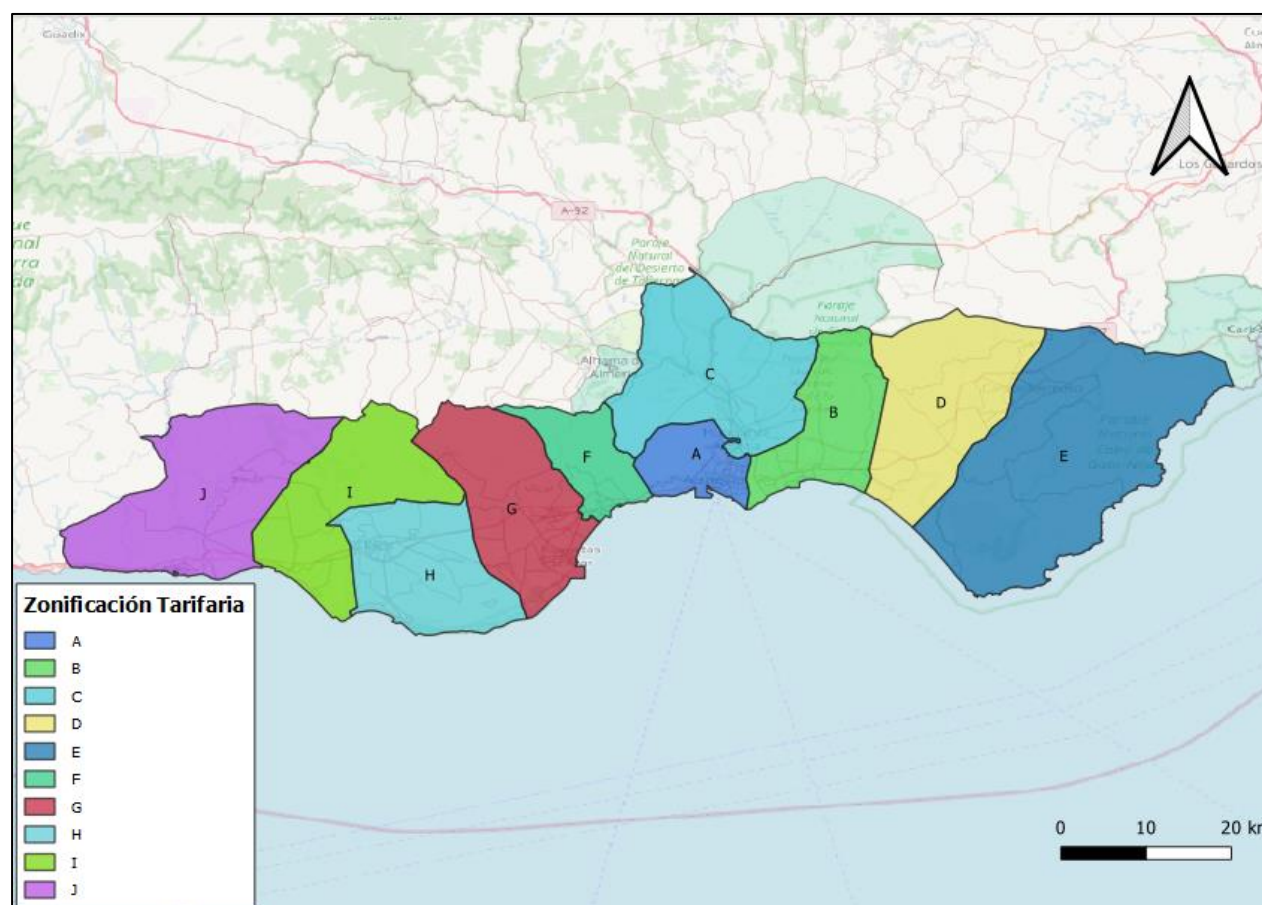
- Desde la sexta parada hasta la última: los pasajeros pueden subir y bajar del autobús sin restricción, ya que el autobús urbano no opera en estas paradas.

En lo descrito anteriormente, se evidencia en la casilla “Profile Point” de la **Ilustración 5**, donde las paradas de la ruta que están consideradas en el recorrido del Autobús se encuentran seleccionadas o marcadas. En ese sentido, las paradas que no están seleccionadas representan una restricción para que el pasajero pueda subir y bajar del autobús en estas paradas, esto último se puede ver representado en las casillas “Board” y “Alight” de dicha imagen, que para el caso mencionado no están habilitadas para su selección estas dos opciones. Este proceso de restricciones de subidas y bajadas se realizó para cada una de las líneas interurbanas y urbanas del modelo.

### B. Sistema Tarifario

El Sistema Tarifario del modelo del Área Metropolitana de Almería se compone en su totalidad de diez zonas tarifarias (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J), tal y como se muestra en la **Ilustración 7**:

Ilustración 7. Zonificación Tarifaria del Área Metropolitana de Almería



Fuente: Elaboración propia

El consorcio de Transportes establece un Sistema Tarifario Integrado que permite integrar a todos los operadores de transporte que operan en el Área Metropolitana de Almería. Es por ello por lo que se establece

una tarifa zonal en función de los movimientos realizados entre las zonas A, B, C, D, E, F, G, H, I y J en las que se divide el ámbito del Área Metropolitana de Almería, pudiendo realizar hasta 8 saltos.

Para la codificación de las tarifas en Visum, al existir un sistema tarifario integrado y billetes combinados entre los tres sistemas de transporte, el cambio de operador dentro de un mismo viaje no supone el pago de un nuevo billete, de modo que se comparten tarifas entre diferentes operadores y se permiten los transbordos entre ellos sin penalización (a excepción de si el transbordo se realiza en un tiempo superior a 60 minutos).

Para ello se han codificado diferentes billetes en función de las zonas atravesadas, obteniéndose el precio del billete del pasajero en función de una media ponderada de la cantidad de personas viajeras y tipo de billete que utilizan, según la información que ha sido remitida por cada operador de transporte público.

Como resultado se obtiene la siguiente tabla resumen con cada una de las tarifas en función de los saltos realizados y por sistema de transporte:

Tabla 7. Sistema Tarifario en función del nº de saltos realizados por Sistema de Transporte

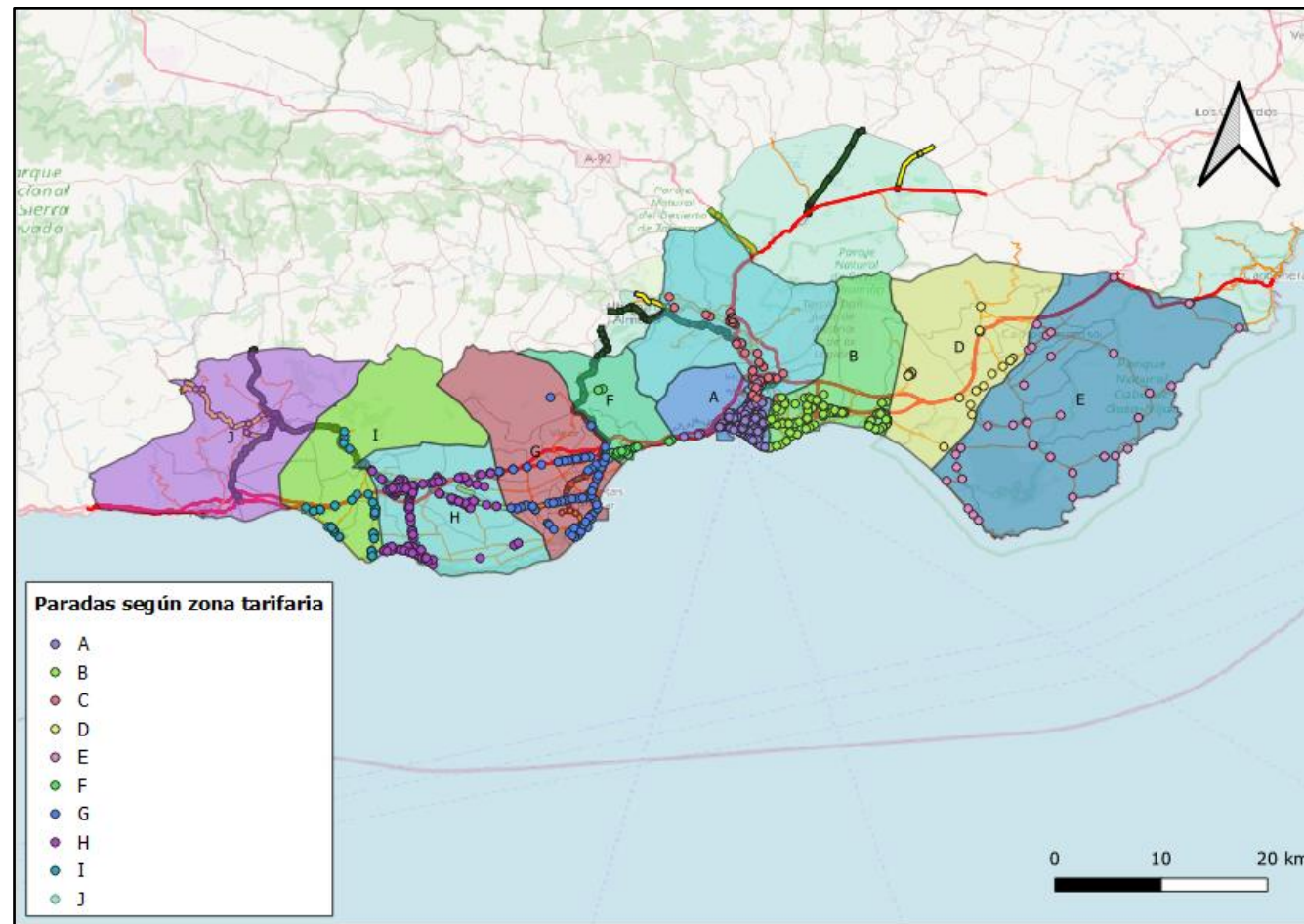
	Nº de saltos realizados								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
BUS URBANO DE ALMERÍA	1.25 €	1.25 €	-	-	-	-	-	-	-
BUS INTERURBANO DE ALMERÍA	1.07 €	1.07 €	1.65 €	2.44 €	3.06 €	4.04 €	4.56 €	5.39 €	6.04 €
BUS URBANO DE EL EJIDO	1.16 €	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de la información recibida acerca del grado de penetración en de cada título de transporte y las tarifas vigentes para un día laborable tipo de febrero de 2022

A continuación, se muestran las distintas paradas diferenciadas por colores según la zona tarifaria en la que se encuentran:



Ilustración 8. Paradas de Transporte público según la Zona Tarifaria



Fuente: Elaboración propia

### C. Demanda de Transporte Público

En cuanto a la demanda de Transporte Público, se ha obtenido la demanda por línea de transporte. Esta demanda se ha calculado para un DLT de febrero de 2022, para 24h, sirviendo de base la información facilitada por los operadores de transporte público. A continuación, se detalla la demanda diaria por línea de transporte:

Tabla 8. Demanda de 24h por línea de transporte público utilizadas en el proceso de calibración del modelo base

Sistema de Transporte	Línea	Demanda 24h (personas viajeras)
Autobús Interurbano	BI-101	492
	BI-102	296
	BI-103	67
	BI-104	65
	BI-105	100

Sistema de Transporte	Línea	Demanda 24h (personas viajeras)
	BI-106	10
	BI-108	34
	BI-201	84
	BI-202	115
	BI-203	102
	BI-211	318
	BI-212	59
	BI-213	6
	BI-301	656
	BI-320	4
	BI-330	2,532
	BI-333	124
	BI-334	279
	BI-336	284
	BI-351	67
	BI-354	36
	BI-356	116
	BI-370	785
	BI-372	-
	BI-373	25
BI-380	1,297	
BI-381	62	
BI-383	121	
BI-999	473	
Autobús Urbano de Almería	BU_1	2,220
	BU_11	12,269
	BU_12	13,966
	BU_15	132
	BU_18	20,770
	BU_19	-
	BU_2	12,448
	BU_20	7,796
	BU_21	54
	BU_3	2,619
	BU_30	6,251
	BU_31	750
	BU_4	1,074
BU_5	8,939	



Sistema de Transporte	Línea	Demanda 24h (personas viajeras)
	BU_6	9,301
	BU_7	10,046
	BU_8	-
Autobús Urbano de El Ejido	BU_EJI_11	207
	BU_EJI_21	267
	BU_EJI_31	129
	BU_EJI_41.1	76
	BU_EJI_51	131
	BU_EJI_61	5
	BU_EJI_71	7
	BU_EJI_81	6

Con relación con los datos de pasajeros subidos y bajados, se presentan por ruta de línea de los autobuses interurbanos, así como también por ruta de los autobuses urbanos. Como se puede observar, en la *Figura 4.6.3* se encuentra el origen de la referencia, no se cuenta con los datos de subidos (entrada) y bajados (salida) de las siguientes líneas de transporte:

- BI-372 - Autobús Interurbano
- BU\_19 - Autobús Urbano de Almería
- BU\_8 - Autobús Urbano de Almería

Al igual que para la demanda, se han desagregado los datos para 24h, una vez más, sirviendo de base la información facilitada por los operadores de transporte público.

#### 4.6.4. Calibración del modelo base

Una vez identificada la oferta y la demanda de transporte en el ámbito objeto de estudio, en este epígrafe se presenta la etapa de calibración del escenario base del modelo de transportes. Esta etapa tiene como objetivo que el modelo simule la realidad observada con el nivel de representatividad suficiente para el objeto del mismo, siempre acorde con lo que la información de partida permita.

El proceso de calibración consiste, en el caso del transporte privado, en realizar ajustes para lograr que los volúmenes de tráfico y velocidades que resulten del proceso de asignación de tráfico sean semejantes a los tráficos y velocidades observados que han sido derivados de los equipamientos ITS y fuentes de información externas para el Día Laborable Tipo (DLT) bajo estudio. De forma similar, para el caso del transporte público, el proceso de calibración consiste en conseguir que la demanda de las líneas de transporte público observadas y modelizadas sean semejantes y el comportamiento de las personas usuarias de transporte público modelizado (número de transbordos, tiempos de acceso y dispersión, etc.) refleje lo observado en la realidad. Para ello, se precisó realizar las siguientes actividades:

- Comprobar los atributos de cada arco a través del método de visualización gráfica del modelo (velocidades, número de carriles, tipo de arco, etc.).
- Codificación de funciones volumen-demora.
- Elección del método de asignación y codificación de las formulaciones de elección de ruta, tanto para la asignación de transporte privado como para la asignación de transporte público.
- Depuración de errores de codificación de la oferta y demanda de transportes.
- Ajuste de las matrices de demanda a aforos.
- Comprobación de las demoras asociadas a cada arco después de la asignación. Estas demoras deben ser coherentes y similares a las demoras de datos reales observados.
- Comprobar que las intensidades medias diarias simuladas presenten una correlación adecuada con los flujos observados por los equipamientos ITS y los datos de transporte público, adaptando las funciones de demora y propiedades de cada tramo.
- Comprobar que las matrices ajustadas de transporte privado y público sean coherentes con los datos de demanda global de telefonía móvil y con la encuesta domiciliaria realizada en el ámbito de estudio, llegando a la conclusión con el modelo de transportes calibrado de que todas las fuentes de información encajan, constituyendo el modelo de transportes una imagen de la movilidad en el Área Metropolitana de Almería de un día laborable tipo de febrero de 2022.

En lo referente al transporte privado este proceso iterativo no finalizará hasta lograr que los volúmenes de tráfico y velocidades que resulten del proceso de asignación del tráfico con el modelo base sean semejantes a los tráficos y velocidades observados por las estaciones de aforo en el ámbito de estudio, así como también lograr una elección de ruta y tiempos de recorrido similares a los observados en la realidad, todo ello de acuerdo a la *Nota de Servicio 5/2014 de Prescripciones y recomendaciones técnicas para la realización de estudios de tráfico de los Estudios Informativos, Anteproyectos y Proyectos de carreteras*.

En lo referente al transporte público este proceso iterativo no finalizará hasta lograr que la demanda de cada línea de transporte público modelizada sea semejante a la observada.

#### A. Implementación de las funciones volumen-demora

Las funciones intensidad-demora permiten simular los efectos de la congestión en la selección de ruta en la etapa de asignación de transporte privado. Dado que cada arco tiene codificada una capacidad teórica máxima y una velocidad máxima en flujo libre, estas funciones calculan la velocidad en congestión (tiempo que se tarda en atravesar el arco en condiciones de congestión) de cada uno de los arcos en función de su velocidad en flujo libre y la ratio intensidad/capacidad (grado de saturación), es decir, que, a mayor intensidad, menor va a ser la velocidad en congestión que el modelo considere para cada arco.

Una de las funciones más usadas para este tipo de trabajos es una función cónica propuesta por Heinz Spiess en 1990 como una alternativa para la mejora de los resultados que se obtienen con la función BPR, función muy usada en este tipo de estudio. La función cónica, seleccionada para el modelo confeccionado en este plan, incrementa el tiempo necesario en atravesar un arco a medida que aumenta la relación



Fuente: Elaboración propia

intensidad/capacidad, determinando que cuando la ratio volumen/capacidad es igual 1 (capacidad máxima teórica) la velocidad en congestión es la mitad de la velocidad en flujo libre. Para valores de la relación volumen/capacidad > 1 la velocidad en congestión disminuye radicalmente, al haberse alcanzado la capacidad máxima de la vía. La formulación de la función cónica es:

$$t_{cur} = t_0 \cdot [2 + \sqrt{a^2(1 - sat)^2 + b^2} - a \cdot (1 - sat) - b]$$

Donde:

$t_0$  = Tiempo de viaje en flujo libre

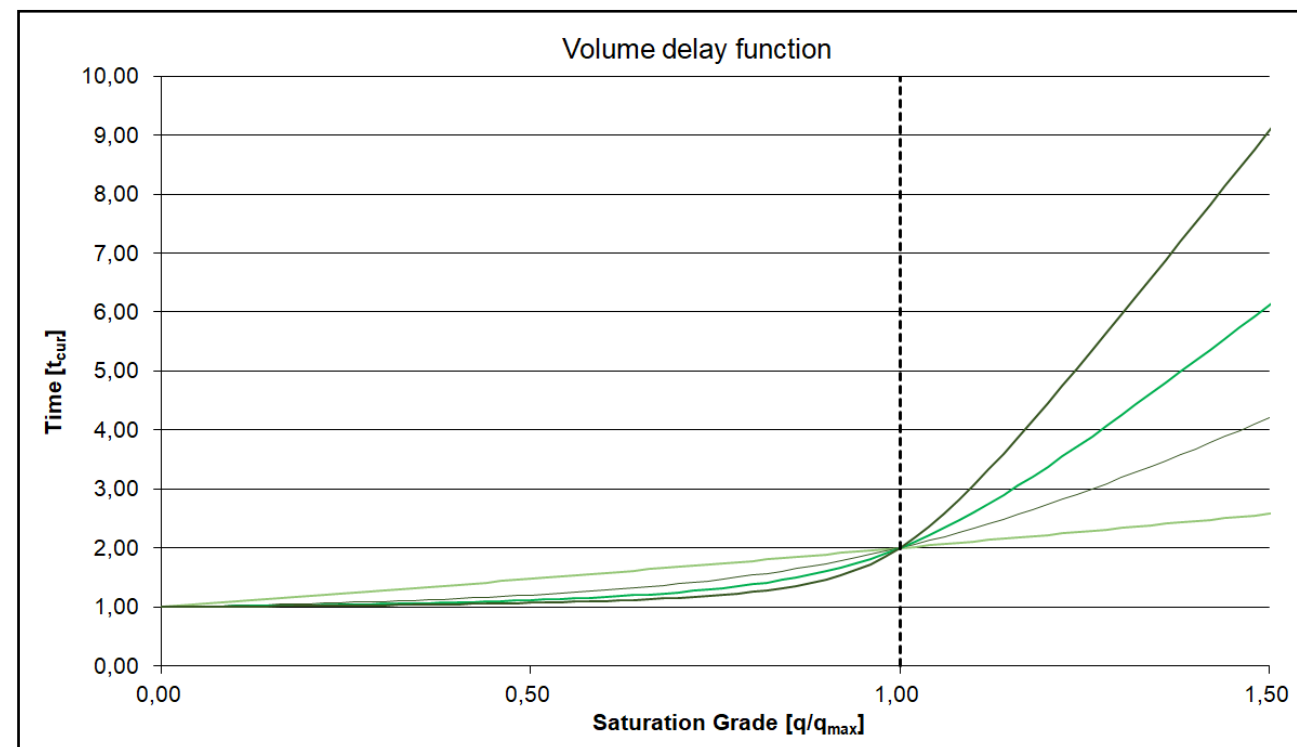
$a, b$  = Parámetros que definen la congestión que tiene sobre la vía la modificación del tiempo de viaje;

$$b = \frac{2a - 1}{2a - 2}$$

$$sat = \text{Capacidad de la vía}; \quad sat = \frac{q}{q_{max} \cdot c}$$

$t_{cur}$  = Tiempo de viaje en función de la capacidad y volumen asignado

Ilustración 9. Gráfica de la función cónica. El eje de abscisas representa la ratio intensidad/capacidad. El eje de ordenadas muestra por cuánto se va a multiplicar el tiempo para cada grado de saturación.



Los coeficientes a y c de las funciones cónicas empleadas varían en función de la tipología de la vía, asignando estos coeficientes a las diferentes categorías de arcos que existen en nuestro ámbito de estudio.

Se han introducido en el modelo cinco funciones cónicas que varían en función de esos coeficientes, a fin de penalizar las categorías de arcos que tengan asociado un coeficiente a superior, de manera que las categorías con mayor coeficiente a tienen una mayor vulnerabilidad a la hora de sufrir congestión por su capacidad. A continuación, se muestra una tabla resumen de las diferentes funciones cónicas que se han empleado en el modelo y las categorías de arcos a las que están asociadas:

Tabla 9. Funciones cónicas y sus coeficientes en relación a la categoría del link

Número de la función	Categoría de link
Función 1 a= 13 y c=1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red de carreteras del estado: Autopistas y Autovías de alta capacidad</li> </ul>
Función 2 a= 12 y c=1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red Básica Estructurante</li> <li>Red Intercomarcal</li> </ul>
Función 3 a= 10 y c=1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red Complementaria</li> <li>Red Complementaria Metropolitana</li> </ul>
Función 4 a= 6 y c=1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red Provincial</li> </ul>
Función 5 a= 4 y c=1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red Urbana Estructural</li> <li>Red Urbana Troncal</li> <li>Red Urbana Colectora</li> <li>Red Urbana Local</li> <li>Residencial</li> <li>Camino</li> <li>Red Viario Autonómico no Catalogado</li> </ul>



Fuente: Elaboración propia

### B. Método de Asignación

El método de asignación de los viajes a la red implica cargar las matrices de demanda en la red de transporte ofertada, por lo que corresponde con uno de los pasos más importantes de cualquier modelo macroscópico.

El modelo desarrollado integra dos métodos de asignación, uno para transporte privado y otro para transporte público:

- **Transporte Privado:**

Para el transporte privado se integra en el modelo realizado un método de asignación en el que mediante un proceso iterativo se persigue que cada usuario elija la ruta que perciba como la mejor, es decir, aquella que minimiza su coste generalizado de viaje. Pese a que existen otros métodos de asignación basados en el equilibrio, en este modelo se ha empleado el método de asignación del software Visum denominado “Equilibrio de Usuario Estocástico (SUE)”, debido a que tiene un efecto más realista porque no siempre escoge la ruta con menor coste. Esto lleva consigo un coste computacional mayor del modelo de

macrosimulación, ya que existen más rutas donde elegir. Este método se explica a continuación:

*“... El procedimiento de asignación estocástica supone que los viajeros en vehículo en principio seleccionan el mejor camino, pero con una evaluación individual diferente del camino debido a una información incompleta de la red. En la asignación estocástica del vehículo, la demanda es distribuida de acuerdo a los caminos encontrados usando modelos de distribución del tipo Logit, Kirchoff, Box-Cox, Lohse. Para tomar en cuenta la similitud espacial en los caminos durante la distribución, una medición semejante está determinada por la superposición de los caminos y su ajuste es llamado C-Logit. Comparando con el método de asignación de equilibrio de usuario (EU), hay más caminos seleccionados cargando aún en la red más lenta en la asignación estocástica, debido a que una parte de la demanda está también asignada a un camino no óptimo debido al modelo de distribución. En todos los casos, esta propiedad es más cercana a la realidad que estrictamente aplicando el primer principio de Wardrop...”<sup>2</sup>*

Las características del modelo y el uso del método de asignación propuesto implican la consideración de los siguientes elementos:

- Dado que entre el mismo par origen - destino existirá más de un camino, se utilizará el método de asignación estocástica, siendo el modelo Kirchoff) el modelo de distribución de la demanda seleccionado.

- La impedancia se ha corregido de acuerdo al método "C-Logit".<sup>3</sup>

Ilustración 10. Parámetros del método de asignación de transporte privado introducidos en el modelo base

Choice model	=	Kirchoff
Utility U	=	$R^{-\beta}$
R	=	Imped. of a route
$\beta$	=	4

- **Transporte Público:**

Para el transporte público, el método de asignación utilizado es el “Timetable-based assignment”, el cual se basa en los horarios del transporte público, teniendo en cuenta todos los servicios de las líneas de transporte público con sus horas exactas de salida y llegada.

Este método tiene en cuenta la coordinación del horario, pues en la búsqueda de conexiones para cada par OD, los pasajeros disponen de información sobre los horarios y eligen su hora de acceso en función de la primera salida de las líneas de transporte público. Gracias al conocimiento de los horarios y servicios, este método garantiza así resultados de cálculos muy precisos.

La impedancia se calcula en función del “Perceived journey time” (PJT), el cual depende de los siguientes factores:

<sup>2</sup> PTV Visum, Software, 2021.

<sup>3</sup> Cascetta, 1996.



Ilustración 11. Parámetros de asignación de transporte público introducidos en el modelo base

Perceived journey time (PJT) =						
Number	Coefficient	Attribute		BoxCox	Lambda	
	1,00	In-vehicle time	*	1.0	<input type="checkbox"/>	1,00
+	1,00	PuT-Aux ride time	*	1.0	<input type="checkbox"/>	1,00
+	1,20	Access time			<input type="checkbox"/>	1,00
+	1,20	Egress time			<input type="checkbox"/>	1,00
+	1,00	Walk time			<input type="checkbox"/>	1,00
+	2,20	Origin wait time		Parameters	<input type="checkbox"/>	1,00
+	2,20	Transfer wait time		Parameters	<input type="checkbox"/>	1,00
+	60min	Number of transfers	*	Fomula	<input type="checkbox"/>	1,00
+	0min	Number of operator changes		Parameters	<input type="checkbox"/>	1,00
+	0,00	Extended impedance		Parameters	<input type="checkbox"/>	1,00

Fuente: PTV Visum

Por lo tanto, la Impedancia será la suma del PJT más la tarifa, la cual se introduce como un factor que representa el valor del tiempo, siendo éste en este caso de 5€/hora, estimado a partir de las características socioeconómicas y conocimientos generales que se tienen del ámbito de estudio:

Ilustración 12. Fórmula para el cálculo de la Impedancia de transporte público

Impedance =		
Number	Coefficient	Attribute
	1.00	PJT [min]
+	12.00	Fare
+	1.00	DeltaT(early) [min]
+	1.00	DeltaT(late) [min]

Fuente: PTV Visum

Se han vinculado los tiempos en transporte público a los tiempos en transporte privado con el objetivo principal de que se tenga en cuenta la congestión de la vía para el cálculo de los mismos.

### C. Proceso de ajuste de las matrices de demanda

Posteriormente a la obtención de las matrices iniciales de este modelo, se ha llevado a cabo un proceso de ajuste de las matrices iniciales, conocido en inglés como *Matrix Estimation* (ME). Este proceso se ha llevado a cabo de forma controlada para garantizar que la estructura previa de la matriz se mantenga después de haberlo realizado.

Para el transporte privado, este procedimiento toma como base los datos de aforos de los equipamientos ITS disponibles en el ámbito de estudio, para así intentar ajustar las matrices a esos datos. Este procedimiento se realiza para cada categoría de vehículo modelizado.

Tal y como se ha comentado en el apartado **3.5. Transporte Privado**, para el ajuste de las matrices se han empleado los datos de aforos de cinco fuentes distintas:

- Aforos pertenecientes al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).
- Aforos pertenecientes a la Dirección General de Tráfico (DGT).
- Aforos pertenecientes a la Junta de Andalucía.
- Aforos pertenecientes al Ayuntamiento de Almería.
- Aforos de trabajo de campo.

Para el transporte público, este procedimiento de ajuste de matrices toma como base la demanda total de cada una de las líneas de transporte público imputadas en el modelo, la cual se encuentra modelizada para un DLT de febrero de 2022 (modelo base).

#### 4.6.5. Validación del modelo base

Tras la calibración, la siguiente fase es la validación del modelo, que tiene por objeto la verificación de la asignación realizada y la garantía de que el modelo macroscópico sea adecuado para la simulación de escenarios. Es por ello que se consigue contrastar la realidad y la simulación con datos de variables representativas independientes del paso de la calibración.

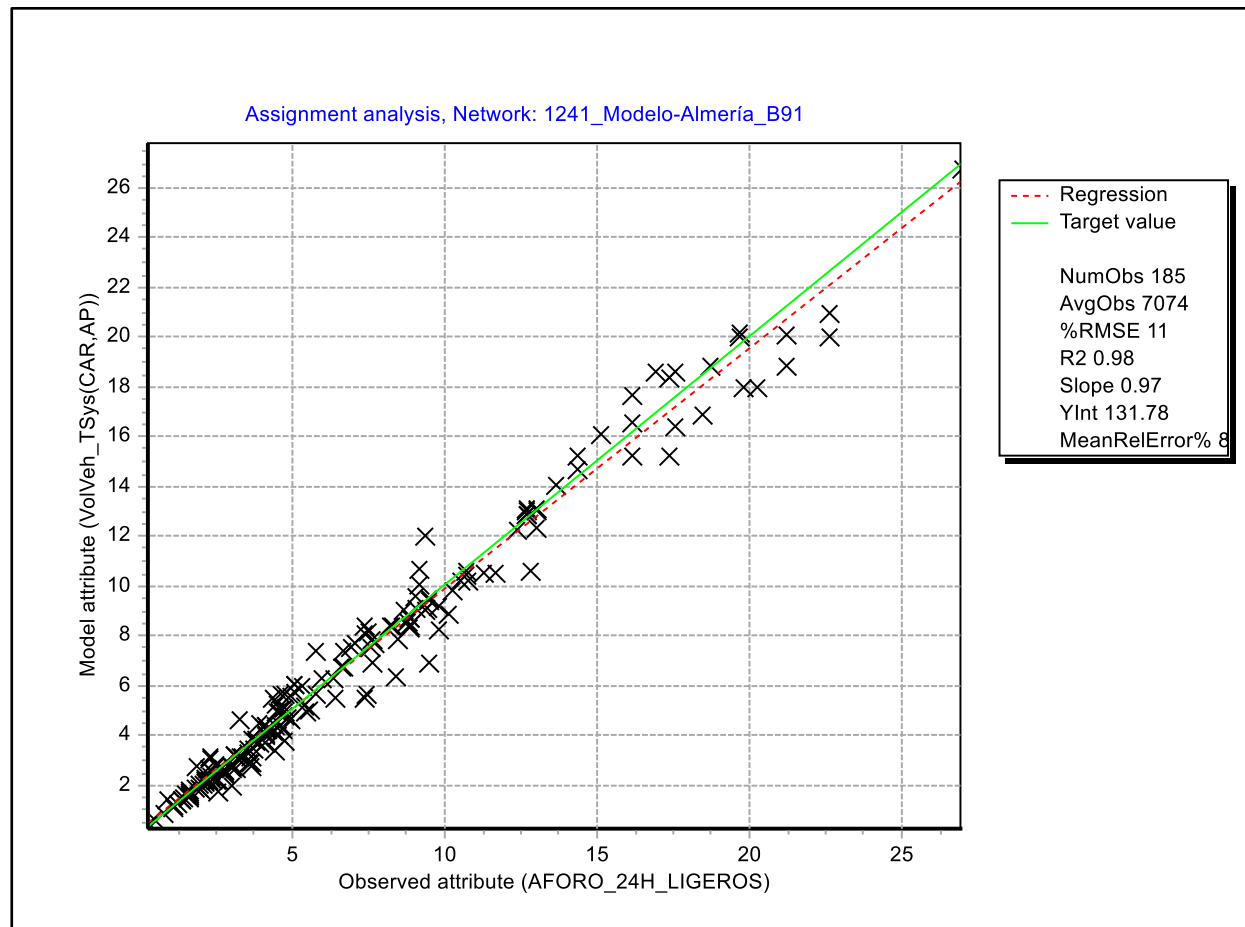
Para el transporte privado, el proceso de validación, tal y como se expone en la Nota de Servicio 5/2014 de Prescripciones y recomendaciones técnicas para la realización de estudios de tráfico de los Estudios Informativos, Anteproyectos y Proyectos de carreteras, se realiza mediante el empleo del **análisis de regresión** que se resume a continuación:

- Se debe realizar la asignación sobre la red del año base
- Se debe realizar un gráfico donde se muestren las parejas de valores de volúmenes de tráfico obtenidos en cada tramo mediante la asignación (eje vertical) y mediante la observación real mediante aforos (eje horizontal). Para ello se ajustará una recta de regresión con los valores del gráfico anterior y se comprobará que:
  - El valor de la pendiente es cercano a 1.
  - El valor de interceptación del eje vertical es cercano a 0.
  - El coeficiente de determinación R2 sea deseablemente mayor que 0,7.

A continuación, se presenta el análisis de regresión de la asignación de los vehículos ligeros y de los vehículos pesados pertenecientes al transporte privado:



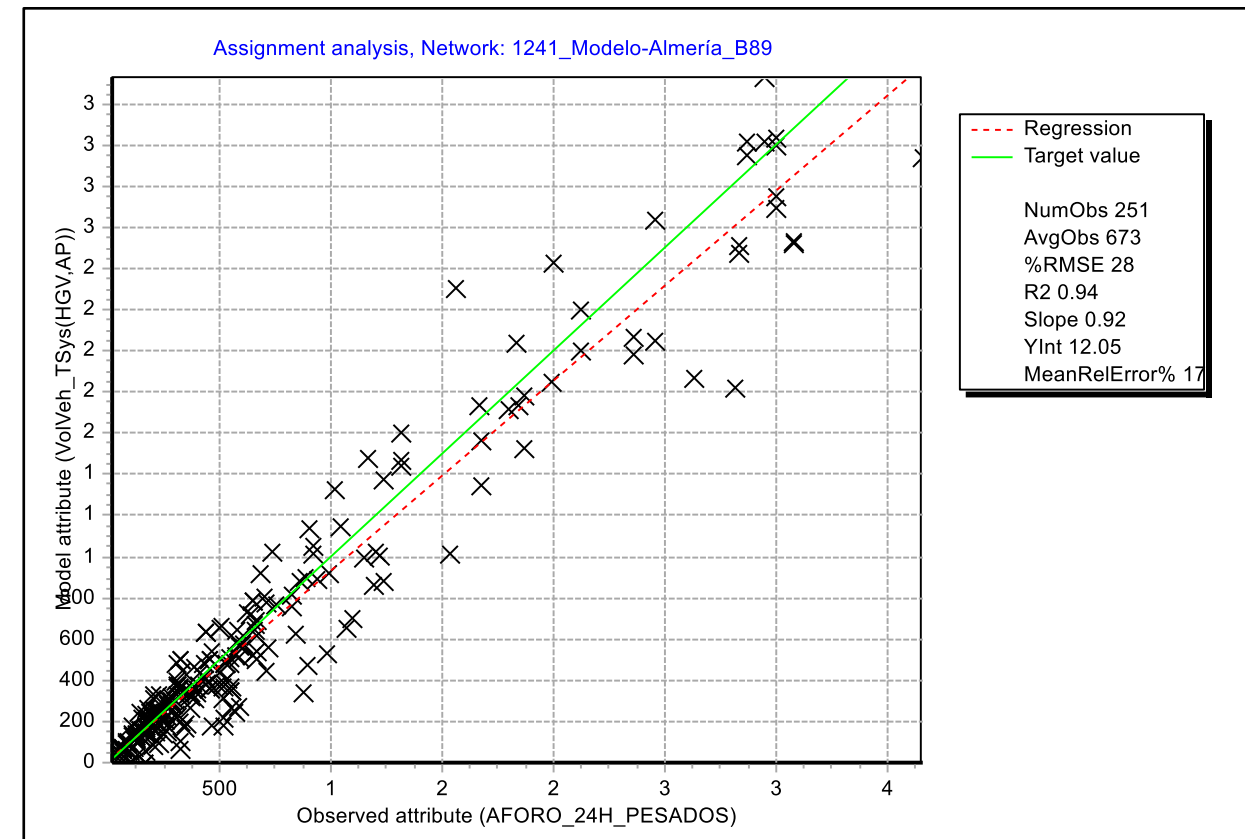
Ilustración 13. Resultado del análisis de regresión de los vehículos ligeros observados y modelizados



Fuente: Elaboración propia

En base a las anteriores premisas, la **Ilustración 13** presenta el análisis de regresión relativo a la asignación de los vehículos ligeros. Como se puede observar, el valor de la pendiente es de 0.97 y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es 0.98, por lo que se considera que la demanda se ajusta bien a los datos observados.

Ilustración 14. Resultado del análisis de regresión de los vehículos pesados observados y modelizados



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la **Ilustración 14** muestra el análisis de regresión para los vehículos pesados. En este sentido, el valor de la pendiente es de 0.92 y el coeficiente de determinación  $R^2$  es 0.94, por lo que también se considera que la demanda se ajusta bien a los datos observados.

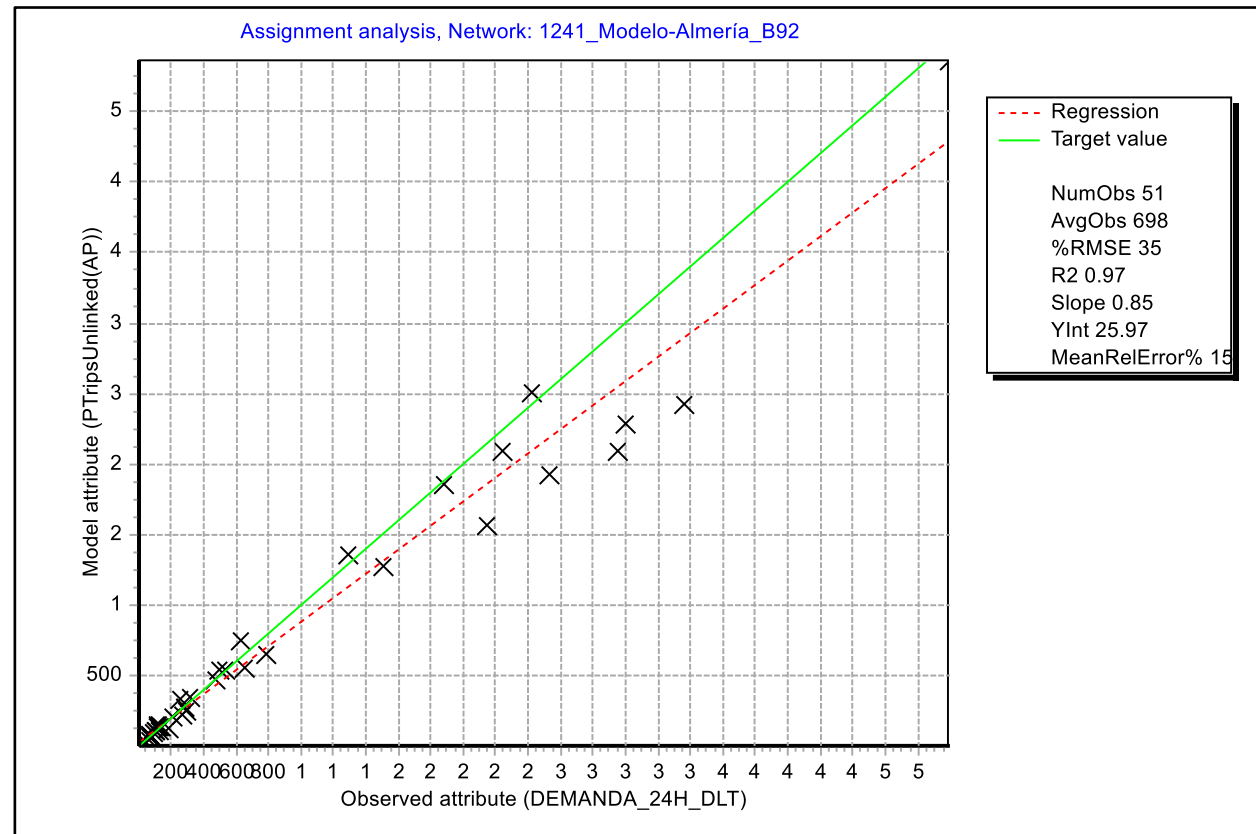
Para el transporte público, en ausencia de normativa nacional al respecto, el proceso de calibración/validación ha consistido en comprobar que se simulan los siguientes indicadores relacionados de forma realista:

- Elección de ruta.
- Nº de transbordos realizados en el ámbito de estudio.
- Dinámica de la ejecución de transbordos en los puntos clave.
- Tiempo total de los viajes realizados.
- Tiempo de caminata del peatón para realizar transbordos.

A continuación, se presenta el análisis de regresión de la asignación de la demanda de líneas de transporte público:



Ilustración 15. Resultado del análisis de regresión de la demanda diaria observada y modelizada en las líneas de transporte público



Fuente: Elaboración propia

El análisis de regresión muestra un valor de la pendiente de 0.85 y el coeficiente de determinación  $R^2$  es 0.97, por lo que se considera que la demanda de transporte público se ajusta bien a los datos observados.

Tras todo lo expuesto podemos afirmar que el modelo base (febrero 2022) del Plan Metropolitano de Transportes del Área Metropolitana de Almería queda validado tras un proceso minucioso de calibración y en consecuencia, se considera apto para su uso en la modelización de los escenarios futuros que nutran el PTMAAL.



## 5. Escenarios Futuros

### 5.1. Proyección de las variables socioeconómicas

La definición del horizonte temporal del Plan de Movilidad, que es el foco de este proyecto, se ha ejecutado considerando las siguientes premisas:

1. La selección del horizonte temporal permite una planificación del sistema de transporte con un rango temporal considerable.
2. Facilita una comprensión sólida de los procesos de desarrollo territorial y urbanístico previstos, que darán lugar a la movilidad que requerirá una atención precisa.
3. Además, proporciona un grado razonable de certidumbre en cuanto a los procedimientos de proyección de la demanda y los efectos de las estrategias de transporte basadas en los modelos de demanda disponibles.

En la definición de los nuevos escenarios, junto con las futuras infraestructuras planificadas, es esencial considerar el aumento en la movilidad dentro de la región. Para abordar este aspecto, se han diseñado cuatro modelos distintos en función del propósito de los viajes en cada caso:

1. Desplazamientos desde el hogar con motivo de trabajo (HBW).
2. Desplazamientos desde el hogar con motivo de estudio (HBS).
3. Desplazamientos desde el hogar por otras razones (HBO).
4. Desplazamientos por cualquier motivo que no comienzan en el hogar ni terminan en el hogar (NHB).

El propósito subyacente de cada modelo concebido es, en consecuencia, identificar las variables socioeconómicas que desempeñan un papel en la evolución de la movilidad en el Área Metropolitana de Almería.

Tabla 10. Variables socioeconómicas analizadas

Variables socioeconómicas analizadas		
1. Población	2. Parque de vehículos	3. Nº de estudiantes de centros públicos y privados
4. Afiliados a la SS por lugar de trabajo	5. Afiliados a la SS por lugar de residencia	6. Plazas hoteleras
7. Renta bruta media declarada por los contribuyentes	8. Metros cuadrados de viviendas totales	9. Metros cuadrados de uso industrial
10. Metros cuadrados utilizados como oficinas	11. Metros cuadrados utilizados para comercio	12. Metros cuadrados de uso cultural
13. Metros cuadrados dedicados a espectáculos	14. Metros cuadrados dedicados a uso religioso	15. Metros cuadrados de uso agrícola en recintos no residenciales

Fuente: Elaboración propia

Del análisis de las variables anteriores, los modelos desarrollados establecen que son principalmente 5 las que estadísticamente explican la evolución de la movilidad global en el ámbito de estudio:

- Afiliados a la Seguridad Social por lugar de trabajo
- Metros cuadrados de viviendas totales
- Metros cuadrados utilizados como oficinas
- Metros cuadrados utilizados para comercio

Se considera como año horizonte de análisis el año 2030.

#### 5.1.1. Afiliados a la Seguridad Social por lugar de trabajo

Para la definición de los escenarios futuros se hace necesaria la estimación de la variable de Afiliados a la Seguridad Social por lugar de trabajo para el año horizonte 2030, pues tras el análisis de todas las variables disponibles en los modelos de generación y atracción, esta toma el valor ser una de las variables significativas que explican la movilidad en el ámbito de estudio.

En la previsión de estas variables se ha optado por realizar la estimación teniendo en cuenta las previsiones de esta variable realizadas por el Instituto de Estadística de Andalucía a nivel municipal y el comportamiento histórico registrado.

Tabla 11. Afiliados a la Seguridad Social por lugar de trabajo para el año base y el año horizonte

Municipios	Afiliados a la SS por lugar de trabajo		
	2022	2030	Tasa de variación
Adra	7.296	9.718	3,65%
Alhama de Almería	1.227	1.778	4,75%
Almería (capital)	90.744	119.455	3,50%
Balanegra	1.281	3.631	13,91%
Benahadux	954	1.448	5,36%
Berja	4.320	5.519	3,11%
Carboneras	3.764	3.495	-0,92%
Dalías	1.515	1.988	3,46%
Ejido (El)	52.300	70.605	3,82%
Enix	78	22	-14,44%
Felix	125	136	1,06%
Gádor	667	727	1,08%
Huércal de Almería	7.609	10.199	3,73%
Mojonera (La)	5.798	7.878	3,91%
Níjar	16.719	23.193	4,18%
Pechina	930	1.516	6,30%
Rioja	229	208	-1,16%
Roquetas de Mar	26.291	33.971	3,26%
Santa Fe de Mondújar	132	158	2,25%
Tabernas	1.155	1.380	2,25%



Municipios	Afiliados a la SS por lugar de trabajo		
	2022	2030	Tasa de variación
Viator	5.349	6.888	3,21%
Vícar	11.117	13.467	2,43%

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2. Metros cuadrados de viviendas totales

La variable socioeconómica de metros cuadrados de viviendas sociales ha resultado ser una variable significativa que explica cómo se mueven las personas en el ámbito, especialmente los relacionados con el motivo de viaje casa (Home based). Esta relación se debe principalmente al impacto que tiene la misma sobre la movilidad del área de estudio, al influir en la distribución de la población, la accesibilidad, los patrones de viajes diarios y los efectos económicos.

Tabla 12. Metros cuadrados de viviendas totales para el año base y el año horizonte

Municipios	Superficie Vivienda Total (m2)		
	2022	2030	Tasa de variación
Adra	1.316.230	1.372.588	0,53%
Alhama de Almería	249.462	249.462	0,00%
Almería (capital)	9.605.737	10.670.336	1,32%
Balanegra	176.343	181.589	0,37%
Benahadux	223.830	224.238	0,02%
Berja	850.058	855.139	0,07%
Carboneras	657.514	696.293	0,72%
Dalías	283.389	310.119	1,13%
Ejido (El)	3.925.393	4.232.515	0,95%
Enix	67.859	67.859	0,00%
Felix	78.147	78.203	0,01%
Gádor	144.923	144.923	0,00%
Huércal de Almería	750.108	767.171	0,28%
Mojonera (La)	327.491	341.599	0,53%
Níjar	1.681.511	1.754.857	0,54%
Pechina	282.955	316.609	1,41%
Rioja	79.262	79.262	0,00%
Roquetas de Mar	5.640.757	6.047.236	0,87%
Santa Fe de Mondújar	35.144	35.144	0,00%
Tabernas	312.390	317.761	0,21%
Viator	258.127	260.548	0,12%
Vícar	1.083.611	1.088.536	0,06%

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3. Metros cuadrados utilizados como oficinas

Al igual que las dos variables anteriores, esta variable está estrechamente relacionada con los viajes que se realizan en el Área Metropolitana de Almería. Esta variable, a diferencia de la anteriormente mencionada, está estrechamente relacionada con los viajes con motivo trabajo (HBW). Esta relación se debe principalmente al impacto que tiene la misma con la actividad económica, a la distribución del empleo a lo largo de todo el ámbito y por ende en el desarrollo urbano de lugares concretos del área de estudio.

Tabla 13. Metros cuadrados utilizados como oficinas para el año base y el año horizonte

Municipios	Superficie Oficinas (m2)		
	2022	2030	Tasa de variación
Adra	24.075	26.965	1,43%
Alhama de Almería	4.006	4.488	1,43%
Almería (capital)	327.128	366.385	1,43%
Balanegra	1.718	39.648	48,05%
Benahadux	5.699	6.384	1,43%
Berja	8.591	9.623	1,43%
Carboneras	7.109	7.963	1,43%
Dalías	2.658	2.978	1,43%
Ejido (El)	185.190	39.648	-17,52%
Enix	31	2.978	76,94%
Felix	0	1	0
Gádor	3.745	4.195	1,43%
Huércal de Almería	20.913	23.424	1,43%
Mojonera (La)	11.896	39.648	16,24%
Níjar	31.832	23.424	-3,76%
Pechina	1.125	23.424	46,15%
Rioja	594	666	1,45%
Roquetas de Mar	53.764	60.217	1,43%
Santa Fe de Mondújar	956	1.072	1,44%
Tabernas	5.292	5.928	1,43%
Viator	15.135	16.952	1,43%
Vícar	35.399	39.648	1,43%

Fuente: Elaboración propia



5.1.4. *Metros cuadrados utilizados para comercio*

La variable de metros cuadrados de comercio también guarda una estrecha relación con los desplazamientos que ocurren en el Área Metropolitana de Almería, al igual que las variables mencionadas anteriormente. Sin embargo, se diferencia de estas en que su relación está más enfocada en los viajes que tienen un propósito diferente a los relacionados con estudios y empleo que comienzan o terminan en el hogar (HBO), así como los viajes que no están vinculados a las actividades de estudio, trabajo o el regreso al hogar (NHB). Esta estrecha relación se deriva principalmente de la influencia del turismo y de la dinámica social en la región.

Tabla 14. Metros cuadrados utilizados para comercio para el año base y el año horizonte

Municipios	Superficie Comercial (m2)		
	2022	2030	Tasa de variación
Adra	98.200	109.984	1,43%
Alhama de Almería	13.013	14.575	1,43%
Almería (capital)	922.770	1.047.707	1,60%
Balanegra	10.056	11.263	1,43%
Benahadux	19.873	22.258	1,43%
Berja	49.734	55.702	1,43%
Carboneras	37.444	41.937	1,43%
Dalías	7.079	7.928	1,43%
Ejido (El)	346.704	388.309	1,43%
Enix	122	137	1,43%
Felix	436	488	1,43%
Gádor	4.923	5.514	1,43%
Huércal de Almería	97.960	109.715	1,43%
Mojonera (La)	24.655	27.614	1,43%
Níjar	97.446	109.140	1,43%
Pechina	6.418	7.188	1,43%
Rioja	1.722	1.929	1,43%
Roquetas de Mar	712.253	867.403	2,49%
Santa Fe de Mondújar	266	298	1,43%
Tabernas	9.452	10.586	1,43%
Viator	18.560	20.787	1,43%
Vícar	155.069	173.678	1,43%

Fuente: Elaboración propia

5.2. **Medidas propuestas**

Con la finalidad de tomar decisiones fundamentadas sobre las acciones propuestas en este plan, se ha realizado un análisis utilizando el modelo macroscópico de transporte calibrado de cuatro etapas. Como se puede apreciar en el siguiente apartado, cada uno de los escenarios que se han evaluado consiste en un

conjunto de acciones que se han simulado para representar un día laborable tipo en invierno del año 2030. A continuación, se presentan las medidas que se han reproducido a través del software de macrosimulación PTV Visum correspondiente a cada uno de estos escenarios simulados.

Con todo ello, se han planteado cuatro escenarios de actuación para el año horizonte del presente plan:

- Escenario 1, incluye la red base existente en la actualidad más las medidas que están en desarrollo y próximas a ejecutarse antes del año horizonte del plan, con adición de la Zona de Bajas Emisiones (ZBE) de una parte del casco urbano de Almería, así como del municipio del Ejido y del municipio de Roquetas de Mar.
- Escenario 2, incluye, además de las medidas que figuran en el Escenario 1, las actuaciones propuestas por el Plan vigente, con aumento del área de actuación de las ZBE's en los tres municipios ya mencionados. De forma adicional se incluye la modelización de un servicio marítimo de conexión entre los puertos de Almería, Aguadulce y Roquetas de Mar.
- Escenario 3 incluye, además de las medidas que figuran en el Escenario 1, las actuaciones propuestas por el Plan vigente, al igual que el Escenario 2 con aumento del área de actuación de las ZBE's en los tres municipios. De forma adicional se incluye la modelización de servicios de Cercanías con rutas entre los ejes de Almería-Bajo Andarax y Poniente-Almería.
- Escenario 4, incluye, además de las medidas que figuran en el Escenario 1, las actuaciones propuestas por el Plan Vigente, al igual que el Escenario 2 y el Escenario 3, el aumento del área de actuación de las ZBE's en los tres municipios. De forma adicional se incluye la modelización de una nueva red de transporte público de altas prestaciones por carretera, con medidas de priorización del transporte público e implantación de nuevos servicios de autobús de altas prestaciones (líneas exprés).

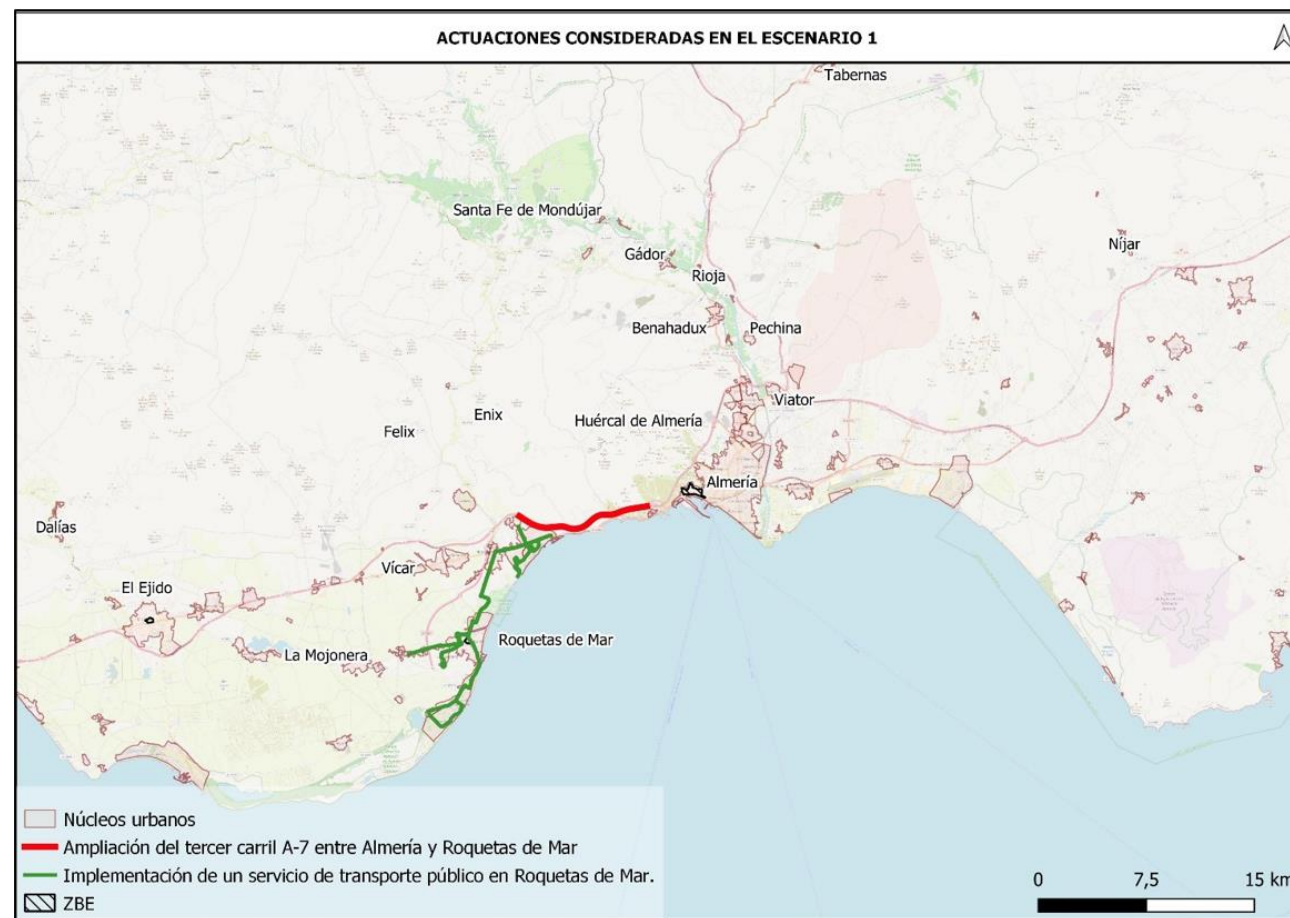
5.2.1. *Escenario 1*

Este escenario implica la ausencia de la aplicación de las medidas relacionadas con la planificación del transporte y la movilidad propuestas en el PTMAAL. Bajo esta perspectiva, se espera que la evolución previsible de las variables y parámetros de movilidad siga una trayectoria continua en comparación con la situación actual. Esto significa que solo se llevarán a cabo los cambios que ya están en proceso de desarrollo y ejecución, así como aquellos que se pondrán en marcha antes de alcanzar el año objetivo del Plan. A continuación, se presentan un resumen de las acciones aseguradas en este contexto:

- Zonas de Bajas Emisiones en ciudades que superen los 50.000 habitantes (Almería, El Ejido, Roquetas de Mar), que abarque la superficie propuesta para los fondos Next Generation y medidas asociadas.
- Implementación de un servicio de transporte público en Roquetas de Mar.
- Tercer carril A-7 entre Almería y Roquetas de Mar.

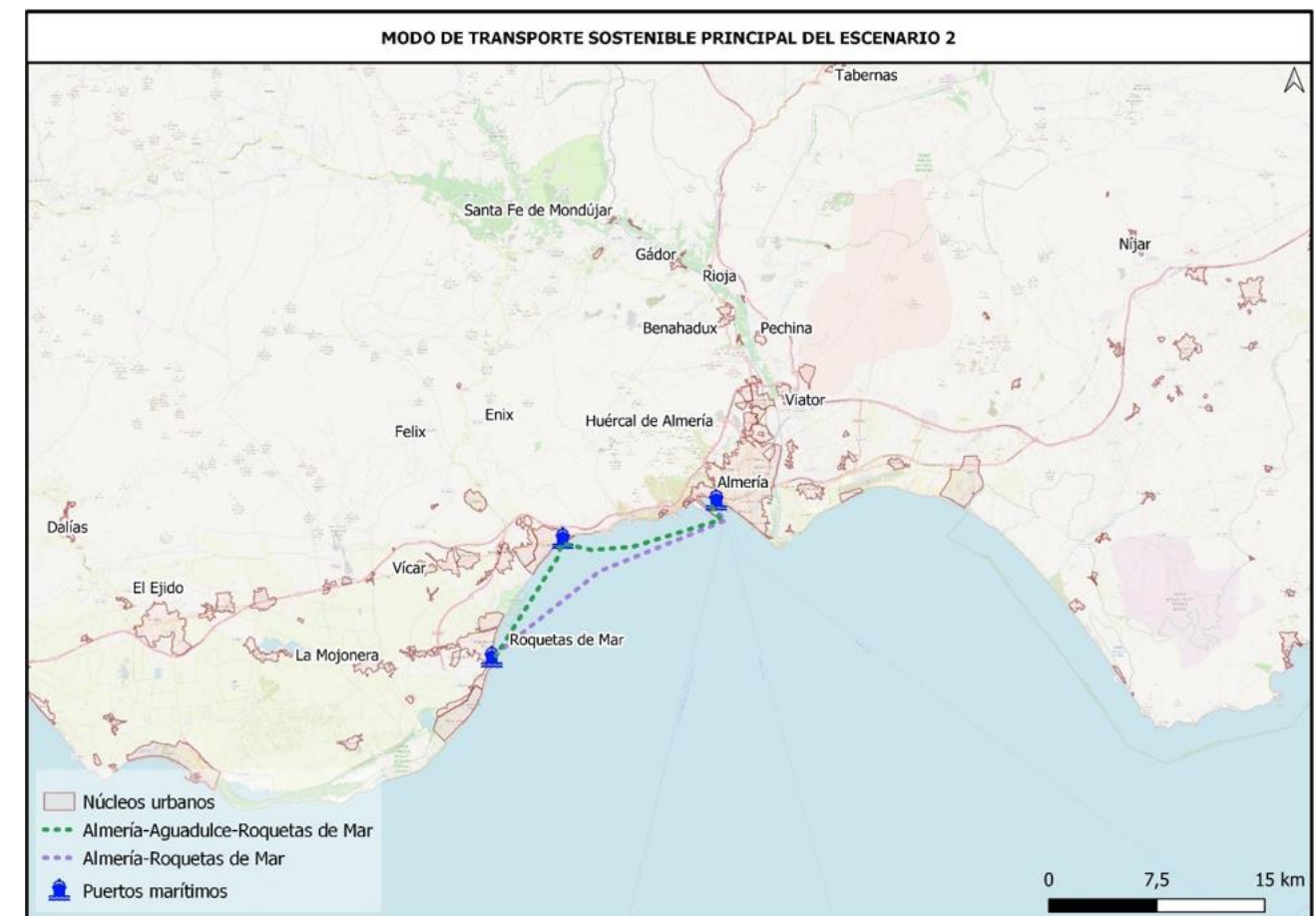


Ilustración 16. Actuaciones consideradas en el Escenario 1



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17. Actuaciones consideradas en el Escenario 2



Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2. Escenario 2

Este escenario implica la implementación de la planificación de transporte y movilidad que promueve medidas destinadas a garantizar un flujo eficiente del transporte a través de mejoras en las. Además de las medidas contempladas en el escenario anterior, este escenario incorpora un conjunto adicional de acciones propuestas por el propio Plan en lo que respecta a la red de transporte tanto privado como público:

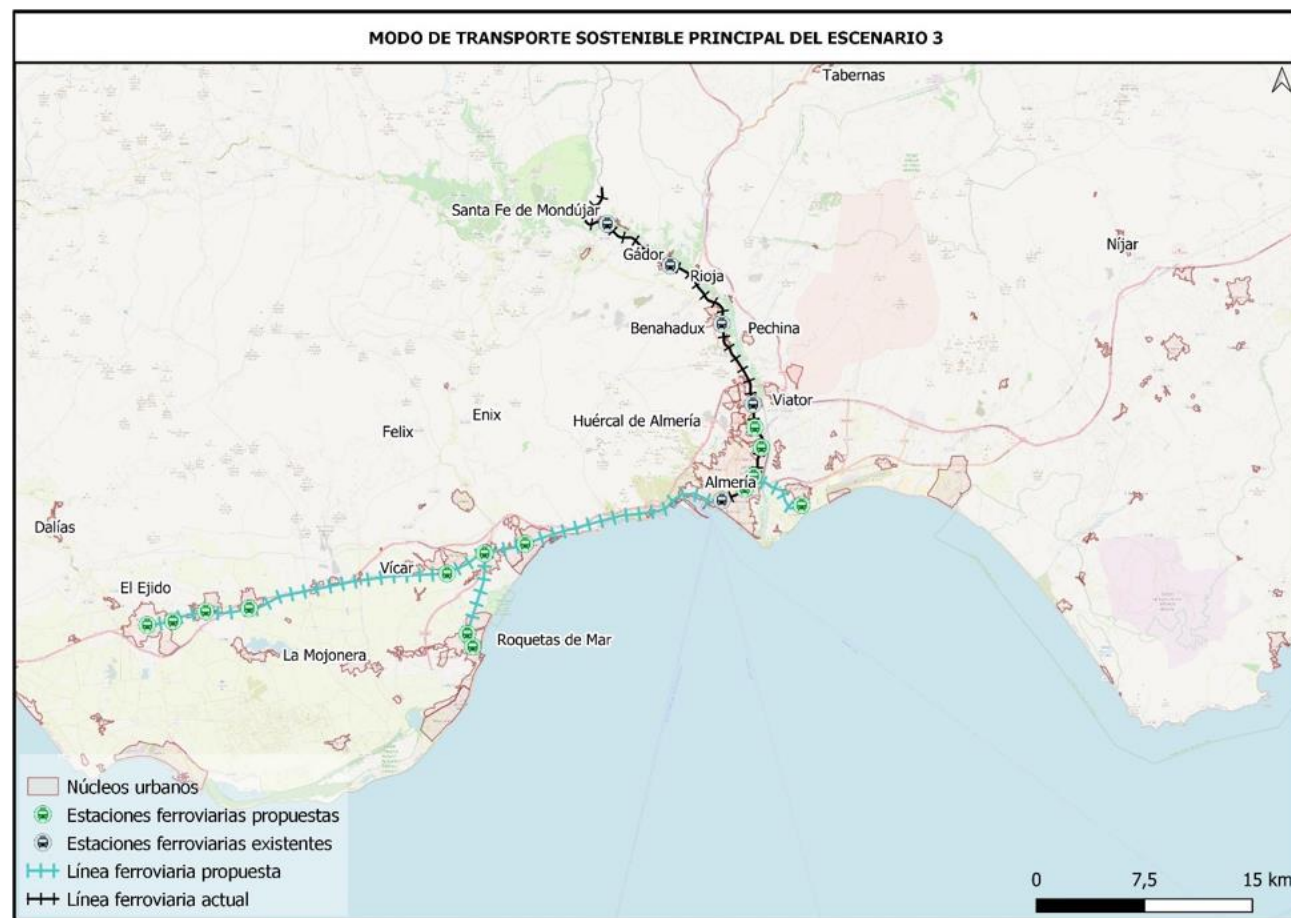
- Aumento del área de las ZBE's de los tres municipios afectados por superar los 50.000 habitantes.
- Creación de un servicio marítimo de conexión entre los puertos de Almería y Roquetas de Mar.

### 5.2.3. Escenario 3

En este escenario se incluirán las actuaciones propuestas tanto en el Escenario 1 como en el Escenario 2, a diferencia del establecimiento del servicio marítimo, que se establecerá:

- Mejora de la conexión por ferrocarril entre Almería y los municipios del Bajo Andarax:
  - o Mejora de las estaciones ferroviarias existentes.
  - o Creación de nuevas estaciones.
- Puesta en servicio de un servicio metropolitano de cercanías por ferrocarril.

Ilustración 18. Actuaciones consideradas en el Escenario 3



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19. Actuaciones consideradas en el Escenario 3



Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.4. Escenario 4

En este escenario se incluirán las actuaciones propuestas en el Escenario 1, con la ampliación de las ZBE's de los municipios afectados por tener más de 50.000 habitantes, así como:

- La creación de una red de altas prestaciones, con medidas de priorización para el transporte público:
  - o Carriles Bus y carriles Bus-VAO.
  - o Medidas de priorización semafórica.
- Implantación de áreas intermodales.
- Implantación de líneas y servicios exprés.

### 5.3. Resultados

Una vez que se han obtenido los resultados, se procede a realizar una comparación entre los distintos escenarios simulados, utilizando el Escenario 1 como punto de referencia. Este se considera la base o el "Do Nothing (DN)", ya que incorpora únicamente las medidas previamente planificadas y se basa en la hipótesis de mantener la tendencia de los últimos años para el año 2030.

Es relevante destacar que, en los Escenarios 2, 3 y 4 en los cuales se amplía la zona de implantación de la Zona de Bajas Emisiones en el área de estudio, se observa un aumento significativo en el uso del transporte público y una disminución en el uso del transporte privado. Además de esto, entre estos tres últimos escenarios se observa una diferencia notable en el reparto modal entre el vehículo privado y el transporte público, pues se comprueba que las actuaciones sobre todo en el transporte público, tengan especial relevancia en el posterior reparto modal entre todos los viajes que se realizarán en el ámbito objeto de este proyecto. Entre todos los escenarios evaluados, el Escenario 4 se destaca por ofrecer los resultados más favorables en términos de movilidad y sostenibilidad. A continuación, se muestran los resultados de los indicadores más importantes para cada uno de dichos Escenarios:

Tabla 15. Resultados de indicadores para Escenario Base y Escenarios futuros 1, 2, 3 y 4.

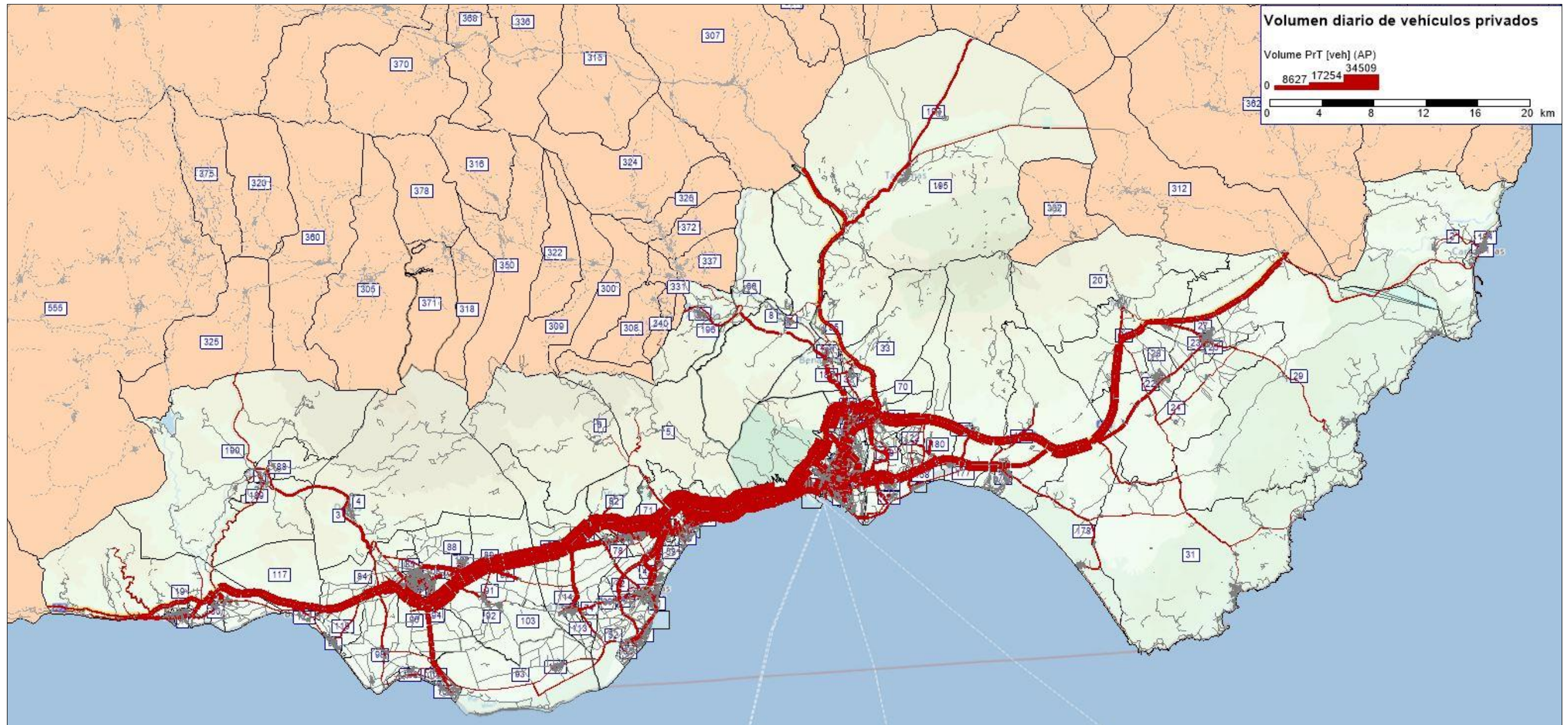
Indicador	Escenario 1	Escenario 2	Diferencia con Escenario 1	Escenario 3	Diferencia con Escenario 1	Escenario 4	Diferencia con Escenario 1
<b>Demanda Transporte Público (Pasajeros)</b>	69.310,21	121.713,71	<b>43,05%</b>	154.609,02	<b>55,17%</b>	153.348,50	<b>54,80%</b>
<b>Demanda Ligeros (Vehículos Privados)</b>	957.517,70	836.181,97	<b>-14,51%</b>	811.968,41	<b>-17,93%</b>	718.659,06	<b>-33,24%</b>
<b>Veh*h Ligeros</b>	136.068,00	118.357,00	<b>-14,96%</b>	118.453,00	<b>-14,87%</b>	106.963,00	<b>-27,21%</b>
<b>Veh*h Pesados</b>	18.156,00	18.103,00	<b>-0,29%</b>	18.128,00	<b>-0,15%</b>	18.086,00	<b>-0,39%</b>
<b>Veh*km Ligeros</b>	7.961.146,09	7.221.713,49	<b>-10,24%</b>	7.322.156,22	<b>-8,73%</b>	6.740.058,21	<b>-18,12%</b>
<b>Veh*km Pesados</b>	1.033.548,81	1.033.115,37	<b>-0,04%</b>	1.033.242,76	<b>-0,03%</b>	1.033.232,48	<b>-0,03%</b>

Fuente: Elaboración propia tras la obtención de resultados del modelo

A continuación, se incluyen imágenes obtenidas con el software de simulación PTV Visum donde se muestra para el escenario 4 (escenario seleccionado para el Plan) las arañas de tráfico en vehículo privado y transporte público:



Ilustración 20. Flujo de Tráfico de vehículos privados del Escenario 4 del Plan.



Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta PTV VISUM



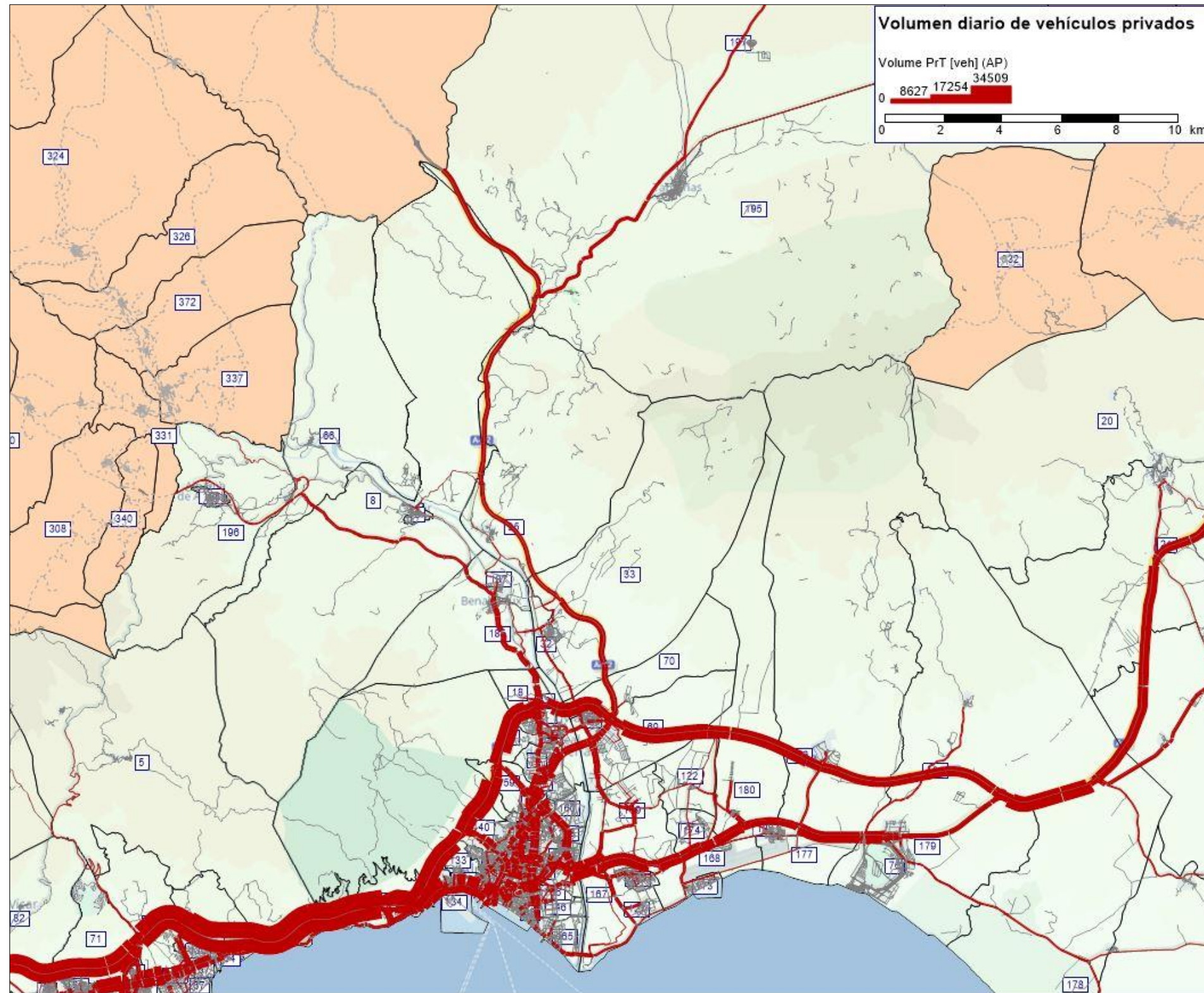
Ilustración 21. Flujo de Tráfico de vehículos privados del Escenario 4 del Plan.



Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta PTV VISUM



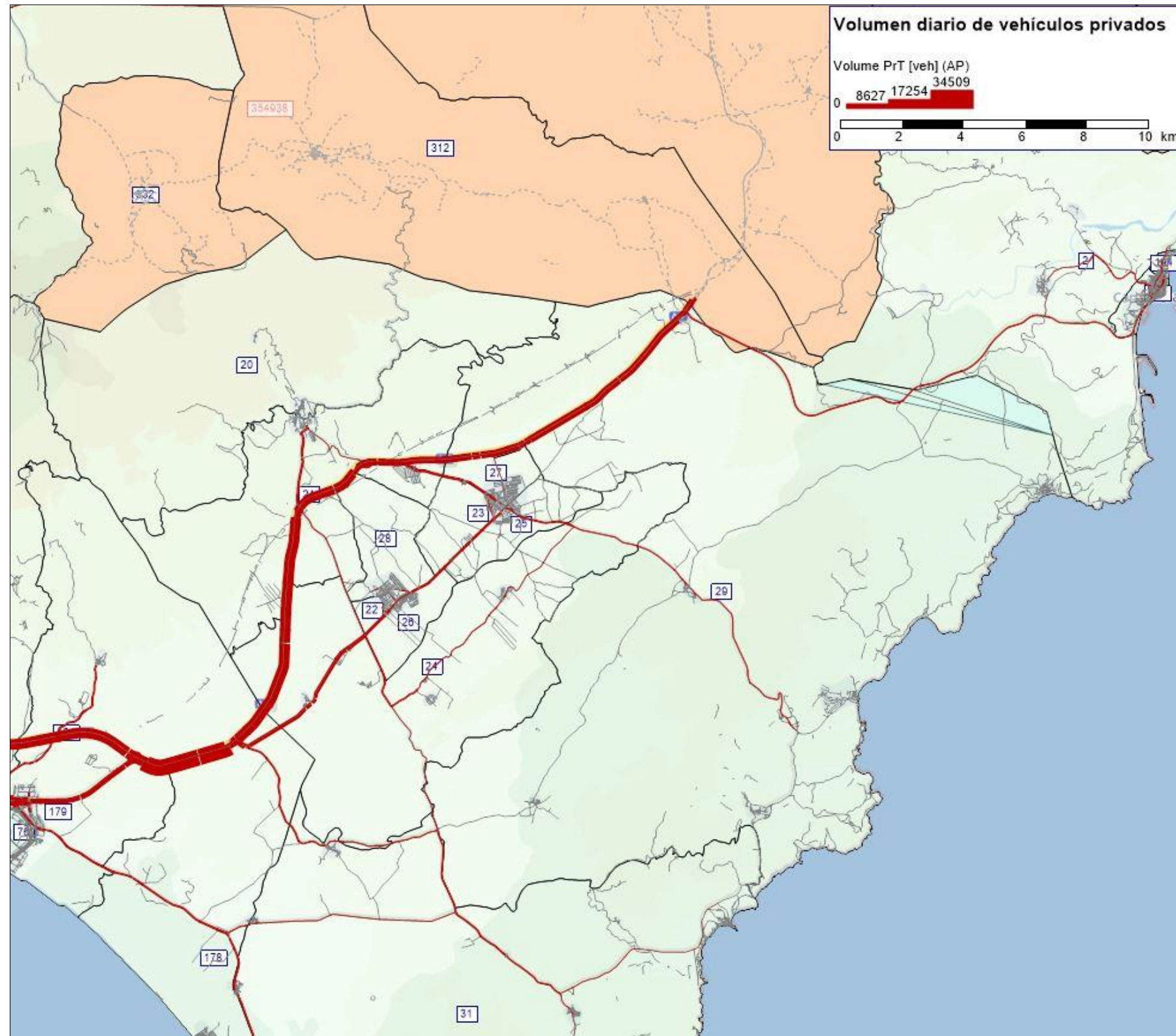
Ilustración 22. Flujo de Tráfico de vehículos privados del Escenario 4 del Plan.



Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta PTV VISUM



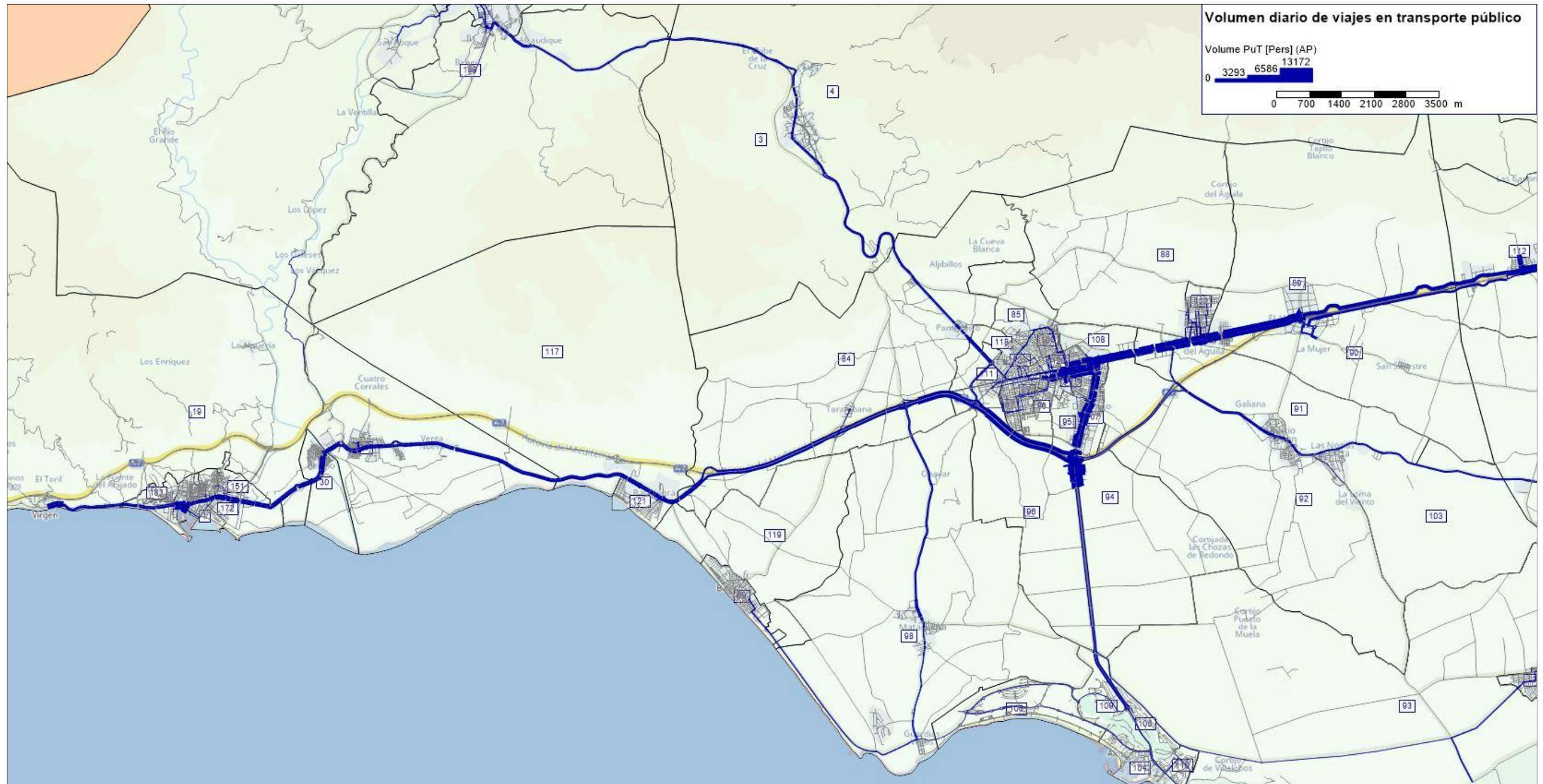
Ilustración 23. Flujo de Tráfico de vehículos privados del Escenario 4 del Plan.



Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta PTV VISUM



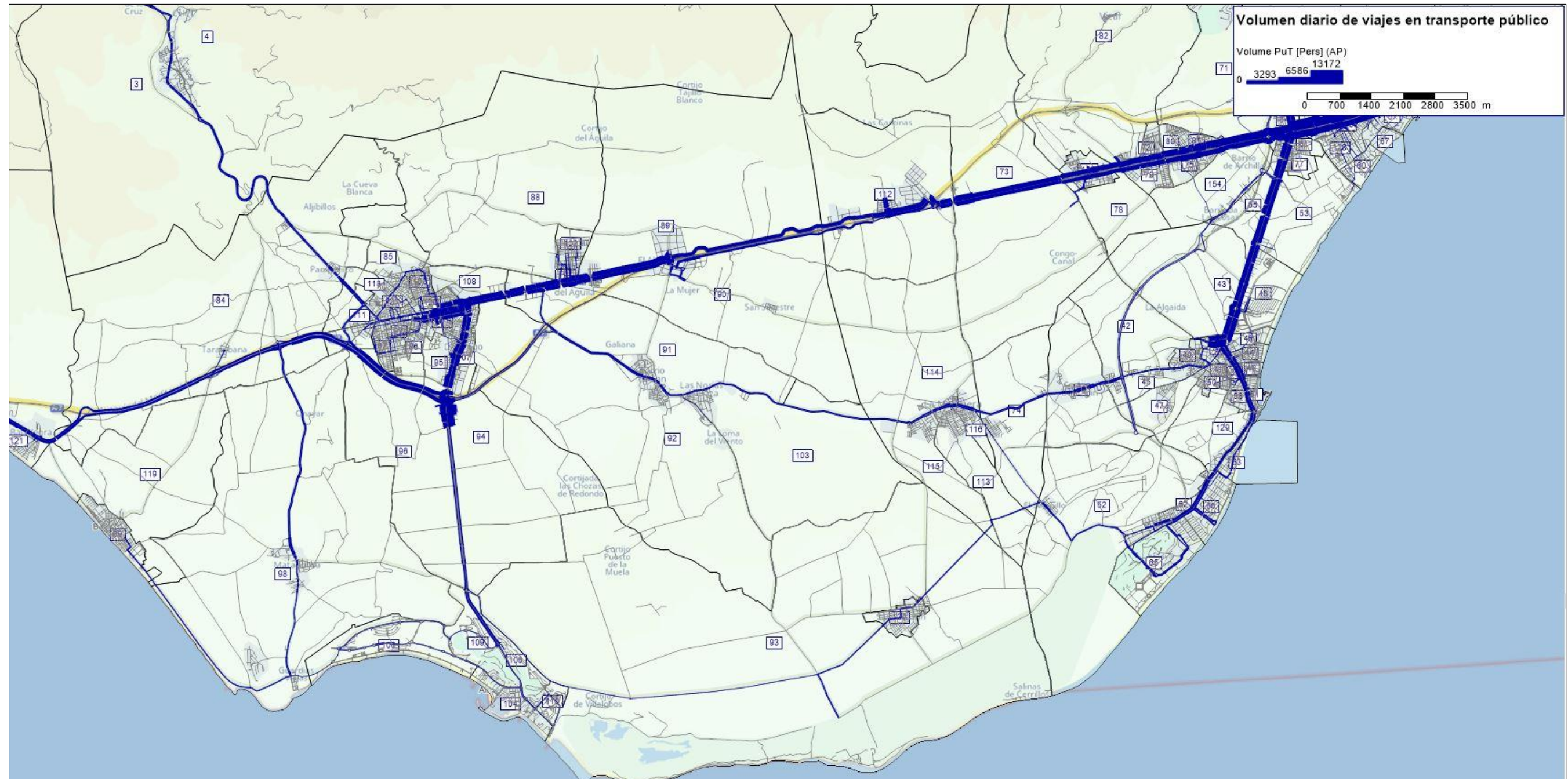
Ilustración 24. Flujo de personas en transporte público del Escenario 4 del Plan.



Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta PTV VISUM



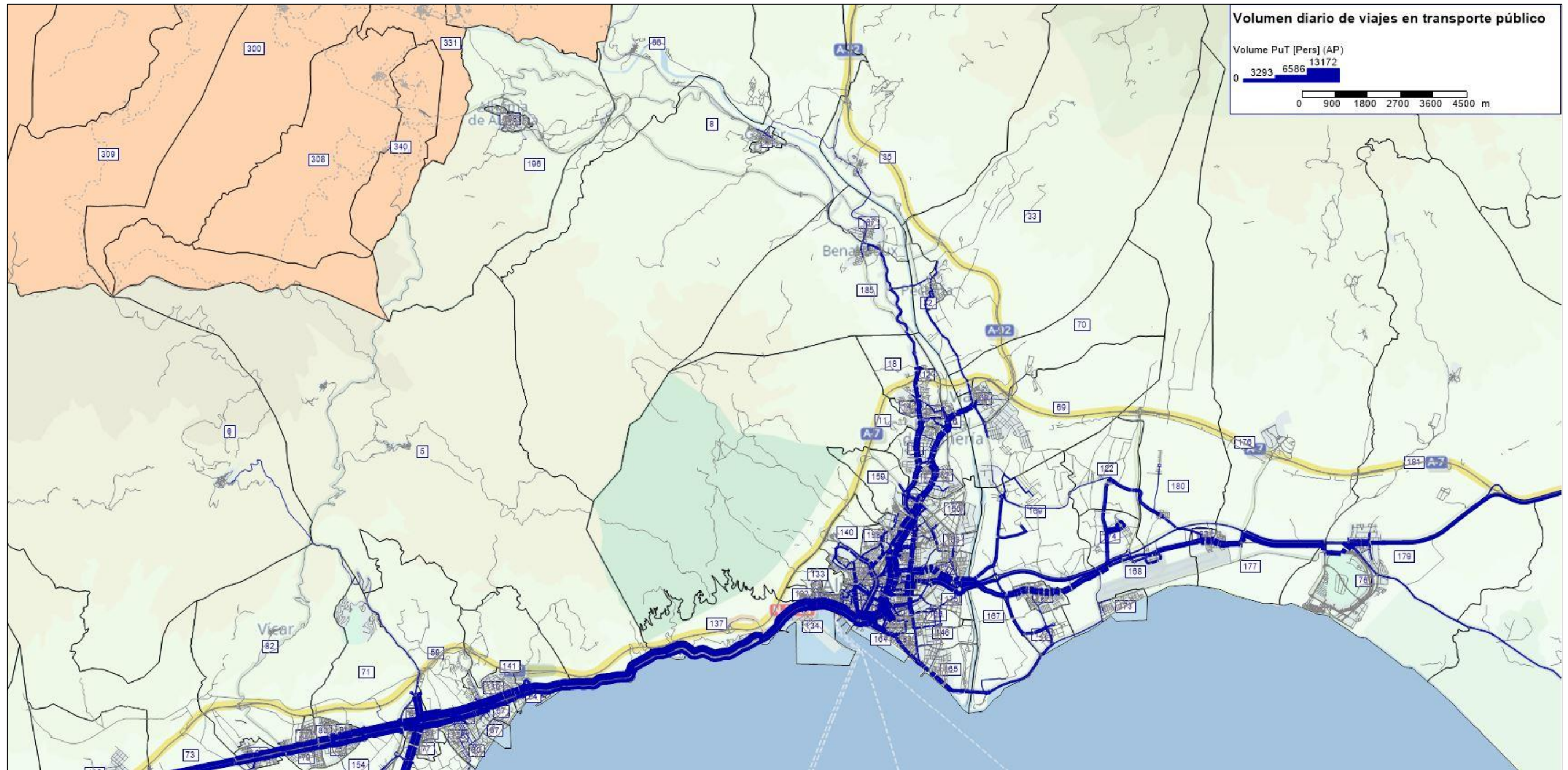
Ilustración 25. Flujo de personas en transporte público del Escenario 4 del Plan.



Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta PTV VISUM



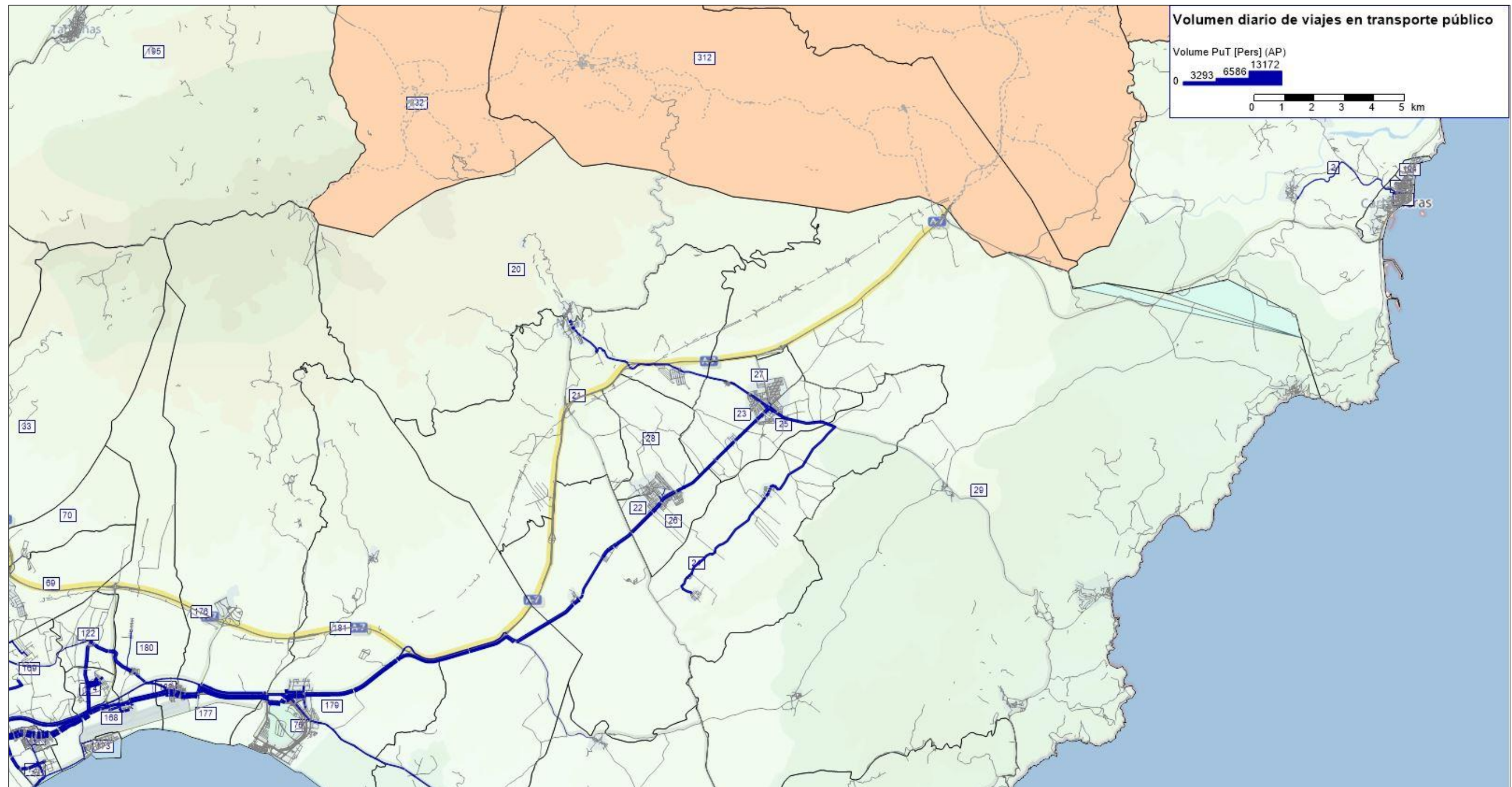
Ilustración 26. Flujo de personas en transporte público del Escenario 4 del Plan.



Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta PTV VISUM



Ilustración 27. Flujo de personas en transporte público del Escenario 4 del Plan.



Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta PTV VISUM





**UNIÓN EUROPEA**  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



**Junta de Andalucía**

Consejería de Fomento,  
Articulación del Territorio y Vivienda

CONSORCIO DE TRANSPORTE METROPOLITANO  
DEL ÁREA DE ALMERÍA