

Plan de Transporte Metropolitano del Área de Córdoba

Plan de Movilidad Sostenible



**Anexo: Modelización
Noviembre 2025**



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 CÓRDOBA

Índice:

1 Modelización de la situación actual. Escenario Base.....	3
1.1 Esquema general.....	3
1.2 Actualización: Datos de demanda	5
1.3 Actualización: Datos de movilidad	6
1.4 Estimación del reparto modal. Obtención de Matrices actualizadas	7
1.5 Parámetros de funcionamiento.....	9

Índice de tablas:

Tabla 1: IMD en los aforos de las principales vías del ámbito.....	5
Tabla 2: Líneas de autobús interurbano.....	5
Tabla 3: Desplazamiento en el área a partir de los datos de telefonía móvil en 2019 y EDM 2016.	6
Tabla 4: Formulación del modelo de reparto modal.	7
Tabla 5: Formulación del modelo de reparto modal.	7
Tabla 6: Parámetros de funcionamiento.	9

Índice de figuras:

Figura 1: Esquema general del proceso de actualización.....	4
Figura 2: Extracto del mapa de tráfico del Área Metropolitana de Córdoba	5
Figura 3: Ajuste obtenido en el proceso de calibración de la red de vehículo privado.....	8
Figura 4: Mapa de tráfico en el Área de estudio.....	8
Figura 5: Ajuste obtenido en el proceso de calibración de la red de Transporte público.....	9
Figura 6: Mapa de asignación de Transporte público en el Área de estudio	9

1 Modelización de la situación actual. Escenario Base

1.1 Esquema general

Para el análisis de las alternativas que componen el abanico de propuestas del Plan se ha actualizado el modelo de transportes en el software EMME existente, utilizando los datos obtenidos de Telefonía móvil, y los correspondientes datos de demanda de carreteras y servicios de transporte público. Para ello se ha partido del modelo existente que procede de actualizaciones del modelo original de 2016. Para la actualización a 2019 se han utilizado diferentes fuentes de información:

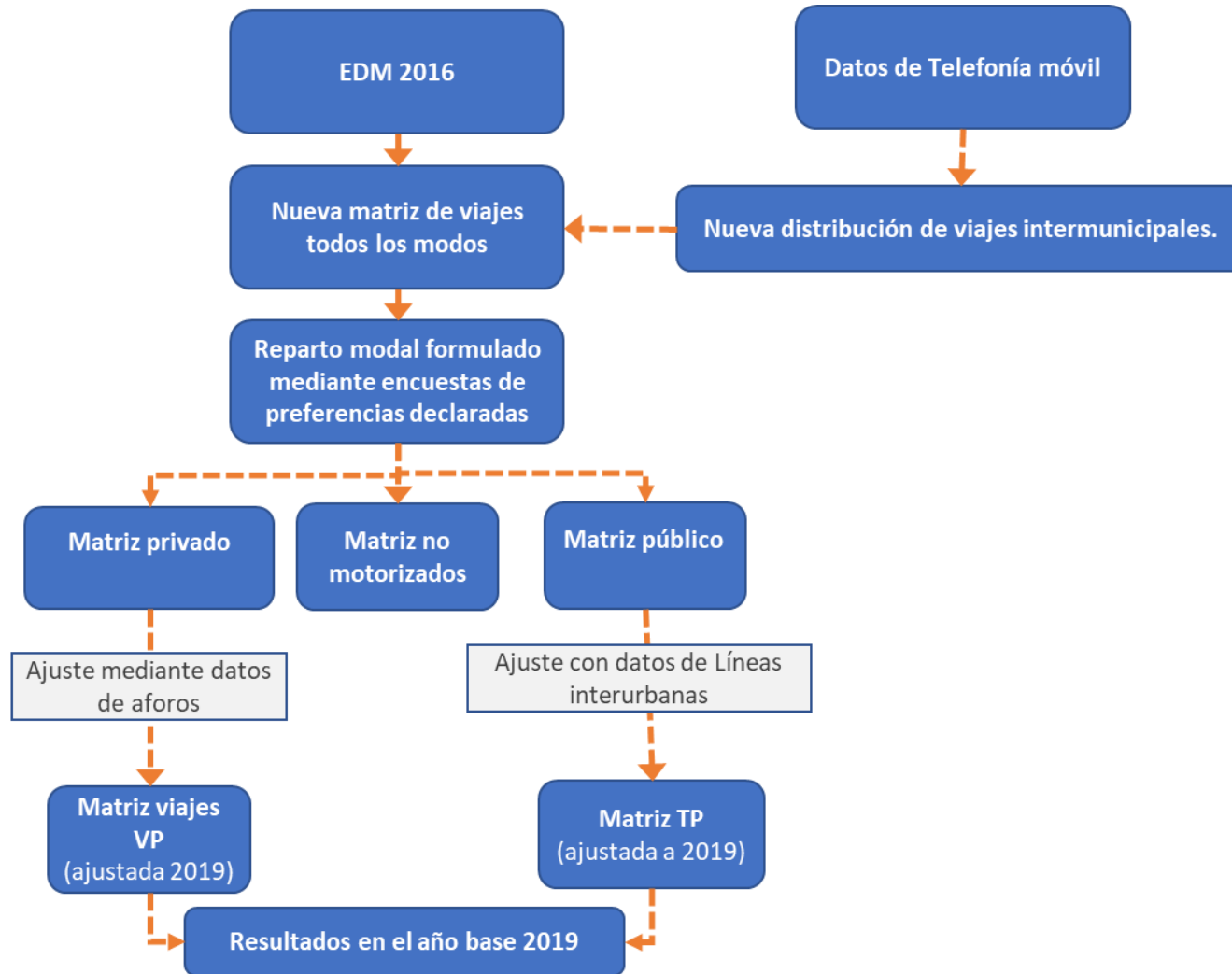
- El modelo de 2016 ya mencionado.
- Aforos de tráfico tanto del Ministerio de Fomento como del plan de aforos de la Junta de Andalucía.
- Datos de pasajeros anuales proporcionados por el Consorcio de Transportes del Área Metropolitana de Córdoba.
- Explotación de la campaña de datos de telefonía móvil en el año 2019 proporcionados por Orange.
- Encuesta O/D en puntos de interés de la red (superficies comerciales, hospitales, centros universitarios, zonas industriales)

- Encuesta de Preferencias Declaradas (EPD) en la estación de autobuses de Córdoba

El proceso seguido se refleja en la figura de la página siguiente, comenzando con un ajuste de las matrices del modelo al año base 2019.

Se analiza la base de datos de telefonía, comprobando si la desagregación modal que incorporan según el tratamiento dado a los datos por parte de la empresa proveedora. Se comprueba que el volumen total de viajes que se deduce de su tratamiento concuerda con los resultados globales recogiendo un incremento de la movilidad intermunicipal de aproximadamente el 12% totalizando 87.500 viajes intermunicipales de los diferentes modos. Dado que el Big Data recoge relaciones que en la EDM no se ven reflejadas, se considera inicialmente que ofrece una mejor representación de la movilidad intermunicipal, por lo que se toma en consideración utilizar como dato de entrada la distribución resultante de la explotación de la telefonía móvil en las relaciones intermunicipales. A partir de esta distribución se genera una nueva distribución de los viajes utilizando los vectores de origen y destino intermunicipales de la encuesta domiciliaria, y se completa con los viajes intra municipales procedentes de la misma encuesta. Se genera una nueva matriz de viajes para todos los modos habiendo ajustado la demanda de la EDM a la distribución registrada en la telefonía móvil. A la matriz obtenida se le aplica el modelo de reparto modal estimado, y las matrices resultantes para vehículo privado y transporte público resultantes se ajustan a los datos de demanda del año 2019, utilizando para ello la aplicación radicada en el software EMME

Figura 1: Esquema general del proceso de actualización.



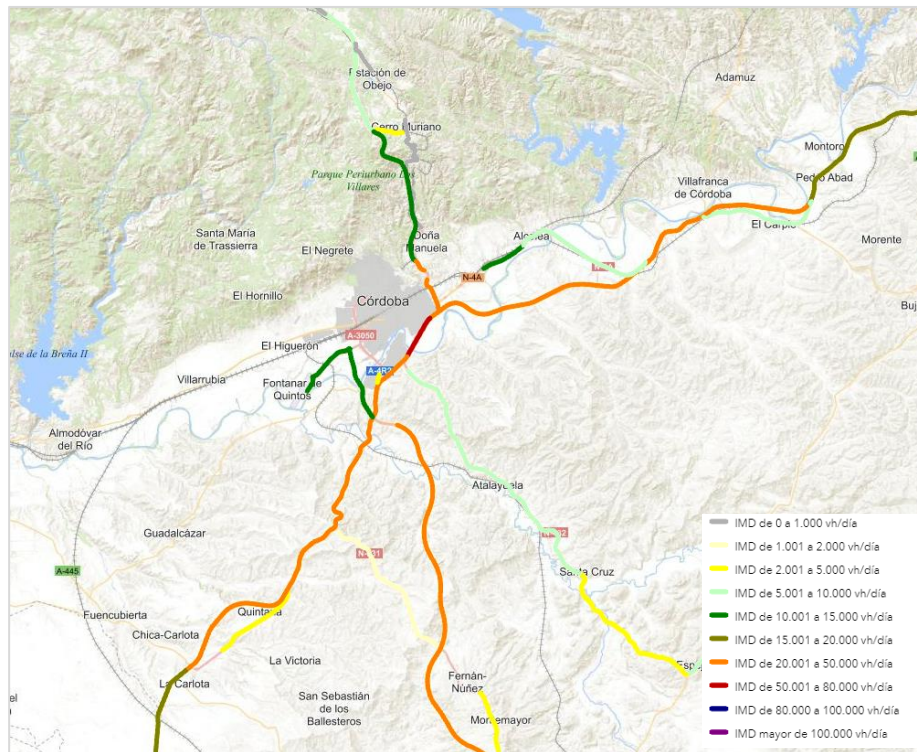
Fuente: Elaboración propia

1.2 Actualización: Datos de demanda

Los datos de demanda empleados en el ajuste del modelo en el escenario base 2019, son los que se recogen a continuación.

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana facilita cada año un mapa de tráfico interactivo en el cual se recogen las mediciones anuales de aforos. En el mapa se adjunta el correspondiente al año 2019.

Figura 2: Extracto del mapa de tráfico del Área Metropolitana de Córdoba



Fuente: MITMA. 2019

De las vías principales del área metropolitana, las que mayores cargas de tráfico se registran en la A-4 y la A-45, ambas dando acceso a la ciudad de Córdoba por el sector este y sur, respectivamente.

Tabla 1: IMD en los aforos de las principales vías del ámbito.

IMD 2019				
Carretera	Estación	IMD Total	IMD Veh. Ligeros	IMD Veh. Pesados
A-4	CO-224-2	55.818	47.882	7.936
A-45	CO-162-0	24.183	21.992	2.191
CO-31	CO-361-2	21.465	19.942	1.523
N-432	CO-382-2	20.702	19.308	1.394
CO-32	CO-386-2	12.346	591	5

Fuente: MITMA. 2019

El Consorcio de Transporte Metropolitano del Área de Córdoba (CTMACO), coordinado con la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía, tiene competencias en la gestión de los servicios de transporte interurbano de autobús en su ámbito.

EN 2019, la oferta de servicios está conformada por 11 líneas regulares, que alimentan con servicios de autobús a 19 municipios del área metropolitana.

Tabla 2: Líneas de autobús interurbano.

Línea	Recorrido	Servicio	
M-110	Córdoba - Villaviciosa de Córdoba	Interurbano	17.198
M-140	Córdoba - Cordobesas	Interurbano	28.961
M-211	Córdoba - Villaharta (Empalme) - Villaharta (Pueblo)	Interurbano	3.574
M-220	Córdoba - Villa del Río	Interurbano	118.894
M-221	Córdoba - Villafranca de Córdoba	Interurbano	38.267

Línea	Recorrido	Servicio	
M-222	Córdoba - Maruanas	Interurbano	10.102
M-230	Córdoba - Baena	Interurbano	105.852
M-241	Córdoba - Fuencubierta (La Carlota)	Interurbano	9.593
M-242	Córdoba - Montemayor	Interurbano	92.046
M-243	Córdoba - La Guijarrosa	Interurbano	77.324
M-250	Córdoba - Posadas	Interurbano	125.863

Fuente: CTMACO

La red de cercanías está compuesta por una línea compartida con los servicios de larga distancia, que presta servicios de cercanías entre Córdoba y el campus universitario de Rabanales. Los servicios que conectan Córdoba con la universidad tienen una frecuencia de 45 minutos.

La demanda estimada en el servicio de cercanías de 672 viajeros diarios, lo que supone anualmente una demanda de algo más de 200.000 viajeros al año

Los datos anteriormente relacionados son los necesarios para comprobar el ajuste del modelo en el año base 2019.

1.3 Actualización: Datos de movilidad

Los datos de movilidad se han actualizado en base a la información obtenida de la base de datos de explotación de la telefonía móvil. Estos datos contienen información de los desplazamientos realizados en día laborable medio del mes de noviembre del año 2019. En la tabla siguiente se resumen los datos relevantes de la movilidad del área de estudio.

Tabla 3: Desplazamiento en el área a partir de los datos de telefonía móvil en 2019 y EDM 2016.

Nº de desplazamientos	2016	2019
Intermunicipales	78,184	87,523
Intramunicipales	863,912	475814
Total	942,096	563,337

Fuente: Elaboración propia con los datos de Telefonía móvil proporcionados por la Junta de Andalucía

El resultado, aunque mantiene cifras similares en el total de desplazamientos intermunicipales, existe una infravaloración de los viajes intrazonales dado que los datos procedentes de la telefonía móvil son más imprecisos en los recorridos cortos, por lo que Dado que el Big Data recoge relaciones que en la EDM no se ven reflejadas, se considera inicialmente que ofrece una mejor representación de la movilidad intermunicipal, por lo que se toma en consideración utilizar como dato de entrada la distribución resultante de la explotación de la telefonía móvil en las relaciones intermunicipales, manteniendo el resultado para los viajes intramunicipales.

Esta base de datos contiene información respecto al origen y destino del viaje, presenta también información estimada del medio de transporte empleado en el desplazamiento, si bien esta información ha sido sustituida por la aplicación de un modelo de reparto modal realizado sobre la base de la encuesta la encuesta de preferencias declaradas realizada en la estación de autobuses de Córdoba en noviembre de 2022.

El número total de desplazamientos registrados se han agrupado según motivos de la siguiente manera. Movilidad obligada aquellos desplazamientos por motivo trabajo o estudios. Se consideran en esta categoría aquellos desplazamientos con cualquier motivo de origen y motivo de destino trabajo, y estudios, y aquellos cuyo motivo en destino es el hogar, y el motivo de origen el trabajo o estudios. En el caso de la movilidad no obligada se consideran todos los demás desplazamientos. Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, los datos de movilidad del año 2019 obtenidos a partir de la telefonía móvil se resumen a continuación junto con los incluidos en el borrador del Plan.

1.4 Estimación del reparto modal. Obtención de Matrices actualizadas

Para la estimación del reparto modal, se ha ajustado un modelo basado en la encuesta de preferencias declaradas realizada en noviembre de 2021 en la entrada de la estación de autobuses de Córdoba.

Tabla 4: Formulación del modelo de reparto modal.

Utilidades	Viajes Obligados
VP	$-Timecoche*0.0041-Costcoche*0.015377$
TP	$-(Timetp+Waittime)*0.0041-CostTp*0.15377 -0.9696$
Pie	$-Timeapie*0.0041 -0.579824$
Bicicleta	$-Tiembici*0.0041 -2.67308$

Fuente: Elaboración propia con los datos de la encuesta realizada de preferencias declaradas.

Tabla 5: Formulación del modelo de reparto modal.

Utilidades	Viajes Obligados
VP	$-Timecoche*0.00372-Costcoche*0.087905$
TP	$-Timetp*0.00372-Waittime*0.00093-CostTp*0.087905- 0.581425$
Pie	$Timeapie*0.0041+0.265617$
Bicicleta	$-Tiembici*0.0041- 2.575756$

Fuente: Elaboración propia con los datos de la encuesta realizada de preferencias declaradas.

Los valores correspondientes al coste y tiempo son los empleados en el modelo emme, siendo la variable cost el coste del viaje en el modo, time el tiempo de viaje y Waittime el tiempo de espera en transporte público.

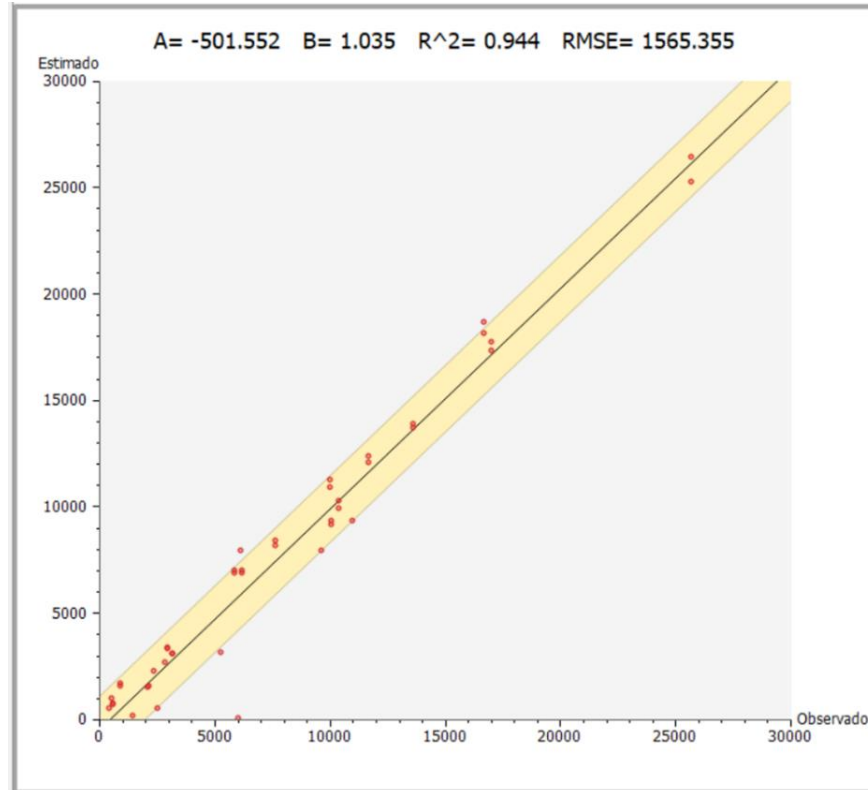
Como paso previo a la aplicación de la formulación anterior, se realizó la clasificación en viajes obligados y no obligados indicada en el item 1.3.

Una vez clasificada la base de datos, se obtiene la base de partida a la que se le aplican las probabilidades obtenidas en la aplicación del modelo de reparto. A partir de este procesado de la base de datos se obtiene la distribución de los viajes entre los modos concurrentes, obteniéndose una matriz para cada modo. Estas matrices se ajustan a los datos observados de demanda e el año base, quedando así definidas las matrices correspondientes al año base de modelización.

Los algoritmos de asignación empleados son los de asignación standard tanto en vehículo privado como en transporte público. La asignación standard en el caso del vehículo privado se basa en el equilibrio óptimo para el usuario, esto es se alcanza el equilibrio cuando ningún usuario puede mejorar su tiempo de viaje. En la figura que se adjunta el ajuste obtenido en la calibración del modelo para el vehículo privado, extraído directamente del software emme. El

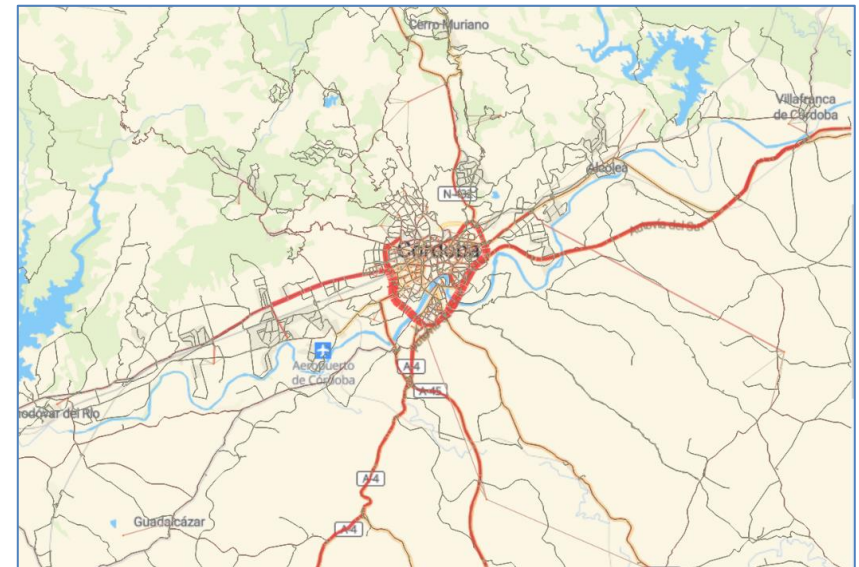
ajuste presenta un valor del coeficiente de correlación de Pearson de 0,94 que se puede considerar suficiente a efectos de comparación de propuestas.

Figura 3: Ajuste obtenido en el proceso de calibración de la red de vehículo privado



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del modelo

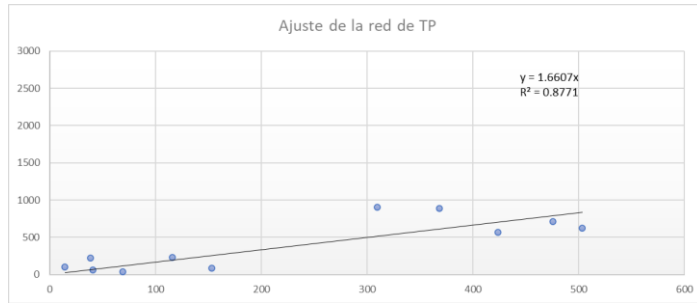
Figura 4: Mapa de tráfico en el Área de estudio



Fuente: Elaboración propia, Modelo 2019. (demanda diaria)

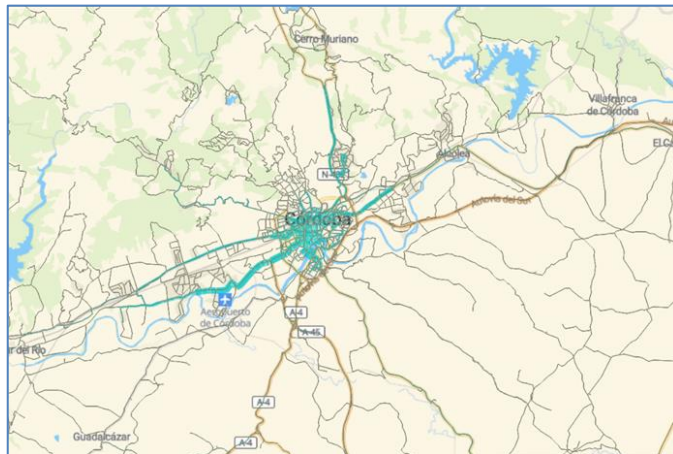
En el caso de transporte público, la asignación se basa en la estrategia óptima de asignación, en la que todos los viajeros en un nodo esperan la llegada de los vehículos o no en función de la opción que proporcione el mejor tiempo de tránsito hasta el destino.

Figura 5: Ajuste obtenido en el proceso de calibración de la red de Transporte público



El resultado obtenido en el calibrado de la red de transporte público, a la vista del gráfico general, tiende a sobrevalorar el dato de contraste, no obstante, el ajuste presenta un alto valor del coeficiente de correlación de Pearson de 0,88 por lo que se considera suficiente a efectos de comparación de propuestas.

Figura 6: Mapa de asignación de Transporte público en el Área de estudio



Fuente: Elaboración propia, Modelo 2019. (demanda diaria)

1.5 Parámetros de funcionamiento

Las actuaciones que se plantearán en el Plan en elaboración han de ser evaluadas desde el punto de vista funcional, económico y ambiental. La manera de evaluarlas es mediante la comparación de las diferencias de los parámetros de funcionamiento de cada actuación propuesta. En las tablas siguientes se resumen los parámetros que conforman la base de los inputs utilizados para la evaluación. Así en el modo vehículo privado, los resultados obtenidos en la actualización a 2019 que será la nueva referencia de la evaluación, se resume en la tabla siguiente.

Para estimar la demanda en vehículo privado y transporte público en el año horizonte, se han aplicado los mismos crecimientos del modelo de partida, obteniéndose los parámetros de funcionamiento que se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 6: Parámetros de funcionamiento.

	2019	2030
Pasajeros km TP	500.030	532.146
Pasajeros hora TP	26.202	23.554
Vehículos km VP	5.823.526	6.217.370
Vehículos hora VP	90.646	94.865

Fuente: Elaboración propia, con los resultados del Modelo 2019. (demanda diaria)

El modelo queda así preparado para evaluar las distintas alternativas que se plantean. La operativa pasa por aplicar el modelo de reparto en el año base a la red que se configura para cada una de las alternativas, obteniendo la variación en el reparto modal correspondiente a cada una de ellas y

trasladarlo a la matriz base, obteniendo las matrices correspondientes a cada alternativa y mediante asignación los parámetros de funcionamiento que proporcionan los inputs necesarios para la evaluación coste beneficio y el análisis multicriterio.



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 CÓRDOBA