

Plan de Movilidad Urbana Sostenible 2030 del municipio de Sevilla

Documento Estratégico (I)

Evaluación del Plan



Abril 2021

Índice

	Página
1. Introducción.....	2
2. Modelo de transportes	2
2.1. Descripción del modelo.....	2
2.1.1. Generación.....	6
2.1.2. Atracción.....	10
2.1.3. Demanda de transportes.....	15
2.1.4. Distribución.....	15
2.1.5. Reparto Modal.....	19
2.2. Situación actual. Calibración.	28
2.2.1. Oferta de transporte.....	28
2.2.2. Calibración y ajuste.....	33
2.2.3. Resultado modelo actual y tendencial	42
2.3. Situación futura	44
3. Evaluación de las medidas	45
3.1. Descripción de las actuaciones modelizadas	45
3.1.1. Zona de tráfico restringido en Casco Antiguo y Triana.....	45
3.1.2. Pasos subterráneos y reordenación de sentidos.....	45
3.1.3. Ampliación de la red de transporte de Alta Capacidad: Alternativa 6	49
3.1.4. Reordenación del estacionamiento regulado en Superficie.....	51
3.2. Definición de escenarios	52
3.3. Resultados Escenarios Futuros.....	52
3.3.1. Evaluación funcional.....	53
3.3.2. Evaluación medioambiental	60

1. Introducción

En este capítulo del documento se recoge la descripción del modelo de transportes desarrollado para la ciudad de Sevilla, que se corresponde con un modelo clásico de 4 etapas, y que permitirá evaluar las actuaciones medibles que se plantean en las propuestas del Plan de Movilidad Urbana Sostenible.

En primer lugar, se hará una descripción del modelo, donde se detallará el esquema de diseño y las consideraciones al respecto.

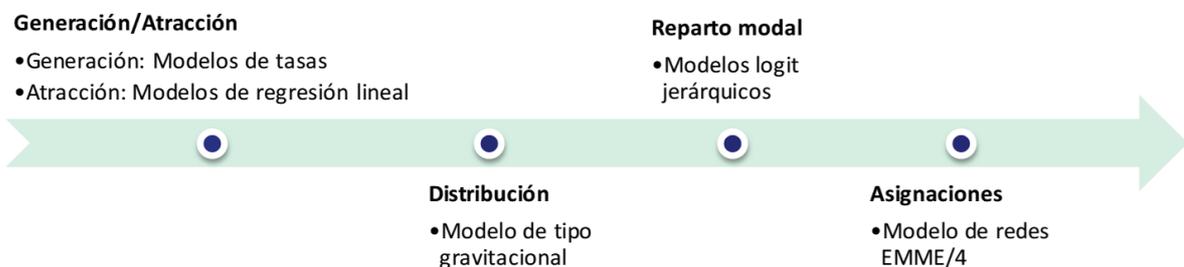
A continuación se describirá la situación actual y la calibración del modelo.

Y en último lugar se recogerán los resultados para la situación futura, describiendo las actuaciones modelizadas y los escenarios considerados, realizando tanto una evaluación funcional como medioambiental.

2. Modelo de transportes

2.1. Descripción del modelo

El modelo elaborado para la evaluación del impacto de las distintas actuaciones planteadas en el sistema de transportes de la ciudad de Sevilla es un modelo clásico en cuatro etapas. El esquema de diseño del modelo desarrollado es el siguiente:



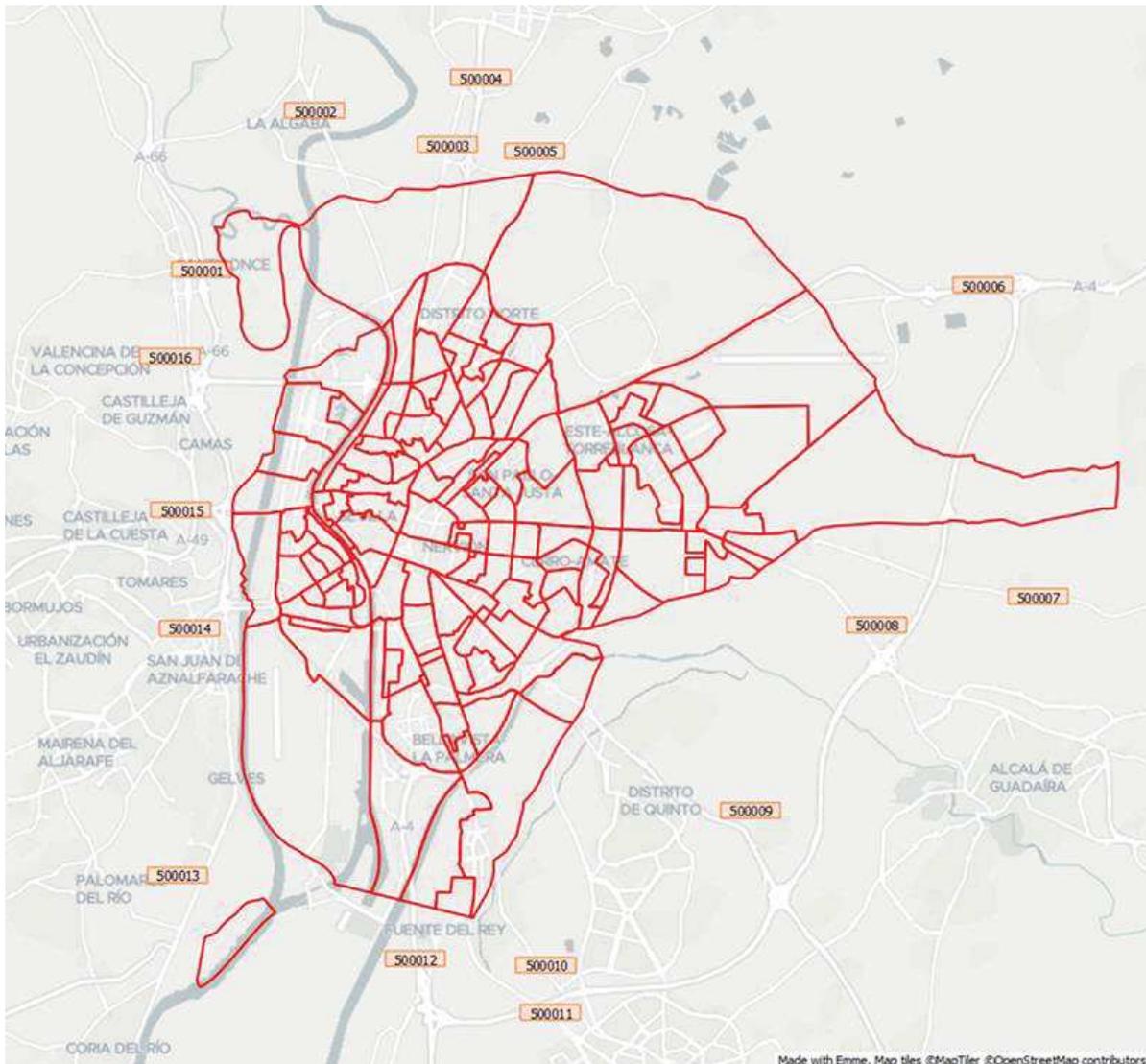
Los tres primeros submodelos indicados componen la parte de **modelación de la demanda**, y culminan con la predicción del número de viajes entre cada par de zonas origen-destino para cada modo de transporte disponible. La última etapa correspondiente a las **Asignaciones** considera la oferta de transporte, definiendo la ruta que utilizarán los viajes para llegar de cada origen a cada destino, en relación con la red viaria y los sistemas de transporte disponibles; incorporando también el proceso de equilibrio oferta-demanda indispensable para validar los resultados de cualquier evaluación.

La zonificación utilizada en el modelo se compone de 136 zonas de transporte del interior del municipio y 16 zonas exteriores:

Figura 1. Zonificación modelo de Sevilla



Figura 2. Zonas exteriores de Sevilla



Las zonas exteriores recogen los movimientos de entrada, salida y de paso a y desde los corredores viarios principales que acceden al termino municipal de Sevilla. La tabla siguiente detalle el viario principal del corredor, así como el municipio más cercano a Sevilla de cada corredor.

Tabla 1. Zonas exteriores

id Zona	Corredor	Municipio colindante
500001	Corredor A-66 Norte	Santiponce
500002	Corredor A-8006	La Algaba
500003	Corredor A-8002	La Rinconada
500004	Corredor A-8009	La Rinconada
500005	Corredor A-8005	La Rinconada
500006	Corredor A-4 Norte	La Rinconada
500007	Corredor A-8026	Alcalá de Guadaíra
500008	Corredor A-92	Alcalá de Guadaíra
500009	Corredor A-376	Dos Hermanas
500010	Corredor A-8032	Dos Hermanas
500011	Corredor CA-31	Dos Hermanas
500012	Corredor A-4 Sur	Dos Hermanas
500013	Corredor A-8058	Palomares del Río
500014	Corredor A-8057	San Juan de Aznalfarache
500015	Corredor A-49	Camas
500016	Corredor N-630	Camas

Para el desarrollo del proceso de modelización se ha segmentado la demanda en el ámbito según el motivo del viaje. Esto se debe a que los distintos motivos de desplazamiento representan distintos segmentos de la demanda, tanto los desplazamientos como las personas presentan características diferenciadas, lo que implica parámetros y resultados distintos en la modelización, como pueden ser las variables que influyen en la generación y la atracción de viajes o la percepción del tiempo según se viaje por un motivo u otro.

Tal y como se deduce del documento de diagnóstico, los viajes por “trabajo”¹ constituyen, con 375.000 viajes diarios, con un 33%, la mayor parte de la movilidad en situación actual. Es muy relevante el uso del vehículo privado (el 56%).

El motivo “estudios” tiene, con apenas 100.000 viajes diarios, una menor relevancia. Como adicionalmente muestra un reparto modal con una participación del vehículo privado mucho más reducido (24%), aquí se ha optado por no agrupar los viajes de movilidad “obligada”, y no agrupar el motivo estudios al motivo trabajo, sino tratarlo con los demás motivos de viaje, que generalmente muestran un reparto modal con menor uso de vehículo privado y mayor presencia de los modos blandos.

Es por ello, que los sucesivos modelos se han desarrollado según los motivos:

- Trabajo
- Otros motivos

¹ Incluyen “gestiones de trabajo”

2.1.1. Generación

La estimación de la Generación de Viajes tiene como objetivo definir el número total de desplazamientos producidos por cada zona de transporte, en un día típico, para el año horizonte partiendo de las características actuales.

El modelo de generación se ha basado en los datos obtenidos en los trabajos de campo: 12.639 viajes encuestados en las entrevistas telefónicas y 11.099 encuestas a bordo de la red de autobuses urbanos y Metrocentro. Sobre estos, se han elaborado **modelos de tasas** para la movilidad diaria según los dos motivos de viaje anteriormente mencionados.

Los viajes guardan una estrecha relación con las características urbanísticas de las zonas y con las características socioeconómicas de la población que realizará el viaje, permitiendo estimar la generación de viajes a partir de parámetros conocidos en la actualidad los cuales se podrán proyectar a futuro para conocer la generación en los horizontes establecidos.

El modelo de generación de viajes utiliza las relaciones observadas entre el número de viajes (variable dependiente) y factores relacionados con las actividades urbanas y las condiciones socioeconómicas de la población (variables dependientes o explicativas) las cuales pueden ser recopiladas para el año base y proyectadas al año horizonte.

Por tanto, las tasas son los valores sobre los que se multiplican las variables explicativas de la generación de viajes, en este caso, la población para la obtención de los viajes con el fin de lograr un mayor ajuste y reflejar con mayor detalle la variación de comportamiento según diferentes grupos demográficos.

El dato de población por zona se ha segmentado en diferentes variables, arrojando de esta forma varias tasas de generación según estos grupos de población. En este caso, la segmentación ha respondido a clasificaciones de edad, sexo y actividad. El proceso se basa en obtener una tasa para cada segmento de población dividiendo el número de viajes de cada segmento considerado por la población del mismo y aplicarlo a cada zona de transporte según el valor de su población correspondiente a cada segmento.

Por lo tanto, a partir de estos modelos se pueden establecer hipótesis sobre la evolución de la movilidad generada en horizontes futuros, atendiendo a datos de evolución de la población y de la actividad económica y el mercado laboral.

Los modelos calibrados en este caso, según la segmentación de modelos establecida, son los que siguen:

2.1.1.1. Trabajo

Para los viajes de tipo laboral/profesional, se asume la hipótesis de que los menores de 16 años no generan movilidad de este tipo. Así, la segmentación para este modelo se hace según:

- Género:
 - Hombre
 - Mujer

- Situación laboral:
 - Ocupado
 - Parado
 - Otros
- Edad
 - 16 a 29 años
 - 30 a 49 años
 - 50 a 64 años
 - ≥65 años

Esta segmentación da lugar a 24 clases de tasas de forma general, aunque hay dos grupos, correspondiente a hombres y mujeres mayores de 64 años parados que, lógicamente, según encuesta no se detectó ningún viaje realizado por motivo trabajo y que por tanto le corresponde una tasa de 0.

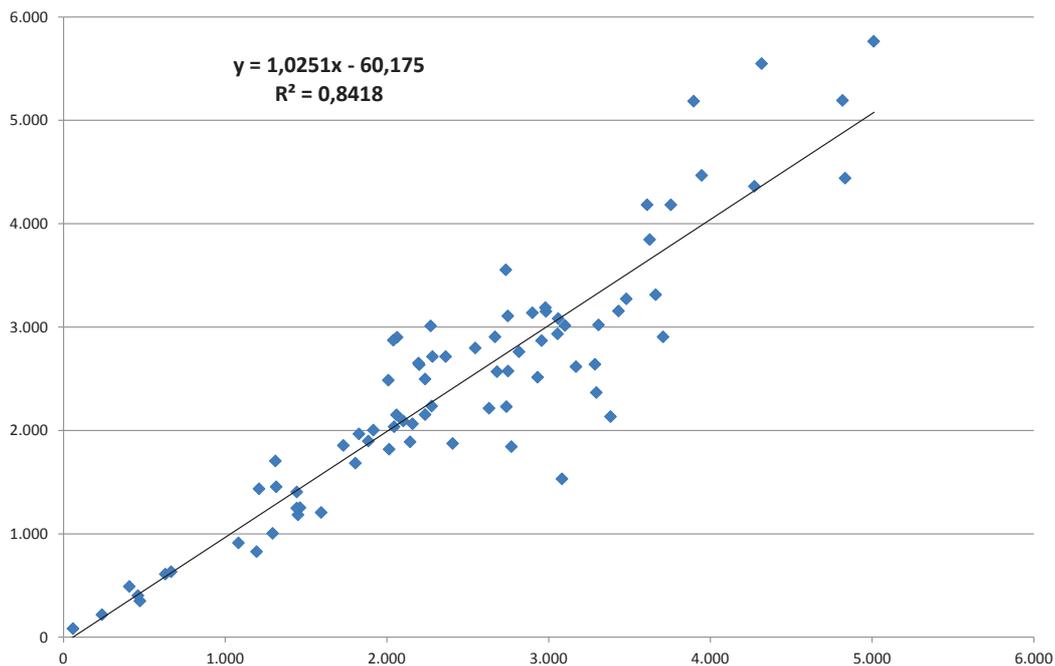
La siguiente tabla muestra los valores de las tasas de viaje por motivo trabajo según los grupos demográficos anteriormente mencionados.

Tabla 2. Tasas de generación de viajes por motivo trabajo según grupos demográficos

Género	Rango de edad	Actividad	Población	Viajes	Tasa de generación
Hombre	16 a 29 años	Ocupado	18.362	11.823	0,64
		Parado	6.353	371	0,06
		Otros	29.268	677	0,02
	30 a 49 años	Ocupado	77.680	58.971	0,76
		Parado	15.240	607	0,04
		Otros	9.644	862	0,09
	50 a 64 años	Ocupado	35.540	26.871	0,76
		Parado	6.605	73	0,01
		Otros	22.537	1.143	0,05
	≥ 65 años	Ocupado	2.058	1.473	0,72
		Parado	-	-	-
		Otros	49.652	831	0,02
Mujer	16 a 29 años	Ocupado	20.733	14.211	0,69
		Parado	6.404	102	0,02
		Otros	25.490	1.486	0,06
	30 a 49 años	Ocupado	64.042	46.476	0,73
		Parado	22.988	200	0,01
		Otros	19.009	788	0,04
	50 a 64 años	Ocupado	31.222	23.741	0,76
		Parado	10.526	204	0,02
		Otros	32.293	511	0,02
	≥ 65 años	Ocupado	1.698	1.333	0,79
		Parado	-	-	-
		Otros	76.452	402	0,01

El modelo debe ser calibrado utilizando las observaciones actuales para garantizar que cumpla con los propósitos predictivos para los cuales fue desarrollado y se obtenga una estimación futura fiable. En la figura siguiente se muestra el análisis de regresión, método estadístico que permite examinar la relación entre los viajes observados por zona de transportes y los reproducidos por este modelo. Este análisis permite determinar el nivel de ajuste del modelo, que tiene un coeficiente de determinación $R^2=0,8418$. Se trata de una medida estandarizada que toma valores entre 0 y 1 (0 cuando las variables son independientes y 1 cuando entre ellas existe relación perfecta).

Gráfico 1. Ajuste del modelo de generación de viajes por motivos de trabajo



2.1.1.2. Otros motivos

Para los viajes por otros motivos, la segmentación se ha hecho según:

- Género:
 - Hombre
 - Mujer
- Situación laboral
 - Ocupado
 - Parado
 - Otros
- Edad
 - 16 a 29 años
 - 30 a 49 años
 - 50 a 64 años

- ≥65 años

De igual forma a lo visto para el motivo trabajo, esta segmentación da lugar a 24 clases de tasas de forma general, aunque hay dos grupos correspondiente a hombres y mujeres mayores de 64 años parados de los que como es lógico no se obtuvieron encuestas, al ser la edad de jubilación 65 años, y que por tanto le corresponde una tasa de 0.

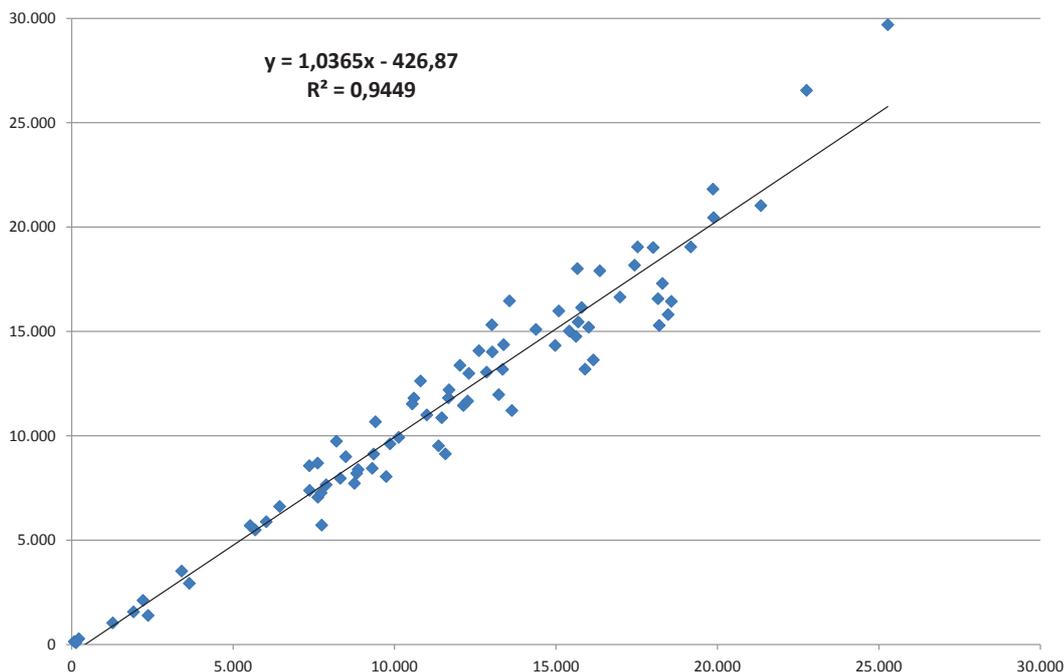
La siguiente tabla muestra los valores de las tasas de viaje por otros motivos según los grupos demográficos anteriormente mencionados.

Tabla 3. Tasas de generación de viajes por otros motivos

Género	Rango de edad	Actividad	Población	Viajes	Tasa de generación
Hombre	16 a 29 años	Ocupado	18.362	28.969	1,58
		Parado	6.353	11.879	1,87
		Otros	29.268	62.297	2,13
	30 a 49 años	Ocupado	77.680	112.537	1,45
		Parado	15.240	27.730	1,82
		Otros	9.644	12.584	1,30
	50 a 64 años	Ocupado	35.540	55.696	1,57
		Parado	6.605	10.065	1,52
		Otros	22.537	38.489	1,71
	≥65 años	Ocupado	2.058	3.275	1,59
		Parado	-	-	-
		Otros	49.652	81.880	1,65
Mujer	16 a 29 años	Ocupado	20.733	31.475	1,52
		Parado	6.404	11.375	1,78
		Otros	25.490	53.281	2,09
	30 a 49 años	Ocupado	64.042	106.098	1,66
		Parado	22.988	45.011	1,96
		Otros	19.009	33.230	1,75
	50 a 64 años	Ocupado	31.222	48.669	1,56
		Parado	10.526	19.488	1,85
		Otros	32.293	53.531	1,66
	≥65 años	Ocupado	1.698	2.122	1,25
		Parado	-	-	-
		Otros	76.452	97.127	1,27

Al igual que en el modelo de generación por motivo trabajo, para otros motivos también se ha realizado un análisis de regresión que permita determinar el nivel de ajuste del modelo, resultando un coeficiente de determinación $R^2 = 0,9449$.

Gráfico 2. Ajuste del modelo de generación de viajes por otros motivos



Para precisar en el cálculo de los vectores de generación futuros tanto para motivo trabajo como el resto de los motivos, se aplica un proceso de pivoteo aditivo que corrige las diferencias singulares que se producen zona a zona al aplicar un proceso general de cálculo. De esta forma, la generación futura de viajes por motivo m vendrá dada por la fórmula:

$$G_{i,m} = \sum_s t_{s,m} \cdot P_{s,m} + (g_{i,m} - o_{i,m})$$

Donde,

- ✓ G_i es la generación de viajes de la zona i para el horizonte h
- ✓ t_s es la tasa aplicada al segmento de población s
- ✓ P_s es el valor de la población P del segmento de población s
- ✓ g_i es la generación de viajes modelizados de la zona i en el escenario base 2017
- ✓ o_i es la generación de viajes observado de la encuesta de la zona i en el escenario base 2017

2.1.2. Atracción

En el caso de la movilidad atraída por zona de transportes, se parte tanto de los datos obtenidos en los trabajos de campo realizados en la primera fase el Plan, así como de datos de equipamientos de las zonas de transporte.

Dada la distinta tipología de las informaciones disponibles, se han elaborado para los distintos motivos, modelos de regresión para representar la movilidad diaria. A partir de estos modelos, se pueden establecer hipótesis sobre la evolución de la movilidad atraída por cada zona de transportes

en cada horizonte, atendiendo a las proyecciones de la población y de la actividad económica y el mercado laboral de los equipamientos.

Para la calibración de estos modelos, se ha recurrido al software PSPP de análisis estadístico de datos.

Los modelos calibrados en este caso son los siguientes:

2.1.2.1. Trabajo

Para los viajes atraídos por trabajo, las variables que mejor explican la movilidad han sido el empleo, expresada en puestos de trabajo y la oferta educativa expresada en plazas ofertadas, que constituye una aproximación a la actividad laboral relacionada con los grandes centros educativos². El modelo toma la siguiente forma:

$$V = 2,16 e + 1,95 oe + 35,61$$

Donde,

V, son los viajes atraídos por motivo trabajo

e, los puestos de trabajo por zona de transporte

oe, oferta educativa (plazas ofertadas) de la zona de transporte

En la siguiente figura se muestran los parámetros de ajuste de este modelo.

Tabla 4. Parámetros de ajuste del modelo de atracción de viajes por motivos de trabajo

Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustada	Error estándar del estimador
1,00	0,99	0,99	272,17

R, Coeficiente de correlación múltiple

R cuadrado, Coeficiente de determinación

$$R^2 = 1 - \frac{\text{Suma de cuadrados de los residuos}}{\dots}$$

R cuadrado ajustada, corrección a la baja de R² que se basa en el número de casos y de variables independientes

$$R_{\text{corregida}}^2 = R^2 - [p(1 - R^2)/(n - p - 1)]$$

donde,

p se refiere al número de variables independientes

² Este tipo de centros atrae viajes por motivos laborales no solo de su personal fijo, sino también de personal eventual, tanto docente, como de servicios, que no necesariamente está localizado en el propio centro a efectos estadísticos.

n es el número de casos

Error estándar del estimador, es la desviación típica de los residuos y representa una medida de la parte de variabilidad de la variable dependiente que no es explicada por la recta de regresión. En general, cuanto mejor es el ajuste, más pequeño es este error estándar.

$$\text{Error estándar del estimador} = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{(n - 2)}}$$

donde,

Y_i , variable dependiente

\hat{Y}_i , pronósticos efectuados con la recta de regresión

n es el número de casos

ANOVA (Análisis de la varianza)

En estadística, cuando se comparan las medias de dos o más muestras en relación a alguna variable de interés se utilizan pruebas que determinan si existen o no diferencias significativas entre las medias. Una de ellas es el Análisis de Varianza (ANOVA)

El resumen del ANOVA informa sobre si existe o no relación significativa entre las variables.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de la suma de los cuadrados	F	Sign.
Regresión	1789872840,97	2	894936420,49	12081,24	0,000
Residual	9852175,67	133	74076,51		
Total	1799725016,64	135			

La suma de los cuadrados muestra cuanto de la variación es explicada por la línea de regresión y cuanto por el residual.

La media de la suma de los cuadrados es igual a la suma de los cuadrados entre los grados de libertad

Para verificar si realmente existen diferencias entre las muestras, se emplea el estadístico de Fisher (F de Fisher) que determina cuanta variabilidad hay entre todas las muestras.

$$F = \frac{\text{Media de suma de cuadrados de regresión}}{\text{Media de suma de cuadrados de residual}}$$

El test F, basado en ANOVA, es una forma alternativa de probar la hipótesis nula.

El valor de Sign. (significación) dice la probabilidad de observar una relación lineal en la muestra si la hipótesis nula fuera verdad y no hubiera relación lineal en la población. Así para un valor de Sign. bajo se puede rechazar la hipótesis nula y decir que hay una relación lineal en la población y la línea de regresión traza bien los datos.

Coefficientes de la ecuación de regresión

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sign.
	B	Error típ.	Beta		
Constante	35,61	29,97	0,00	1,19	0,237
Empleos	2,16	0,03	0,74	84,23	0,000
Oferta educativa	1,95	0,05	0,33	37,36	0,000

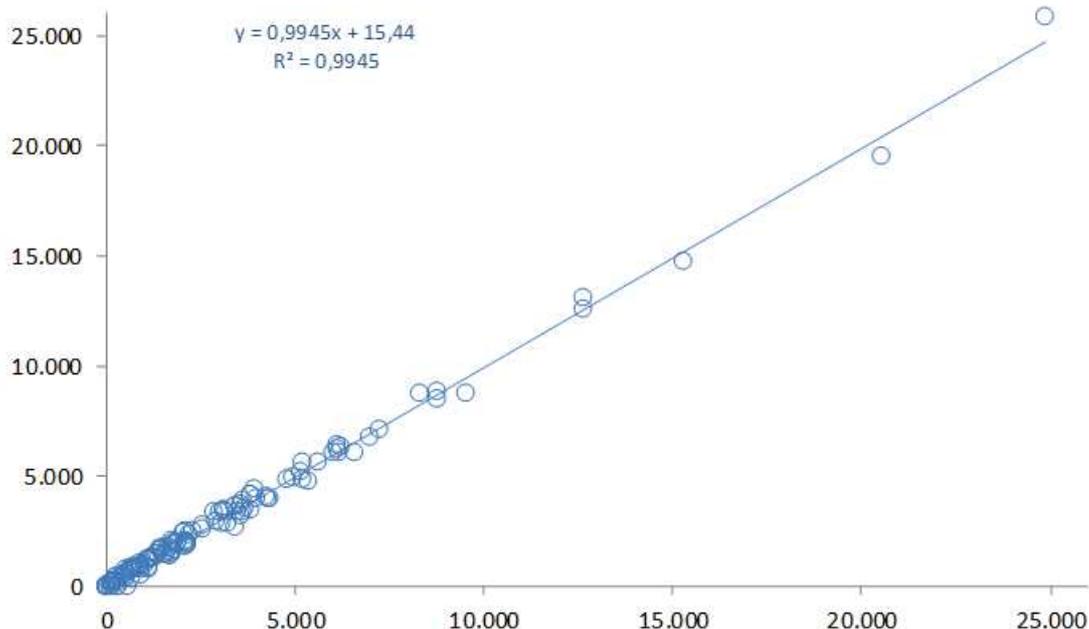
Los coeficientes no estandarizados contienen los coeficientes de regresión parcial que definen la ecuación de regresión en puntuaciones directas.

Constante, es el origen de la recta de regresión. Mientras que para empleos y oferta educativa B indica la pendiente de la recta de regresión

Los coeficientes estandarizados *Beta*, son los coeficientes que definen la ecuación de regresión cuando ésta se obtiene tras estandarizar las variables originales, es decir, tras convertir las puntuaciones directas en típicas.

Las pruebas *t* y su significación (Sign.) sirven para contrastar la hipótesis nula de que un coeficiente de regresión vale cero en la población. Valores de Sign. muy pequeños indican que se puede rechazar la hipótesis nula, y que todas las variables contribuyen de forma significativa a explicar lo que ocurre con la variable dependiente.

Gráfico 3. Ajuste del modelo de atracción de viajes por motivo trabajo



2.1.2.2. Otros motivos

Para los viajes por otros motivos, las variables consideradas han sido la superficie dedicada a equipamientos comerciales, oferta sanitaria, expresada en plazas ofertadas, los empleos y la población. El modelo toma la siguiente forma:

$$V = 1,02 sc + 2,14 os + 0,51 e + 0,10 p + 12,98$$

donde,

V , son los viajes atraídos por otros motivos

sc , superficie dedicada a equipamientos comerciales por zona de transporte

os , oferta sanitaria (plazas ofertadas) de la zona de transporte

e , número de empleos por zona de transportes

p , población por zona de transportes

En las siguientes tablas se muestran los parámetros de ajuste de este modelo cuyo significado ya se ha explicado en el apartado 1.2.1.

Tabla 5. Parámetros de ajuste del modelo de atracción de viajes por otros motivos

Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustada	Error estándar del estimador
0,92	0,85	0,85	842,73

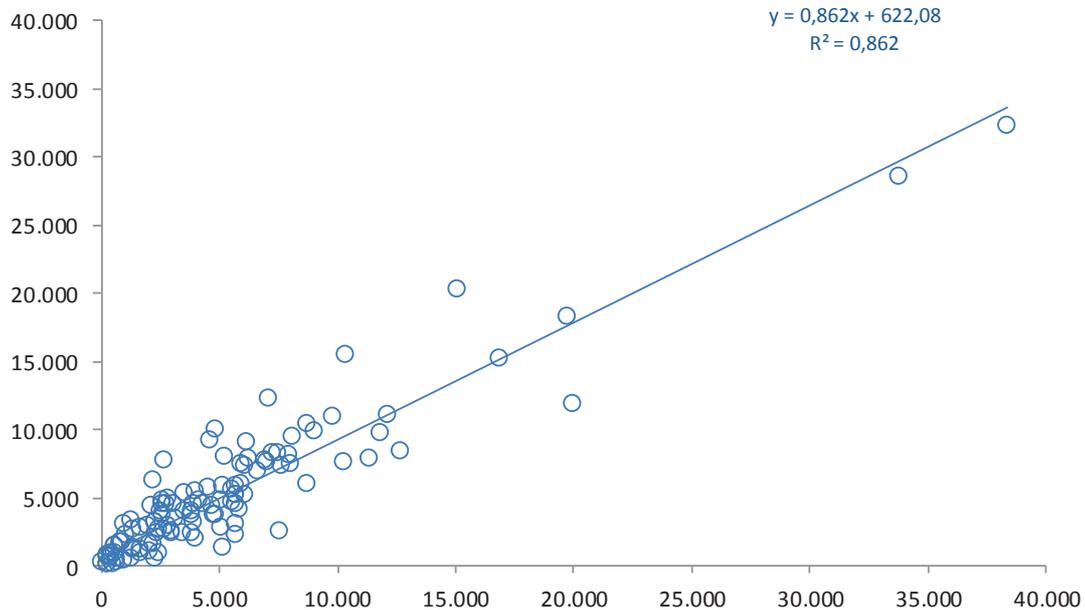
ANOVA (Análisis de la varianza)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de la suma de los cuadrados	F	Sign.
Regresión	538464030,57	4	134616007,64	189,55	0,000
Residual	93035023,36	131	710191,02		
Total	631499053,93	135			

Coefficientes de la ecuación de regresión

	Coefficientes no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t	Sign.
	B	Error típ.	Beta		
Constante	12,98	110,15	0,00	0,12	0,906
Superficie comercial	1,02	0,12	0,33	8,23	0,000
Oferta sanitaria	2,14	0,17	0,47	12,82	0,000
Población	0,10	0,01	0,25	6,92	0,000
Empleos	0,51	0,07	0,30	7,09	0,000

Gráfico 4. Ajuste del modelo de atracción de viajes por otros motivos



2.1.3. Demanda de transportes

El trabajo de demanda de transportes consta de dos partes principales.

1. Completar las matrices de transporte, que se realiza tan sólo para el vehículo privado con el fin de incluir los viajes externos en las matrices de demanda.
2. Calibrar los modelos de red

Las matrices de demanda que se obtienen a partir de la encuesta domiciliaria realizada en el ámbito sirven de base para la caracterización de la demanda. Estas matrices se asignan a los modelos de redes descritos por separado; vehículo privado, transporte público, pie y bicicleta.

Por otra parte, se dispone de datos reales de demanda para las redes viaria y de transporte público, lo que, como se verá a continuación, permite el contraste de los resultados de la modelización para su ajuste.

2.1.4. Distribución

Los modelos de distribución espacial de viajes tratan de reproducir la manera en que los viajes generados en una zona se distribuyen entre las zonas de transporte en que está dividido el ámbito del estudio.

En primer lugar cabe recordar que, a diferencia del caso de generación y atracción, no se dispone de observaciones (y menos estadísticamente significantes) en la gran mayoría de las relaciones. Sin

embargo, si asociamos los tiempos de desplazamiento (aquí se ha elegido la media geométrica de los modos coche, bus y marcha a pie) a cada par de origen destino, sí se puede determinar:

- El tiempo medio de desplazamiento,
- La distribución de los viajes en función del tiempo de recorrido,
- La demanda en la mayoría de las relaciones entre macrozonas

Utilizando, por un lado el tiempo medio de desplazamiento, y, por el otro, los flujos (ida + vuelta) entre macrozonas (se introduce este dato como tercera dimensión en los balanceos de matrices con el fin de que la matriz sintética reproduzca fielmente los valores de flujos entre macrozonas de la matriz base), pueden calibrarse modelos de distribución de tipo gravitatorio, con la siguiente formulación:

$$V_{ij} = a_i \cdot b_j \cdot c_{mk} \cdot \frac{O_i \cdot D_j}{f(T_{ij})}$$

Donde

V_{ij} es la matriz de viajes entre las zonas i y j , denominada generalmente la matriz “sintética”

a_i, b_j son coeficientes de balanceo en la zona de origen i , la zona de destino j

c_{mk} coeficientes de la relación entre macrozonas mk , con $i \in m; j \in k$.

O_i, D_j son los viajes con origen en i , respectivamente destino en j

$f(T_{ij})$ es una función del “Tiempo promedio” T_{ij} entre i y j . Aquí se ha elegido una función de coste exponencial, $f(T_{ij}) = e^{\theta \cdot T_{ij}}$

$T_{ij} = \exp\left(\frac{\sum_m V_{ij,m} \cdot \ln(T_{ij})}{\sum_m V_{ij,m}}\right)$ es la media geométrica ponderada del tiempo de viajes de todos los modos de transporte (m).

En este proceso se obtiene la matriz sintética de vehículo privado, sobre la que se basará la obtención de las matrices del resto de modos en la aplicación del modelo en para los años horizonte.

Estos modelos se calibran mediante un procedimiento iterativo en el que en cada iteración se determinan los coeficientes de balanceo de a_i, b_j de tal forma que se cumplen las restricciones en origen $O_i = \sum_j V_{ij}$, destino $D_j = \sum_i V_{ij}$. Adicionalmente el coeficiente θ es ajustado en las iteraciones sucesivas de tal forma que el tiempo medio $T_m = \sum V_{ij} \cdot T_{ij} / \sum V_{ij}$ coincida con el tiempo medio de los viajes observados en las encuestas.

2.1.4.1. Motivo trabajo

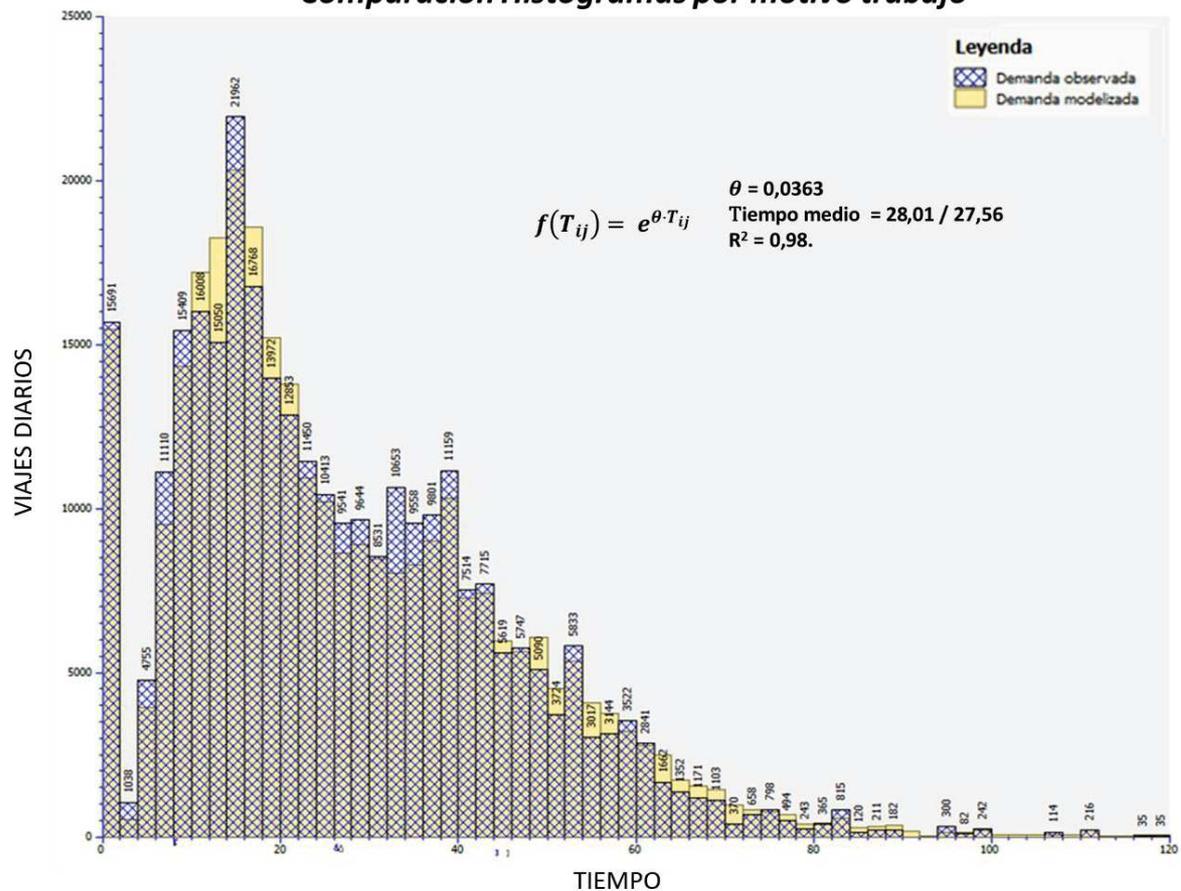
En el caso del motivo trabajo, como resultado de la calibración se obtiene un coeficiente θ de 0,0363. El tiempo medio de la matriz sintética es, con 28,01 minutos, cercano al observado, de 27,56 minutos. La distribución según tiempo de viaje está recopilada en la figura siguiente, donde a efectos

de comparación se incluye la distribución observada. Puede constatarse una coincidencia elevada, con un R^2 de 0,98³.

Gráfico 5. Distribución de los viajes por motivo trabajo según tiempo. Matriz modelizada vs. observada.

³ Obtenido sobre los histogramas de distribución de tiempos en intervalos de un minuto

Comparación Histogramas por motivo trabajo



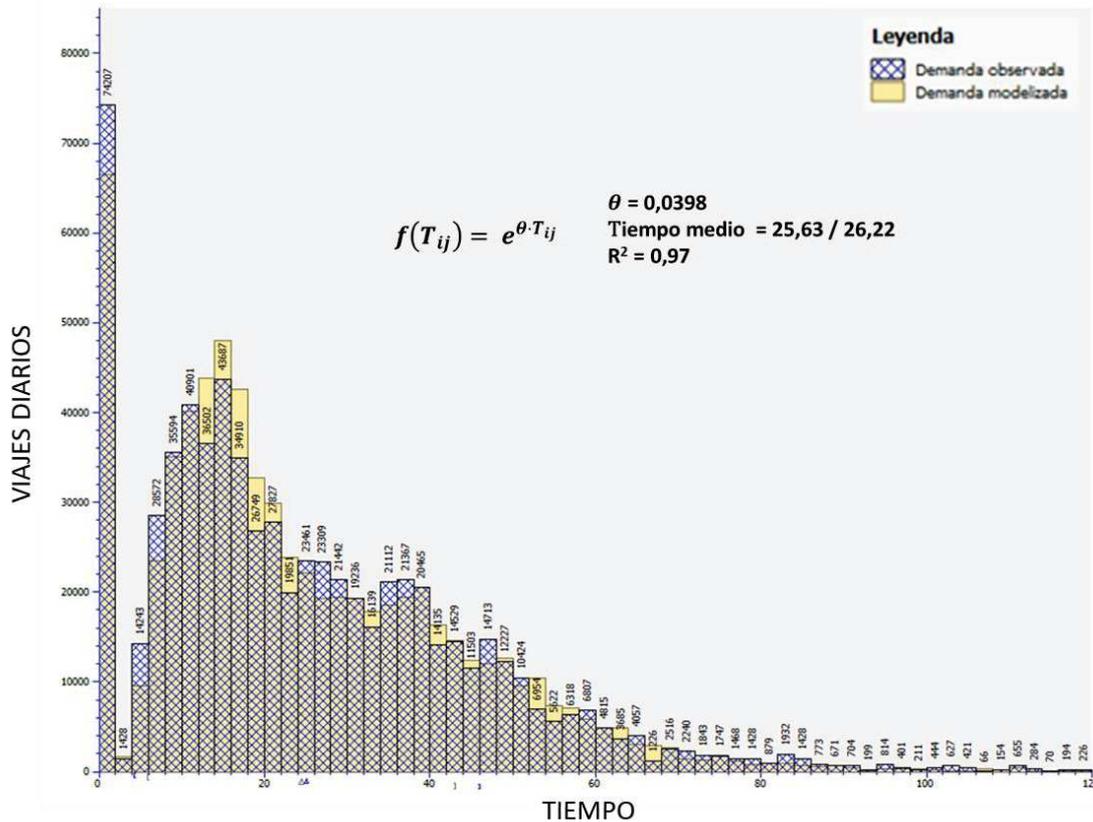
2.1.4.2. Otros motivos

En el caso los viajes por otros motivos, como resultado de la calibración se obtiene un coeficiente θ de 0,0398. El tiempo medio de la matriz sintética es, con 25,63 minutos, muy cerca del 26,22 observado. La distribución según tiempo de viaje está recopilada en la figura siguiente, donde a efectos de comparación se incluye la distribución observada. Puede constatarse una coincidencia elevada, con un R^2 de 0,97⁴.

⁴ Obtenido sobre los histogramas de distribución de tiempos en intervalos de un minuto.

Gráfico 6. Distribución de los viajes por otros motivos según tiempo. Matriz modelizada vs. Observada.

Comparación Histogramas por otros motivos



2.1.5. Reparto Modal

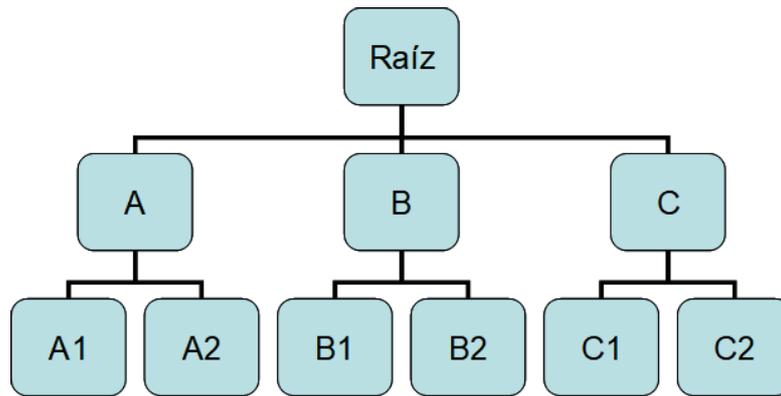
2.1.5.1. Metodología

Los modelos logit son modelos de elección discreta, en lo que se especifica, para cada alternativa de elección, una función de utilidad $U_i = V_i + \varepsilon_i$, donde ε_i representa los atributos de utilidad desconocidos o no medibles para el investigador, mientras V_i corresponde a los atributos observados. En los modelos logit se asume que los ε_i son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas (iid) Gumbel, y con ello puede derivarse la probabilidad de elegir una alternativa i del conjunto de alternativas A (logit multinomial):

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_{j \in A} e^{U_j}}$$

No obstante, esta formulación presupone que los términos aleatorios (no observados) de las alternativas son independientes, lo que en la práctica no siempre está garantizado, especialmente cuando dos modos de transporte son muy parecidos entre sí. Por ello frecuentemente se utilizan modelos logit de tipo jerárquico, que superan esta limitación. Reparten el conjunto de alternativas en varios nidos (ver figura siguiente a modo de ejemplo):

Figura 3. Esquema de una estructura jerárquica



Para el nido A puede calcularse una utilidad compuesta, como:

$$U_A = \ln\left(\sum_i e^{U_{Ai}}\right)$$

Con ello la probabilidad de elegir el nido A es:

$$P_A = \frac{e^{\lambda \cdot U_A}}{\sum_n e^{\lambda \cdot U_n}}; n \in (A, B, C)$$

Donde λ es el coeficiente estructural aplicado a los nidos A, B y C. Este coeficiente se obtiene como resultado de la estimación del modelo, y para modelos válidos debe de adaptar valores entre 0 y 1⁵. El logaritmo neperiano del término en el denominador suele nominarse la Utilidad Raíz (o logsum):

$$U_{Raíz} = \ln\left(\sum_n e^{\lambda \cdot U_n}\right)$$

Por otra parte, la probabilidad de elegir la alternativa A1 dentro del nido A es:

$$P_{A1|A} = \frac{e^{U_{A1}}}{\sum_i e^{U_{Ai}}}; i \in (1,2)$$

Con ello la probabilidad de elegir la alternativa A1 entre el conjunto es:

$$P_{A1} = P_{A1|A} \cdot P_A = \frac{e^{U_{A1}}}{\sum_i e^{U_{Ai}}} \cdot \frac{e^{\lambda \cdot U_A}}{\sum_n e^{\lambda \cdot U_n}}$$

⁵ Para $\lambda = 1$ el modelo jerárquico es idéntico con el modelo multinomial

Cabe resaltar que la formulación implica elasticidades cruzadas más altas entre los modos que conforman un mismo nido, que entre dos modos que pertenecen a nidos distintos. Es decir, el impacto de un cambio de la utilidad U_{A1} sobre la probabilidad P_{A2} es mayor que sobre las Probabilidades $P_{B1/2}$ y $P_{C1/2}$.

2.1.5.2. Proceso de calibración

Para el desarrollo de los modelos de reparto modal aquí se ha optado por utilizar modelos logit, en principio de tipo jerárquico, procediendo a su calibración con la información desagregada de las encuestas telefónicas. Para ello, se parte de las siguientes informaciones:

- Demanda entre zonas para los distintos modos de transporte presentes en el ámbito:
 - Vehículo privado
 - Transporte público
 - Pie
 - Bicicleta
- Coste generalizado de desplazamiento entre zonas: tiempo, distancia y coste económico

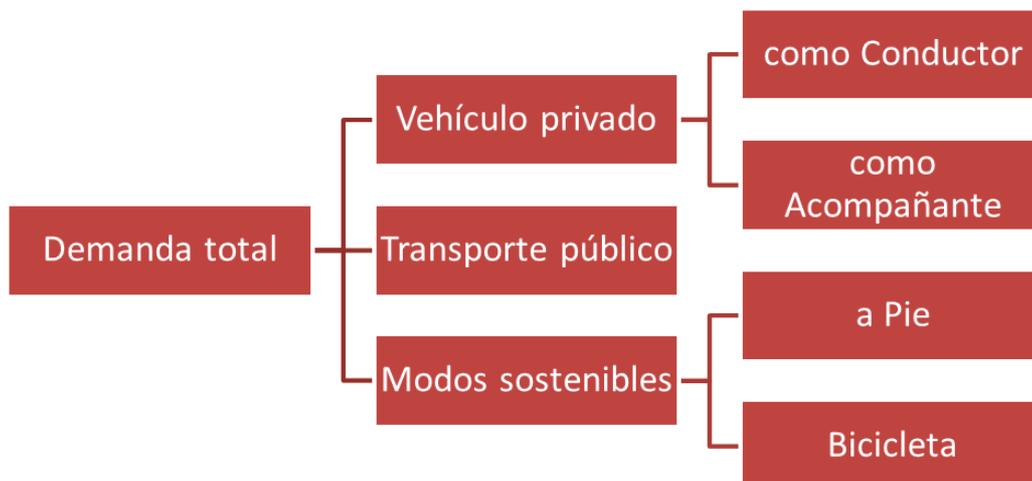
Este conjunto de datos muestra el reparto modal actual en el ámbito de estudio y lleva implícitos los distintos valores de tiempo para los distintos tipos de usuarios. Todo ello permite que sean empleados para la elaboración de los modelos que permiten estimar la distribución modal en los distintos escenarios de propuestas que se plantean.

Tal como se ha hecho en etapas previas, se calibran dos modelos distintos según los motivos de viaje; trabajo y otros motivos.

Los modelos calibrados en este caso, según la segmentación de modelos establecida, son los que siguen:

2.1.5.3. Motivo Trabajo

Para el motivo trabajo, de los diferentes modelos testeados en el proceso de calibración se ha retenido un modelo jerárquico, con la siguiente estructura:



Las funciones de utilidad incluyen el tiempo de viaje en cada modo para todas las alternativas, así como su coste percibido en el caso del vehículo privado, y del transporte público. Asimismo, todos los modos con excepción de la marcha a pie incluyen constantes modales, según el sexo del viajero. Las **funciones de utilidad** obtenidas para los distintos modos en los desplazamientos por motivos de trabajo obedecen a las siguientes formulaciones:

Vehículo privado, como conductor:

$U_{VP} = conVP + conVPm + ttime \times tiempo(VP) + tcost \times coste(VP) + dispo \times (DisponeCoche)$, siendo *DisponeCoche* igual a uno, si la encuestada ha declarado disponer de un coche

Vehículo privado, como acompañante:

$U_{VPa} = conVPa + conVPam + ttime \times tiempo(VPa) + tcost \times coste(VPa)$

Transporte público:

$U_{TP} = conTP + conTPm + ttime \times tiempo(TP) + tcost \times coste(TP) + ta \times accdis(TP) + d_{TP} \times (distancia < 3)$, siendo *accdis* el tiempo de acceso a la 1ª parada, y el tiempo de dispersión desde la última parada

A pie:

$U_{pie} = ttime \times tiempo(Pie)$

Bicicleta:

$U_{bici} = conBici + conBicim + ttime \times tiempo(Bici)$

La tabla siguiente resume los coeficientes estimados en la calibración, así como su ratio T^6 . Como puede observarse, todos los coeficientes tienen el signo esperado (variables que reducen la “atractividad” de un modo tiene signo negativo: tiempo y coste), y son altamente significativos.

El ajuste⁷ obtenido es con un ρ^2 con respecto a constantes de 0,2585, suficiente.

El valor de tiempo implícito por motivo trabajo, ratio entre el parámetro de tiempo y el de coste, es de de 16,65 €/hora.

Tabla 6. Coeficientes del modelo de reparto modal. Motivo trabajo

Descripción	Parámetro	Valor	Valor T
Constante VP. Conductor. Hombre	conVP	-5.0657	-28.1
Constante VP. Acomp. Hombre	conVPa	-4.9786	-58.2
Constante TP. Hombre	conTP	0.7362	8.6
Constante Bici. Hombre	conBici	-3.0724	-50.8

⁶ Ratio entre el error estándar y el valor del parámetro. Para valores $|T| \geq 2$ el valor del parámetro es estadísticamente significativo

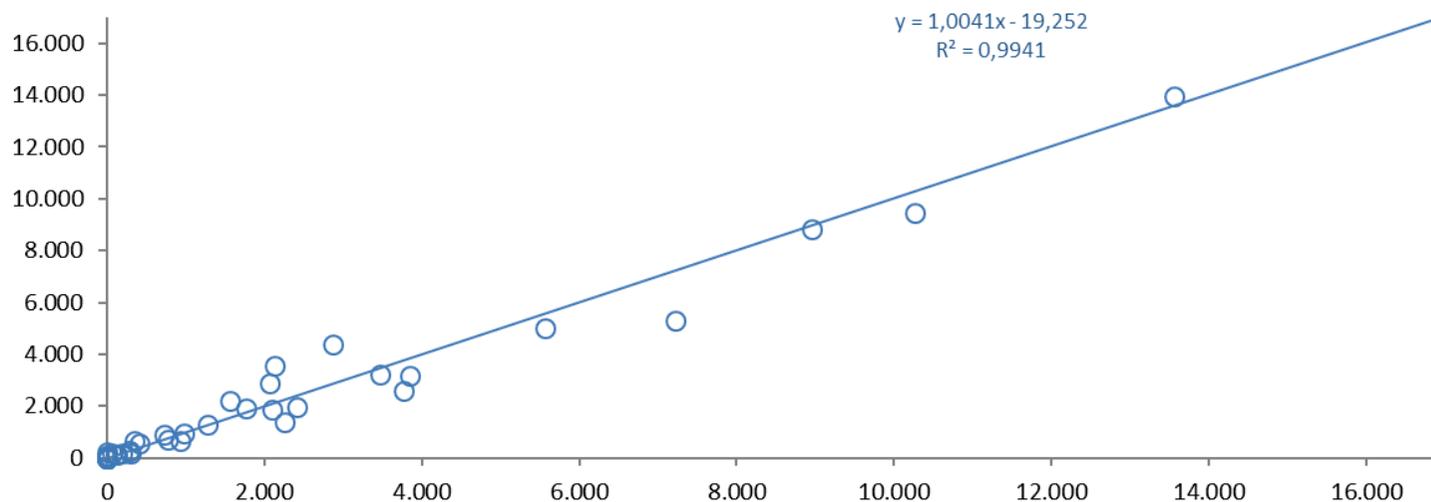
⁷ En los modelos logit, el parámetro ρ^2 mide el incremento de la verosimilitud del modelo final con respecto a una formulación que solo usase constantes. Generalmente valores superiores a 0,1 – 0,2 se suelen considerar un ajuste adecuado.

Descripción	Parámetro	Valor	Valor T
Constante VP. Cond. Mujer	conVPm	-5.3125	-29.4
Constante VP. Acomp. Mujer	conVPam	-4.1942	-58.6
Constante TP. Mujer	conTPm	1.4697	17.2
Constante Bici. Mujer	conBicim	-3.8710	-56.1
Coefficiente de Nido	Ncoef	0.9086	52.7
Tiempo	ttime	-0.0876	-50.9
Coste	tcost	-0.3155	-3.4
Tiempo acceso+dispersión	ta	-0.0884	-26.4
Dummy TP<3km	d _{TP}	-1.1357	-20.8
Disponibilidad Coche	dispo	3.9031	23.0

Para el contraste de este modelo, se aporta a continuación su aplicación según intervalos de distancia de 1 km para los distintos modos de transporte y su comparación con los datos observados.

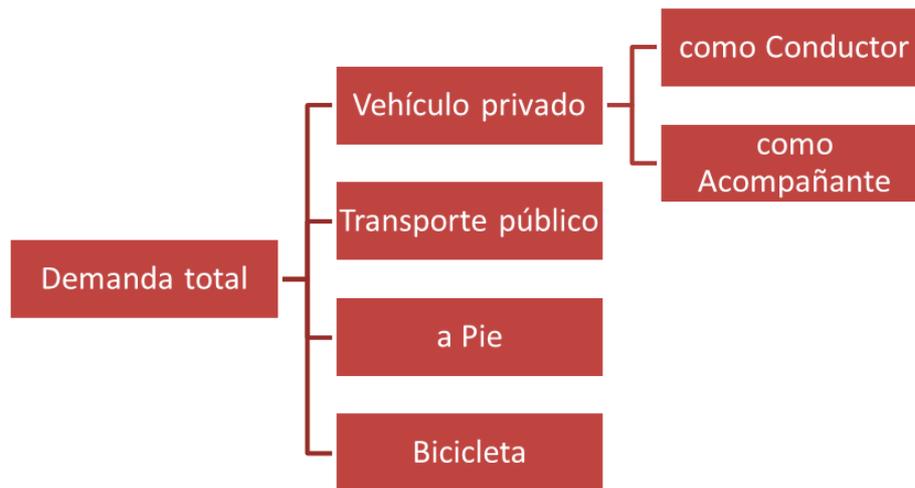
Tabla 7. Contraste del modelo de reparto modal por motivos de trabajo

		Distancia (km)											TOTAL
		>=0, <2	>=2, <4	>=4, <6	>=6, <8	>=8, <10	>=10, <12	>=12, <14	>=14, <16	>=16, <18	>=18, <20	>=20, <25	
Vehículo privado - Conductor	Observado	10.266	33.100	34.521	25.634	13.557	5.567	2.101	1.275	767	122	184	127.093
	Reproducido	9.459	33.725	35.100	25.851	13.972	5.010	1.859	1.278	727	104	165	127.249
Vehículo privado - Acompañante	Observado	927	3.764	2.073	1.761	985	407	0	0	0	0	0	9.916
	Reproducido	643	2.607	2.899	1.901	928	558	94	70	54	2	4	9.760
Transporte público	Observado	2.127	24.764	24.970	8.961	3.851	726	57	294	289	0	0	66.039
	Reproducido	3.554	26.584	22.326	8.842	3.178	914	159	195	261	15	11	66.039
Pie	Observado	20.312	16.938	3.463	2.259	283	105	0	0	0	0	0	43.360
	Reproducido	20.446	17.597	3.207	1.363	268	105	0	0	0	0	0	42.985
Bicicleta	Observado	2.416	7.224	2.868	1.562	342	0	0	0	0	0	0	14.411
	Reproducido	1.945	5.278	4.364	2.219	672	218	45	26	15	1	3	14.785
TOTAL	Observado	36.047	85.790	67.895	40.176	19.018	6.805	2.158	1.569	1.056	122	184	260.819
	Reproducido	36.047	85.790	67.895	40.176	19.018	6.805	2.158	1.569	1.056	122	184	260.819



2.1.5.4. Otros motivos

De los diferentes modelos testeados en el proceso de calibración se ha retenido un modelo jerárquico, con la siguiente estructura:



Las funciones de utilidad incluyen el tiempo de viaje en cada modo para todas las alternativas, así como su coste percibido en el caso del vehículo privado, y del transporte público. Asimismo, todos los modos con excepción de la marcha a pie incluyen constantes modales, según el sexo del viajero. Las **funciones de utilidad** obtenidas para los distintos modos en los desplazamientos por motivos de trabajo obedecen a las siguientes formulaciones:

Vehículo privado, como conductor:

$$U_{VP} = conVP + conVPm + ttime \times tiempo(VP) + tcost \times coste(VP) + dispo \times (DisponeCoche) + d_{VP} \times (distancia < 1),$$
 siendo *DisponeCoche* igual a uno, si la encuestada ha declarado disponer de un coche

Vehículo privado, como acompañante:

$$U_{VPa} = conVPa + conVPam + ttime \times tiempo(VPa) + tcost \times coste(VPa) + d_{VPa} \times (2 < distancia < 3)$$

Transporte público:

$$U_{TP} = conTP + conTPm + ttime \times tiempo(TP) + tcost \times coste(TP) + ta \times accdis(TP) + d_{TP} \times (distancia < 3),$$
 siendo *accdis* el tiempo de acceso a la 1ª parada, y el tiempo de dispersión desde la última parada

A pie:

$$U_{pie} = ttime \times tiempo(Pie)$$

Bicicleta:

$$U_{bici} = conBici + conBicim + ttime \times tiempo(Bici)$$

La tabla siguiente resume los coeficientes estimados en la calibración, así como su ratio T^8 . Como puede observarse, todos los coeficientes tienen el signo esperado (variables que reducen la “atractividad” de un modo tiene signo negativo: tiempo y coste), y son altamente significativos.

El ajuste⁹ obtenido es con un ρ^2 con respecto a constantes de 0,266, suficiente.

El valor de tiempo implícito por motivo trabajo, ratio entre el parámetro de tiempo y el de coste, es de de 5,05 €/hora.

Tabla 8. Coeficientes del modelo de reparto modal. Otros motivos

Descripción	Parámetro	Valor	Valor T
Constante VP. Conductor. Hombre	conVP	-5.5941	-31.3
Constante VP. Acomp. Hombre	conVPa	-4.4736	-69.9
Constante TP. Hombre	conTP	0.5798	14.7
Constante Bici. Hombre	conBici	-4.5294	-54.3
Constante VP. Cond. Mujer	conVPm	-5.5206	-30.9
Constante VP. Acomp. Mujer	conVPam	-3.7370	-65.9
Constante TP. Mujer	conTPm	0.8960	22.4
Constante Bici. Mujer	conBicim	-5.3034	-54.1
Coeficiente de Nido	Ncoef	0.9214	59.9
Tiempo	ttime	-0.0927	-55.5
Coste	tcost	-1.1012	-35.1
Tiempo acceso+dispersión	ta	-0.0687	-29.9
Dummy TP<3km	d _{TP}	-1.2159	-25.2
Disponibilidad Coche	dispo	4.0955	23.7
Dummy 1km < Vpa < 3km	d _{Vpa}	0.8170	18.5

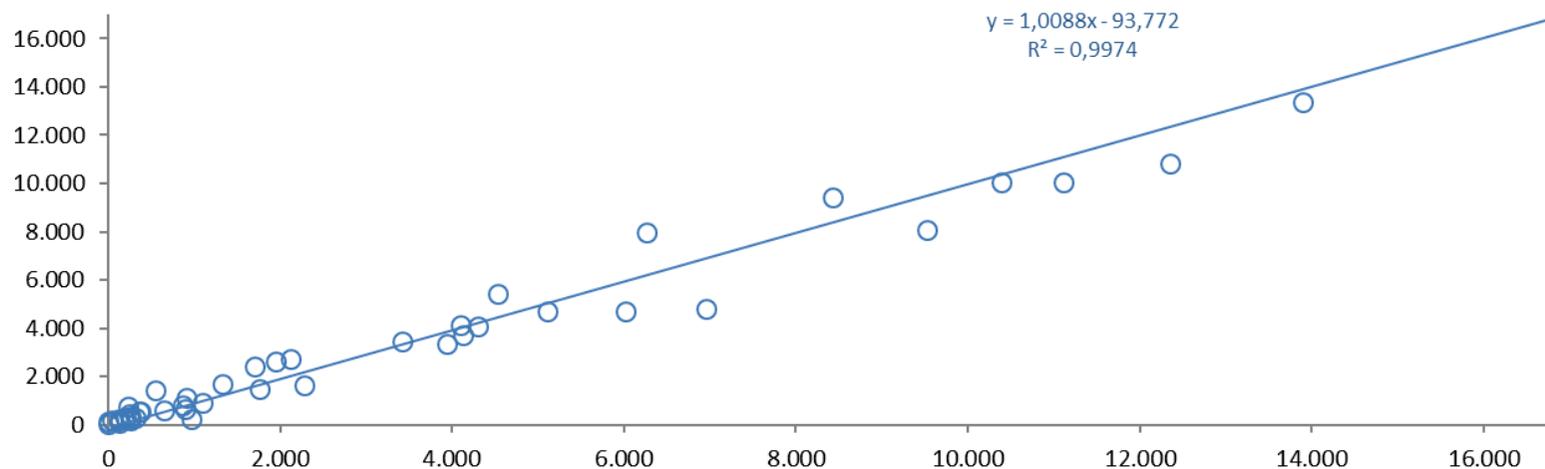
Para el contraste de este modelo, se aporta a continuación su aplicación según intervalos de distancia de 1 km para los distintos modos de transporte y su comparación con los datos observados.

⁸ Ratio entre el error estándar y el valor del parámetro. Para valores $|T| \geq 2$ el valor del parámetro es estadísticamente significativo

⁹ En los modelos logit, el parámetro ρ^2 mide el incremento de la verosimilitud del modelo final con respecto a una formulación que solo usase constantes. Generalmente valores superiores a 0,1 – 0,2 se suelen considerar un ajuste adecuado.

Tabla 9. Contraste del modelo de reparto modal por otros motivos

		Distancia (km)											TOTAL
		>=0, <2	>=2, <4	>=4, <6	>=6, <8	>=8, <10	>=10, <12	>=12, <14	>=14, <16	>=16, <18	>=18, <20	>=20, <25	
Vehículo privado - Conductor	Observado	13.891	34.145	34.022	28.157	16.522	8.429	4.130	2.274	891	1.096	962	144.520
	Reproducido	13.350	32.331	35.543	29.118	17.697	9.453	3.720	1.646	638	899	222	144.617
Vehículo privado - Acompañante	Observado	3.426	12.355	9.517	6.260	4.531	3.939	906	253	262	197	0	41.646
	Reproducido	3.460	10.854	8.090	7.964	5.443	3.369	1.145	442	326	318	137	41.549
Transporte público	Observado	1.945	39.169	46.020	37.997	22.747	11.113	4.103	1.332	374	646	226	165.671
	Reproducido	2.627	40.031	48.033	35.894	21.244	10.045	4.163	1.673	559	629	774	165.671
Pie	Observado	81.613	81.903	30.005	10.384	6.010	1.762	860	262	129	322	256	213.505
	Reproducido	80.803	84.759	30.021	10.050	4.709	1.514	793	206	82	320	249	213.505
Bicicleta	Observado	2.123	5.102	6.955	4.304	1.698	556	356	49	135	135	0	21.414
	Reproducido	2.756	4.700	4.832	4.076	2.414	1.419	534	203	188	229	63	21.414
TOTAL	Observado	102.997	172.674	126.520	87.102	51.507	25.799	10.355	4.170	1.792	2.395	1.444	586.756
	Reproducido	102.997	172.674	126.520	87.102	51.507	25.799	10.355	4.170	1.792	2.395	1.444	586.756



2.1.5.5. Aplicación

Para evitar el arrastre de los desajustes inevitables de los modelos de reparto en algunas relaciones, su aplicación se lleva a cabo de forma incremental o pívot, según la siguiente formulación:

$$P_p = \frac{P_p^0 e^{\Delta U_p}}{\sum_q P_q^0 e^{\Delta U_q}}$$

Donde

P_p y P_p^0 son las cuotas modales del modo p en situación con actuación, y en situación de partida (datos observados en 2017 en este caso) y,

$\Delta U_p = U_p - U_p^0$ es la variación de la utilidad del modo p entre la situación con actuación y la situación de partida.

Resaltar, que con ello aquellas variables que no varían ante cambios en las redes de transportes, como constantes modales – incluidas aquellas que dependan del sexo del usuario, siempre que la distribución entre sexos se mantiene constante a lo largo del horizonte de las previsiones – no influyen en la estimación del impacto de las modificaciones en las redes de transportes.

2.2. Situación actual. Calibración.

El modelo de macrosimulación EMME4 representa una síntesis de la situación resultante en el sistema de transportes del ámbito de estudio en situación actual. Se construye a partir de toda la información extraída de los trabajos descritos en epígrafes anteriores, con el fin de integrarla en una sola herramienta que constituya el elemento de análisis de resultados en cada caso. Esta labor, como el resto del estudio, se ha centrado específicamente en el área definida por el término municipal de Sevilla.

En esta sección, por lo tanto, se describen el modelo, los elementos que lo constituyen y el proceso de su construcción y calibración.

El proceso de construcción de los modelos de redes de transporte toma como base las zonas de transporte que han sido empleadas para la caracterización de la movilidad del ámbito de estudio. Estas zonas, modelizadas como puntos de origen y destino de los desplazamientos, alimentan las redes caracterizadas para todos los modos; vehículo privado, transporte público (autobús y metro), pie y bicicleta.

2.2.1. Oferta de transporte

La codificación de la oferta de las distintas redes de transporte comienza por la construcción de la red viaria del ámbito. En este caso, se ha utilizado el viario contenido en la capa de base de la cartografía de Open Street Maps, migrándola a EMME4 directamente de la capa GIS de viales. De esta forma el modelo integra la totalidad del viario de interés en el ámbito.

En la siguiente figura aparece la red viaria codificada en EMME4.

7. Funciones velocidad-intensidad: determinan el tiempo de desplazamiento en función de la capacidad de la vía y de la intensidad de tráfico en cada instante. Son del tipo:

$$T = \left(a + b \cdot \left(\frac{I}{C} \right)^c \right) [\text{min/km}],$$

Donde,

T , es el tiempo de desplazamiento

I , intensidad o nivel de ocupación de la vía

C , capacidad de la vía

a , b y c , son parámetros que se ajustan según el tipo de vía.

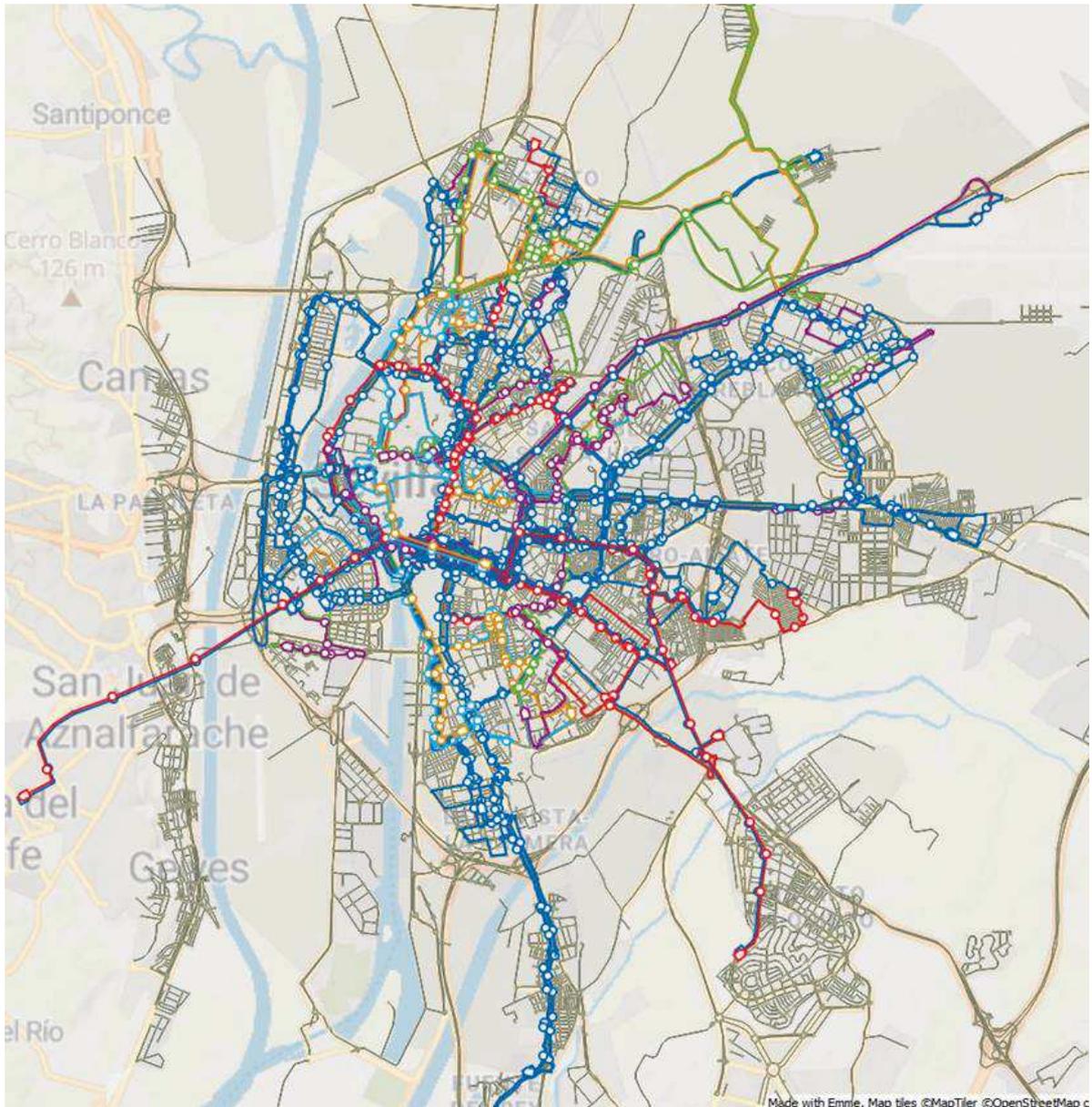
La velocidad libre (sin tráfico) se define con el parámetro a , con la siguiente relación:

$$v = \frac{60}{a} [\text{km/h}]$$

Los parámetros b y c definen como se incrementa el tiempo de viaje, conforme aumenta el ratio entre la intensidad de tráfico y la capacidad.

A continuación, se incorporan sobre la estructura viaria descrita, las líneas de autobús y metro que prestan servicio en el ámbito. La codificación de estas líneas puede verse en la figura siguiente:

Figura 5. Líneas de transporte público codificadas en EMME4



Además de sus paradas y trayectos, se han codificado el resto de atributos que las caracterizan; velocidad comercial e intervalo medio de paso por parada.

En la tabla siguiente se recogen los parámetros básicos codificados para estas líneas.

Tabla 10. Parámetros básicos de las líneas de transporte público codificadas en EMME4

Línea	Nombre Línea	Frecuencia min	Vel. Comercial (km/h)
1	Polígono Norte - Hospital V.Rocío	6	11,60
2	Barqueta - Heliópolis	5	12,14
3	Bellavista - San Jerónimo - Pino Montano	10	14,90
5	Puerta Triana - Santa Aurelia	8	12,82
6	Gta. San Lázaro - Hospital V.Rocío	6	12,63
10	Ponce de León - San Jerónimo	8	12,00
11	Ponce de León - Los Príncipes	11	10,47
12	Ponce de León - Pino Montano	4	11,33
13	Plaza Duque - Pino Montano	4	12,42
14	Plaza Duque - Polígono Norte - Las Golondrinas	12	10,84
15	Ponce de León - San Diego	11	11,92
16	Rialto - Valdezorras	23	16,42
20	Ponce de León - Polígono San Pablo	11	12,39
21	Plaza de Armas - Polígono San Pablo	10	11,91
22	Prado San Sebastián - Sevilla Este	9	16,10
24	Ponce de León - Juan XXIII - Palmete	10	11,78
25	Prado San Sebastián - Rochelambert	10	12,52
26	Prado San Sebastián - Cerro del Aguila	9	11,78
27	Plaza del Duque - Sevilla Este	6	13,20
28	Prado San Sebastián - Alcosa	6	16,15
29	Prado San Sebastián - Torreblanca	7	21,01
30	Prado San Sebastián - La Paz	11	12,71
31	Prado San Sebastián - Polígono Sur	12	12,59
32	Plaza Duque - Polígono Sur	6	11,18
34	Prado San Sebastián - Los Bermejales	8	13,71
37	Puerta Jerez - Pedro Salvador - Bellavista	8	14,33
38	Prado San Sebastián - Univ. Pablo Olavide	15	13,43
40	Plaza Magdalena - El Tardon - Triana	12	11,53
41	Pza. Magdalena - Los Remedios - Tablada	11	14,47
43	Plaza Magdalena - Turruñuelo - El Tardon - Triana	11	11,38
52	San Bernardo - Gran Plaza - Palmete	12	12,81
B3	Gran Plaza-Polígono San Pablo-Santa Clara	25	13,89
B4	San Bernardo - Alcosa - Sevilla Este - Torreblanca	16	15,41
C1	Circular Exterior 1	5	13,21
C2	Circular Exterior 2	4	12,28
C3	Circular Interior 1	5	12,13
C4	Circular Interior 2	7	11,07
C5	Circular Centro	30	10,30
C6	Circular Macarena Norte	40	17,66
EA	Plaza de Armas - Aeropuerto	23	19,88
EE	Prado-Sevilla Este	15	10,51
LC	Blas Infante - Isla de la Cartuja	11	17,66
T1	Metrocentro (Plaza Nueva - San Bernardo)	6	9,62

2.2.2. Calibración y ajuste

Vehículo privado

Como se ha comentado, para el vehículo privado existen dos pasos que completan la fase de demanda de transporte.

En primer lugar, se lleva a cabo un trabajo de completar las matrices de demanda. Debido a la escasa muestra de ponderación para los viajes entre el ámbito de estudio y el exterior, para este paso, el proceso se basa en la obtención de los tráficos de entrada y salida del ámbito de estudio según los aforos localizados en las vías principales y más próximos a las fronteras del ámbito de estudio, sin incluir en ningún momento tráficos internos. Estos tráficos se unen a los vectores de generación y atracción, pudiendo de esta forma incluirse en el modelo de distribución de viajes y así ponderarse de la misma manera que los viajes internos en cuanto a su distribución interna en el ámbito.

El segundo paso, para la calibración del modelo de vehículo privado, se recurre también a los datos de intensidades de tráfico contenidos en el Informe de Intensidades Medias Diarias 2016 del Ayuntamiento de Sevilla, a los que se añaden algunos del Plan de Aforos de la Red Principal de Carreteras de Andalucía 2016, realizado por la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía. Estos eran los datos disponibles en el momento de calibración del modelo al inicio de los trabajos del Plan de Movilidad, ya que la información referente a los Planes anuales de Aforos realizados es publicada por los organismos oficiales (Ayuntamientos, Junta de Andalucía, Ministerio de Fomento, ...) con dos años de diferencia, es decir los datos disponibles actualmente son los correspondientes al año 2018.

No obstante, se ha observado que hay muy poca variación en los datos utilizados respecto a los datos de 2018, últimos disponibles.

Figura 6. Rutas definidas en el Informe de Intensidades Medias Diarias 2016 del Ayuntamiento de Sevilla

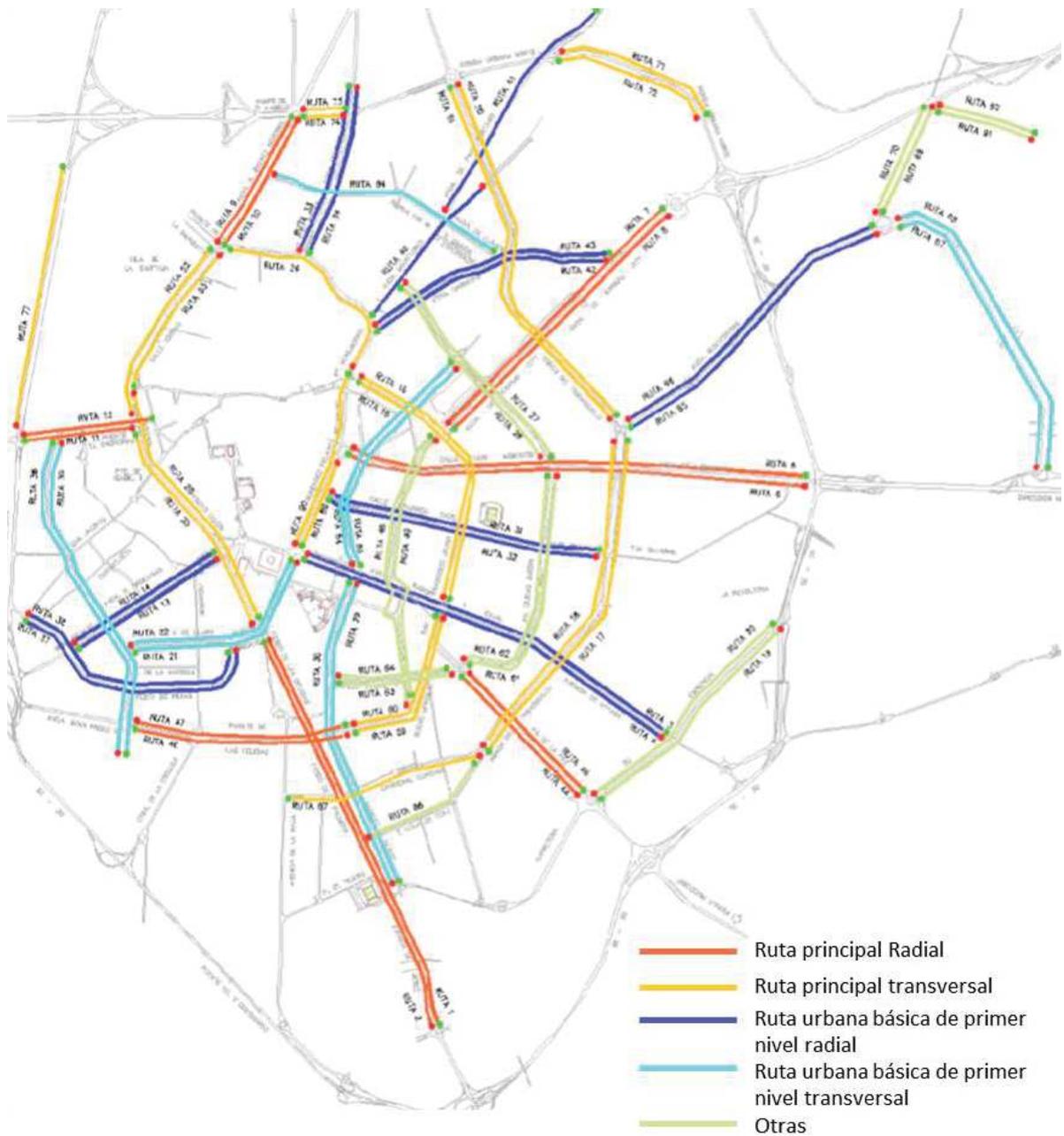
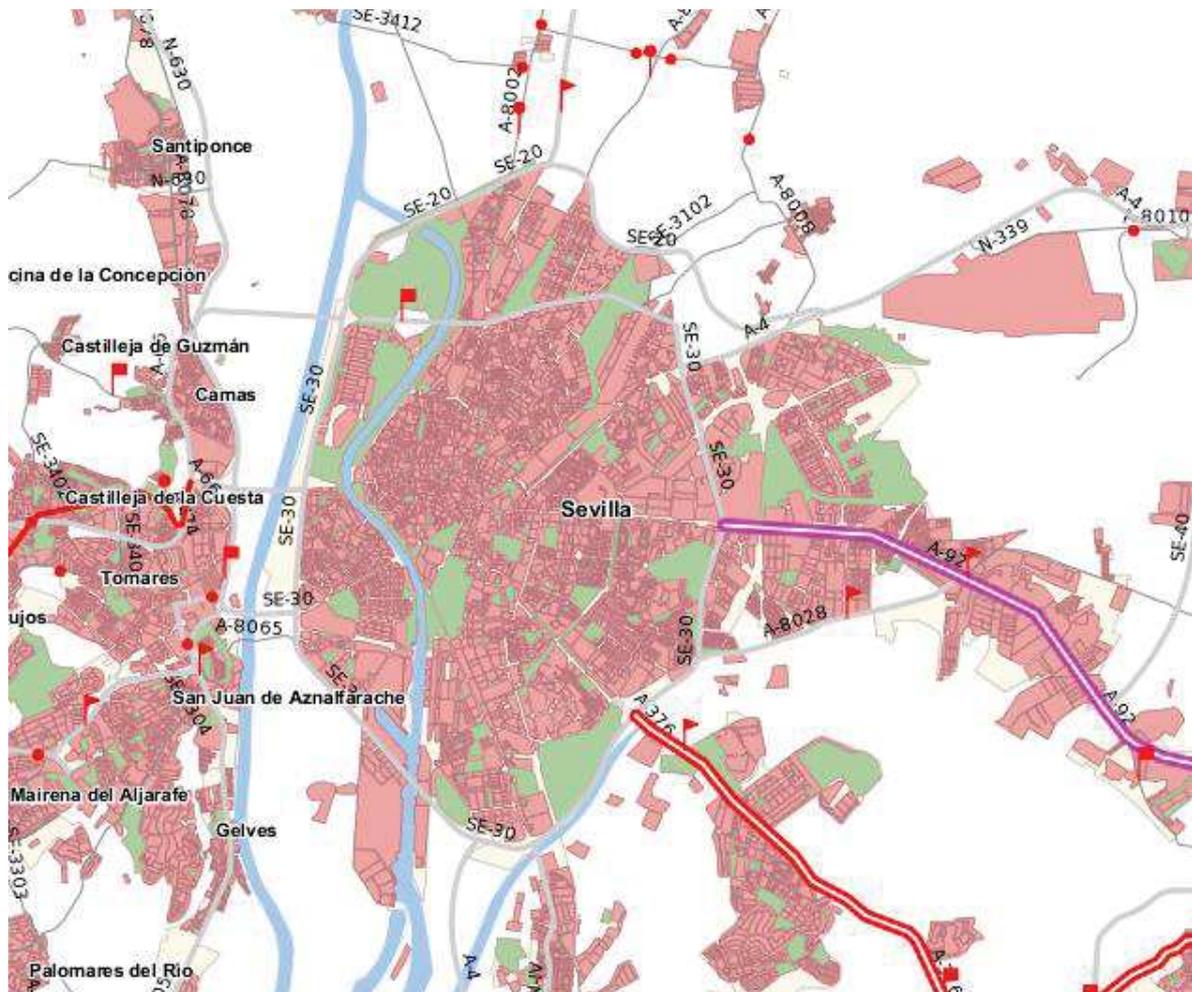


Tabla 11. Aforos para las rutas definidas en el Informe de Intensidades Medias Diarias 2016 del Ayuntamiento de Sevilla

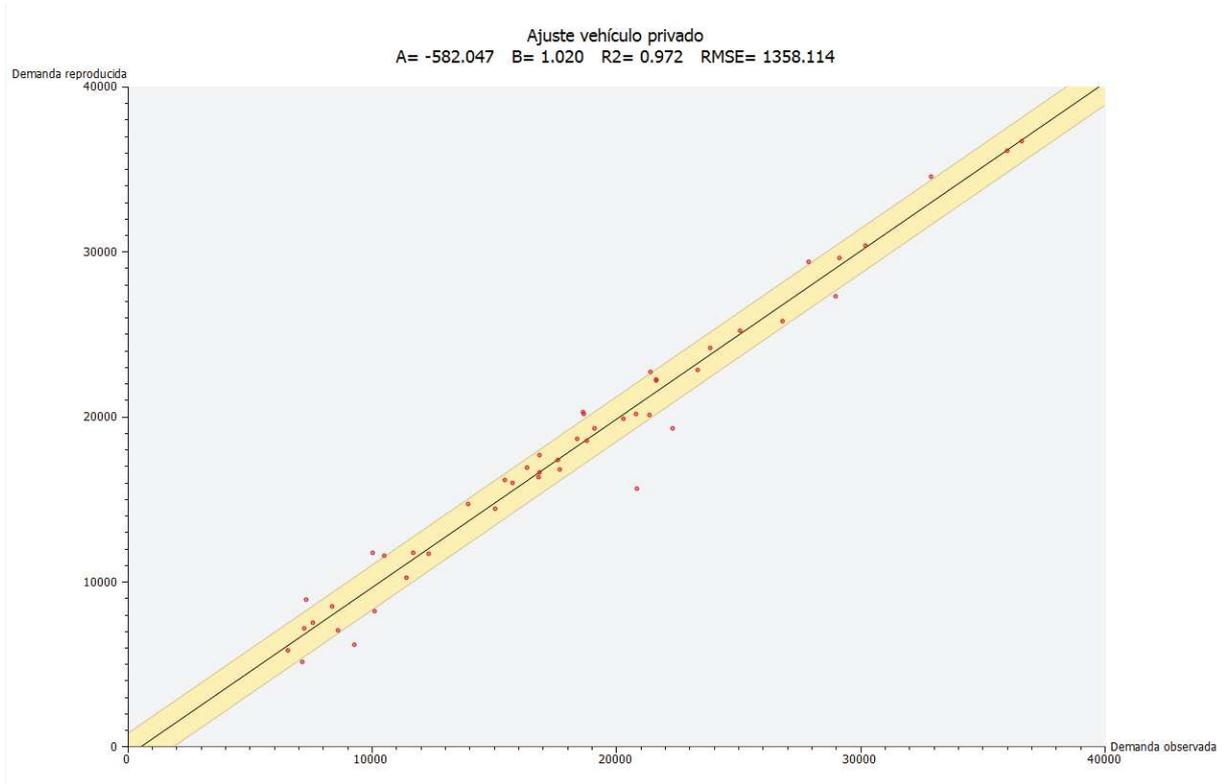
RUTA	DENOMINACIÓN	Aforo (veh./día)
RUTA 01	PALMERA ENTRADA	22.303
RUTA 02	PALMERA SALIDA	20.866
RUTA 03	RAMÓN Y CAJAL ENTRADA	10.022
RUTA 04	RAMÓN Y CAJAL SALIDA	11.710
RUTA 05	LUIS MONTOTO ENTRADA	21.386
RUTA 06	LUIS MONTOTO SALIDA	16.826
RUTA 07	KANSAS CITY ENTRADA	18.059
RUTA 08	KANSAS CITY SALIDA	17.604
RUTA 11	CRISTO.EXPIRACIÓN ENTRADA	28.967
RUTA 12	CRISTO.EXPIRACIÓN SALIDA	26.816
RUTA 14	REP. ARGENTINA SALIDA	12.343
RUTA 16	S.FCO.JAVIER- NORTE-SUR	15.041
RUTA 18	TAMARGUILLO SUR. - NORTE-SUR	17.708
RUTA 21	VIRGEN DE LUJAN - SUR-NORTE	10.517
RUTA 22	VIRGEN DE LUJAN - NORTE-SUR	10.114
RUTA 24	R. HISTORICA - NORTE-SUR	18.650
RUTA 26	PASEO COLON - SUR-NORTE	23.344
RUTA 31	EDUARDO DATO ENTRADA	7.581
RUTA 32	EDUARDO DATO SALIDA	7.220
RUTA 33	DR. FEDRIANI ENTRADA	12.424
RUTA 34	DR. FEDRIANI SALIDA	11.420
RUTA 38	RONDA TRIANA - NORTE-SUR	6.583
RUTA 39	RONDA TRIANA - SUR-NORTE	7.142
RUTA 46	PUENTE DE LAS DELICIAS ENTRADA	20.818
RUTA 47	PUENTE DE LAS DELICIAS SALIDA	20.303
RUTA 48	BUHAIRA - NORTE-SUR	7.337
RUTA 49	BUHAIRA - SUR-NORTE	8.383
RUTA 50	TAMARGUILLO NORTE - SUR-NORTE	16.860
RUTA 51	TAMARGUILLO NORTE - NORTE-SUR	15.777
RUTA 52	TORNEO - NORTE-SUR	18.867
RUTA 53	TORNEO - SUR-NORTE	21.407
RUTA 54	J.M. MORENO GALVAN - NORTE-SUR	8.607
RUTA 55	J.M. MORENO GALVAN - SUR-NORTE	9.284
RUTA 59	MARTINEZ.BARRIOS - SUR-NORTE	21.661
RUTA 60	MARTINEZ.BARRIOS - NORTE-SUR	13.949
RUTA 65	MONTES SIERRA SALIDA	21.662
RUTA 66	MONTES SIERRA ENTRADA	19.116
RUTA 67	AVDA. DE LAS CIENCIAS - NORTE-SUR	16.875
RUTA 68	AVDA. DE LAS CIENCIAS - SUR-NORTE	18.785
RUTA 71	R. NORTE (SECTOR ESTE) - SUR-NORTE	36.588
RUTA 72	R. NORTE (SECTOR ESTE) - NORTE-SUR	36.006
RUTA 73	R. NORTE (SECTOR OESTE) - ESTE-OESTE	29.137
RUTA 74	R. NORTE (SECTOR OESTE) - OESTE-ESTE	30.216
RUTA 89	MENENDEZ PELAYO - SUR-NORTE	16.342
RUTA 90	MENENDEZ PELAYO - NORTE-SUR	15.439

Figura 7. Aforos de tráfico en el ámbito disponibles en el Plan de Aforos de la Red Principal de Carreteras de Andalucía 2016



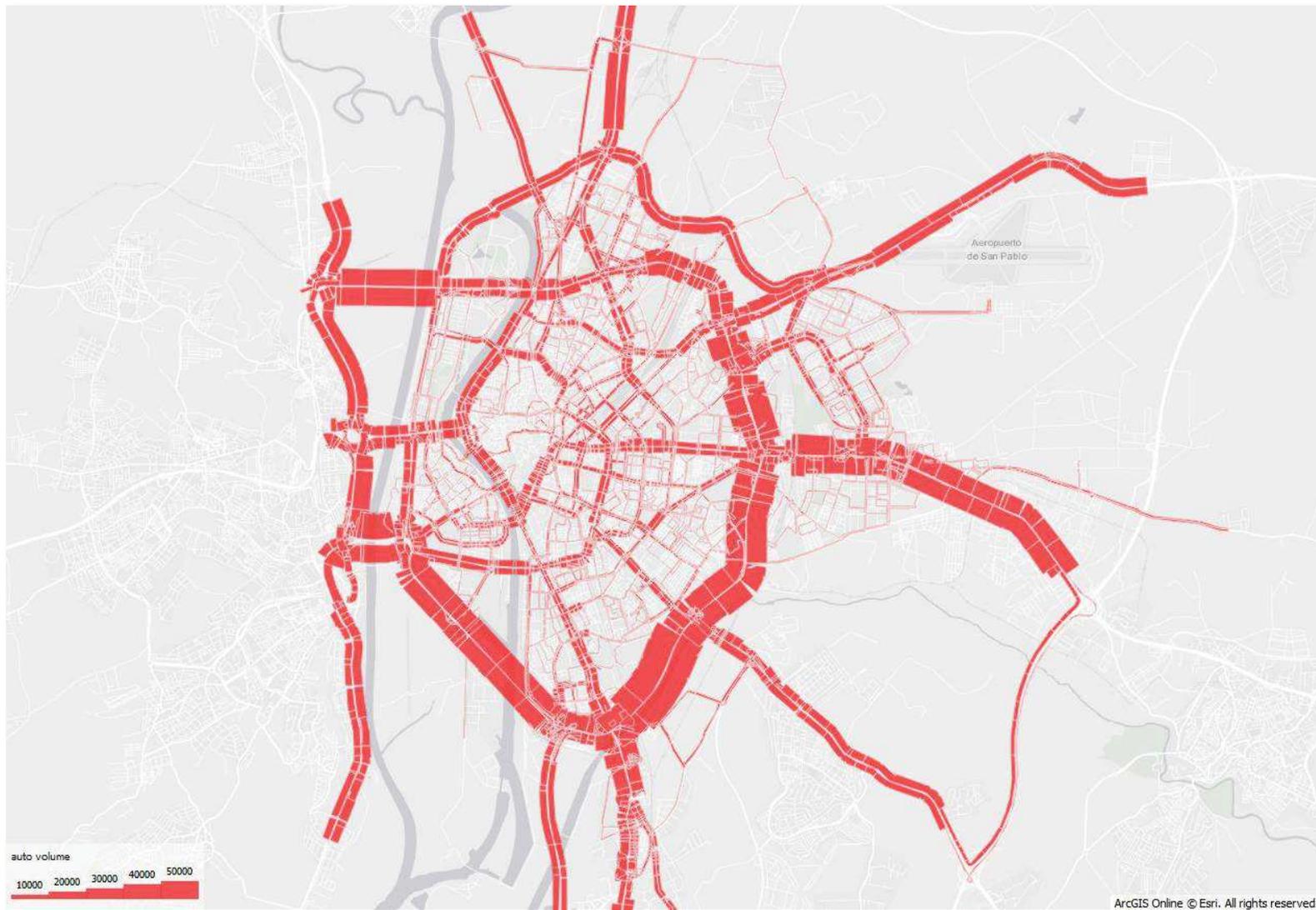
Estos aforos se incorporan al modelo como atributos de arco, comparables de esta forma a los tráficos modelizados en los arcos con los que concuerda la localización del aforo. En este caso se han incorporado a la red todos los aforos relevantes de ambas fuentes incluidos dentro del ámbito del estudio.

Gráfico 6. Análisis de regresión lineal para la calibración de la red viaria en EMME4



Se observa como el ajuste es satisfactorio, con una $R^2=0,972$, y por lo tanto se puede dar por calibrada la red vial modelizada. De esta forma, la siguiente figura muestra la asignación de volúmenes de tráfico a la red actual definitiva

Figura 9. Esquema de asignación de tráfico en EMME4



Transporte público

Para el transporte público, el proceso de ajuste es similar, aunque los valores de contraste son los totales diarios de demanda por línea. Esta comparación, como en el caso anterior, también permite analizar las desviaciones respecto a los datos reales y, por lo tanto, corregir posibles errores en la codificación de los servicios de transporte público en el modelo.

A continuación se muestra el análisis de regresión para la red de transporte público, con una $R^2=0,9849$ y por tanto un ajuste satisfactorio.

Gráfico 7. Análisis de regresión lineal para la calibración de la red de transporte público en EMME4

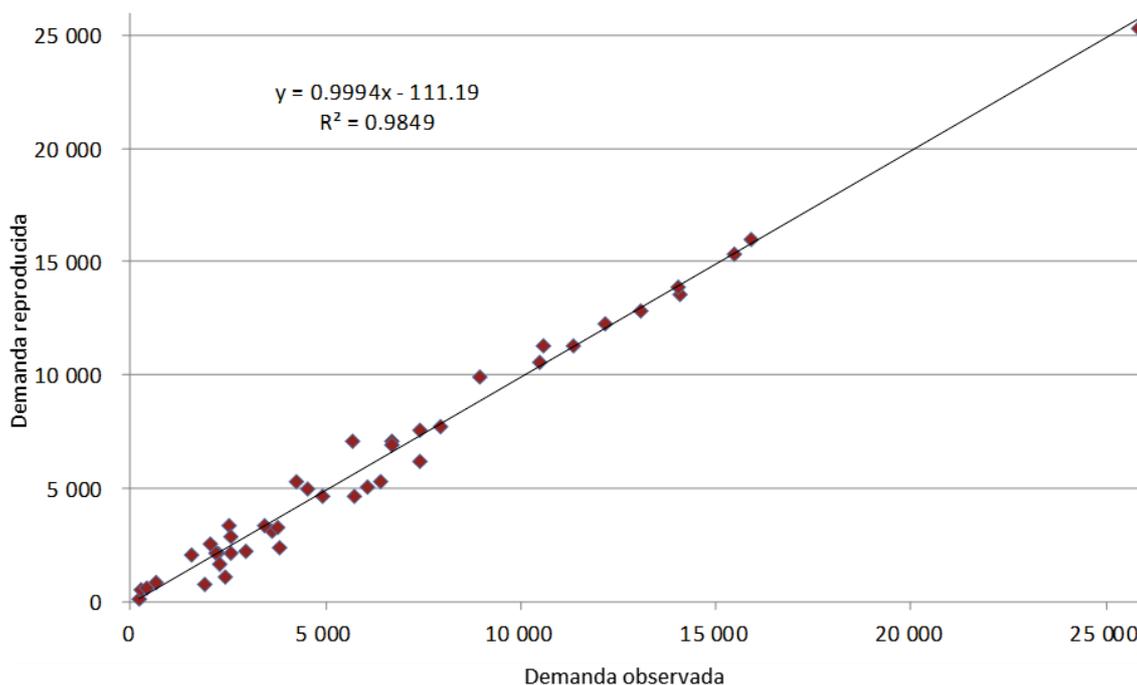


Tabla 12. Comparación por línea de la demanda diaria real y la reproducida por el modelo

Línea	Descripción	Demanda real	Demanda reproducida	Diferencia
1	Polígono Norte - Hospital V.Rocío	11.367	11.341	-26
2	Barqueta - Heliopolis	25.829	25.336	-493
3	Bellavista - San Jerónimo - Pino Montano	10.557	11.289	732
5	Puerta Triana - Santa Aurelia	7.922	7.736	-186
6	Gta. San Lázaro - Hospital V.Rocío	12.139	12.296	157
10	Ponce de León - San Jerónimo	6.689	7.069	380
11	Ponce de León - Los Príncipes	2.941	2.210	-731
12	Ponce de León - Pino Montano	10.479	10.573	94
13	Plaza Duque - Pino Montano	13.084	12.835	-249
14	Plaza Duque - Polígono Norte - Las Golondrinas	2.566	2.146	-420
15	Ponce de León - San Diego	3.643	3.106	-537
16	Rialto - Valdeorras	1.584	2.081	497
20	Ponce de León - Polígono San Pablo	3.431	3.385	-46
21	Plaza de Armas - Polígono San Pablo	5.731	4.650	-1081
22	Prado San Sebastián - Sevilla Este	5.686	7.118	1432
24	Ponce de León - Juan XXIII - Palmete	6.389	5.320	-1069
25	Prado San Sebastián - Rochelambert	3.803	2.384	-1419
26	Prado San Sebastián - Cerro del Aguila	2.258	2.133	-125
27	Plaza del Duque - Sevilla Este	14.095	13.598	-497
28	Prado San Sebastián - Alcosa	8.930	9.910	980
29	Prado San Sebastián -Torreblanca	7.398	7.563	165
30	Prado San Sebastián - La Paz	2.545	3.342	797
31	Prado San Sebastián - Polígono Sur	2.195	2.165	-30
32	Plaza Duque - Polígono Sur	14.037	13.911	-126
34	Prado San Sebastián - Los Bermejales	4.542	4.961	419
37	Puerta Jerez - Pedro Salvador - Bellavista	6.705	6.932	227
38	Prado San Sebastián - Univ. Pablo Olavide	2.061	2.531	470
40	Plaza Magdalena - El Tardon - Triana	1.920	817	-1103
41	Pza. Magdalena - Los Remedios - Tablada	2.308	1.658	-650
43	Plaza Magdalena - Turruñuelo - El Tardon - Triana	2.432	1.088	-1344
52	San Bernardo - Gran Plaza - Palmete	3.769	3.260	-509
B3	Gran Plaza-Polígono San Pablo-Santa Clara	655	843	188
B4	San Bernardo - Alcosa - Sevilla Este - Torreblanca	4.232	5.311	1079
C1	Circular Exterior 1	15.456	15.380	-76
C2	Circular Exterior 2	15.921	16.019	98
C3	Circular Interior 1	7.418	6.180	-1238
C4	Circular Interior 2	6.088	5.103	-985
C5	Circular Centro	211	106	-105
C6	Circular Macarena Norte	285	531	246
EA	Plaza de Armas - Aeropuerto	2.550	2.852	302
EE	Prado-Sevilla Este	4.904	4.657	-247
LC	Blas Infante - Isla de la Cartuja	410	614	204
LT1	Tramo Blas Infante - Pablo de Olavide	34.176	34.172	-4
MC	Metrocentro (Plaza Nueva - San Bernardo)	11.780	11.513	-267

Por último, si bien no es necesaria su calibración, se han asignado al modelo las matrices de los modos pie y bicicleta. Esto permite obtener los datos de tiempos y distancias en la red para este tipo de desplazamientos.

2.2.3. Resultado modelo actual y tendencial

El modelo de movilidad actual de la ciudad de Sevilla pivota principalmente sobre el vehículo privado, con más de un 40% de cuota modal. Si no se actúa sobre el modelo actual se seguiría un **escenario tendencial** que vendrá definido por las siguientes hipótesis:

- Mantenimiento de las tendencias y modelo de movilidad actuales con un reparto modal similar.
- La previsión de las variables socioeconómica que, aunque afectan de forma importante a la movilidad se entienden invariables al escenario en el que nos encontremos.
- La situación de crisis económica de los últimos años que ha provocado una restricción de la inversión en nuevas infraestructuras.
- Continuidad en la aplicación de políticas y planificación territorial en favor del automóvil lo que conllevará un aumento de los desplazamientos motorizados, especialmente los realizados en vehículo privado.

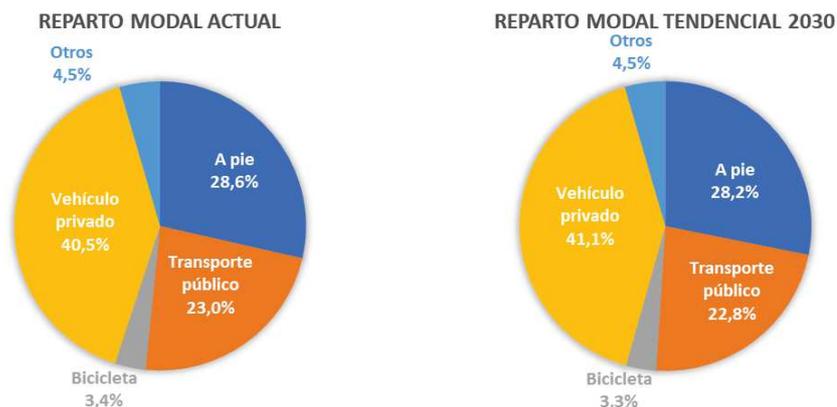
El modelo estimará la demanda futura del sistema de transporte, número total de viajes, su reparto por modo de transporte y su distribución en el ámbito, viajes según macrozona. Lo que permitirá determinar y cuantificar hacia donde se dirige cada escenario.

Para el **escenario tendencial no habrá apenas alteración del reparto modal**, sin embargo, si habrá **impacto en el número de viajes que aumentará**, lógico al aumentar la población y el empleo.

Modo básico	2017		2030 tendencial	
	Viajes	%	Viajes	%
A pie	326.279	28,6%	370.683	28,2%
Transporte público	261.723	23,0%	300.050	22,8%
Bicicleta	38.538	3,4%	43.962	3,3%
Vehículo privado	461.833	40,5%	540.877	41,1%
Otros	51.591	4,5%	59.163	4,5%
Total	1.139.964	100,00%	1.314.736	100,00%

Si bien el modelo incluye los modos a pie, transporte público, bicicleta y vehículo privado, por lo que para el modo básico Otros se ha considerado que se mantiene la misma cuota modal de 4,5%.

Se observa que en el escenario tendencial aumenta en 174.772 el número de viajes diarios, aumentando ligeramente la cuota modal del vehículo privado un 0,6% en detrimento del resto de modos.



Según el modelo, los vehículos-km por modo en Sevilla para el año 2017 y para el 2030 en un escenario tendencial son:

Modo	Veh.-km/día. Base 2017	Veh.-km/día. Año 2030
VP	9.271.917	10.929.329
Autobús	61.079	61.079
Metro	4.713	4.713

Aumentan los veh.-km/día de vehículo privado y se mantienen los del transporte público ya que en el escenario tendencial no se considera ninguna modificación de la oferta de los mismos, lo que si aumentaría sería la demanda al aumentar la población en 2030.

2.3. Situación futura

La metodología para obtener las demandas futuras se basa principalmente en la proyección de las variables utilizadas para calibrar los modelos actuales de generación. Estas proyecciones se detallan en el documento de Escenarios, Objetivos y Estrategias del Plan.

A continuación, se describen las propuestas planteadas en el Plan para ser implantadas en un horizonte de 10 años que pueden ser simuladas en el modelo de transporte elaborado para la ciudad de Sevilla de manera individual o conjunta para evaluar el impacto que tendrán sobre la movilidad de la ciudad en el horizonte establecido.

El modelo de transportes elaborado es un modelo de macrosimulación, los cuales son muy adecuados para el análisis del funcionamiento general del sistema viario siendo especialmente aptos para modelos de grandes ámbitos espaciales, y para construir escenarios de demanda y de red futuras.

Los resultados obtenidos serán sólo del impacto de las medidas evaluadas ya que habrá otras que, por su naturaleza y características, no puedan ser medibles con el modelo macro elaborado. Es decir, el resto de medidas contempladas en el documento de propuestas, al tratarse de medidas de alcance espacial reducido no introducirán cambios en el modelo, dada la sensibilidad del mismo. Igualmente, hay medidas relacionadas con la formación, concienciación y sensibilización de los ciudadanos, o las de fomento de modos alternativos al vehículo privado, nuevas tecnologías, etc....y en general las propuestas de Gestión de la Movilidad que no pueden ser simuladas en un modelo de transportes.

Ello no implica que el resto de medidas no tenga repercusión sino que la misma no es posible de medir con el modelo empleado. Por tanto, si bien es cierto que las actuaciones modelizadas son las que tendrán mayor impacto en la movilidad de la ciudad, el resto de las propuestas también tendrán su aportación al cambio hacia un modelo de movilidad más sostenible para la ciudad de Sevilla. Por consiguiente, los resultados estimados por el modelo de transportes en el horizonte del Plan serán los mínimos alcanzables, ya que el resto de medidas que no pueden ser medibles al nivel de simulación que se está haciendo mejorarán los resultados estimados.

3. Evaluación de las medidas

3.1. Descripción de las actuaciones modelizadas

3.1.1. Zona de tráfico restringido en Casco Antiguo y Triana

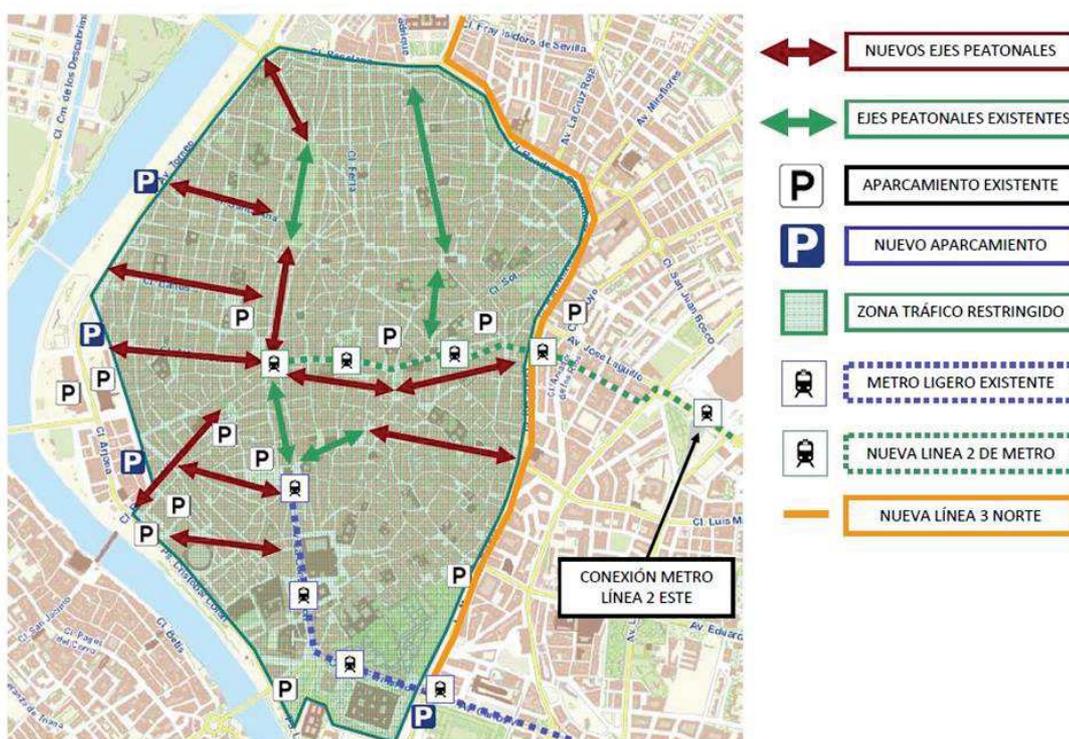
Esta medida se ha descrito con detalle en el apartado de Movilidad Peatonal incluido en el documento de Propuestas del presente Plan.



Consiste en la implantación de una zona de tráfico restringido excepto para residentes y autorizados, con control automatizado en las distintas calles de entrada a la misma para garantizar el cumplimiento de las restricciones de acceso, reduciendo de esta manera la intensidad de tráfico en las calles del Casco Antiguo y zona histórica de Triana



Figura 10. Propuestas para la movilidad peatonal en el Casco Antiguo

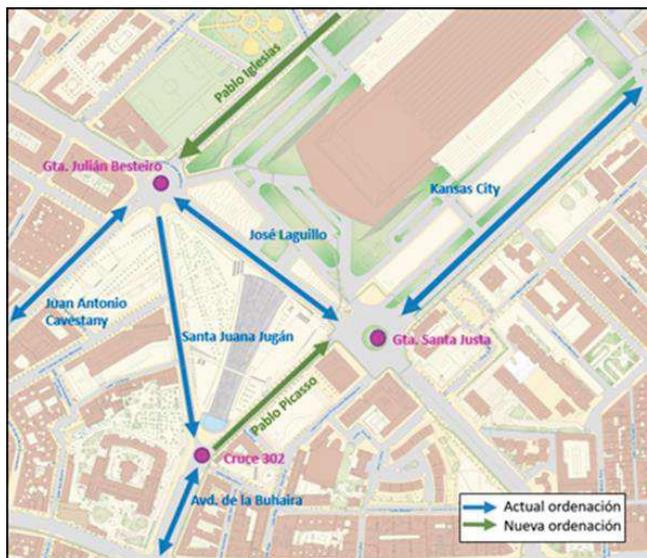


3.1.2. Pasos subterráneos y reordenación de sentidos.

Estas actuaciones están descritas en detalle en el capítulo de Circulación y Viario del documento de Propuestas, a continuación, se recogen las características principales de las mismas:

- **Simplificación de movimientos en la Glorieta de Santa Justa: Ordenación en sentido único de la**

calle Pablo Picasso en sentido hacia la Glorieta de Santa Justa. El tráfico que necesita acceder a la Avda. de la Buhaira desde el noreste estaría obligado a hacerlo a través de José Laguillo, Glorieta de Julian Bestairo y calle Santa Juana Jugán, ordenada actualmente en sentido único hacia Avda. de la Buhaira desde la Glorieta de Julián Besteiro. De esta forma, se ofrece una entrada más efectiva al entorno de Buhaira a través del eje Hespérides – Pablo Iglesias (que se propone ordenar en sentido único), eliminando tráfico de la Glorieta de Santa Justa.



- **Mejora de las conexiones transversales entre Ronda Histórica y Segunda Ronda: La herramienta a emplear será la de los sentidos únicos**, que además viene condicionado por el proceso de peatonalización de la Avenida de la Cruz Roja, por lo que se procede a establecer **Carretera de Carmona en sentido único hacia Ronda Histórica**, y actuar igualmente sobre **León XIII**, que actualmente tiene sentido salida y **habrá que cambiarlo a sentido de entrada** para dar todas las soluciones a los movimientos.

La actuación comprende 4 actuaciones principales:

1. **Ordenar en sentido único Carretera de Carmona en sentido entrada.** Eliminará los dos puntos más conflictivos de Carretera de Carmona y Alcalde Manuel de Valle.
2. **Mejorar la ordenación de la Avenida de Miraflores** para potenciar la salida, absorbiendo parte del tráfico que circulaba por CC en sentido salida.
3. **Invertir el sentido de la calle León XIII** para mejorar los retornos.
4. **Potenciar el eje Arroyo – Tharsis en sentido salida**, absorbiendo parte del tráfico que circulaba por CC sentido salida, para lo que se propone el cambio de sentido de la calle Salesianos, el sentido de la calle San Juan Bosco (entre Miraflores y Carretera de Carmona) y el sentido de la avenida del Pueblo Saharaui en sentido de salida.

La salida a través de José Laguillo, Glorieta de Julián Vesteiro, Glorieta de Santa Justa y Kansas City, también contribuirá al absorber parte del tráfico que circulaba por CC sentido salida.

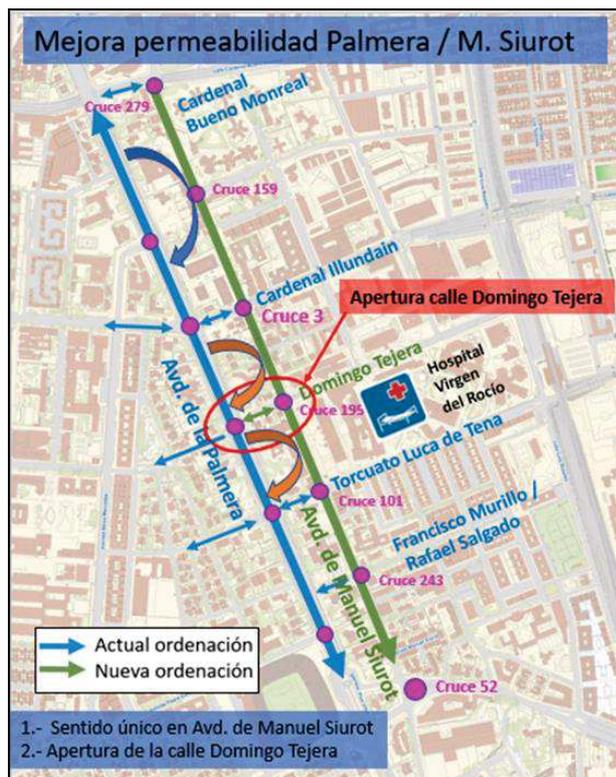
La siguiente figura esquematiza el escenario de la actuación.



- **Sentido único en la Avenida Virgen de Lujan sentido Parque de los Príncipes:** entre la Glorieta de la Cigarreras y la calle Santa Fe. Esta nueva ordenación facilitará además el acceso desde la Avenida de M^a Luisa a todo el tráfico proveniente de la Ronda Histórica en sentido hacia la zona de Aljarafe



- **Mejora de la permeabilidad de la Avenida de la Palmera: Sentido único en la Avenida de Manuel Siurot en sentido sur:** desde la Avenida del Cardenal Bueno Monreal (cruce 279) hasta la Glorieta Guadaira (cruce 52), para así aprovechar las oportunidades de conexión entre los sectores situados al este y al oeste de la Palmera.



3.1.3. Ampliación de la red de transporte de Alta Capacidad: Alternativa 6

Dentro del capítulo de Transporte Público del Documento de Propuestas se analiza la ampliación de la red de transporte público de Alta Capacidad de la ciudad en detalle. Se estudian 8 alternativas de distintas tipologías (BTR, Subterráneo, Superficie, Mixto) y tras un análisis multicriterio, la alternativa 6 resulta la más equilibrada de las alternativas.

Esta alternativa consiste en una solución mixta, con tramos en superficie y subterráneo, con el esquema de explotación que se detalla a continuación:

Tipología	ML superficie	ML subterráneo
Velocidad comercial	22	30
Frecuencia media (min)	6	6
Líneas:		
L2c: Aeronáutica-Plaza Nueva	Superficie desde Aeronáutica-Ctra Amarilla Superficie desde Kansas City a Plaza Nueva	Subterráneo desde Ctra. Amarilla-Kansas City y cruce con SE-30
L3: Pino Montano-Hospital Virgen de Valme	Superficie desde Pino Montano Norte-Hospital Virgen Macarena Superficie desde La Palmera-Hospital Virgen de Valme	Subterráneo desde Hospital Virgen Macarena-Prado San Sebastián-La Palmera
L4: Circular	x	
Metrocentro: San Bernardo-Torretriana	x	

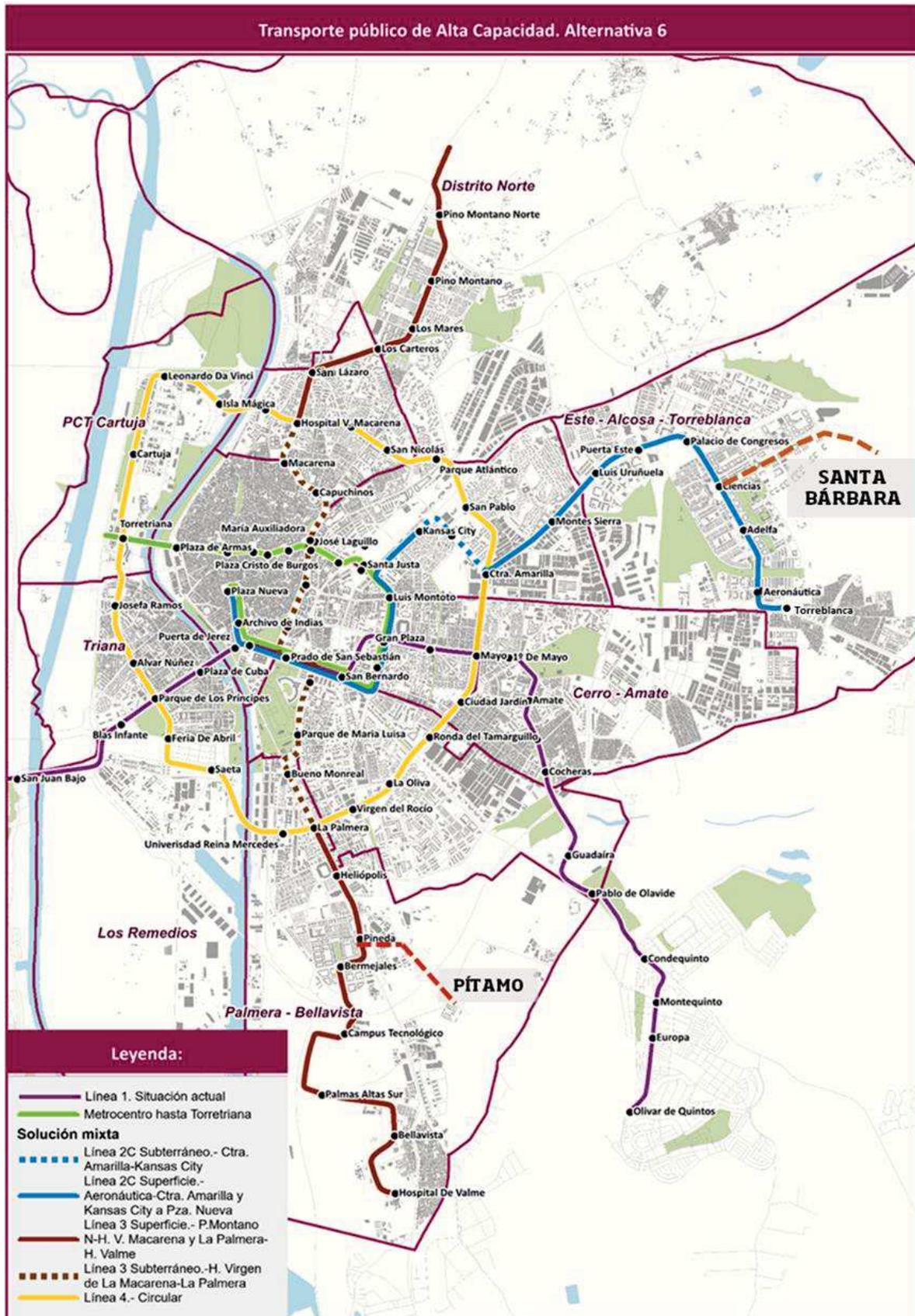


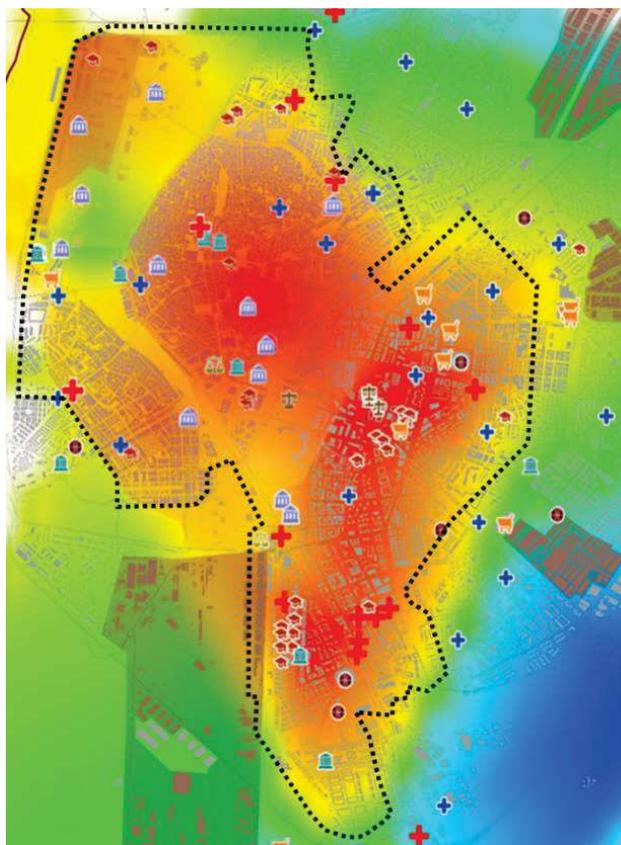
Figura 11. Alternativa 6. Solución mixta con distinto esquema de explotación con futuros ramales

3.1.4. Reordenación del estacionamiento regulado en Superficie

El detalle de la propuesta se recoge en el capítulo de Aparcamiento del Documento de Propuestas, a continuación se resumen las características principales de dicha actuación.

La propuesta de reordenación del aparcamiento regulado en superficie se ha elaborado analizando las áreas de influencia isócronas de los centros atractores de la ciudad y estableciendo las zonas con mayor demanda de aparcamiento realizando un mapa de calor que permite delimitar la zona de mayor demanda de la ciudad. Con el fin de minimizar el efecto frontera entre zonas reguladas y no reguladas se propone una zona con continuidad geográfica y compacta.

Figura 12. Mapa de calor según demanda de aparcamiento



Por otro lado, se propone un cambio en la concepción de la regulación del aparcamiento en superficie orientándola hacia los residentes, distinguiendo entre plazas de estacionamiento regulado para residentes (verdes) y no residentes (azules). Como norma general se establece que el porcentaje mínimo de plazas verdes será del 75% del total de las plazas de estacionamiento regulado disponibles en cada zona/barrio, número que se contrastará con el número de autorizaciones de residentes recibidas con el fin de adecuar oferta y demanda, pudiendo variar dicho porcentaje en función de ello.

Referente a la **regulación tarifaria** se proponen las siguientes tarifas y rangos de tiempo:

Tabla 13. Propuesta tarifa base estacionamiento regulado en superficie

Minutos estacionamiento	Zona verde o Residencial	€/minuto	Zona Azul	€/minuto
20	0,35	0,01750	0,20	0,01000
30	0,60	0,02000	0,30	0,01000
60	1,25	0,02083	0,75	0,01250
90	2,00	0,02222	1,25	0,01389
120	2,80	0,02333	2,00	0,01667
150	-	-	2,90	0,01933
180	-	-	3,80	0,02111
210	-	-	4,75	0,02262
240	-	-	5,60	0,02333

Las tarifas en zona azul son más económicas que las verdes persiguiendo así fomentar el uso de las plazas azules por los no residentes. La tarifa-minuto del primer intervalo de tiempo es menor que la del siguiente y así sucesivamente, favoreciendo la rotación con tiempos de estacionamiento pequeños.

3.2. Definición de escenarios

Se evaluarán los siguientes escenarios a horizonte del Plan:

- Escenario 1: Zona de tráfico restringido en Casco Antiguo y Triana
- Escenario 2: Pasos subterráneos y reordenación de sentidos de circulación
- Escenario 3: Ampliación de la red de transporte de Alta Capacidad
- Escenario 4: Reordenación del estacionamiento regulado en Superficie
- Escenario 5: Combinación de las cuatro actuaciones
Zona de tráfico restringido en Casco Antiguo y Triana + Pasos subterráneos y reordenación de sentidos + Ampliación de la red de transporte de Alta Capacidad + Reordenación del estacionamiento regulado en Superficie
- Escenario 6: Combinación de tres actuaciones:
Zona de tráfico restringido en Casco Antiguo y Triana + Pasos subterráneos y reordenación de sentidos + Ampliación de la red de transporte de Alta Capacidad

Los cuatro primeros escenarios planteados corresponden a la evaluación de las propuestas aisladas mientras que el escenario 5 y 6 evalúan el resultado conjunto de las propuestas con la diferencia de que el escenario 5 considera las cuatro propuestas de actuaciones y el escenario 6 no considera la reordenación del estacionamiento regulado en superficie.

3.3. Resultados Escenarios Futuros

En este apartado se recogen los principales resultados de los diferentes escenarios analizados para el año horizonte 2030, realizando una evaluación funcional (número de viajes, reparto modal, tiempo

medios de desplazamiento ...) y a partir de ésta una evaluación medioambiental calculando las emisiones generadas por el sistema de transportes.

Se muestran también los resultados para el escenario tendencial, es decir aquel en el que no se realizan actuaciones en el marco de la movilidad, que servirá para comparar los resultados de los distintos escenarios.

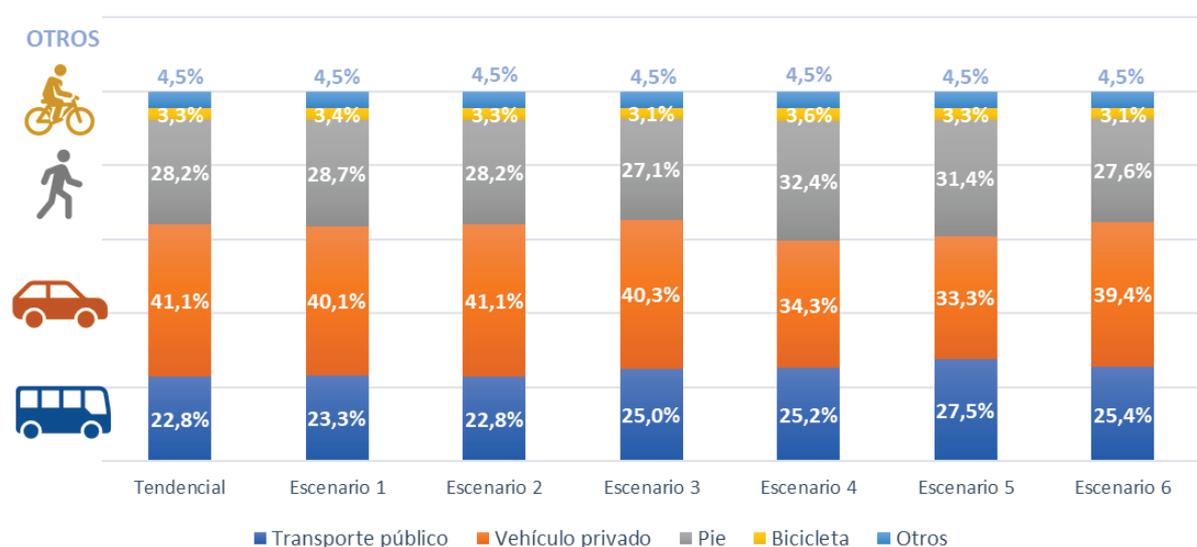
3.3.1. Evaluación funcional

En cuanto al **reparto modal**, en el modelo no se ha podido incluir el modo Otros por lo que, como se ha comentado anteriormente, se supone que la cuota modal de Otros se mantiene en los distintos escenarios.

Tabla 14. Viajes diarios y reparto modal según escenarios en horizonte 2030

Modo	Tendencial	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
		Restric. Tráfico Casco Antiguo y Triana	Pasos subt. y Reord. sentidos	Ampliación red TP Alta Capac.	Reordenación aparc.reg. Superficie	Combinación 4 propuestas	Combinación 4 propuestas -Reg. Aparc.Sup.
Transporte público	300.050	306.175	300.312	328.543	331.732	362.159	334.473
	22,8%	23,3%	22,8%	25,0%	25,2%	27,5%	25,4%
Vehículo privado	540.877	527.810	540.330	529.803	450.496	438.057	517.495
	41,1%	40,1%	41,1%	40,3%	34,3%	33,3%	39,4%
Pie	370.683	377.035	370.939	356.915	426.366	412.192	362.800
	28,2%	28,7%	28,2%	27,1%	32,4%	31,4%	27,6%
Bicicleta	43.962	44.554	43.991	40.312	46.980	43.165	40.804
	3,3%	3,4%	3,3%	3,1%	3,6%	3,3%	3,1%
Otros	59.163	59.163	59.163	59.163	59.163	59.163	59.163
	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%	4,5%
TOTAL	1.314.736	1.314.736	1.314.736	1.314.736	1.314.736	1.314.736	1.314.736
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Gráfico 8. Reparto modal en cada escenario horizonte 2030



Como ya se ha mencionado con anterioridad en el escenario tendencial el reparto no varía sustancialmente, aumentando ligeramente la cuota modal del vehículo privado en detrimento del resto de los modos, aumentando como en el resto de escenarios futuros el número de desplazamientos diarios al aumentar la población y el empleo.

Si se analiza cómo cambia el reparto modal en cada uno de los escenarios se observa que:

Escenario 1 - Zona de tráfico restringido en Casco Antiguo y Triana: El vehículo privado pierde un 1% de cuota modal a favor del transporte público y del modo a pie que aumentan 0,5% ambos. Este escenario afecta a aquellos viajes en vehículo privado con origen o destino en el Casco Antiguo y Triana realizados por los no residentes por eso la repercusión en la cuota modal no es muy elevada con independencia de los beneficios que dicha medida pueda suponer de cara a la mejora de la accesibilidad y la seguridad vial en dichas zonas.

Escenario 2 - Pasos subterráneos y reordenación de sentidos: El reparto modal es prácticamente el mismo que el del escenario tendencial, lo que es lógico ya que las propuestas aquí recogidas tienen como objetivo mejorar en general la movilidad en vehículo privado en las rondas exteriores por lo que los resultados obtenidos son los esperables para las propuestas realizadas.

Escenario 3 - Ampliación de la red de transporte de Alta Capacidad-Alternativa 6: En este escenario el transporte público gana un 2,2% de cuota modal en detrimento del vehículo privado que pierde un 0,8%, del modo a pie que pierde 1% y de la bici que pierde 0,3%. Al mejorar la red de transporte público capta viajeros que antes hacían sus desplazamientos a pie, ya sea porque no era posible hacerlo en transporte público o porque el tiempo a pie era menor que en transporte público al tener que realizar varios transbordos, y algo del vehículo privado si bien es cierto que es muy difícil captar del vehículo privado si no se le pone alguna restricción a la circulación.

Escenario 4 - Reordenación del estacionamiento regulado en Superficie: En este escenario se observa que el vehículo privado pierde casi un 7% de cuota modal a favor del modo a pie que gana un 4,2% y del transporte público con un 2,4% más. Se ve claramente que, al reordenar el aparcamiento regulado en superficie, lo cual supone un coste mayor a los usuarios del vehículo privado, muchos de ellos deciden realizar los desplazamientos a pie o en la red de transporte público actual si bien es cierto que el aumento de cuota del transporte público no es mucho mayor ya que este escenario no contempla la ampliación de la red de alta capacidad.

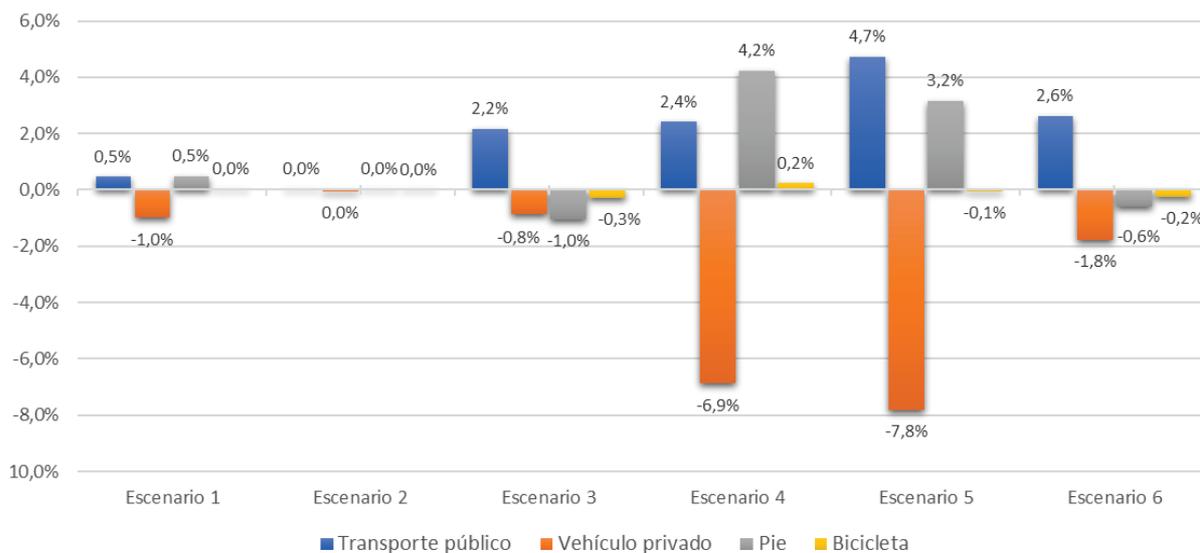
Escenario 5 – Combinación de las 4 propuestas definidas: En este escenario que combina todas las propuestas que engloban los escenarios anteriores, se observa que la repercusión sobre la cuota modal del vehículo privado es mucho más elevada situándose en casi un 8% por debajo de la del escenario tendencial. Al contar este escenario con la ampliación de la red de transporte público de alta capacidad la cuota modal del transporte público gana un 4,7% y los desplazamientos a pie un 3,2%. Se puede decir por tanto que el efecto combinado de las propuestas tiene una repercusión mayor en la variación del reparto de la ciudad hacia modos más sostenibles.

Escenario 6 – Combinación de 3 de las propuestas (no Reordenación del estacionamiento regulado en Superficie): En este escenario se observa que el transporte público gana 2,6% de cuota modal en detrimento del coche que pierde un 1,8%, de modo a pie con 0,6% menos y de la bici con 0,2%

menos. Con estos resultados se pone de manifiesto que, aunque se mejore la red de transporte público de alta capacidad en la ciudad es necesario que vaya unido a otras medidas que sirvan como palanca hacia una movilidad más sostenible que hagan perder el protagonismo actual del vehículo privado en la movilidad.

En el siguiente gráfico se muestran la variación respecto al escenario tendencial del reparto modal para cada uno de los escenarios planteados.

Gráfico 9. Variación reparto modal respecto al escenario tendencial en 2030

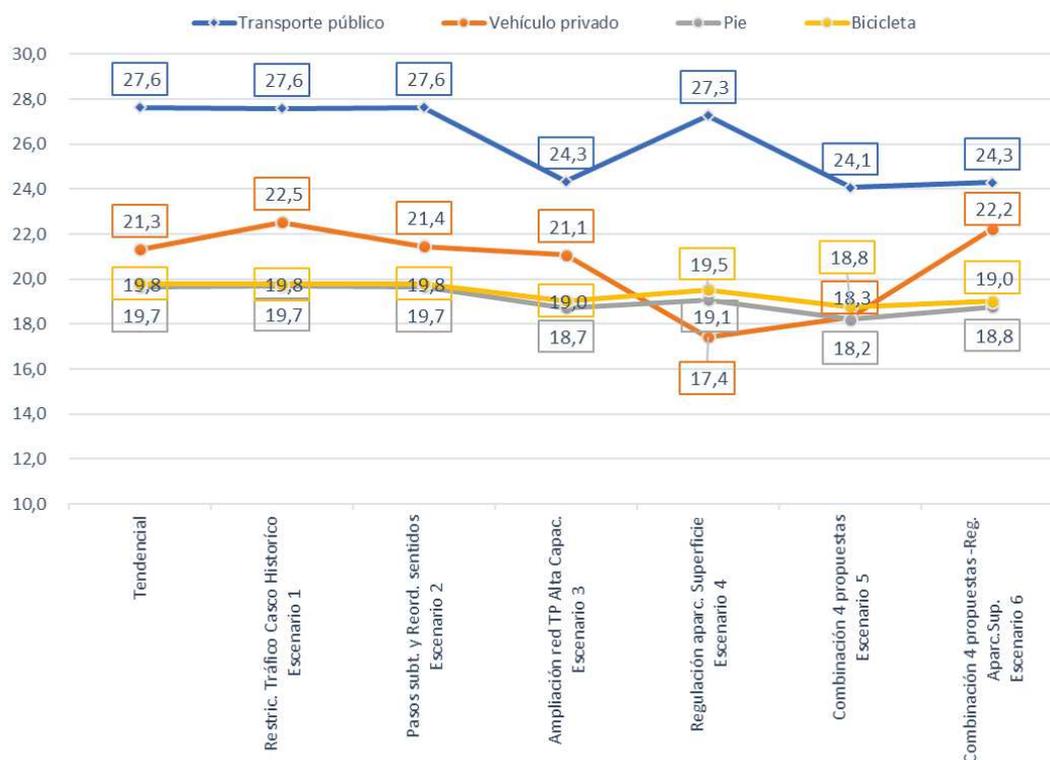


Otro de los resultados del modelo es el tiempo de viaje en cada uno de los modos, relacionando este con el número de viajes que se realizan en cada modo se puede obtener el **tiempo medio de desplazamiento por modo**.

Tabla 15. Tiempo medio de desplazamiento por modo en minutos en horizonte 2030

Modo	Tendencial	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
		Restric. Tráfico Casco Histórico	Pasos subt. y Reord. sentidos	Ampliación red TP Alta Capac.	Regulación aparc. Superficie	Combinación 4 propuestas	Combinación 4 propuestas -Reg. Aparc.Sup.
Transporte público	27,6	27,6	27,6	24,3	27,3	24,1	24,3
Vehículo privado	21,3	22,5	21,4	21,1	17,4	18,3	22,2
Pie	19,7	19,7	19,7	18,7	19,1	18,2	18,8
Bicicleta	19,8	19,8	19,8	19,0	19,5	18,8	19,0
TOTAL	22,2	22,8	22,3	21,2	20,7	19,9	21,7

Gráfico 10. Tiempo medio desplazamiento (min) por modo en cada escenario en horizonte 2030



Se observa que el tiempo medio en transporte público disminuye en los escenarios 3, 5 y 6 que son aquellos en los que se amplía la red de transporte público de alta capacidad, correspondiendo el menor tiempo al escenario 5 en el que se combinan las 4 propuestas.

El tiempo medio en los desplazamientos a pie también disminuye en los escenarios antes nombrados, sobre todo en el escenario 5, al mejorar la red de transporte público capta los desplazamientos a pie de mayor distancia que se pueden realizar en transporte público en este escenario.

El tiempo medio en los desplazamientos en bicicleta se mantiene casi constante con ligera disminución en el escenario 3, 5 y 6.

En el vehículo privado el tiempo medio disminuye principalmente en el escenario 4 con la reordenación del estacionamiento regulado en superficie y en el escenario 5 combinación de las 4 propuestas. El número de desplazamientos en vehículo privado en estos escenarios es menor al igual que el tiempo. Esto demuestra el gran impacto que tiene la reordenación del estacionamiento regulado en superficie sobre los desplazamientos en coche.

A modo resumen se recoge a continuación los porcentajes de ahorro de tiempo de los distintos escenarios respecto al escenario tendencial.

Tabla 16. % Ahorro de tiempo medio de desplazamiento de cada escenario respecto al tendencial

Modo	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
Transporte público	-0,2%	0,0%	-11,9%	-1,3%	-12,9%	-12,1%
Vehículo privado	5,7%	0,6%	-1,2%	-18,3%	-14,2%	4,3%
Pie	0,2%	0,0%	-4,7%	-2,9%	-7,4%	-4,5%
Bicicleta	-0,1%	0,0%	-3,8%	-1,3%	-5,2%	-3,9%
TOTAL	2,3%	0,3%	-3,4%	-6,9%	-8,8%	-1,3%

Como muestra la tabla el mayor ahorro de tiempo medio de desplazamiento total respecto al escenario tendencial se produce en el escenario 5 que combina las 4 propuestas.

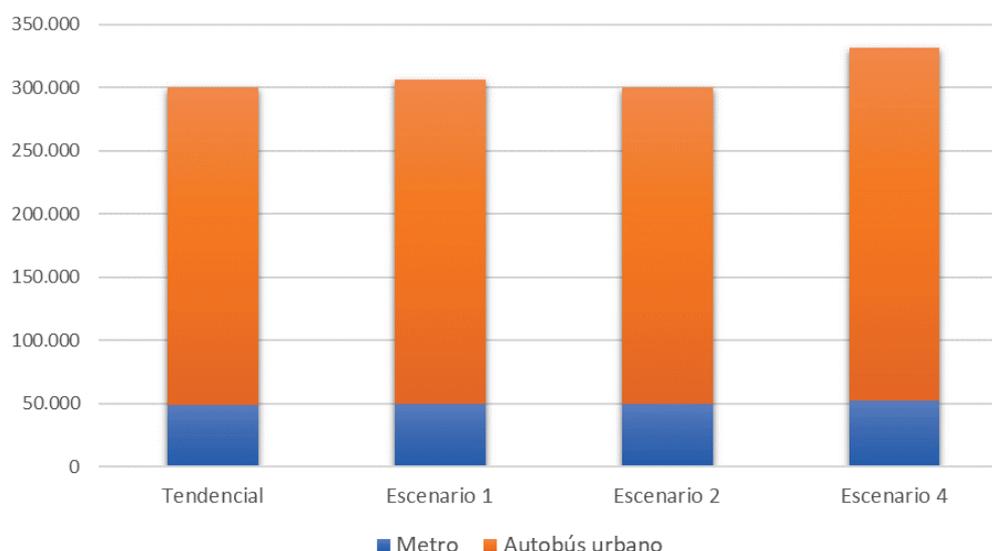
A continuación, se analizan las diferencias que se produce en la **captación de demanda por modo de transporte público y líneas de la red de alta capacidad**. En los escenarios 3, 5 y 6 que son los que consideran la ampliación de la red de transporte público se podrá ver la influencia del conjunto de medidas sobre la captación del transporte público.

Tabla 17. Reparto de viajes según modo de transporte público y escenarios en horizonte 2030

Modo	Tendencial	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
Metro	49.152	50.017	49.185	227.305	51.937	242.498	230.195
Autobús urbano	250.898	256.158	251.127	101.238	279.795	119.661	104.278
Total	300.050	306.175	300.312	328.543	331.732	362.159	334.473

En los escenarios 1, 2 y 4 que no consideran ampliación de la red de transporte público y la oferta es la existente actualmente formada por la red de autobuses urbanos, el Metrocentro y la línea 1 de metro considerando para la demanda de la línea 1 de metro el tramo que transcurre por la ciudad de Sevilla (Blas Infante-Pablo Olavide), se observa cómo se ha comentado antes que aumentan los viajes en transporte público, excepto en el escenario 2 que se mantiene casi igual que en el tendencial.

Gráfico 11. Reparto de viajes por modo de transporte público escenarios 1,2 y 4

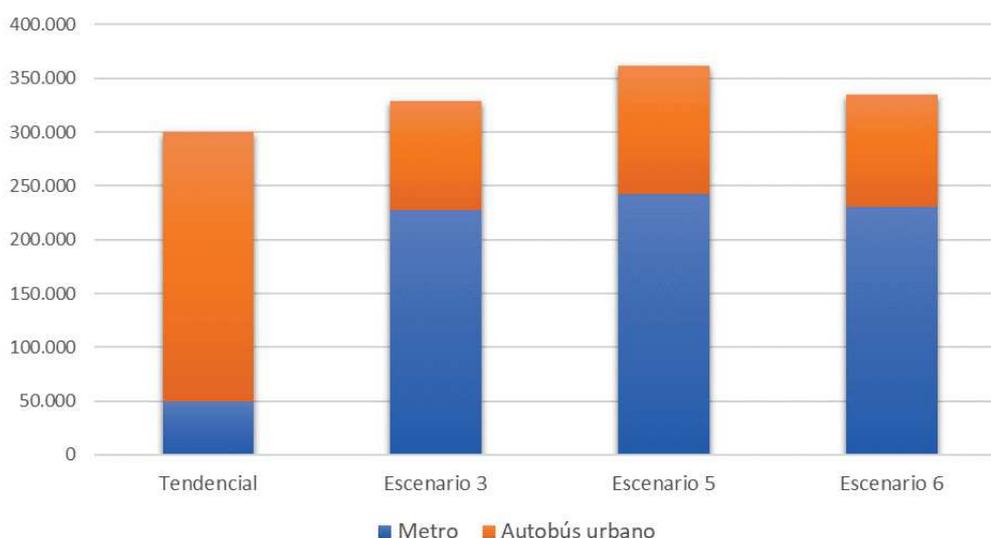


Se ve que en el escenario 4 es donde se produce el mayor aumento de viajes en transporte público con la red actual, la proporción en cada modo se mantiene en todos los escenarios siendo de 16% en metro y 84% en autobús urbano.

Los escenarios 3, 5 y 6 sí consideran la ampliación de la red de transporte público y cambios en la red de autobuses urbanos actual en la que se suprimen las líneas 3 (Bellavista - San Jerónimo - Pino Montano), 2 (Barqueta - Heliópolis) y línea este LE (Prado-Sevilla Este) y se baja la frecuencia a 10 minutos de las líneas 1 (Polígono Norte - Hospital V.Rocío), línea 12 (Ponce de León - Pino Montano), línea 13 (Plaza Duque - Pino Montano), línea 22 (Prado San Sebastián - Sevilla Este), línea 27 (Plaza del Duque - Sevilla Este) y línea 37 (Puerta Jerez - Pedro Salvador – Bellavista) con el objetivo de no duplicar recorridos y optimizar la red de transporte público urbano.

Se observa en estos escenarios un aumento muy significativo de los viajes en transporte público respecto al escenario tendencial y un trasvase de demanda del autobús al metro lo que es lógico al disminuir la oferta de autobuses y poder realizar esos trayectos en metro.

Gráfico 12. Reparto de viajes por modo de transporte público escenarios 3, 5 y 6



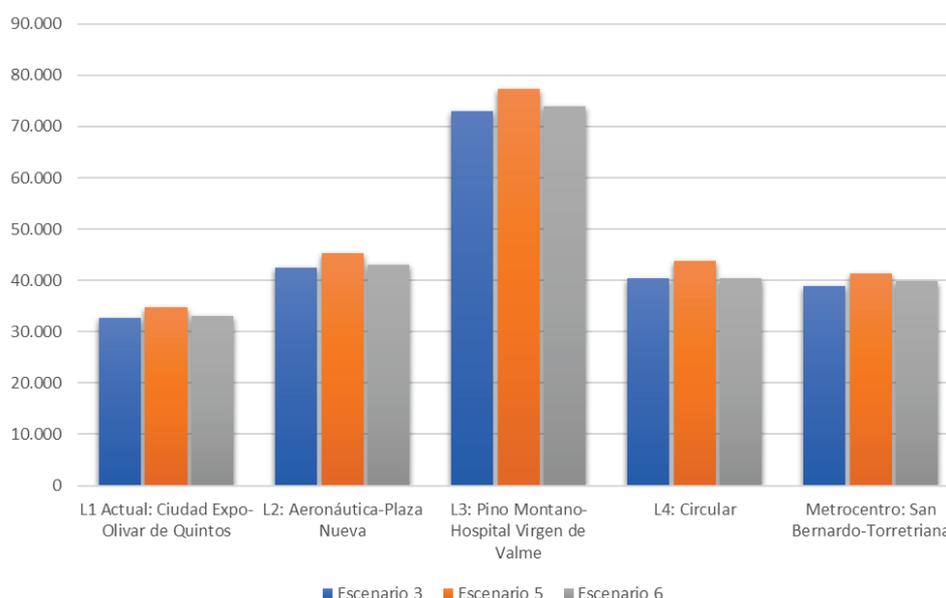
El reparto de viajes en transporte público entre ambos modos para el escenario 3 y 6 será de 69% metro y 31% en autobús con un número de viajes muy similar en los dos escenarios, y para el escenario 5 de 67% metro y 33% autobús.

Se analiza a continuación la **captación por líneas de metro** de los escenarios 3, 5 y 6, señalar que hay pequeñas diferencias con las cifras recogidas en el análisis de las distintas alternativas de red de transporte público de alta capacidad ya que el modelo se ha ido ajustando con más precisión en esta fase del Plan si bien esto no repercute en el análisis que se realizó para determinar la alternativa más equilibrada ya que todas las alternativas fueron comparadas con los mismos ajustes del modelo. Se muestra a título informativo la demanda de todas las líneas de metro planificadas, si bien la línea 4 queda fuera del horizonte del Plan 2030 no habiéndose tenido en cuenta en la evaluación funcional ni medioambiental.

Tabla 18. Captación por línea en los escenarios 3, 5 y 6

LÍNEA TP ALTA CAPACIDAD	Escenario 3	Escenario 5	Escenario 6
	Ampliación red TP Alta Capac.	Combinación 4 propuestas	Combinación 4 propuestas - Reg. Aparc.Sup.
L1 Actual: Ciudad Expo-Olivar de Quintos	32.631	34.749	32.978
L2: Aeronáutica-Plaza Nueva	42.513	45.231	43.017
L3: Pino Montano-Hospital Virgen de Valme	72.988	77.244	73.848
L4: Circular	40.342	43.864	40.451
Metrocentro: San Bernardo-Torretriana	38.831	41.410	39.901
TOTAL	227.305	242.498	230.195

Gráfico 13. Captación por línea escenarios 3, 5 y 6



Se observa que en los escenarios 3 y 6 la captación de las líneas es prácticamente la misma, siendo algo mayor en el escenario 6 la captación de Metrocentro y Línea 3 lo cual es lógico al dar servicio estas líneas a Casco Antiguo y considerar este escenario la restricción de tráfico en este distrito.

El escenario que presenta mayores diferencias es el 5 que considera las 4 propuestas, en este escenario se observa que todas las líneas de metro tienen una captación de demanda mayor que en los otros dos escenarios que contemplan la ampliación de la red de transporte público, esto es debido al efecto de la reordenación del estacionamiento regulado en superficie el cual favorece la captación de viajes en transporte público que provienen principalmente del modo vehículo privado.

Por tanto según la evaluación funcional, el escenario 5 presenta mejores resultados de cara a conseguir un modelo de movilidad más sostenible, con una cuota modal para el vehículo privado casi un 8% por debajo de la del escenario tendencial. Este es un valor adecuado, si lo comparamos con otras ciudades lo habitual es que con el Plan de Movilidad se consiga reducir la participación del

vehículo privado en el reparto modal en torno a 5-10%. A modo de ejemplo se recogen a continuación los resultados publicados de otros planes de movilidad urbana sostenible:

Planes de movilidad urbana sostenible	Escenario Tendencial	Escenario PMUS	Reducción participación Veh. privado
PMUS Barcelona 2013	26,7%	21,1%	5,6%
PMUS Madrid 2014	29,0%	22,0%	7,0%
PMUS Cádiz 2012	38,2%	27,6%	10,6%

Esta reducción del 8%, supondrá que **la participación del vehículo privado disminuirá hasta el 33,3%** en el reparto modal, por tanto, **dos tercios de los viajes diarios realizados en la ciudad de Sevilla se harán en modos más sostenibles** frente a un tercio de los viajes que se harán en coche cumpliendo con uno de los objetivos marcado para el Plan.

En cuanto a los **tiempos medios de desplazamiento**, el tiempo medio total en el escenario 5 es de 19,9 minutos por debajo de los 20 minutos marcados como objetivo, no estando ninguno de los tiempos medios por modo por encima de los 25 minutos y siendo el tiempo medio en transporte público 3,5 minutos inferior al tiempo medio actual aumentando por tanto su eficiencia.

En el escenario 5, de los viajes realizados en transporte público el 67% se harán en metro y el 33% en autobús. Con los compromisos de reducción de emisiones Tussam prevé que en el horizonte del Plan el 25% de la flota de autobús urbano sea 0 emisiones. Por tanto, si al 67% de los viajes realizados en metro (0 emisiones) se le añade el 8,25% que corresponde al 25% sobre el 33% de los viajes en autobús que se realizarán en vehículos 0 emisiones, se obtiene que el **75,25% del total de viajes realizados en transporte público se harán en vehículos de 0 emisiones**, cumpliendo con otro de los objetivos fijados en el Plan.

3.3.2. Evaluación medioambiental

Para realizar la evaluación ambiental del PMUS se parte tanto de los objetivos marcados para el PMUS como de la evaluación funcional realizada, y teniendo en cuenta la composición del parque de vehículos, el consumo medio de estos, así como los factores de emisión se calcularán las emisiones de CO₂eq generadas por el sistema de transporte de la ciudad de Sevilla en los escenarios contemplados. Finalmente se comparan dichos escenarios con los datos de partida en relación con la contabilidad de emisiones del PACES 2017 para obtener los impactos estimados.

Se distinguirán dos escenarios: uno, el **tendencial** que es aquel en el que no se realiza ninguna actuación en materia de movilidad, por tanto, el sistema de transportes es el existente en el año base del Plan 2017 y el otro es el **escenario del PMUS** en el que sí se llevan a cabo las actuaciones descritas anteriormente en materia de movilidad.

3.3.2.1. Escenario Tendencial

En el escenario tendencial como ya se ha recogido en el documento de Escenarios, Objetivos y Estrategias y anteriormente, corresponde al escenario en el que no se realizan actuaciones en el marco de la movilidad y por tanto se mantienen las tendencias y modelo de movilidad actuales con

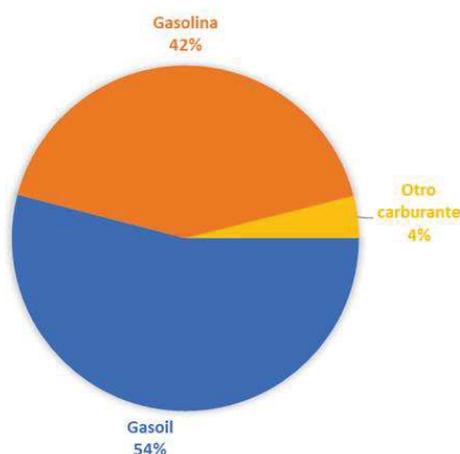
un reparto modal similar, aumentan los veh.-km/día de vehículo privado y se mantienen los del transporte público ya que en el escenario tendencial no se considera ninguna modificación de la oferta de transporte público, lo que sí aumentará será la demanda, de forma proporcional a la población y al empleo.

Modo	Veh.-km/día. Base 2017	Veh.-km/día. Año 2030
VP	9.271.917	10.929.329
Autobús	61.079	61.079
Metro	4.713	4.713

En cuanto a la composición del parque de vehículos proyectada a 2030, las tendencias identificadas para el año horizonte en el **escenario tendencial** serán:

- Mantenimiento de la cuota de participación de los vehículos diésel.
- Leve disminución de los vehículos gasolina en favor de los de combustibles alternativos.
- Aumento progresivo de los vehículos con combustibles alternativos. Entre estos con mayor participación de los vehículos híbridos enchufables que son atractivos para los consumidores gracias a los pocos costes adicionales que conllevan.

Figura 13. Composición de turismos por combustible (% del total). Año 2030 Escenario Tendencial



Con estas consideraciones y teniendo en cuenta los factores de emisión recogidos en el PACES 2017, se calculan las emisiones originadas por los turismos en el escenario tendencial 2030:

Tabla 19. Emisiones estimadas originadas por turismos en 2030 Sevilla. Escenario tendencial

Turismos	Composición Parque 2030	emisiones kg CO ₂ /km	Veh.-km/día	tCO ₂ /día	tCO ₂ /año
Gasolina	42,00%	0,25	4.590.318	1.148	344.274
Diesel	54,10%	0,25	5.912.767	1.478	443.458
Total			10.503.085	2.626	787.731

Comparando las emisiones originadas por los turismos en el escenario tendencial 2030 de 787.731 toneladas (en adelante, t) CO₂eq/año, con las producidas en el año base del Plan 2017 de 694.780 t CO₂eq/año, se producirán un 13,4 % más de emisiones en 2030 respecto de 2017.

3.3.2.2. Escenario del PMUS

Como se ha indicado anteriormente partiendo de los objetivos del PMUS y la evaluación funcional de los distintos escenarios planteados se evaluará ahora medioambientalmente el escenario del PMUS 2030, que corresponde al escenario 5 que es el que presenta mejores resultados de cara a conseguir un modelo de movilidad más sostenible.

El **escenario del PMUS plantea**, por tanto:

- Una cuota del **vehículo privado en el reparto modal del 33,33%** y lograr que 2/3 de los desplazamientos se hagan en modos más sostenibles y sólo 1/3 en vehículo privado motorizado.
- Un **tiempo medio total de desplazamiento de 19,9 minutos**, inferior a los 20 minutos fijados como objetivo, y no superando ninguno de los tiempos medios por modo los 25 minutos siendo **el tiempo medio de viaje en transporte público de 24,1 minutos**.
- De los 362.159 viajes realizados en transporte público, el 67% serán en transportes públicos de alta capacidad que no produce emisiones, y de los 119.661 viajes realizados en autobús el 25% serán en tipología cero emisiones, por consiguiente, **el 75,3 % del total de viajes en transporte público será en tipologías cero emisiones**.

Esto implica de cara a la evaluación ambiental las consideraciones que se resumen a continuación:

- Reducción en los veh-km recorridos por los vehículos privados motorizados.
- Alcanzar un 10% de cuota del vehículo 0 emisiones en la composición del parque automovilístico en 2030
- Descarbonización de más del 75% de los viajes en transporte público
- Mejora tecnológica en los vehículos tanto los motores como los combustibles lo que implicará unos factores de emisión menores según la tendencia observada en los últimos años.

Se consideran los **vehículos-km por modo y día** resultantes del modelo para el escenario 5, entendiendo por vehículo-km los kilómetros totales realizados al día por cada tipo de vehículo (vehículo privado, autobús y metro).

Los veh-km/día en vehículo privado (VP) aumentan respecto al año base 2017 debido al aumento de la población y el empleo estimados para el año horizonte del plan, el escenario 5 considera la ampliación de la red de transporte público por tanto los veh-km/ día de autobús disminuyen al disminuir la oferta y los de metro aumenta al aumentar la oferta de esta ya que se optimizan las líneas de autobús que cubren estos trayectos actualmente o trayectos similares.

Para el cálculo de emisiones del transporte público sólo se considerará el autobús urbano al no producir el metro emisiones ni tampoco considerarse dentro del grupo de tráfico rodado.

En los veh-km/ día de vehículo privado se considera también el tráfico pasante por la ciudad ya que también contribuirán a las emisiones originadas por el tráfico rodado.

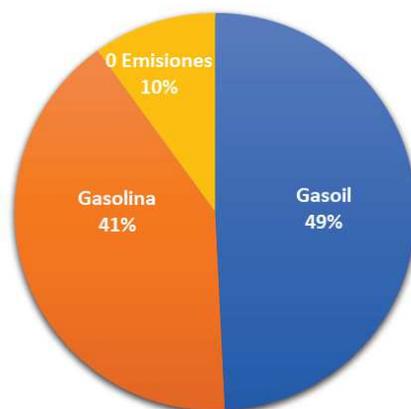
Tabla 20. Vehículos-km día por modo en los escenarios base, tendencial 2030 y PMUS 2030

Modo	Veh.-km/día		
	Base 2017	Escenario tendencial 2030	Escenario PMUS 2030
VP	9.271.917	10.929.329	10.178.052
Autobús urbano	61.079	61.079	49.413
Metro	4.713	4.713	16.988

En este caso se considera que, en la **composición del parque de vehículos** en el año 2030, la cuota de **vehículos privados motorizados 0 emisiones será de un 10%**, gracias tanto al efecto que tendrán las medidas de apoyo a la descarbonización del sistema de transporte propuestas en el plan como las ayudas e incentivos para la renovación del parque en los próximos años y el añadido de la mayor concienciación ecológica y la sensibilización de la ciudadanía respecto a la protección del medio ambiente.

Por tanto, se considera que la cuota de los vehículos diésel y gasolina disminuye proporcionalmente al aumento de los vehículos 0 emisiones, resultando de esta manera para el caso particular de los turismos la siguiente composición del parque:

Figura 14. Composición de turismos por combustible (% del total). Año 2030 Escenario del Plan



En cuanto a los **factores de emisión (FE)** se verán afectados por las mejoras tecnológicas. En este sentido, según la Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC), desde la óptica de la eficiencia energética, las emisiones de CO₂ y el consumo actual de los vehículos nuevos se ha reducido muy significativamente en los últimos años, siendo, de media, un 25% inferior con respecto a un vehículo de más de 10 años.

Además según se recoge en el *Informe de Factores de Emisión para el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*¹⁰, del Ministerio para la Transición

¹⁰ https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm30-479095.pdf

Ecológica (MITECO) los factores de emisión para los distintos tipos de combustibles han ido variando y disminuyendo con los años, al mejorar los motores de los vehículos y los combustibles que permiten un proceso de combustión más eficaz y limpio.

A continuación se muestra un cuadro en el que se reflejan los factores de emisión de los principales combustibles según años (desde 2007 hasta 2019) así como las fuentes de donde se han obtenido.

Tabla 21. Factores de emisión de los principales combustibles según años (desde 2007 hasta 2019). MITECO

Combustible (Unidades FE)	Factores de emisión (FE)												
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Gasolina (kgCO ₂ /l) ⁽¹⁾	2,295	2,295	2,295	2,295	2,205	2,201	2,205	2,205	2,205	2,196	2,180	2,157	-
Gasóleo A (kgCO ₂ /l) ⁽¹⁾	2,653	2,653	2,653	2,653	2,493	2,467	2,544	2,544	2,544	2,539	2,520	2,493	-
Gasóleo B (kgCO ₂ /l) ⁽²⁾	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708	2,708
Gasóleo C (kgCO ₂ /l)	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868	2,868
E5 (kgCO ₂ /l)	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180
E10 (kgCO ₂ /l)	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065	2,065
E85 (kgCO ₂ /l)	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344	0,344
E100 (kgCO ₂ /l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B7 (kgCO ₂ /l)	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467	2,467
B10 (kgCO ₂ /l)	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387	2,387
B20 (kgCO ₂ /l)	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122	2,122
B30 (kgCO ₂ /l)	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857	1,857
B100 (kgCO ₂ /l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
XTL (kgCO ₂ /l)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gas natural (kgCO ₂ /kWh) ⁽³⁾	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,183	0,183	0,182
LNG (kgCO ₂ /kWh) ⁽³⁾	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,183	0,183	0,182
CNG (kgCO ₂ /kWh) ⁽³⁾	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,183	0,183	0,182
LPG (kgCO ₂ /l)	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671	1,671
H2 (kgCO ₂ /kg)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gas butano (kgCO ₂ /kg)	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964	2,964
Gas propano (kgCO ₂ /kg)	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938	2,938
Fuelóleo (kgCO ₂ /kg)	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127
Carbón nacional (kgCO ₂ /kg)	2,297	2,297	2,297	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,299	2,006	2,227	2,227	1,914
Carbón de importación (kgCO ₂ /kg)	2,527	2,527	2,527	2,579	2,579	2,579	2,579	2,579	2,579	2,430	2,444	2,444	2,429
Coque de petróleo (kgCO ₂ /kg)	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169	3,169

⁽¹⁾ A partir del año 2019 los combustibles gasolina y gasóleo de automoción pasan a denominarse por las letras E y B respectivamente añadiendo la proporción de biocombustible que contienen (RD 639/2016).

⁽²⁾ Se corrigen los valores del factor de emisión del gasóleo B para toda la serie histórica en base a la densidad especificada en el Real Decreto 1088/2010 y sin aplicar los objetivos obligatorios mínimos de biocarburantes en cómputo anual considerados en el Real Decreto 1085/2015 que afectarían únicamente al gasóleo A.

⁽³⁾ El factor de emisión del gas natural se expresa en PCS empleando un factor de conversión para el paso de PCS a PCI de 0,901 (Inventario Nacional de Emisiones de España).

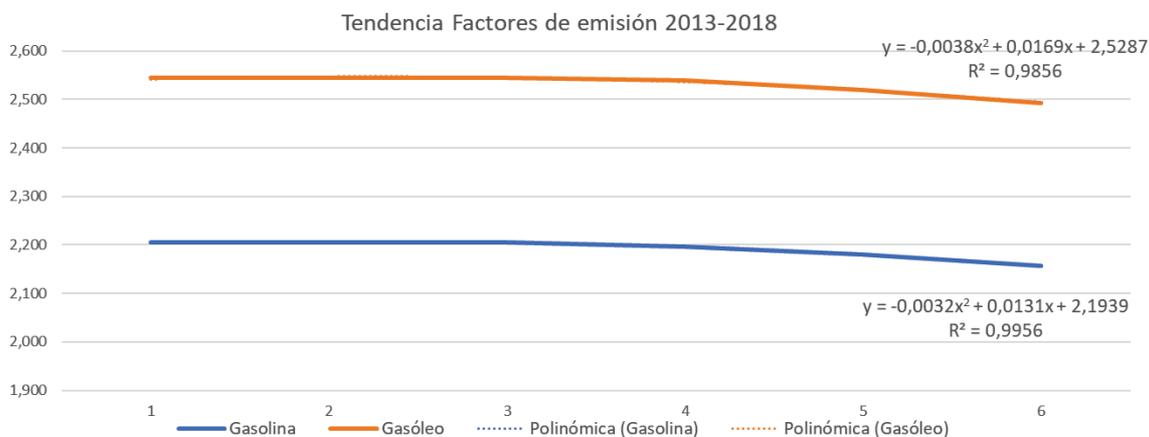
Para estimar los factores de emisión en 2030, se ha analizado la tendencia en los últimos años según los datos que recoge la tabla del MITECO y se ha observado la evolución de los mismos para estimar los factores de emisión en el horizonte del plan 2030.

Para ello se ha tomado los valores de los factores de emisión de 2013-2018 tanto para el gasoil como para la gasolina, por ser aquellos en los que la curva de tendencia muestra un mejor coeficiente de ajuste, es decir la R² es más próxima al valor 1 que sería el ajuste perfecto.

Tabla 22. Factores de emisión de Gasoil y Gasolina de 2013-2018. MITECO

Combustible	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Gasolina (kg CO ₂ /l)	2,205	2,205	2,205	2,196	2,180	2,157
Gasóleo A (kg CO ₂ /l)	2,544	2,544	2,544	2,539	2,520	2,493

Gráfico 14. Curvas de tendencia factores de emisión gasolina y gasoil según datos MITECO



Como se observa el ajuste es bueno con una R^2 para el Gasóleo de 0,9856 y una R^2 para la Gasolina de 0,9956, en ambos casos muy próximas a 1.

Por tanto, aplicando las ecuaciones de las líneas de tendencia de cada combustible para los próximos años, donde X es el número de años y la Y el factor de emisión, se obtiene los siguientes factores de emisión para el año horizonte 2030.

Tabla 23. -Proyección factores de emisión según tipo de combustible a 2030

Combustible	2007	2030	TMCA 2007-2030
Gasolina (kg CO ₂ /l)	2,295	1,466	-1,93%
Gasóleo A (kg CO ₂ /l)	2,653	1,764	-1,76%

Con las consideraciones antes descritas se calculan las emisiones en el escenario del PMUS, para ello se supondrá un consumo medio urbano (en ciudad) de 6 litros/100 km para vehículos diésel y 8 litros/100 km para vehículos gasolina, y la proyección del parque automovilístico descrita anteriormente: 40,8% gasolina, 49,2% Gasoil y 10% 0 emisiones. Para hacer el cálculo anual de las emisiones se han considerado 300 días/año.

Los parámetros utilizados para el cálculo de emisiones de los turismos en el año horizonte 2030 para el escenario del PMUS se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 24. Parámetros para cálculo de emisiones en el año horizonte 2030

Turismos	Consumo medio urbano (l/100km)	Emisiones kg CO ₂ /litro 2030 (proyección)	Composición Parque 2030 (proyección)
Gasolina	8	1,466	40,8%
Diesel	6	1,764	49,2%

El detalle de las emisiones anuales producidas por el tráfico rodado de turismos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 25. Emisiones producidas por el tráfico rodado de turismos en el escenario del PMUS 2030.

Emisiones ton CO ₂ eq/año producidas por Tráfico Rodado	Escenario del PMUS 2030			
	Veh.-km/día	Litros	t CO ₂ eq/día	t CO ₂ eq /año
Turismos Gasolina	4.152.645	332.212	487	146.118
Turismos Diesel	5.007.602	300.456	530	159.094
Total	9.160.247	632.668	1.017	305.211

En la tabla anterior no se recogen datos de las emisiones de autobuses al conocerse sólo los datos del autobús urbano, si bien los veh-km de autobús urbano se reducirán ya que con la ampliación la red de transporte público de alta capacidad se optimizan las líneas que cubren estos trayectos actualmente o trayectos similares.

Estas estimaciones de emisiones realizadas a partir de los datos del modelo se verán incrementadas con el resto de medidas recogidas en el documento de propuestas que no pueden ser medibles al nivel de simulación que se está haciendo pero que mejorarán los resultados estimados.

Siendo el ratio de emisiones por cada viaje en coche en el escenario tendencial de 4,85 kg de CO₂ eq/viaje en coche mientras que en el escenario del PMUS se reducen a 2,32 kg de CO₂ eq/viaje en coche.

De cara al cumplimiento de los objetivos recientemente fijados por la Unión Europea en los que se establece un objetivo para 2030 de reducción de 55% de emisiones respecto a las producidas en el año de referencia, en el caso de Sevilla el año 2005, lo que supone que las emisiones totales para el año 2030 deberán ser como máximo de 1.422.311 t CO₂ eq/año. En cuanto al sector transportes se fija un límite de emisiones para 2030 de 554.040 t CO₂eq/año distribuidas según lo recogido en la siguiente tabla:

Tabla 26. Emisiones GEI Tráfico Rodado ton CO₂eq/año

SECTOR TRANSPORTES	Año base 2005	Año 2016	Objetivo fijado por UE 2030 (reducción del 55%)
Vehículos privados motorizados	774.104	647.587	348.347
Vehículos de mercancías	391.768	182.640	176.296
Autobuses	65.329	47.687	29.398
Total	1.231.201	877.914	554.041

Considerando que los objetivos de emisiones para 2030 para vehículos de mercancías se alcanzarán de forma suficiente con las medidas propuestas en el Plan en materia de distribución urbana de mercancías, y que el objetivo de emisión de los autobuses también se logrará con los compromisos adquiridos por Tussam para la renovación de la flota hacia vehículos menos contaminantes y 0

emisiones, las emisiones producidas por el sector transportes en el escenario PMUS 2030 serían las siguientes:

Tabla 27. Emisiones producidas por el sector transportes en el escenario PMUS 2030

SECTOR TRANSPORTES	Año base 2005	Año 2016	Objetivo fijado por UE 2030 (reducción del 55%)	Emisiones previstas escenario PMUS 2030
Vehículos privados motorizados	774.104	647.587	348.347	305.211
Vehículos de mercancías	391.768	182.640	176.296	≤ 176.296
Autobuses	65.329	47.687	29.398	≤ 29.398
Total	1.231.201	877.914	554.041	≤ 510.905

De acuerdo con lo anterior, las actuaciones propuestas en materia de movilidad evaluadas por el modelo lograrían alcanzar los objetivos de emisiones fijados para 2030 con una reducción de al menos el 58,50% de las emisiones frente al 55% fijado por la UE. En el caso del vehículo privado, las medidas recogidas en el escenario del PMUS 2030 en materia de reducción de la cuota de participación del vehículo privado en el reparto modal y electrificación del parque de vehículos combinada con la mejora tecnológica de los mismos, permitirían que las emisiones producidas por los **vehículos privados motorizados sean un 60,6% menos que las producidas en el año de referencia 2005**, superando por tanto el objetivo de reducción fijado por la Unión Europea en 5,6%, lo que en términos de emisiones supondría una reducción de 12,4% menos que los objetivos de emisiones fijados para 2030 según objetivos de la UE.

A modo resumen por líneas de trabajo, se recogen en la siguiente las diferencias entre las emisiones en el año 2016, y las previstas para el escenario PMUS 2030 que permiten cuantificar el impacto de las medidas:

Tabla 28. Diferencias emisiones 2016 y las previstas en el escenario PMUS 2030

SECTOR TRANSPORTES	Año 2016	Emisiones previstas escenario PMUS 2030	Reducción Emisiones GEI (ton CO2 eq/año)
Reducción por menor uso del vehículo privado, electrificación y mejoras tecnológicas	647.587	305.211	- 342.376
Reducción por mejoras en Distribución Urbana de Mercancías	182.640	176.296	- 6.344
Reducción emisiones vehículos TUSSAM	47.687	29.398	- 18.289
Total	877.914	510.905	- 367.009