
VI. MODELIZACIÓN DEL SISTEMA DE MOVILIDAD/TRANSPORTE



ÍNDICE

1. ASPECTOS GENERALES DEL MODELO
 - 1.1. Estructura del modelo de demanda
 - 1.2. Red viaria
 - 1.3. Oferta de transporte público
2. MODELIZACIÓN DE LA DEMANDA. MODELIZACIÓN CENTRAL (RESIDENTES)
 - 2.1. Aspectos más relevantes de la movilidad de residentes
 - 2.2. Generación y atracción de viajes
 - 2.3. Modelos de distribución espacial
 - 2.4. Transformación de Generación-Atracción en Origen-Destino y vehículos equivalentes
 - 2.5. Modelos de reparto modal
 - 2.6. Modelo de Asignación
3. MODELO DE REPARTO DE PREFERENCIAS DECLARADAS
 - 3.1. Introducción
 - 3.2. Descripción de la EPD
 - 3.3. Calibración del modelo de reparto modal privado/tren
 - 3.4. Calibración del modelo de reparto modal guagua/tren

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

1. ASPECTOS GENERALES DEL MODELO

El modelo de transporte debe integrar los diferentes niveles de información disponible, con objeto de reproducir el funcionamiento del actual sistema de transportes de la Isla de Tenerife, desarrollando los modelos oportunos de demanda para la asignación de escenarios futuros, estimando los cambios modales, de itinerario, etc.

Se trata de representar matemáticamente y de forma simplificada, a través de una herramienta de planificación de transporte, TRANSCAD, los patrones que siguen los viajes que se realizan entre las diferentes zonas en que se divide la Isla, así como el modo de transporte en el que se producen dichos viajes y la ruta o camino utilizado.

Se desarrollará un modelo de cuatro etapas, con generación-atracción, distribución, reparto modal y asignación. El modelo tomará como punto de partida los datos de movilidad, la información socioeconómica y la red de partida (red viaria y oferta de transporte público) del año base.

Después, a partir de la información de planeamiento para los años horizonte se estimarán las variables socioeconómicas de los horizontes futuros. Además, se tendrán en cuenta la entrada en servicio de nuevas infraestructuras de transporte, previstas o en estudio, concretándose en nuevos escenarios de red en los años horizonte.

El modelo debe ser capaz de analizar la movilidad mecanizada en día laborable en los diferentes modos de transporte. Los problemas de congestión en la red viaria y la posible transferencia modal requerirán el desarrollo de modelos para los periodos punta, en las condiciones más desfavorables para cada modo. Por otro lado la movilidad obligada (trabajo y estudios) y la no obligada presentan pautas de comportamiento diferentes que también deben de ser explicadas con el modelo.

Por tanto, se tratará de desarrollar modelos de hora punta en los que se producen las demandas más elevadas y por tanto establecen las condiciones para el diseño y dimensionamiento de las alternativas, y modelos diarios desagregados en movilidad obligada y no obligada con los que se evaluarán de forma global las alternativas atendiendo a los diferentes motivos de los viajes.

La modelización de los no residentes se centrará en la obtención de la correspondiente matriz origen-destino directamente de las encuestas, sin el desarrollo de modelos generación-atracción-distribución, centrandose los esfuerzos en estimar su crecimiento.

1.1. ESTRUCTURA DEL MODELO DE DEMANDA

El modelo a desarrollar se basará en la estructura de los modelos de cuatro etapas (generación-atracción, distribución, reparto modal y asignación). El modelo considera todos los modos mecanizados de transporte, excepto la guagua especial (estudios o empresa): modo privado, guagua urbana e interurbana y tranvía.

El modelo considera separadamente, por un lado, la red de carreteras para el transporte en vehículo privado, y por otro, el conjunto de los servicios de transporte público, cubriendo los diferentes modos de guagua urbana e interurbana, y tranvía.

El modelo se desarrollará para estimar la demanda diaria para la movilidad obligada y no obligada, tanto para los modos públicos como para el vehículo privado. El modelo también estimará la demanda en hora punta de mañana para los modos públicos y privados, sin embargo, en este periodo horario la movilidad dominante es la obligada, por lo que no se realizará una segmentación por motivo del viaje.

La única variable de la oferta de transporte que varía entre ambos periodos horarios es la frecuencia de la red de servicios de transporte público.

A continuación se incluyen las distintas etapas del modelo:

- Los datos de partida son los vectores de generación y atracción para el año base, junto con la demanda observada en el año base, y las variables socioeconómicas características de las distintas zonas de transporte, que permiten ajustar los correspondientes modelos de generación-atracción.
- Las redes de transporte permiten estimar, tras procesos adecuados de asignación, los tiempos o costes en la red, técnicamente conocidos como las impedancias, utilizados para la calibración del correspondiente modelo de distribución, en principio, basado en una formulación gravitacional-entrópica.
- La matriz de viajes sintética o estimada corresponde a la aplicación del modelo de gravedad que parte de la matriz de distribución inversa de las impedancias (de acuerdo con la función gamma o combinada) y posteriormente ajustados con el algoritmo bi-proporcional (Furness, 1965) tomando como orígenes y destinos los vectores sintéticos de atracción y generación, adecuadamente aplicados en la proporción de viajes por zona de transporte para cada periodo de modelización.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

- Las impedancias son luego también utilizadas en la definición de utilidades en el reparto modal, de acuerdo con la formulación y sus parámetros escalares. Así se procede al reparto modal de la demanda futura, también aplicado de manera incremental. En principio, el reparto modal se realiza entre vehículo privado y transporte público, aunque para los escenarios futuros se tendrá en cuenta la puesta en servicio de nuevos sistemas de transporte público actualmente no disponibles en la Isla.
- Finalmente se realiza la asignación de las matrices por modo de transporte: vehículo privado y transporte público.

La modelización de los no residentes se centrará en la obtención de la correspondiente matriz origen-destino directamente de las encuestas, sin el desarrollo de modelos generación-atracción-distribución, centrandos los esfuerzos en estimar su crecimiento.

El modelo considera separadamente, por un lado, la red de carreteras para el transporte en vehículo privado, y por otro, el conjunto de los servicios de transporte público colectivo, cubriendo los diferentes modos de autobús, guagua urbana e interurbana, y tranvía, definidos a través de los itinerarios, frecuencia, etc.

En el siguiente apartado se recoge de manera descriptiva los pasos seguidos para la construcción de la red básica que constituye el grafo viario y sobre la que se apoya la oferta de transporte público. Estas redes, que suponen una simplificación de la lógica organizativa del transporte público y privado, fueron concebidas según los requerimientos funcionales del software TRANSCAD.

La codificación de la red viaria supone la definición de un conjunto de nodos y arcos, con los correspondientes centroides y conectores (zonas de transporte y sus conexiones a la red) que constituyen el grafo sobre el que se asignará la matriz de demanda del vehículo privado.

La red de Transporte Público se apoya sobre esta red y viene definida por un conjunto de líneas, estaciones y paradas, con la correspondiente frecuencia, tipología de vehículos que prestan el servicio y esquema tarifario.

El transporte público colectivo considerado en el modelo incluye las líneas de autobuses interurbanos, las líneas de autobuses urbanos de los principales núcleos de población y la línea operativa del Metropolitano de Tenerife, Línea 1 Intercambiador-Trinidad.

Las líneas urbanas de autobús recogidas para el modelo pertenecen a los municipios de Adeje, Guía de Isora, La Laguna, La Orotava, Los Realejos, Puerto de la Cruz y Santa Cruz de Tenerife.

Estas redes conforman la oferta de transporte de la Isla de Tenerife y constituyen la base para el desarrollo del modelo de transporte de Tenerife, herramienta de gran utilidad para la planificación del transporte, ayudando a predecir cambios en la utilización de los sistemas de transporte como respuesta a otras variables relacionadas con el desarrollo regional, cambios demográficos o los cambios en la oferta de transporte.

1.2. RED VIARIA

El modelo incluye la definición del grafo viario, con sus características funcionales de trazado, capacidad, velocidad, etc., obtenidos de la cartografía, del inventario de la red viaria y de trabajos de campo.

La red introducida debe caracterizarse en todos sus tramos proporcionando datos como sentido, número de carriles, capacidad máxima por carril, funciones intensidad/tiempo, etc.

El grafo codificado corresponde mayoritariamente a la red viaria interurbana de la Isla de Tenerife, Red de Carreteras de la Isla de Tenerife, con cobertura intermunicipal para el conjunto de los 31 municipios que la componen, y extensión urbana en los principales municipios de la Isla, especialmente de Santa Cruz y La Laguna, incluyendo la red viaria urbana básica, soporte de los principales tráficos entre las distintas zonas de estos municipios. Esta red base sirve de apoyo para la adecuada definición posterior de los servicios del transporte público en la Isla de Tenerife, y permite la conectividad urbana necesaria tanto para el estudio de la movilidad en vehículo privado como del transporte público.

El grafo creado recoge los diferentes niveles administrativos y funcionales que se identificaron en dicha Red: carreteras autonómicas, carreteras pertenecientes al Cabildo de Tenerife y red local; de tipo autovía, multicarril, carretera convencional, con y sin arcén, y las diferentes tipologías del viario urbano.

Complementariamente a la identificación de las vías, se elaboró un exhaustivo trabajo de codificación de las mismas según se describe en el apartado 3, Infraestructuras y Servicios de Transporte, del presente informe; con el propósito de poder analizar en detalle, a lo largo de los trabajos de modelización, las características específicas de cualquiera de las vías modelizadas.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Partiendo de este inventario de la red de carreteras, en formato informático Geographic File de TRANSCAD, descrito en el apartado 3.2.4. Bases GIS y TransCad de este informe, se procedió a la codificación de los parámetros específicos necesarios para modelización del transporte privado, tal y como se describe a continuación.

1.2.1. Tipología del Viario

Las tipologías del viario de la Red de Carretera de Tenerife fueron identificadas en base al Manual de Capacidad de Carreteras, distinguiendo entre tipo de vía por su funcionalidad y tipo de terreno, según se recoge en las siguientes tablas.

TIPO DE VÍA POR SU FUNCIONALIDAD	DEFINICIÓN
A	Autovía
CC	Carretera convencional con arcén
CS	Carretera convencional sin arcén
CM	Carretera multicarril
VU-B	Vía Urbana Básica
VU-L	Vía Urbana Local

Tabla nº 1: Clasificación de red de carreteras según funcionalidad.

Fuente: Manual de capacidad de carreteras.

CÓDIGO	TIPO DE VÍA SEGÚN EL TERRENO
1	Llano
2	Ondulado
3	Montañoso

Tabla nº 2: Clasificación de red de carreteras según tipo de terreno.

Fuente: Manual de capacidad de carreteras.

Esta clasificación considerada al realizar la codificación e inventario inicial se revisó con objeto de establecer la función de volumen-demora de cada tramo.

En el caso de las autovías, se estimó oportuno diferenciar dos grupos de viarios, Autovía de Penetración Urbana y Autovía Interurbana, dentro de este último se incluyeron todas la autovías de la Isla, con la excepción del tramo de autovía TF1 desde Güimar hasta el final de la misma, por considerar que su comportamiento no es el específico de una autovía ya que apenas hay distancia de separación entre los diferentes enlaces, por lo que fue caracterizado como Autovía de Penetración Urbana.

TIPO VÍA	TIPO VÍA 2	CLASIFICACIÓN
A-1	A-1	Autoría Penetración Urbana
A-2	A-2	Autoría Penetración Urbana
A-3	A-3	Autoría Penetración Urbana
AR-1	AR-1	Autovía Exterior
AR-2	AR-2	Autovía Exterior
CC-2	CC-2	Carretera Convencional
CC-3	CC-3	Carretera Convencional
CC-3	CCT-3	Viario Exterior Travesía
CM-1	CM-1	Carretera Multicarril
CM-2	CM-2	Carretera Multicarril
CM-3	CM-3	Carretera Multicarril
CS-2	CS-2	Carretera Convencional Sin Arcén
CS-3	CS-3	Carretera Convencional Sin Arcén
CS-3	CS-3	Carretera Convencional Sin Arcén
CS-3	CST-3	Viario Exterior Travesía
VU-B	VU-B1	Vía Urbana Básica
VU-B	VU-B2	Vía Urbana Básica
VU-L	VU-L	Vía Urbana Local
CNT	CNT	CONECTOR

Tabla nº 3: Clasificación de red de carreteras del modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Se incluye un tipo de arco adicional, los conectores, con características muy concretas, necesario para la modelización de la demanda. Estos arcos dan acceso a la red los viajes con origen-destino en las diferentes zonas de transporte en que se divide el ámbito de estudio, en este caso 121 zonas, representadas en el modelo por 121 centroides.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Velocidad de las Vías

Se tomaron como partida las velocidades con las velocidades medias que figuran en el Mapa de Tráfico de la Isla de Tenerife del año 2007 contrastándolas con las mediciones realizadas mediante el sistema del "vehículo flotante".

En la siguiente imagen se recoge la variación de las velocidades medias medidas en la red a través de la red de estaciones de aforos del Cabildo Insular de Tenerife.

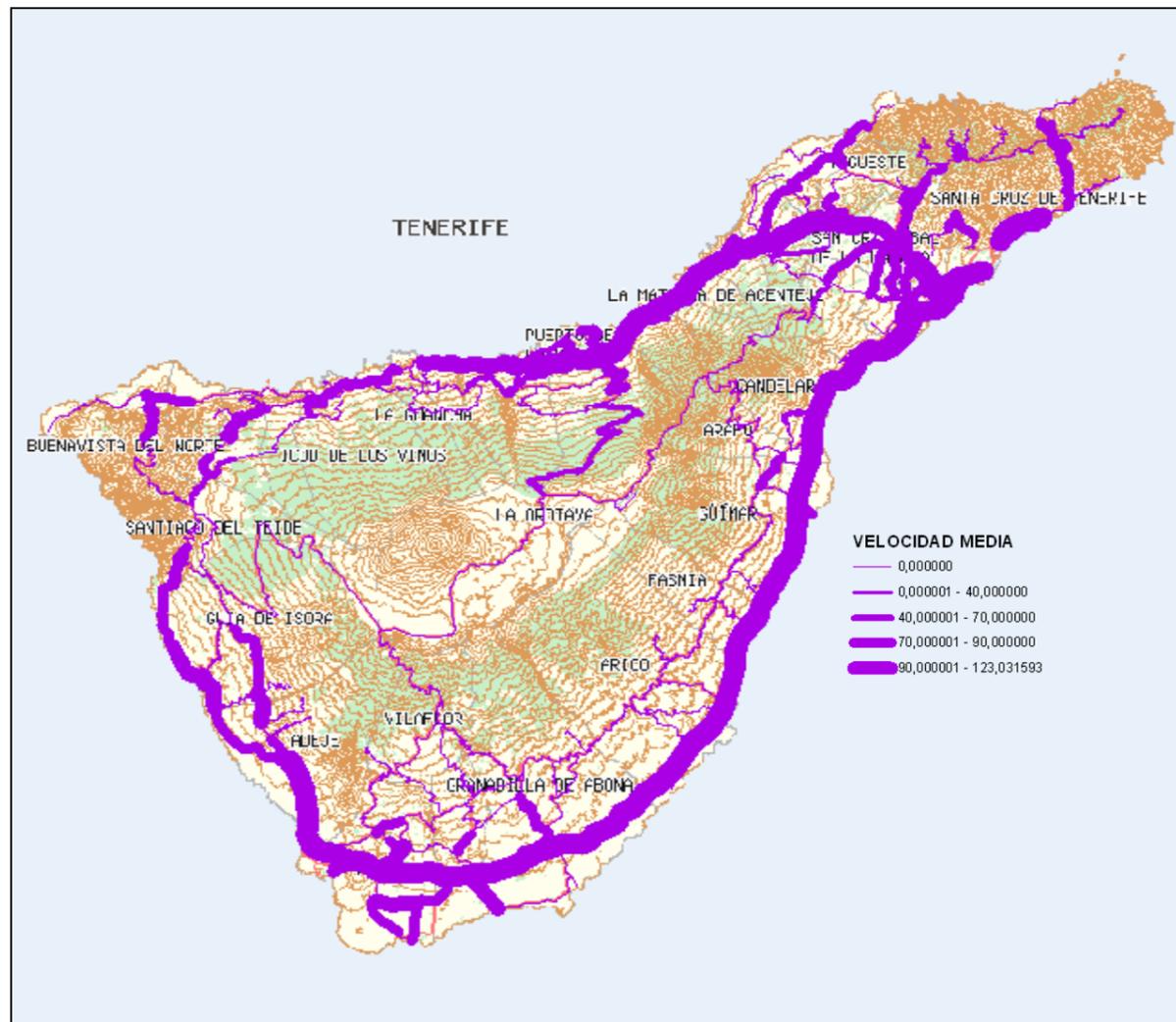


Imagen nº 1: Velocidades medias de la red de carreteras.

Fuente: Mapa de tráfico. Año 2007. Cabildo insular de Tenerife.

Capacidad de las Vías

Los parámetros de capacidad del viario propuestos en el inventario de la Red de Carreteras, y basados en el Manual de Capacidad, se consideraron adecuados a la tipología del viario, con capacidades horarias por carril dentro de los límites usuales para los distintos tipos de vías.

Funciones de demora tiempo-intensidad (VDF)

Finalmente, de acuerdo con la tipología de viario, capacidad y velocidad se ha establecido la correspondiente colección de funciones tiempo-intensidad, a partir de funciones utilizadas en otros estudios. A continuación se incluye la tabla de funciones VDF consideradas para los distintos tipos de viario, indicando en cada caso la velocidad a flujo libre.

TIPO VÍA	TIPO VÍA 2	CLASIFICACIÓN	VDF	VO
A-1	A-1	Autoría Penetración Urbana	11	100
A-2	A-2	Autoría Penetración Urbana	11	100
A-3	A-3	Autoría Penetración Urbana	11	100
AR-1	AR-1	Autovía Exterior	12	110
AR-2	AR-2	Autovía Exterior	12	110
CC-2	CC-2	Carretera Convencional	23	70
CC-3	CC-3	Carretera Convencional	24	60
CC-3	CCT-3	Viario Exterior Travesía	6	46.9
CM-1	CM-1	Carretera Multicarril	37	80
CM-2	CM-2	Carretera Multicarril	37	80
CM-3	CM-3	Carretera Multicarril	37	80
CS-2	CS-2	Carretera Convencional Sin Arcén	24	60
CS-3	CS-3	Carretera Convencional Sin Arcén	25	50
CS-3	CS-3	Carretera Convencional Sin Arcén	25	50
CS-3	CST-3	Viario Exterior Travesía	6	46.9
VU-B	VU-B1	Vía Urbana Básica	2	38.28
VU-B	VU-B2	Vía Urbana Básica	6	46.9
VU-L	VU-L	Vía Urbana Local	7	30.52
CNT	CNT	CONECTOR	14	20

Tabla nº 4: Funciones de demora tiempo-intensidad según clasificación de la red de carreteras.

Fuente: Elaboración propia.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Las funciones utilizadas se reducen a cuatro tipos de familias que son:

- **Cónicas:**

$$f(x) = T_0 \cdot \left(2 + \sqrt{\alpha^2 \cdot \left(1 - \frac{x}{C}\right)^2 + \beta^2} - \alpha \cdot \left(1 - \frac{x}{C}\right) - \beta \right)$$

Con las condiciones:

- $\alpha > 1$
- $\beta = \frac{2 \cdot \alpha - 1}{2 \cdot \alpha - 2}$

- **Cónicas modificadas:**

$$f(x) = T_0 \cdot \frac{2 + \sqrt{\alpha^2 \cdot \left(1 - \frac{x}{C}\right)^2 + \beta^2} - \alpha \cdot \left(1 - \frac{x}{C}\right) - \beta}{2 + \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} - \alpha - \beta}$$

Con las condiciones:

- $\alpha > 1$
- $0 < \beta < \frac{2 \cdot \alpha - 2}{\alpha - 2}$

- **BPR:**

$$f(x) = T_0 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\frac{x}{C} \right)^\beta \right)$$

Con las condiciones:

- $\alpha \geq 0$
- $\beta > 1$

- **Coste constante**

$$f(x) = T_0$$

$f(x)$: Tiempo de recorrido

T_0 : Tiempo a flujo libre en minutos y se obtiene con la expresión

$$T_0 = \frac{\text{Longitud (Km)} \cdot 60}{v_0 \text{ (km/h)}}$$

v_0 = Velocidad de flujo libre

x = Intensidad

C : capacidad

α , β y γ = Parámetros

La tabla de parámetros utilizados en las funciones son:

FUNCIÓN	FAMILIA	V0 (Km/h)	α	β
2	Cónica modificada	38,28	3,048167	2,100579
6	Cónica modificada	46,90	1,952398	3,110435
7	Cónica modificada	30,52	3,731293	2,305433
11	Cónica	100	8,890007	1,063000
12	Cónica	110	10,290000	1,054000
14	Coste constante	20		
23	Cónica	70	1,800000	1,625000
24	Cónica	60	1,340000	2,471000
25	Cónica	50	1,340000	2,471000
37	Cónica	80	8,890007	1,063000

Tabla nº 5: Parámetros de las funciones VDF.

Fuente: elaboración propia.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

En las siguientes gráficas se muestran como varía el tiempo y la velocidad respecto a la relación intensidad / capacidad para las funciones de demora del modelo.

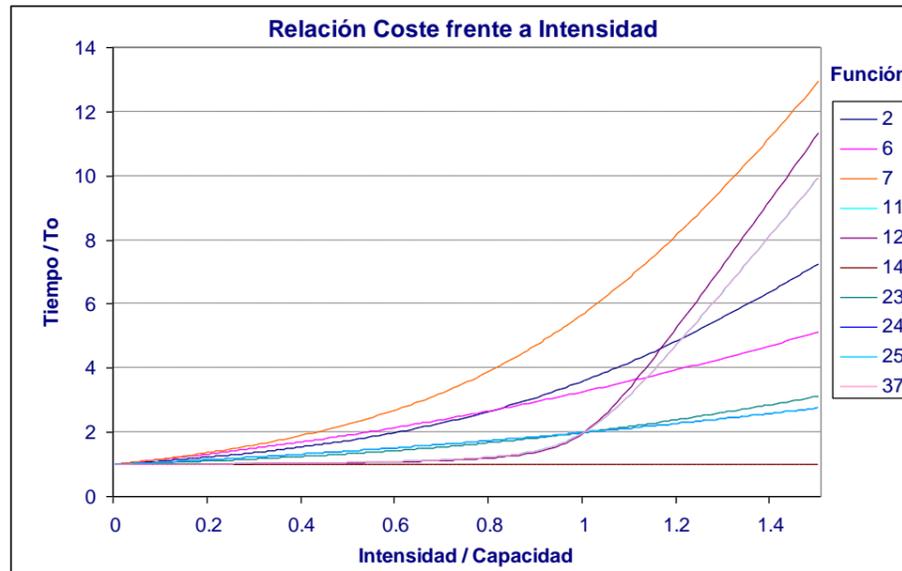


Gráfico nº 1: Relación coste-intensidad.

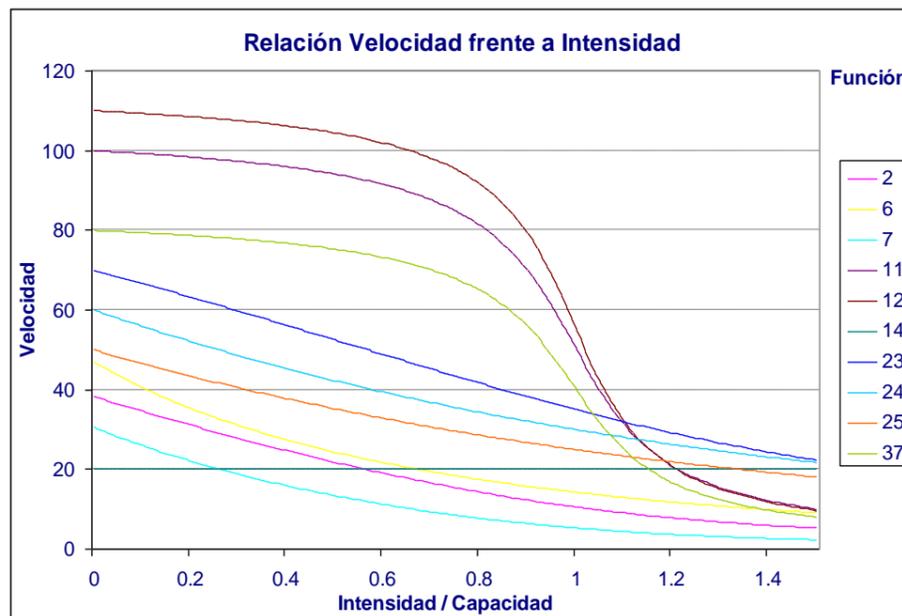


Gráfico nº 2: Relación velocidad-intensidad.

Fuente: Elaboración propia.

1.2.2. Grafo viario final

Una vez codificada la Red de Carreteras con los parámetros necesarios para la modelización, se procedió a crear los ficheros de informáticos del grafo de red para la modelización del transporte privado, "Viario" formado por los siguientes elementos:

Nodos de la red de transporte en vehículo privado "Viario", almacenados en la capa "Nodos" con información de donde se encuentra ubicado cada punto en sistema de coordenadas geodésicas (longitud, latitud), un identificador interno del sistema o "Id" asignado por TracCAD de manera automática, la tipología del punto, con indicación de si es un nodo regular de la red, correspondiente al extremo de un arco, o si se trata de un centroide, en cuyo caso se recoge además el código de la zona que representa.

Los arcos de la red de transporte en vehículo privado se encuentran almacenados en la capa "Arcos" en la que se registra, para cada uno de los arcos, los diferentes parámetros de codificación de la red a modelizar. Los atributos necesarios para la asignación de viajes en vehículo privado son:

CAMPO	CONTENIDO
ID	Identificador único del arco.
LENGTH (*)	Longitud del arco (en kilómetros).
DIR	Recoge el sentido de circulación permitido del arco. Aparecerá un "0" si la vía es de doble sentido, y un 1 ó -1 si la vía es de sentido único.
TIPO DE VÍA	Representa la tipología de la vía, y está en relación con su velocidad y capacidad.
VDF (*)	Función tiempo-intensidad de aplicación al arco.
CAPACIDAD (*)	Capacidad del arco expresada en Vehículos / hora.
TO (*)	Tiempo en minutos que se tarda en recorrer el arco a la velocidad de flujo libre.
ALFA (*)	Valor del parámetro alfa que opera en la función VDF del arco.
BETA (*)	Valor del parámetro beta que opera en la función VDF del arco.

Tabla nº 6: Estructura de la base de datos de los arcos.

Fuente: elaboración propia.

Nota: Los campos marcados con el símbolo (*) son dobles y se aplican según el sentido de circulación del arco. Los nombres de estos campos aparecen en la tabla precedidos del modificador (AB_) cuando el atributo se aplica en el sentido topológico del arco y (BA_) cuando el atributo se aplica en el sentido contrario al topológico.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

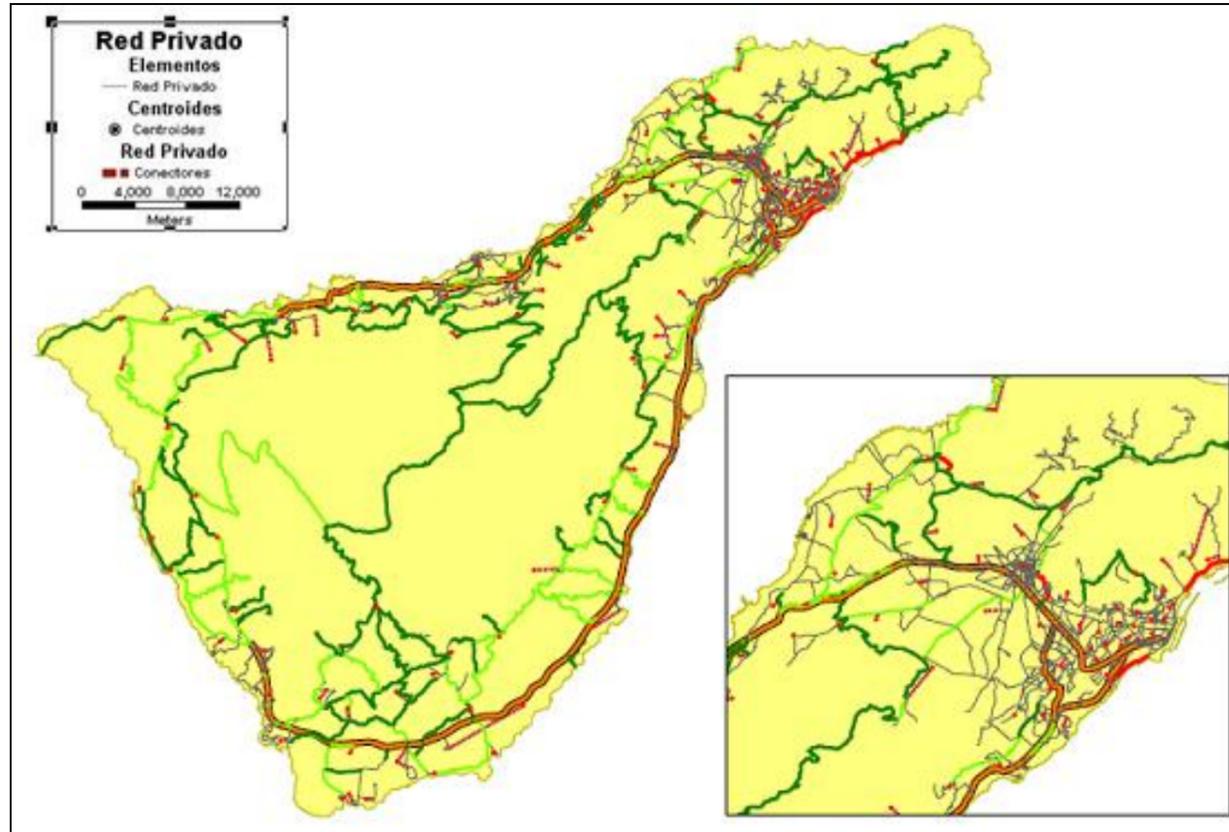


Imagen nº 2: Red viaria modelizada.
Fuente: Elaboración propia.

Intensidades de tráfico

Cara al proceso de ajuste de la matriz de demanda de privado para el escenario base, también se han incluido en determinados tramos, datos relativos a las intensidades de tráfico soportadas por la red, según el Mapa de Tráfico 2007 del Cabildo. El gráfico adjunto incluye un mapa de puntos con la localización de las estaciones de aforo tomadas de referencia (en general estaciones permanentes y primarias). Más adelante, en el proceso de ajuste, se volverá sobre estos datos.

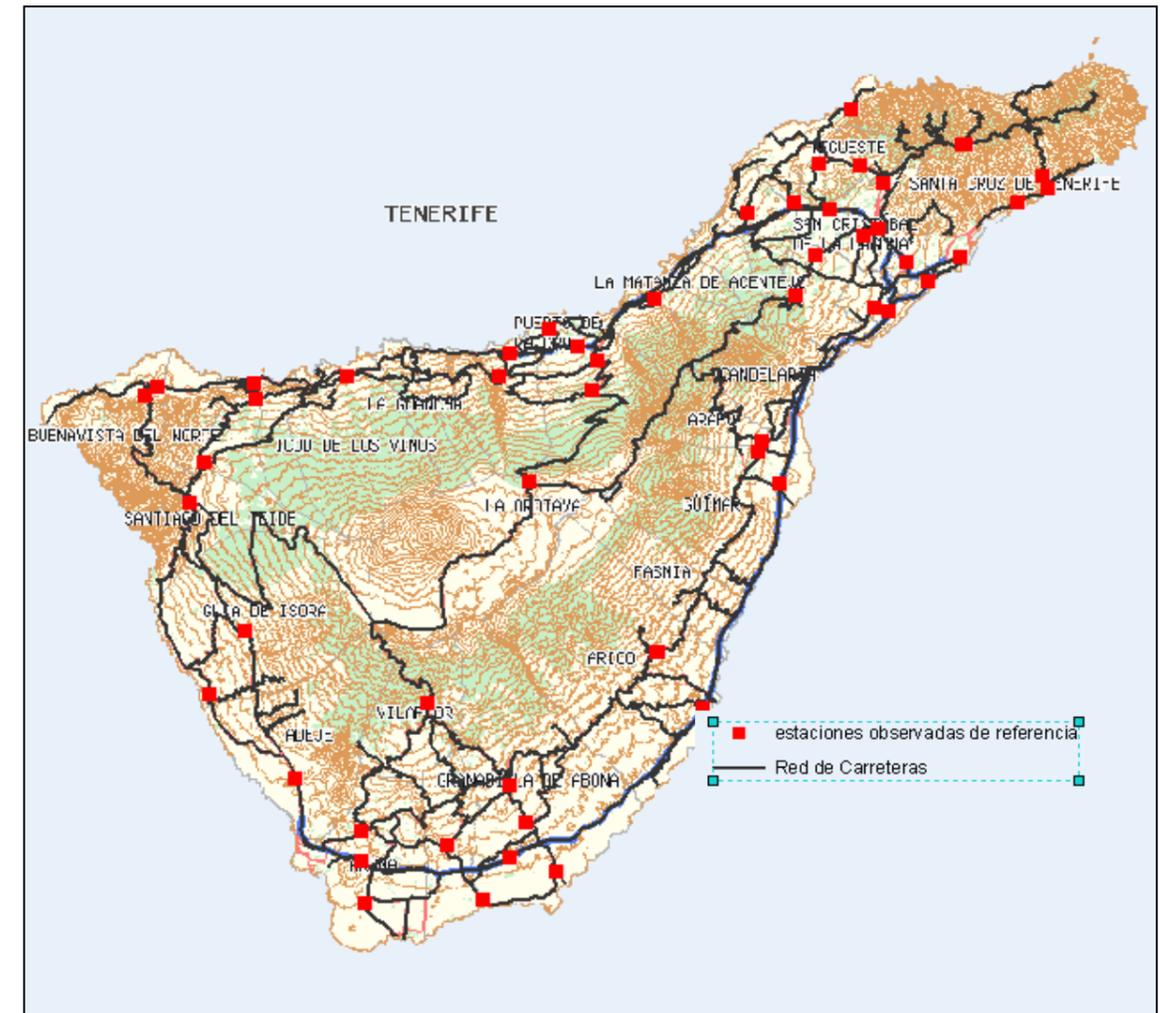


Imagen nº 3: Mapa de estaciones de aforo de referencia.
Fuente: Mapa de tráfico 2007. Cabildo insular de Tenerife.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

1.3. OFERTA DE TRANSPORTE PÚBLICO

La estructura de datos que conforman la red de Transporte Público, atendiendo al modelo de datos específico del software TRANSCAD, está formada por una red de carreteras o viario de base, que coincide con la red de carreteras utilizada como oferta del transporte privado, sobre la que discurren las líneas de transporte público, urbano e interurbano, guagua más tranvía, con sus correspondientes paradas.

La información de partida utilizada fue suministrada por los operadores del transporte público; principalmente por la empresa TITSA que gestiona el 99% de los servicios públicos de guagua y MTSA que gestiona los servicios del tranvía. La información de base para la construcción de la Red de Transporte Público, o "Route Systems" según la terminología del software TRANSCAD, fue la siguiente:

- Archivo en formato shape file de ESRI con la delineación georeferenciada y codificada de las líneas de guagua y tranvía
- Archivo en formato shape file de ESRI con la delineación georeferenciada y codificada de las paradas asociadas a las líneas de guagua y tranvía
- Base de datos con la información tabulada de la estructura secuencial detallada de las líneas, los sentidos y las paradas.

Otras tablas codificadas por líneas y sentido, con información descriptiva de los tiempos de recorrido, la capacidad de cada línea en función del tipo de vehículo que opera dichas líneas, etc.

En las siguientes imágenes que se incluyen a continuación aparece representada la información georeferenciada de las líneas de guagua y paradas.

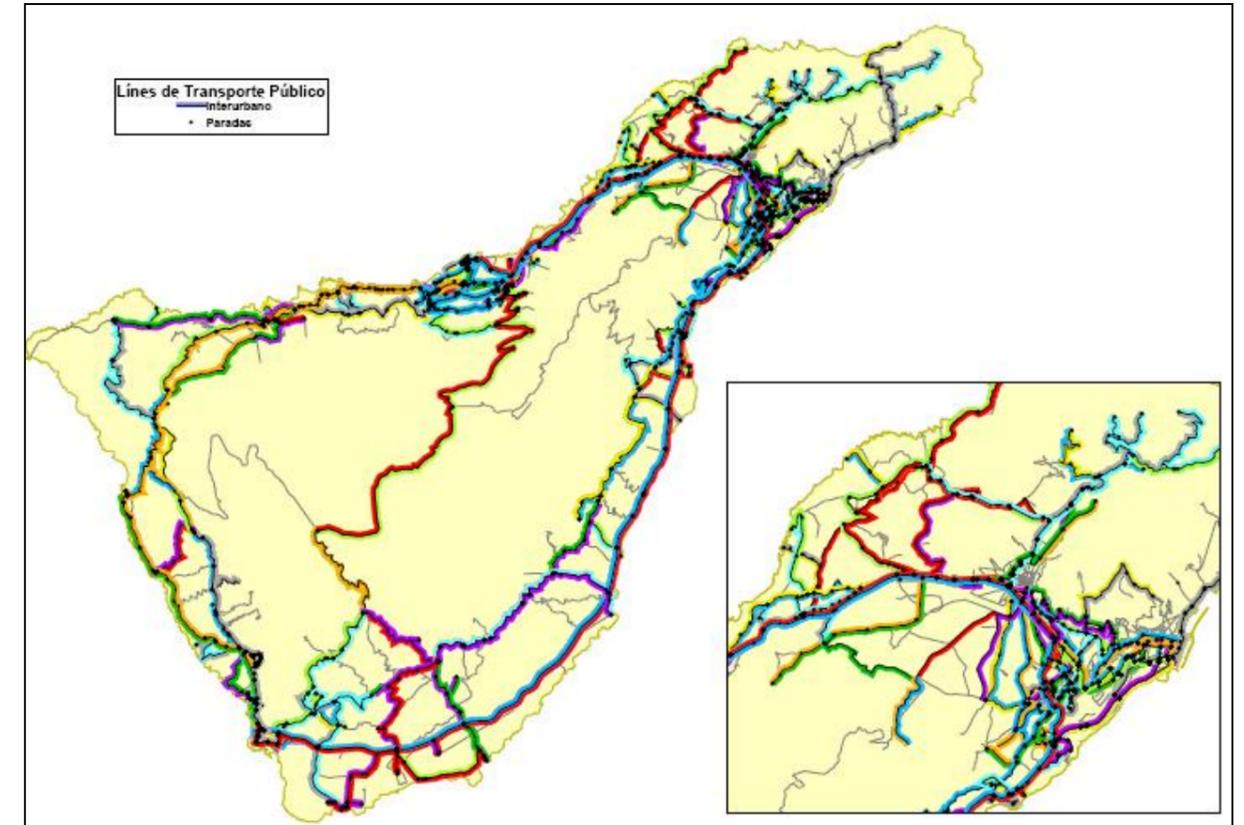


Imagen nº 4: Red de transporte público de guaguas modelizada.

Fuente: Elaboración propia.

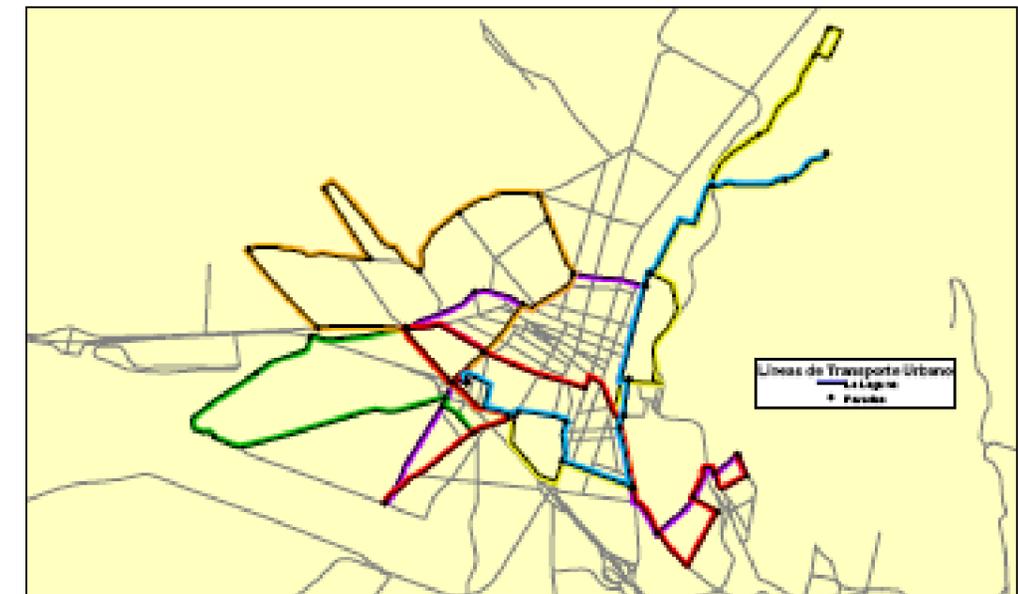


Imagen nº 5: Red modelizada de guaguas. Ámbito la laguna.

Fuente: Elaboración propia.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

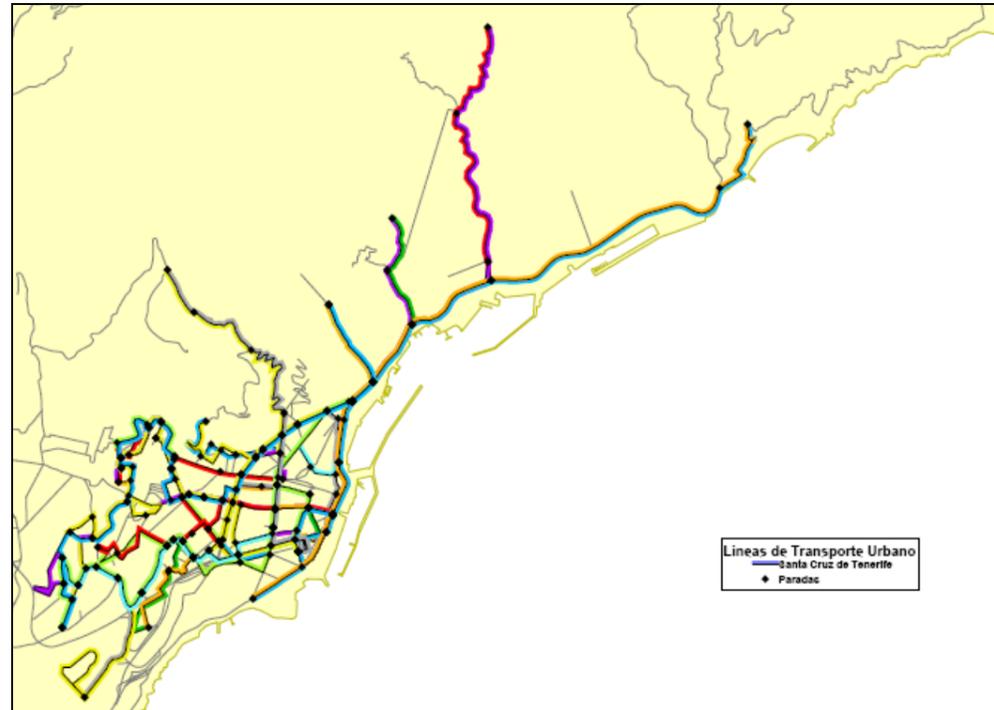


Imagen nº 6: Red modelizada de guaguas. Ámbito santa cruz de Tenerife.

Fuente: Elaboración propia.

La información georreferenciada de líneas y paradas fue depurada, previo a su utilización, ya que no estaba ajustada al viario base de la red de transporte privado por la que discurre. Este desfase existente entre ambas redes podría deberse a que ambas redes están delineadas sobre bases cartográficas diferentes, o bien a que la información georreferenciada de las líneas de guagua proceda de la restitución cartográfica de los archivos GPS que definen los recorridos de dichas líneas, y de ahí el desfase geométrico respecto del viario base.

La depuración se hizo utilizando herramientas CAD/GIS para ajustar las líneas y las paradas a la red de carreteras que conforma el mencionado viario base.

Las 163 líneas de Transporte Público inicialmente consideradas para la creación del "Route Systems" de transporte público fueron las siguientes, diferenciando las que realizan un servicio urbano de las que realizan un servicio interurbano y metropolitano:

LÍNEAS DE GUAGUAS URBANAS DEL MODELO

CÓDIGO	NOMBRE	MUNICIPIO
L445	Circunvalación de Adeje	Adeje
L446	FAÑABE - Adeje - HOYA GRANDE	Adeje
L490	GUÍA DE ISORA-ERQUES, POR TEJINA DE GUÍA	Guía de Isora
L491	GUÍA DE ISORA-CHIRCHE, POR ARIPE	Guía de Isora
L492	GUÍA DE ISORA-CHIO, POR CHIGUERGUE	Guía de Isora
L16	A VERDELLADA -> RANCHO GRANDE(EL COROMOTO)	La Laguna
L20	VALLE DE GUERRA - TEJINA	La Laguna
L24	TEJINA - VALLE DE GUERRA	La Laguna
L25	ESTACIÓN DE GUAGUAS-AVDA.LA TRINIDAD	La Laguna
L27	ESTACIÓN LA LAGUNA – San Lázaro – CIRCUNVALACIÓN	La Laguna
L28	ESTACIÓN LA LAGUNA - La Manzanilla - CIRCUNVALACIÓN	La Laguna
L29	ESTACIÓN LA LAGUNA - MERCADO - EL BRONCO	La Laguna
L372	LOS POYOS-LA FARIÑA-LA PIEDAD (POR CASA LOS BALCONES)	La Orotava
L373	Circunvalación - Los Poyos - La Florida	La Orotava
L374	Los Poyos - Bº San Antonio(por zona centro de la Orotava)	La Orotava
L376	Bº San Antonio - Los Poyos - El Rincón	La Orotava
L381	Avda. Colón - Punta Brava - La Longuera	Puerto de la Cruz
L382	Avda. Colón - Bº San Antonio-por plaza del charco	Puerto de la Cruz
L901	INTERCAMBIADOR -> Bº Salud (Cuesta Piedra)	Santa Cruz de Tenerife
L902	INTERCAMBIADOR -> Bº Nuevo	Santa Cruz de Tenerife
L903	Muelle Norte -> Moraditas de Taco (por Llano Alegre)	Santa Cruz de Tenerife
L905	Muelle Norte -> Ofra (Las Retamas)	Santa Cruz de Tenerife
L906	INTERCAMBIADOR -> Bº Salud (Cuesta Piedra)	Santa Cruz de Tenerife
L907	Pl. Weyler ->Bº Salud (Cuesta Piedra)	Santa Cruz de Tenerife
L908	INTERCAMBIADOR -> Ofra (Las Retamas) -> INTERCAMBIADOR	Santa Cruz de Tenerife
L909	Parque Marítimo -> Bº La Alegría(Por Intercambiador)	Santa Cruz de Tenerife
L910	INTERCAMBIADOR -> San Andrés (Playa Teresitas)	Santa Cruz de Tenerife
L911	Muelle Norte -> Ofra (Las Retamas)	Santa Cruz de Tenerife
L912	INTERCAMBIADOR -> Los Campitos	Santa Cruz de Tenerife
L913	INTERCAMBIADOR -> Rambla General Franco -> INTERCAMBIADOR	Santa Cruz de Tenerife
L914	INTERCAMBIADOR -> Pl. Weyler -> INTERCAMBIADOR	Santa Cruz de Tenerife
L915	INTERCAMBIADOR -> Camino del Hierro	Santa Cruz de Tenerife
L916	INTERCAMBIADOR -> Los Valles	Santa Cruz de Tenerife
L917	INTERCAMBIADOR -> Valleseco	Santa Cruz de Tenerife
L918	INTERCAMBIADOR - BARRIO CHAMBERÍ	Santa Cruz de Tenerife
L920	INTERCAMBIADOR -> RAMBLA GRAL. FRANCO -> INTERCAMBIADOR	Santa Cruz de Tenerife
L921	INTERCAMBIADOR -> INTERCAMBIADOR	Santa Cruz de Tenerife

Fuente: TITSA.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

LÍNEAS DE GUAGUAS URBANAS DEL MODELO

CÓDIGO	NOMBRE
L353	CIRCUNVALACIÓN VALLE DE LA OROTAVA (POR REALEJO BAJO)
L354	PUERTO DE LA CRUZ -> ICOD DE LOS VINOS - POR LA GUANCHA
L355	BUENAVISTA -> MASCA - VALLE SANTIAGO
L358	ICOD DE LOS VINOS -> SANTA BÁRBARA
L359	ICOD DE LOS VINOS -> LA VEGA
L360	ICOD DE LOS VINOS -> PUERTO DE ERJOS
L362	ICOD DE LOS VINOS -> PLAYA SAN MARCOS
L363	PUERTO DE LA CRUZ -> BUENAVISTA - POR ICOD DE LOS VINOS
L364	LA GUANCHA -> SAN JUAN DE LA RAMBLA - POR SAN JOSE
L365	BUENAVISTA -> LA PISCINA DE LOS SILOS
L366	BUENAVISTA -> LAS PORTELAS
L370	LA OROTAVA -> TIGAIGA - POR REALEJO BAJO
L380	LA CORUJERA -> TAGAIGA - POR LA OROTAVA
L383	PUERTO DE LA CRUZ -> LA VERA - POR LAS ARENAS
L390	PUERTO DE LA CRUZ -> REALEJO ALTO - POR LA MONTAÑA
L391	PUERTO DE LA CRUZ -> REALEJO ALTO - POR SAN AGUSTÍN
L392	ICOD DE LOS VINOS -> PUERTO DE ERJOS - POR EL TANQUE
L416	GRANADILLA -> ADEJE (LOS OLIVOS)
L417	LOS CRISTIANOS -> GUÍA DE ISORA - POR PLAYA DE LAS AMÉRICAS
L430	GRANADILLA -> PORIS DE ABONA - POR VILLA DE ARICO
L442	PLAYA LAS AMÉRICAS -> VALLE SAN LORENZO - POR LOS CRISTIANOS
L450	PLAYA LAS AMÉRICAS -> SAN ISIDRO - POR AUTOPISTA (TF-1)
L460	ICOD DE LOS VINOS -> PLAYA LAS AMÉRICAS - POR GUÍA DE ISORA
L462	GUÍA DE ISORA -> A. LOS GIGANTES - POR TAMAIMO
L463	GRANADILLA -> VILLA DE ARICO - POR CHIMICHE
L467	PLAYA LAS AMÉRICAS -> LAS GALLETAS - POR LOS CRISTIANOS
L470	LOS CRISTIANOS -> GRANADILLA- POR EL MÉDANO
L472	LOS CRISTIANOS -> CALLAO SALVAJE
L473	LOS CRISTIANOS-> A. LOS GIGANTES- POR ADEJE
L474	GRANADILLA -> LA ESCALONA
L477	LOS CRISTIANOS->A LOS GIGANTES (DIRECTO)
L480	ARONA -> LOS CRISTIANOS
L482	VILAFLOR -> LOS CRISTIANOS
L483	PLAYA AMÉRICAS -> EL MÉDANO
L484	GRANADILLA -> LAS GALLETAS
L485	GRANADILLA -> EL SALTO- POR LOS LLANOS
L487	PLAYA DE LAS AMÉRICAS - AEROPUERTO SUR (REINA SOFÍA)
L493	GUÍA DE ISORA -> A. LOS GIGANTES

Fuente: TITSA.

A partir de la relación inicial de líneas, se analizaron todos los itinerarios existentes para cada una de ellas, con el propósito de identificar cuál era el itinerario más representativo de cada línea. En la mayoría de los casos sólo existe un único itinerario por sentido para cada una de las líneas; no obstante en el caso de existir más de un itinerario por sentido se asumió como el más representativo el que concentraba una mayor demanda de viajeros.

De esta manera, las líneas y los itinerarios que se incluyeron en la red de Transporte Público o Route Systems fueron asumidos a partir de este análisis, completado a posteriori con la información de las líneas y los itinerarios que no estuvieron disponibles inicialmente hasta alcanzar las 163 líneas mencionadas.

Una vez consideradas las líneas y los itinerarios, se identificó el sentido inverso, bien de ida o bien de vuelta, según el caso, para incluirlo igualmente en el mencionado Route Systems.

Las líneas y los itinerarios seleccionados fueron los siguientes, expresados como dos cifras separadas por un guión, la primera cifra se refiere al número de línea y la segunda representa el número del itinerario, a través del primer dígito empezando por izquierda, y el sentido a través del segundo dígito, empezando por la izquierda, 1 para el sentido ida y 2 para el sentido vuelta:

LÍNEAS/ITINERARIO					
LÍNEA-ITINERARIO	LÍNEA-ITINERARIO	LÍNEA-ITINERARIO	LÍNEA-ITINERARIO	LÍNEA-ITINERARIO	LÍNEA-ITINERARIO
101-21	14-11	33-12	390-12	55-12	917-12
102-12	141-11	339-11	391-11	56-12	918-11
103-11	142-11	340-11	416-71	60-11	920-11
105-12	145-11	341-12	417-12	610-11	921-11
106-12	15-11	342-11	430-11	62-12	
107-11	16-12	343-12	442-21	70-12	
108-11	17-12	345-21	445-11	71-12	
110-11	18-12	347-11	446-11	72-12	
111-11	19-12	348-11	450-12	73-11	
11-12	21-11	350-11	460-11	74-12	
112-11	22-11	35-12	462-11	75-22	
115-32	228-12	352-21	463-12	76-12	
116-11	230-21	353-11	467-12	77-11	
119-11	232-11	354-11	470-11	901-11	
120-12	23-22	358-12	472-12	902-12	
121-12	233-31	360-11	473-201	903-12	
12-21	234-12	362-12	474-21	904-11	

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

LÍNEAS/ITINERARIO					
LÍNEA-ITINERARIO	LÍNEA-ITINERARIO	LÍNEA-ITINERARIO	LÍNEA-ITINERARIO	LÍNEA-ITINERARIO	LÍNEA-ITINERARIO
122-11	235-12	363-11	480-31	905-11	
123-11	237-11	364-22	482-11	906-21	
124-12	238-12	365-12	483-11	907-11	
126-12	239-12	366-11	484-12	908-11	
127-12	245-11	370-12	485-12	909-21	
130-12	246-12	373-31	487-11	910-12	
131-11	26-11	374-11	493-11	911-12	
13-12	27-11	376-11	50-21	912-11	
135-12	28-11	380-11	51-22	913-11	
136-11	29-11	381-12	52-12	914-11	
138-12	32-12	382-11	53-12	915-12	
139-11	325-11	383-12	54-11	916-12	

Tabla nº 7: Líneas de guaguas e itinerarios del modelo de transporte público.

Fuente: TITSA.

Para la calibración de la red de transporte público se ha realizado un extenso trabajo de campo con toma de datos de aforos y tiempo de paso por paradas para 150 líneas de guaguas y 459 trayectos en diferentes periodos horarios, suponiendo un total de 3114 servicios controlados.

El ajuste se ha realizado bajo la hipótesis de que el servicio de transporte público que no dispone de una plataforma reservada, tiene que circular en el mismo flujo vehicular que el transporte privado. Esto supone una desventaja al transporte público, ya que sus características físicas y los requisitos de servicio convierten a la guagua en un vehículo menos ágil que el privado en las maniobras y se ve penalizado por las demoras que suponen las paradas y las subidas y bajadas de pasajeros. Este efecto es más acusado en los recorridos urbanos, donde hay una mayor frecuencia de maniobras debidas a las propias condiciones de circulación y además se localiza un mayor número de paradas por kilómetro de recorrido.

Los tiempos de circulación de la Guagua se han calculado a partir de tiempos característicos de la vía distinguiendo entre ámbitos urbanos e interurbanos. La expresión utilizada para la calibración es:

$$t_{CampoPublico} = c_{urb} \cdot \sum_{\substack{vias \\ urb}} t_{PrivadoUrb} + c_{int} \cdot \sum_{\substack{vias \\ int}} t_{PrivadoInt}$$

- $t_{CampoPublico}$ es el tiempo registrado por los técnicos de campo entre las paradas extremas de un servicio.

- c_{urb} y c_{int} son los factores de correlación aplicada en las vías urbanas e interurbanas respectivamente.
- $t_{PrivadoUrb}$ y $t_{PrivadoInt}$ son los tiempos de referencia de recorrido en vehículo privado de cada arco por los que discurre el servicio, en vías urbanas e interurbanas respectivamente. Para el periodo horario de hora punta se ha utilizado el tiempo de equilibrio en congestión, que se obtiene de la asignación de la matriz origen-destino de vehículos privados de hora punta de la EDM sobre el modelo de red de privado. Para el periodo diario se ha utilizado como tiempo de referencia el de recorrido de la vía a velocidad de flujo libre.

Los resultados del ajuste se recogen en la siguiente tabla:

PERIODO HORARIO	COEFICIENTES DE PENALIZACIÓN GUAGUAS VS PRIVADO	
	VÍA URBANA	VÍA INTERURBANA
Hora punta	1,2	1,1
Diario	1,6	1,45

Tabla nº 8: Ajustes de la red modelizada.

Fuente: Elaboración propia.

La red de Transporte Público o Route System está compuesta por los siguientes archivos informáticos en los formatos nativos del software TRANSCAD:

- "Viario.dbd": coincide con la red de privado, que hace las veces de viario base sobre el que discurren las líneas de servicio de transporte público. En los arcos de la red se han incorporado los parámetros específicos para la modelización del transporte público, como son las velocidades por sentido de los modos públicos guagua y tranvía para los periodos horarios de hora punta y diario, así como de los tiempos de recorrido peatonales de los arcos.
- "Publico.rts": es la red de líneas de servicio de guagua y tranvía metropolitano. En él se recogen todas las líneas operativas y sus sentidos. Cada línea y sentido tiene un identificador propio asignado de manera automática por propio sistema, y un identificador específico de la línea y el sentido. El campo "modo" recoge el tipo de servicio de transporte público de la ruta, tomando los valores 11 para las guaguas urbanas, 12 para las guaguas interurbanas y 21 para el tranvía metropolitano. Las impedancias específicas del transporte público que se han añadido, como campos de la base de datos adjunta, son la *Frecuencia* y la *Capacidad* en los diferentes periodos horarios de la línea, calculados a partir de información facilitada por el operador.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

- “Paradas” es la capa que contiene la información referente a las paradas de las líneas de transporte público. La codificación de las paradas, a parte de los identificadores propios de cada parada, tanto el identificador interno generado por el sistema como el del inventario de paradas, incluye los identificadores de la línea a la que pertenecen; tanto el identificador interno que el sistema la asigna a cada línea como el número de la línea de transporte público. Otros campos de la base de datos adjunta al “Route Stops” son “Pass_Count”, que recoge el número de veces que una línea pasa por esa parada, y “Milepost” o distancia desde esa parada al origen de la línea.
- Además de las capas del sistema de rutas, el modelo de transporte público se compone con la tabla “Modos_publico.bin”. En esta tabla están registrados los diferentes modos de transporte disponibles en el sistema y además contiene los atributos que definen el comportamiento funcional de cada uno de ellos. El campo “MODO_ID” actúa como identificador único del modo y sus valores coinciden con los utilizados en la especificación de las rutas; El campo “Type” indica el tipo de tratamiento que se da al modo, pudiendo ser peatonal “W” o de transporte público “T”; por último, los campos “TIME_HP” y “TIME_DIA” hacen referencia a los atributos de la capa del viario privado que se utilizan para el cálculo del tiempo de recorrido del arco para el modo correspondiente.

2. MODELIZACIÓN DE LA DEMANDA. MODELIZACIÓN CENTRAL (RESIDENTES)

2.1. ASPECTOS MÁS RELEVANTES DE LA MOVILIDAD DE RESIDENTES

2.1.1. Variables explicativas de la movilidad

2.1.1.1. Escenario actual

A continuación se incluye el conjunto de variables socioeconómicas consideradas en la modelización de la movilidad, indicando, en cada caso, su procedencia y la distribución zonal llevada a cabo.

En el caso de las plazas escolares y el empleo, se han desagregado los datos disponibles a nivel municipio de acuerdo al peso observado para sendas variables en la EDM.

Existe un segundo grupo de variables suministradas por el Cabildo de Tenerife o por el Ministerio de Sanidad y Consumo, en las que se utilizan datos asociados a distintos equipamientos sanitarios, que han sido agrupados a la correspondiente zona de transporte: citas sanitarias, superficie útil sanitaria y camas hospitalarias.

Por último, para la oferta deportiva y oferta hotelera, la información disponible a nivel municipio ha sido desagregada a zona de transporte en función de la distribución de los viajes atraídos por motivo ocio en las distintas zonas que integran el municipio.

Población: A partir de la EDM expandida.

Hogares: A partir de la EDM expandida.

Índice de motorización: A partir de la EDM expandida.

Puestos de trabajo: A partir del CNAE (Código Nacional de Actividades Económicas) el dato a nivel municipio es distribuido a nivel zonal de acuerdo a la distribución de la variable según EDM.

Plazas de estudio: A partir de las plazas de estudio procedentes del ISTAC (Instituto Canario de Estadística) a nivel municipal. La distribución zonal se realiza mediante el siguiente criterio: para las zonas de La Laguna, se consideran las plazas de estudio asociadas al centro de estudio rreferenciado (vinculado directamente a la zona). Para las plazas de estudio en los municipios de fuera de La Laguna se distribuye a nivel zonal de acuerdo a la proporción de actividad en la zona obtenida de la EDM.

Superficie útil Sanitaria: Se utiliza como variable la superficie por centro sanitario suministradas por el consorcio de Tenerife (se han asociado a las zonas de transporte según la localización geográfica del centro).

Camas hospitalarias: Se utiliza como variable las camas hospitalarias por hospital suministradas por el Ministerio de Sanidad y Consumo (se han asociado a las zonas de transporte según la localización geográfica del hospital).

Oferta deportiva: Se utiliza el censo de locales suministrado por el consorcio de Tenerife. La información de partida está agregada por municipios, por lo que la distribución a nivel de zona se realiza en función de la atracción de viajes por motivo ocio según la EDM.

Oferta hotelera: Se utiliza el número de plazas hoteleras a nivel de municipio publicadas por el ISTAC. La distribución a nivel de zona se realiza en función de la atracción de viajes por motivo ocio según la EDM.

Restauración de La Caixa: Se utiliza el Anuario Estadístico de La Caixa del 2008 (a nivel municipal) distribuido zonalmente según los viajes por motivo ocio de la EDM.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Comercio Mayorista de La Caixa: Se utiliza el Anuario Estadístico de La Caixa del 2008 (a nivel municipal) distribuido zonalmente según los viajes por motivo compras de la EDM.

Comercio Minorista de La Caixa: Se utiliza el anuario de estadística de la Caixa del 2008 (a nivel municipal) distribuido zonalmente según los viajes por motivo compras de la EDM.

Centros comerciales de La Caixa: Se utiliza el anuario de estadística de la Caixa del 2008 (a nivel municipal) distribuido zonalmente según los viajes por motivo Compras de la EDM.

Con el fin de proyectar la movilidad hacia futuro, se modeliza la movilidad actual, buscando su explicación en relación con variables socioeconómicas y demográficas de la población y el entorno.

Evidentemente, no todas las variables apuntadas son fáciles de obtener, y conviene recordar que la proyección de la variable explicativa siempre ha de ser más fácil que la de la variable explicada, de lo contrario su modelización carecería de sentido.

Principales variables. Agregaciones por Macrozonas. Escenario Actual

A continuación se incluyen las tablas de variables agregadas macrozonas, separando las variables propias de generación, correlacionada con características socioeconómicas de la población que reside en la zona, de las variables de atracción, que depende de las características económicas de la zona, como el empleo, plazas escolares, etc.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

MACROZONA	VARIABLES EXPLICATIVAS. PRODUCCIÓN MACROZONAS							
	POBLACIÓN	HOGARES	Nº VEHÍCULOS	ÍNDICE	TAMAÑO	VIAJES PRODUCCIÓN	VIAJES PRODUCCIÓN	VIAJES PRODUCCIÓN
01. S.C. Tenerife Centro - Anaga	162.263	69.749	90.018	537	2,49	130.380	114.463	244.843
02. S.C. Tenerife Sur- El Rosario	57.240	21.718	37.251	612	2,82	69.157	42.628	111.785
03. Laguna Centro	108.223	43.012	59.082	535	2,68	137.011	86.872	223.882
04. Laguna Norte - Tegueste	37.276	14.475	23.105	595	2,64	45.119	34.133	79.252
05. Acentejo	57.674	19.641	37.013	634	3,12	65.349	42.657	108.006
06. Valle de La Orotava	105.380	37.973	55.835	497	2,84	93.944	88.598	182.542
07. Icoden-Daute-Isla Baja	51.339	19.503	27.168	521	2,73	42.747	43.595	86.342
08. Suroeste	64.580	26.268	41.008	620	2,59	72.667	46.479	119.146
09. Abona	115.531	45.089	67.147	575	2,78	139.425	92.404	231.828
10. Sureste	9.783	4.306	6.298	644	2,36	8.313	7.898	16.211
11. Valle de Güimar	43.024	15.878	29.111	591	2,76	50.161	34.620	84.781
Total	812.314	317.613	473.035	562	2,70	854.272	634.347	1.488.619

Tabla nº 9: Variables del modelo de generación (absolutos).

Fuente: Encuesta domiciliaria de movilidad a residentes de tenerife en día laborable. 2008.

MACROZONA	VARIABLES EXPLICATIVAS. PRODUCCIÓN MACROZONAS (%)							
	POBLACIÓN	HOGARES	Nº VEHÍCULOS	ÍNDICE MOTORIZACIÓN	TAMAÑO FAMILIAR	VIAJES PRODUCCIÓN OBLIGADO	VIAJES PRODUCCIÓN NO OBLIGADO	VIAJES PRODUCCIÓN TOTAL
01. S.C. Tenerife Centro - Anaga	20,0%	22,0%	19,0%	95%	91,0%	15,3%	18,0%	16,4%
02. S.C. Tenerife Sur- El Rosario	7,0%	6,8%	7,9%	111,8%	103,1%	8,1%	6,7%	7,5%
03. Laguna Centro	13,3%	13,5%	12,5%	93,7%	98,4%	16,0%	13,7%	15,0%
04. Laguna Norte - Tegueste	4,6%	4,6%	4,9%	106,4%	100,7%	5,3%	5,4%	5,3%
05. Acentejo	7,1%	6,2%	7,8%	110,2%	114,8%	7,6%	6,7%	7,3%
06. Valle de La Orotava	13,0%	12,0%	11,8%	91,0%	108,5%	11,0%	14,0%	12,3%
07. Icoden-Daute-Isla Baja	6,3%	6,1%	5,7%	90,9%	102,9%	5,0%	6,9%	5,8%
08. Suroeste	8,0%	8,3%	8,7%	109,0%	96,1%	8,5%	7,3%	8,0%
09. Abona	14,2%	14,2%	14,2%	99,8%	100,2%	16,3%	14,6%	15,6%
10. Sureste	1,2%	1,4%	1,3%	110,5%	88,8%	1,0%	1,2%	1,1%
11. Valle de Güimar	5,3%	5,0%	6,2%	116,2%	105,9%	5,9%	5,5%	5,7%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla nº 10: Variables del modelo de generación (%).

Fuente: Encuesta domiciliaria de movilidad a residentes de tenerife en día laborable. 2008.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

MACROZONA	VARIABLES EXPLICATIVAS. ATRACCIÓN OBLIGADA			
	PUESTOS EMPLEO	PLAZAS C.E.I.P.S.	PLAZAS UNIVERSIDAD	VIAJES ATRAÍDOS OBLIGADOS
01. S.C. Tenerife Centro - Anaga	89.684	22.352	0	139.799
02. S.C. Tenerife Sur- El Rosario	38.490	6.660	0	74.409
03. Laguna Centro	53.344	25.800	17.466	174.628
04. Laguna Norte - Tegueste	9.718	5.065	0	22.458
05. Acentejo	15.318	7.611	0	40.122
06. Valle de La Orotava	35.703	16.552	0	94.532
07. Icoden-Daute-Isla Baja	11.658	7.609	0	28.917
08. Suroeste	31.154	8.053	0	80.191
09. Abona	48.722	19.760	0	147.090
10. Sureste	1.894	745	0	5.825
11. Valle de Güimar	13.896	5.563	0	30.950
Total	349.581	125.770	17.466	838.921

Tabla nº 11: Variables del modelo de atracción (absolutos).
Fuente: CNAE, ISTAC.

MACROZONA	VARIABLES EXPLICATIVAS. ATRACCIÓN OBLIGADA (%)			
	PUESTOS EMPLEO	PLAZAS C.E.I.P.S.	PLAZAS UNIVERSIDAD	VIAJES ATRAÍDOS OBLIGADOS
01. S.C. Tenerife Centro - Anaga	25,7%	17,8%	0,0%	16,7%
02. S.C. Tenerife Sur- El Rosario	11,0%	5,3%	0,0%	8,9%
03. Laguna Centro	15,3%	20,5%	100,0%	20,8%
04. Laguna Norte - Tegueste	2,8%	4,0%	0,0%	2,7%
05. Acentejo	4,4%	6,1%	0,0%	4,8%
06. Valle de La Orotava	10,2%	13,2%	0,0%	11,3%
07. Icoden-Daute-Isla Baja	3,3%	6,0%	0,0%	3,4%
08. Suroeste	8,9%	6,4%	0,0%	9,6%
09. Abona	13,9%	15,7%	0,0%	17,5%
10. Sureste	0,5%	0,6%	0,0%	0,7%
11. Valle de Güimar	4,0%	4,4%	0,0%	3,7%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla nº 12: Variables del modelo de atracción (%).
Fuente: CNAE, ISTAC.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

MACROZONA	VARIABLES EXPLICATIVAS. ATRACCIÓN NO OBLIGADA						
	HOSTELERÍA	RESTAURACIÓN	MAYORISTA	MINORISTA	SUPERFICIE SANIDAD	CAMAS HOSPITALARIAS	VIAJES ATRACCIÓN NO OBLIGADA
01. S.C. Tenerife Centro - Anaga	2.156	986	749	2.194	10.609	2.653	129.560
02. S.C. Tenerife Sur- El Rosario	569	322	843	2.172	6.492	0	36.518
03. Laguna Centro	927	799	904	2.658	7.126	0	117.284
04. Laguna Norte - Tegueste	224	244	49	202	2.551	0	19.582
05. Acentejo	1.146	516	235	1.076	5.407	0	31.286
06. Valle de La Orotava	26.263	1.042	383	2.781	10.040	437	81.252
07. Icoden-Daute-Isla Baja	287	265	114	936	5.215	0	39.337
08. Suroeste	53.219	1.524	180	2.461	5.902	45	43.596
09. Abona	44.106	2.109	516	3.782	9.784	352	95.422
10. Sureste	96	67	22	79	985	0	5.388
11. Valle de Güimar	1.105	310	233	734	2.900	0	30.976
Total	130.098	8.184	4228	19.075	67.011	3.487	630.201

Tabla nº 13: Variables del modelo de atracción (absolutos).

Fuente: Ministerio de sanidad y consumo, anuario estadístico de la caixa, 2008.

MACROZONA	VARIABLES EXPLICATIVAS. ATRACCIÓN NO OBLIGADA (%)						
	HOSTELERÍA	RESTAURACIÓN	MAYORISTA	MINORISTA	SUPERFICIE SANIDAD	CAMAS HOSPITALARIAS	VIAJES ATRACCIÓN NO OBLIGADA
01. S.C. Tenerife Centro - Anaga	11,7%	12,0%	11,5%	19,5%	76,1%	20,6%	11,7%
02. S.C. Tenerife Sur- El Rosario	4,5%	3,9%	11,4%	10,0%	0,0%	5,8%	4,5%
03. Laguna Centro	10,5%	9,8%	13,9%	13,1%	0,0%	18,6%	10,5%
04. Laguna Norte - Tegueste	3,2%	3,0%	1,1%	3,6%	0,0%	3,1%	3,2%
05. Acentejo	7,8%	6,3%	5,6%	7,2%	0,0%	5,0%	7,8%
06. Valle de La Orotava	14,7%	12,7%	14,6%	14,3%	12,5%	12,9%	14,7%
07. Icoden-Daute-Isla Baja	4,7%	3,2%	4,9%	7,0%	0,0%	6,2%	4,7%
08. Suroeste	15,2%	18,6%	12,9%	6,2%	1,3%	6,9%	15,2%
09. Abona	22,4%	25,8%	19,8%	12,6%	10,1%	15,1%	22,4%
10. Sureste	1,1%	0,8%	0,4%	1,0%	0,0%	0,9%	1,1%
11. Valle de Güimar	4,3%	3,8%	3,8%	5,6%	0,0%	4,9%	4,3%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabla nº 14: Variables del modelo de atracción (absolutos).

Fuente: Ministerio de sanidad y consumo, anuario estadístico de la caixa, 2008.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

2.1.1.2. Proyecciones a futuro

Para la proyección de variables en escenarios futuros será necesario llevar a cabo las estimaciones específicas de acuerdo con los nuevos desarrollos urbanísticos previstos en cada caso, teniendo en cuenta las zonas afectadas y los grados de desarrollo esperados en los distintos escenarios temporales considerados. En todo caso, las hipótesis a considerar se acordarán con la dirección del estudio.

2.1.2. Características básicas desde el punto de vista de la modelización

En este apartado se incluyen los datos básicos que describen la movilidad en la isla extraídos de la EDM, explicados en detalle en el capítulo correspondiente, como aproximación inicial al proceso de modelización de demanda.

Los viajes obtenidos por la EDM, como es habitual en este tipo de encuestas, recogen en su mayoría viajes basados en casa (BEC), con uno de sus extremos en el hogar, en este caso un 95% de los viajes y con un solo un 5% correspondiente a viajes no basados en casa (NBEC), en los que ni el origen ni el destino es el hogar.

Reparto por modos

El reparto por modos de los viajes mecanizados que muestra la EDM se presenta en la tabla adjunta. Del total de viajes mecanizados, 1.448.912 viajes diarios, un 82.7% corresponde al modo privado y un 17.3% a modos públicos. De los viajes realizados en vehículo privado el 75.2% corresponden a coche-conductor, con un factor de ocupación en privado de 1.3.

En transporte público, los viajes realizados en guagua urbana e interurbana, alcanzan un 53.1%, frente un 15.6% correspondiente a servicios discretionales, un 23.1% en la línea de tranvía Santa Cruz-La Laguna y un 8.2% al taxi.

MODO PRINCIPAL AGREGADO	MODO PRINCIPAL		
	VIAJES	MECANIZADOS	MECANIZADOS (%)
02. Privado	03. Motocicleta o Ciclomotor	17.372	1,4%
	04. Coche Conductor	926.349	75,2%
	05. Coche Acompañante	288.115	23,4%
03. Público	06. Guagua Urbana	85.443	33,2%
	07. Guagua Interurbana	51.071	19,9%
	08. Guagua Especial	40.062	15,6%
	09. Tranvía	59.448	23,1%
10. Taxi	21.053	8,2%	
Total		1.488.913	

Tabla nº 15: Viajes mecanizados según modos de transporte.

Fuente: Encuesta domiciliaria de movilidad a residentes de tenerife en día laborable. 2008.

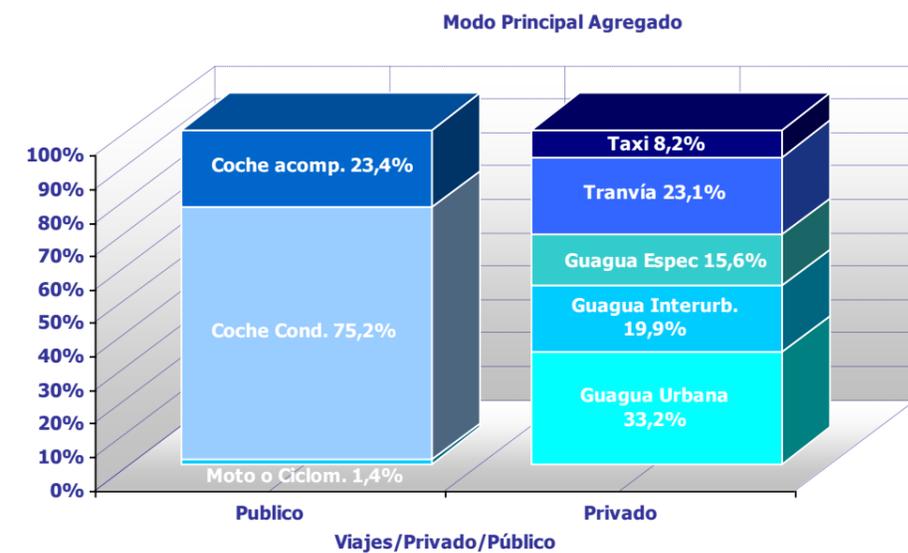


Gráfico nº 3: Porcentaje de viajes público-privado por modos de transportes.

Fuente: Encuesta domiciliaria de movilidad a residentes de tenerife en día laborable. 2008.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Movilidad obligada y no obligada

La movilidad obligada, viajes recurrentes de trabajo y estudio, alcanza un 57.4% de los viajes mecanizados, siendo este tipo de viajes más elevado en el vehículo privado, un 58.9% frente al 50.3% obtenido en modo público.

La movilidad obligada se explicará principalmente a través de las variables empleo y plazas escolares en la atracción, y población en generación.

Las variables asociadas a la movilidad no obligada son más variadas: superficies equipamientos, superficies comerciales, camas hospitalarias, población, etc.

TIPO	VIAJES MECANIZADOS		
	OBLIGADA	NO OBLIGADA	TOTAL
Privado	724.971	506.865	1.231.836
Público	129.302	127.775	257.077
Total	854.273	634.640	1.488.913

TIPO	VIAJES MECANIZADOS (%)		
	OBLIGADA	NO OBLIGADA	TOTAL
Privado	58,9%	41,1%	100,0%
Público	50,3%	49,7%	100,0%
Total	57,4%	42,6%	100,0%

Tabla nº 16: Viajes mecanizados privado-público/ obligados-no obligados.

Fuente: Encuesta domiciliaria de movilidad a residentes de tenerife en día laborable. 2008.

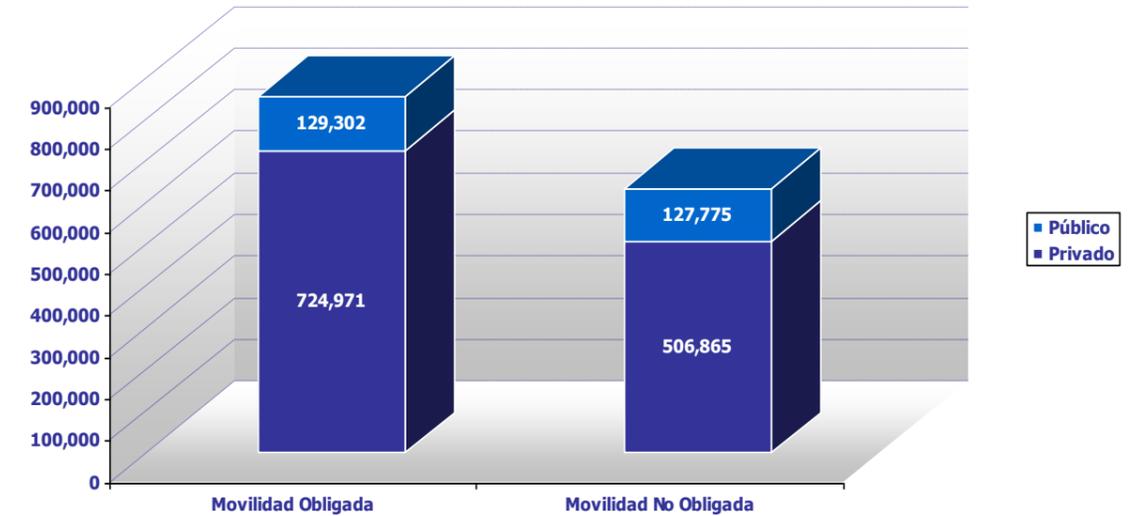


Gráfico nº 4: Viajes mecanizados privado-público/ obligados-no obligados (absolutos).
Fuente: Encuesta domiciliaria de movilidad a residentes de tenerife en día laborable. 2008.

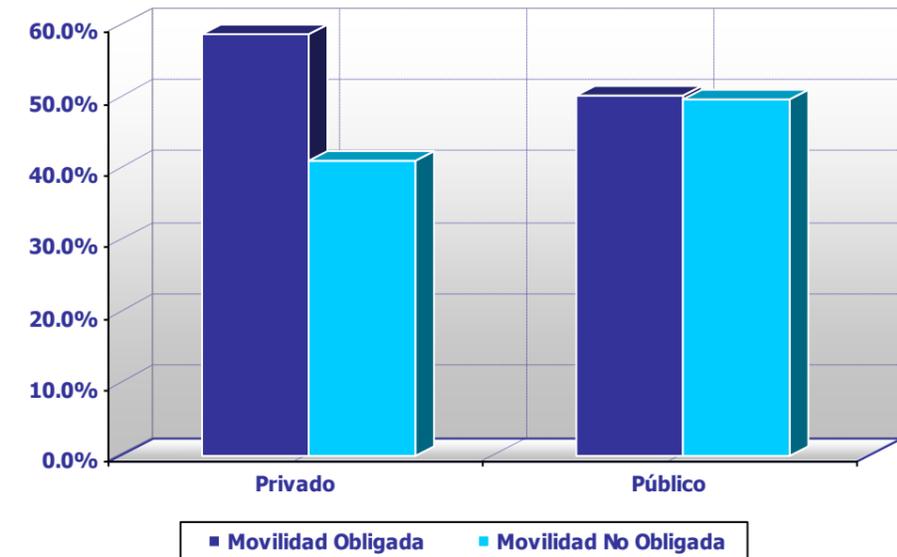


Gráfico nº 5: Viajes mecanizados privado-público/ obligados-no obligados (%).
Fuente: Encuesta domiciliaria de movilidad a residentes de tenerife en día laborable. 2008.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Cautivos del transporte público

En cuanto a los cautivos del transporte público, usuarios que no disponen de vehículo, alcanzan un 72.9%. El modelo de reparto modal se aplicará sobre los usuarios que disponen de vehículo, un 17%, que después se verán incrementados, un 10% adicional al tener en cuenta la proporción de coche acompañante, introduciendo el correspondiente factor de ocupación.

MODO PRINCIPAL AGRUPADO	DISPONIBILIDAD DE VEHÍCULO (%)			TOTAL
	SÍ, COMO CONDUCTOR	SÍ, COMO ACOMPAÑANTE	NO DISPONE	
03. Público	17,0%	10,0%	72,9%	100,0%

Tabla nº 17: Porcentaje de viajes en transporte público según disponibilidad de vehículo.
Fuente: Encuesta domiciliaria de movilidad a residentes de tenerife en día laborable. 2008.

Distribución horaria de la movilidad según modo y motivo del viaje

En el análisis de la movilidad en distintos periodos horarios se observan comportamientos muy diferenciados tanto en la motivación de los desplazamientos, en el reparto modal, como en el volumen de los mismos.

En el gráfico siguiente se muestra la distribución horaria de los viajes mecanizados. En el se puede observar como el periodo de hora punta de mañana (7:00-9:00) está dominado por desplazamientos por motivos obligados, que representan el 86,1% de los desplazamientos mecanizados totales en ese periodo. Durante estas dos horas se produce la punta diaria, con un 20,3% de los viajes mecanizados diarios, siendo el periodo en el que se generan de forma global los mayores niveles de congestión en la red.

Viajes Mecanizados

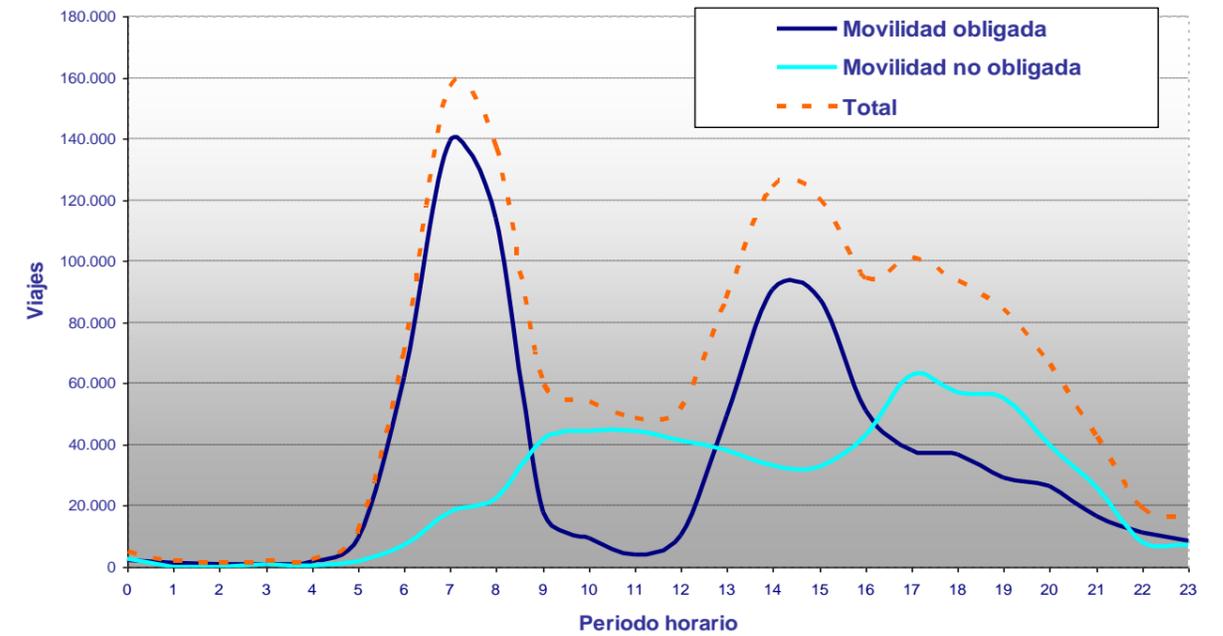


Gráfico nº 6: Distribución horaria de viajes mecanizados totales, de movilidad obligada y no obligada.

Fuente: Encuesta domiciliaria de movilidad a residentes de tenerife en día laborable. 2008.

En el periodo valle de mañana (9:00-12:00) los desplazamientos son mayoritariamente por motivos no obligados, representando el 80,6% de la movilidad total del periodo. Por otro lado, en este tramo horario, las intensidades son las más bajas del horario diurno, no produciéndose congestión salvo en puntos muy localizados.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

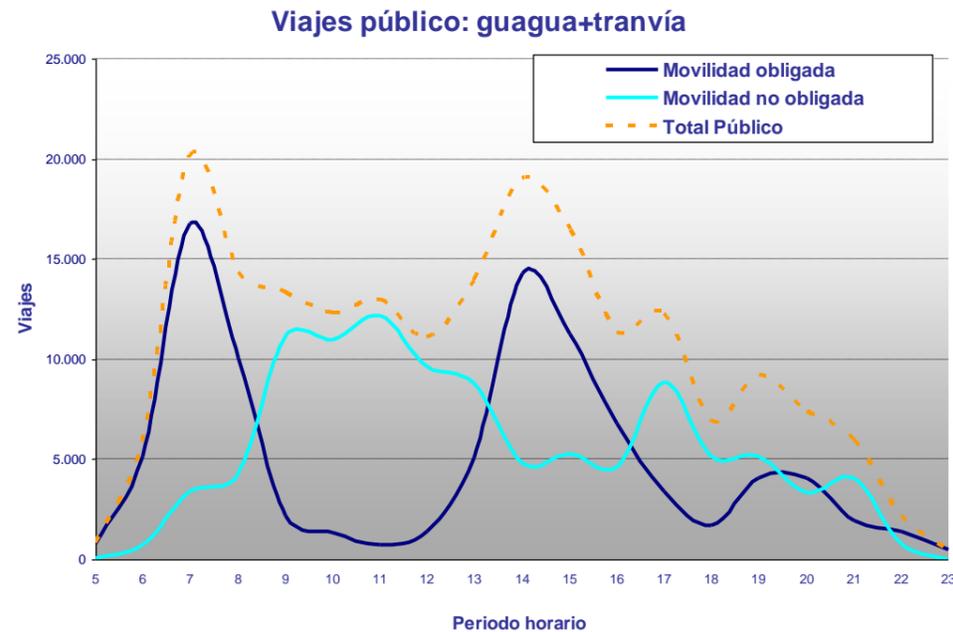


Gráfico nº 7: Distribución horaria de viajes en transporte público totales, de movilidad obligada y no obligada.

Fuente: Encuesta domiciliaria de movilidad a residentes de tenerife en día laborable. 2008.

Los viajes en vehículo privado, presentan un perfil similar a la movilidad total mecanizada, tal como se puede observar en el gráfico adjunto.

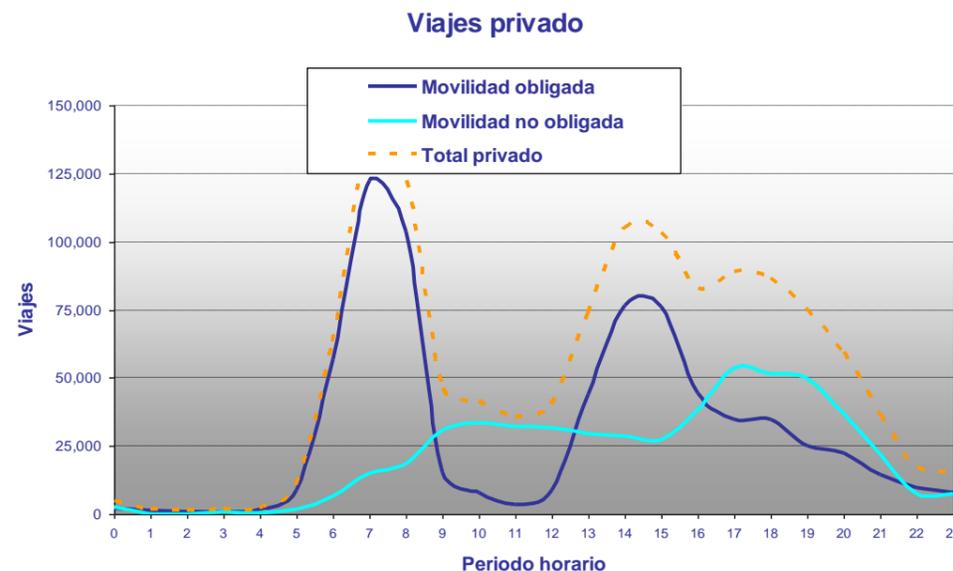


Gráfico nº 8: Distribución horaria de viajes en transporte privado totales, de movilidad obligada y no obligada.

Fuente: Encuesta domiciliaria de movilidad a residentes de tenerife en día laborable. 2008.

2.1.3. Segmentación seleccionada para el estudio de demanda de los residentes

El objetivo de modelización de la demanda es la obtención de la correspondiente matriz de viajes motorizados, que incluye los viajes en vehículo privado y en transporte público regular colectivo. El estudio se desarrolla mediante tres modelos de cuatro etapas correspondientes a dos periodos horarios.

El periodo hora punta de mañana es el más desfavorable para los viajes en modos mecanizados, ya que según los datos de la EDM, en él coinciden las demandas máximas diarias tanto para los desplazamientos en vehículo privado, como en transporte público. El modelo de hora punta se utiliza para el diseño y dimensionamiento tanto de las infraestructuras como de los servicios de transporte público. El objetivo es garantizar que durante la vida útil, la movilidad se desarrollará conforme a los niveles de servicio y los criterios que se definan.

El periodo de hora punta recoge los desplazamientos mecanizados comprendidos entre las 7 y las 9 de la mañana. Los valores se corrigen con un factor de hora punta de **0,535** resultante de dividir los viajes mecanizados de 7 a 8 de la mañana entre los viajes mecanizados de 7 a 9, de forma que los resultados obtenidos están normalizados a una hora.

El la hora punta, la movilidad dominante responde a motivos obligados, de trabajo y estudio, que representan el 86% de los viajes mecanizados de ese periodo.

La modelización de la demanda total diaria permite analizar y evaluar de forma global la repercusión sobre la movilidad de las políticas y criterios aplicados en cada alternativa. Estos modelos se utilizarán para seleccionar las alternativas más alineadas con los objetivos y estrategias que se establezcan en el Plan.

Debido a la existencia de pautas y comportamientos muy distintos para los diferentes motivos de viaje, la movilidad diaria se segrega en dos modelos que se corresponden con desplazamientos por motivos obligados y no obligados. Los dos modelos se desarrollan en paralelo hasta la etapa de reparto modal, donde las matrices resultantes se agregan por modos de transporte, dando lugar a una única matriz diaria de viajes en vehículo privado y otra en transporte público.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

En síntesis, la colección de modelos de demanda del estudio incluye:

- Modelo horario de demanda de Hora Punta de mañana.
- Modelo Diario de Movilidad Obligada.
- Modelo Diario de Movilidad No Obligada.

2.2. GENERACIÓN Y ATRACCIÓN DE VIAJES

El interés de estos modelos consiste en poder determinar el número de viajes generados en cada origen y atraídos por cada destino en función de las variables socioeconómicas zonales. Los modelos de viajes generados y atraídos atienden a las expresiones:

$$G_i = f(S_{1i}, S_{2i}, \dots, S_{ni})$$
$$A_j = f(S_{1j}, S_{2j}, \dots, S_{nj})$$

Donde $f(.)$ son funciones sencillas de las variables socioeconómicas S_{ki} que mediante transformaciones pueden ser resueltas utilizando modelos de regresión lineal múltiple:

Para el estudio se ha optado por modelos de regresión potencial o de elasticidad constante, que responden a la expresión:

$$Y_i = c \cdot S_{1i}^{a_1} \cdot S_{2i}^{a_2} \cdot \dots \cdot S_{ni}^{a_n}$$

O lo que es equivalente:

$$\ln(Y_i) = \ln(c) + a_1 \cdot \ln(S_{1i}) + a_2 \cdot \ln(S_{2i}) + \dots + a_n \cdot \ln(S_{ni})$$

Donde:

Y_i es los viajes generados o atraídos por la zona i que se quiere explicar con el modelo

S_{1i}, S_{2i}, S_{ni} son las variables socioeconómicas de la zona i

c es la constante multiplicativa o factor de escala

a_1, a_2, a_n son los exponentes y representan la elasticidad respecto a cada variable socioeconómica.

Los requisitos que se establecen para la validez del modelo son:

- Las variables independientes, representadas por S_{ki} están poco correlacionadas entre sí.
- Las variables independientes se encuentran fuertemente correlacionadas con la variable dependiente.
- El coeficiente de correlación obtenido por la función $f(.)$ y la variable dependiente debe ser significativo (superior a 0.4).
- El coeficiente t -student de significación estadística para los coeficientes de la función lineal $f(.)$ debe superar el umbral del 90 %.

2.2.1. Modelos de Generación

El objetivo de la generación de viajes consiste en estimar el número de viaje que se generan u originan en cada zona del área de estudio, habitualmente correlacionada con las características socioeconómicas de la población residente en la zona.

Dado que el 95% de los viajes de los residentes son basados en casa, las variables socioeconómicas empleadas para el ajuste de los modelos de generación están estrechamente relacionadas con la población de las zonas de transporte y las características de los hogares. Las variables utilizadas han sido:

- Población
- Tamaño medio familiar
- Índice de motorización (vehículos cada 1000 habitantes)

Se han generado los modelos de las posibles combinaciones de las tres variables, seleccionando los que cumpliendo las restricciones de significación estadística, obtienen un mejor coeficiente de correlación r^2 . A continuación se detallan los resultados del ajuste para cada uno de los segmentos de movilidad del estudio.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Generación de viajes en el periodo de hora punta

El modelo, con r^2 de 0,8204, representa los viajes generados en el periodo mediante la población y el índice de motorización, esta última variable se mantiene en el modelo con un estadístico t algo bajo.

GENERACIÓN EN HORA PUNTA			
	VARIABLE	COEFICIENTE	t
Modelo	r2	0,8234	
	r2 Ajustado	0,8204	
	Constante	-4,22	
	Población	0,99	22,6319
	Índice de motorización	0,40	1,9988

Tabla nº 18: Parámetros y ajuste del modelo de generación en hora punta.
Fuente: elaboración propia.

El modelo responde a la expresión:

$$G_i = e^{-4,22} \cdot Poblacion_i^{0,99} \cdot IndiceMotorizacion_i^{0,40}$$

Generación de viajes diarios de movilidad obligada

En este periodo horario, las variables del modelo que dan un mejor ajuste vuelven a ser la población y el índice de motorización, quedando excluido el tamaño familiar por no tener significación estadística.

El r^2 obtenido es 0,9187, siendo la expresión que representa el modelo:

$$G_i = e^{-3,13} \cdot Poblacion_i^{1,02} \cdot IndiceMotorizacion_i^{0,45}$$

GENERACIÓN DIARIA MOVILIDAD OBLIGADA			
	VARIABLE	COEFICIENTE	t
Modelo	r2	0,9201	
	r2 Ajustado	0,9187	
	Constante	-3,13	
	Población	1,02	35,4617
	Índice de motorización	0,45	3,50125

Tabla nº 19: Parámetros y ajuste del modelo de generación de movilidad obligada.
Fuente: Elaboración propia.

Generación de viajes diarios de movilidad no obligada

La única variable socioeconómica que explica la generación diaria por motivos no obligados es la población, no teniendo influencia significativa el resto de variables. El r^2 del ajuste es 0,812 dando lugar a la siguiente expresión que representa el modelo:

$$G_i = e^{-0,23} \cdot Poblacion_i^{0,99}$$

GENERACIÓN DIARIA MOVILIDAD NO OBLIGADA			
	VARIABLE	COEFICIENTE	t
Modelo	r2	0,8920	
	r2 Ajustado	0,8911	
	Constante	-0,23	
	Población	0,99	31,3524

Tabla nº 20: Parámetros y ajuste del modelo de generación de movilidad no obligada.

Fuente: Elaboración propia.

En los tres modelos se observa que la población es la variable que representa de forma más significativa la generación de viajes. El índice de motorización tiene algo de influencia en la movilidad obligada, sin embargo no es relevante en la generación de viajes por motivos no obligados.

2.2.2. Modelos de Atracción

Al igual que para la generación, los modelos de atracción de viajes se han desarrollado para los tres segmentos de movilidad contemplados en el estudio. La principal diferencia con los modelos de generación estriba en que las variables que explican los desplazamientos dependen del motivo del viaje, siendo diferentes para los desplazamientos obligados por trabajo y estudio que los no obligados por gestiones, compras, salud, ocio, restauración y asuntos particulares.

Atracción de viajes en el periodo horario 1

En el periodo punta de mañana, la movilidad dominante es por motivos obligados 86,1%, por lo que las variables socioeconómicas que mejor reproducen el comportamiento son las directamente relacionadas con el estudio y el trabajo. El 13,9% restante se debe a varios motivos que tienen cada uno de ellos poca significación y por tanto no son tenidos en cuenta en la generación del modelo.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

El mejor modelo obtenido utiliza ambas variables socioeconómicas (puestos de trabajo y plazas de estudio) ajustándose a las observaciones con un r^2 de 0.8275.

ATRACCIÓN EN HORA PUNTA			
	VARIABLE	COEFICIENTE	T
Modelo	r2	0,8304	
	r2 Ajustado	0,8275	
	Constante	0,54	
	Puestos de trabajo	0,64	15,3808
	Plazas de estudio	0,21	7,1582

Tabla nº 21: Parámetros y ajuste del modelo de atracción en hora punta.
Fuente: Elaboración propia.

La ecuación que representa el modelo es:

$$A_i = e^{0,54} \cdot PuestosTrabajo_i^{0,64} \cdot PlazasEstudio^{0,21}$$

Atracción de viajes diarios de movilidad obligada

Al igual que en el caso anterior, las variables que mejor explican la atracción de viajes en este modelo son los puestos de trabajo y las plazas de estudio. El ajuste tiene un coeficiente r^2 de 0,8760 y la expresión obtenida es:

$$A_i = e^{1,08} \cdot PuestosTrabajo_i^{0,82} \cdot PlazasEstudio^{0,18}$$

ATRACCIÓN DIARIA MOVILIDAD OBLIGADA			
	VARIABLE	COEFICIENTE	T
Modelo	r2	0,8780	
	r2 Ajustado	0,8760	
	Constante	1,08	
	Puestos de trabajo	0,82	20,4949
	Plazas de estudio	0,18	2,2778

Tabla nº 22: Parámetros y ajuste del modelo de generación de movilidad obligada.
Fuente: Elaboración propia.

Atracción de viajes diarios de movilidad no obligada

En la movilidad no obligada, se observa que un porcentaje no despreciable de viajes responde a motivos concretos difíciles de correlacionar con las variables socioeconómicas disponibles. Estos viajes son por asuntos personales y por otros motivos no recogidos en el cuestionario de la EDM, que suponen en conjunto el 40,8% de los viajes mecanizados por motivos no obligados.

En el proceso de ajuste del modelo se observa que la variable que mejor explica la atracción no obligada es el número de empleos, entendiéndose que esta variable es un indicador general de actividad, en la que se incluyen sectores como comercio, sanidad y servicios muy vinculados a los viajes por compras, salud, gestiones y ocio. El modelo también incluye la oferta de Locales de Restauración (bares, restaurantes y cafeterías), siendo una variable explicativa de los desplazamientos de ocio más recurrentes.

El mejor modelo obtenido tiene un r^2 de 0,7075 y se representa mediante la ecuación.

$$A_i = e^{1,94} \cdot PuestosTrabajo_i^{0,64} \cdot RestauraciónISTAC^{0,36}$$

DIARIA MOVILIDAD NO OBLIGADA			
	VARIABLE	COEFICIENTE	T
Modelo	r2	0,7124	
	r2 Ajustado	0,7075	
	Constante	1,94	
	Puestos de trabajo	0,64	9,4154
	Restauración ISTAC	0,36	5,9087

Tabla nº 23: Parámetros y ajuste del modelo de generación de movilidad no obligada
Fuente: Elaboración propia.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

2.3. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

Para la distribución espacial de viajes, se ha utilizado en el estudio la formulación de la Gravedad/Entropía, siendo el método más ampliamente utilizado. Este método relaciona explícitamente los flujos de viajes entre las zonas de generación y atracción, con impedancias interzonales. El modelo de Gravedad responde a la expresión:

$$V_{ij} = \Phi [G_i, A_j, f(C_{ij})]$$

V_{ij} = Viajes con origen la zona i y destino la zona j

G_i = Vector generación zona i

A_j = Vector atracción zona j

$f(C_{ij})$ =función de coste entre i y j

C_{ij} representa la impedancia entre las zonas i y j. En la práctica se suelen utilizar diferentes medidas como son el tiempo, la distancia o el coste generalizado. En el modelo se ha optado por utilizar el tiempo mínimo en cualquier modo de transporte, que en el escenario actual coincide con el tiempo en vehículo privado. Su cálculo se ha realizado con el modelo de red privado, mediante la asignación de las matrices Origen – Destino de vehículos obtenidos directamente de los datos de la EDM para el periodo horarios analizado.

Cabe explicar que la matriz de tiempos mínimos empleada que representa la impedancia es la de los viajes interzonales, simetrizada proporcionalmente al tiempo de ida desde i hasta j y al tiempo de vuelta desde j hasta i que recoge los viajes comprendidos entre los 8 y los 80 minutos de viaje. Aclarar, que los viajes de duración menor a 8 minutos, se han agrupado en esta categoría de tiempo (8 minutos), debido a que son viajes de agitación intrazonal e introducen ruido al modelo.

La función $f(C_{ij})$ representa la dificultad o fricción que impone el sistema de transporte a que se pueda efectuar el viaje entre las zonas i y j. Para la elección de la forma funcional más adecuada para el modelo se ha analizado la distribución del número de viajes de la EDM respecto a al tiempo de recorrido, observando que si bien la distribución se aproxima a priori, observando el histograma de frecuencias de viajes y duración del viaje (en minutos), la forma de la función Gamma o combinada cuya formulación es:

$$f(C_{ij}) = a \cdot C_{ij}^{-b} \cdot e^{-c \cdot C_{ij}}$$

C_{ij} = Tiempo de viaje en transporte privado entre las zonas i y j

a, b, c=parámetros a calcular

En el caso que se está analizando del modelo de transportes insular de Tenerife, esta función presenta el inconveniente que para viajes mayores a los 42 minutos, la función Gamma decrece rápidamente hacia la asíntota horizontal por lo que puede no ajustar adecuadamente relaciones importantes, como los viajes entre la zona de Abona y Valle de la Orotava con el área metropolitana.

Por este motivo, se ha optado por aplicar como forma funcional de fricción la de una función polinómica de sexto grado cuya formulación es:

$$f(C_{ij}) = a \cdot C_{ij}^6 + b \cdot C_{ij}^5 + c \cdot C_{ij}^4 + d \cdot C_{ij}^3 + e \cdot C_{ij}^2 + f \cdot C_{ij}^1 + g$$

C_{ij} = Tiempo de viaje en transporte privado entre las zonas i y j

a, b, c, d, e, f, g =parámetros a calcular

Como paso previo a la calibración del modelo, se procede al balance de las generaciones y atracciones de viajes, que tiene por objeto que coincidan el total de viajes generados y atraídos en el ámbito de análisis. Se han ajustado las atracciones al total de viajes generados, que en general están modelados con una mejor estimación.

Como condiciones adicionales, el modelo de distribución debe estar doblemente acotado, de tal forma que la suma de viajes de cada fila de la matriz distribuida debe coincidir con la generación de la zona, y la suma de viajes por columnas debe ser igual a la atracción de la zona.

$$\sum_j V_{ij} = G_i$$

$$\sum_i V_{ij} = A_j$$

Para el modelo de estudio, se ha calibrado un modelo de gravedad mediante el cálculo de los parámetros a, b, c, d, e, f y g de la función polinómica de sexto grado que mejor ajustan al histograma de los viajes Generados/Atraídos obtenidos de la EDM.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

En los siguientes gráficos se muestra el histograma de distribución de viajes mecanizados de la EDM, respecto al tiempo, y las funciones Gamma y Polinómica ajustadas. Como se indicaba anteriormente, las funciones Gamma probadas tienen un buen ajuste hasta los 52 minutos de duración de viaje, a partir de este tiempo, existen determinados viajes que no son recogidos adecuadamente por esta función. Por el contrario, se observa que la distribución polinómica de sexto grado, ajustada al histograma, recoge correctamente estos viajes.

El R^2 que se obtiene para dicha función polinómica de sexto grado es de 9,9293E-01, es decir, un 99,293% de bondad de ajuste respecto al histograma de frecuencias de los viajes diarios interzonales de la EDM relacionado con el tiempo de viaje.

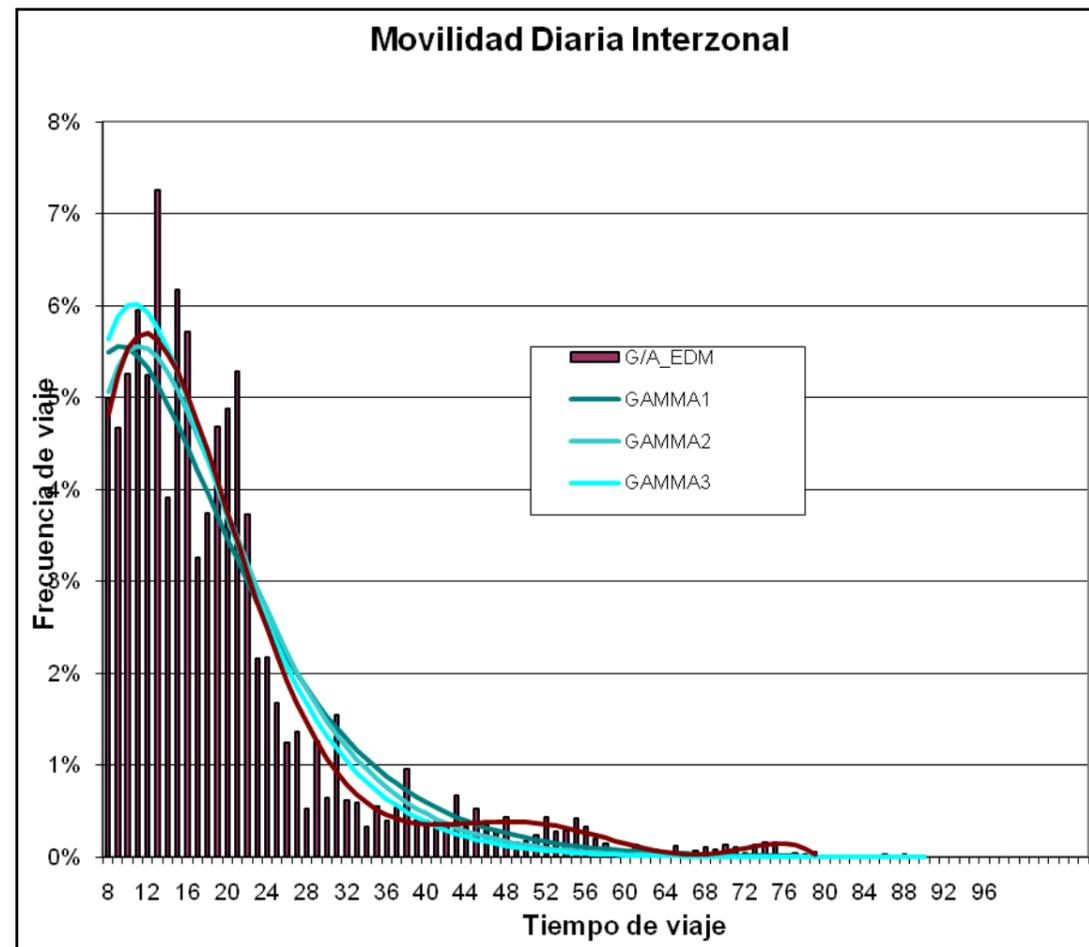


Gráfico nº 9: Distribución del número de viajes según la duración.
Fuente: Elaboración propia.

Los valores de los parámetros obtenidos tras el proceso de calibración son los siguientes:

	PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN POLINÓMICA DE SEXTO GRADO						
	a	b	c	d	e	f	g
Movilidad total interzonal diaria	-4,37E-11	1,09E-08	-1,06E-06	4,92E-05	-1,06E-03	7,23E-03	4,19E-02

2.4. TRANSFORMACIÓN DE GENERACIÓN-ATRACCIÓN EN ORIGEN-DESTINO Y VEHÍCULOS EQUIVALENTES

Tras la etapa de distribución espacial, hay que recordar que las matrices obtenidas se corresponden con viajes generados-atraídos. Previamente a la etapa de reparto modal ha de efectuarse la transformación de las matrices.

La formulación utilizada para la transformación de los viajes generados-atraídos en origen-destino responde a la expresión:

$$OD_{ij} = \alpha \times GA_{ij} + (1 - \beta) \times GA_{ji}$$

$$OD_{ji} = (1 - \alpha) \times GA_{ij} + \beta \times GA_{ji}$$

OD_{ij} = Viajes con origen en la zona i y destino en la zona j

GA_{ij} = Viajes generados en la zona i y atraídos por la zona j

" α " y " β " son los Factores de Ida en el sentido que establece la secuencia de la "i" y la "j". Estos Factores " α " y " β ":

- Para el modelo diario se han obtenido valores de 0,5
- Para el modelo de hora punta se ha obtenido un valor de 0,91, que corresponde con lo esperable (son variables a lo largo del día, más próximos a la unidad en las primeras horas y más próximos a cero en las últimas horas)

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

El coeficiente x se ha obtenido a partir de los viajes mecanizados de la EDM para los dos periodos horarios considerados, con los siguientes resultados:

	FACTOR DE TRANSFORMACIÓN GA E OD	
	x	r^2
Hora punta	0,91	0,985
Diario	0,50	0,987

Los resultados del ajuste indican que en el modelo diario la generación-atracción se reparte al 50% en ida y vuelta, lo que es muy coherente teniendo en cuenta que el 95% de los viajes son basados en casa. En el periodo de hora punta de la mañana, el 91% de los viajes son de ida desde el hogar a la zona de actividad.

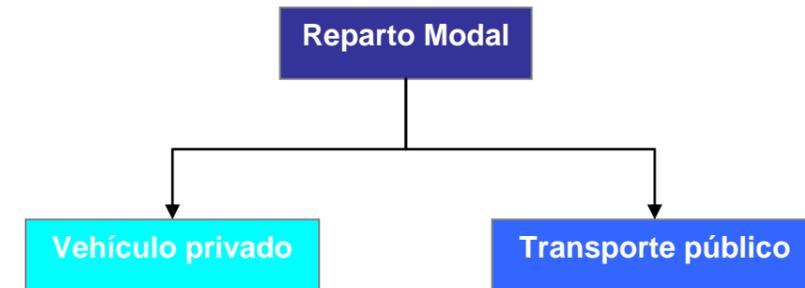
En los algoritmos de asignación en modo privado, las matrices de entrada al modelo son de vehículos. La transformación de la matriz de viajes en modo privado en su equivalente matriz de vehículos de realiza mediante el índice de ocupación, que según los datos de la EDM toma los siguientes valores en los periodos horarios considerados:

	ÍNDICE DE OCUPACIÓN
	Hora punta
Diario	1,320

2.5. MODELOS DE REPARTO MODAL

Los modelos de reparto modal se utilizan para analizar y predecir las elecciones que realizan los individuos o grupos de individuos en cuanto al modo de transporte del viaje. Normalmente, el objetivo es predecir la cuota porcentual de cada modo en todas las relaciones origen-destino con el fin de obtener una matriz O-D para cada modo.

En el caso que nos ocupa, la elección que ha de realizar el individuo es bimodal, donde las opciones disponibles son bien vehículo privado o bien transporte público (guagua urbana, guagua interurbana y tranvía).



El modelo desarrollado se corresponde con un logit binario, cuya formulación matemática es la siguiente:

$$P_n(i) = \left(\frac{e^{U_{ni}}}{e^{U_{ni}} + e^{U_{nj}}} \right)$$

$P_n(i)$ es la probabilidad con la que la persona n elegirá la alternativa i

U_{ni} es la utilidad de la alternativa i para el individuo n

U_{nj} es la utilidad de la alternativa j para el individuo n

Para el estudio, se han establecido las dos siguientes funciones de utilidad:

$$U_{privado} = a_0 + a_t \cdot \text{Tiempo}_{privado} + a_c \cdot \text{Coste}_{privado}$$

$$U_{público} = a_t \cdot \text{Tiempo}_{público} + a_c \cdot \text{Coste}_{público} + a_f \cdot \text{Frecuencia}_{público}$$

$U_{privado}$ y $U_{público}$ son las funciones de utilidad para cada modo.

$\text{Tiempo}_{privado}$ y $\text{Tiempo}_{público}$ son los tiempos de recorrido en minutos entre zonas de transporte.

$\text{Coste}_{privado}$ y $\text{Coste}_{público}$ son el coste del desplazamiento en euros entre las zonas de transporte.

$\text{Frecuencia}_{público}$ es el tiempo en minutos entre dos servicios consecutivos de transporte público entre las zonas de transporte.

a_0 , a_c , a_t y a_f son los parámetros a determinar con el modelo.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Los valores de las variables tiempo, coste y frecuencia se han determinado a partir de los modelos de red de transporte público y privado de la siguiente forma:

En el caso del vehículo privado, el tiempo y distancia de recorrido se obtienen para cada periodo horario suponiendo que la red está en congestión y por tanto las intensidades de circulación afectan en el cálculo de dichos valores. El procedimiento para su obtención es la asignación de las matrices origen-destino en vehículo privado de la EDM, y determinar a partir del modelo de red las rutas más rápidas entre zonas de transporte. De estas rutas se extrae el tiempo y la distancia recorrida y a partir de la distancia, y suponiendo un precio kilométrico uniforme, se determina el coste monetario del desplazamiento.

Para el transporte público, el procedimiento consiste en determinar a partir del modelo de red las rutas de menor coste generalizado entre parejas origen-destino. Transcad permite agregar valores de variables para las rutas elegidas, de forma que para cada pareja origen-destino obtenemos la distancia recorrida, coste económico y los diferentes tiempos del desplazamiento (viaje en el vehículo, espera inicial, trasbordo, acceso, dispersión, etc).

La frecuencia entre servicios se calcula a partir de los tiempos de espera inicial y de trasbordo que suministra el modelo. El cálculo de estos tiempos tiene en cuenta la frecuencia de cada servicio disponible entre las parejas origen-destino, pero también tiene en cuenta el número de líneas de menor coste generalizado entre las zonas. En el caso de una única línea con una frecuencia de paso de 10 minutos, el modelo da un tiempo medio de espera de 5 minutos suponiendo una probabilidad uniforme de llegada de usuarios. En el caso de dos líneas de igual coste, con una frecuencia de 10 minutos, el tiempo de espera sería 2,5 minutos, ya que en este caso se supone uniforme la probabilidad de salida de un servicio de cada línea y que el usuario tomará el primer servicio que salga de la parada.

Para determinar del coste medio kilométrico se han utilizado datos del Ministerio de Industria, Economía y Consumo sobre precios de carburantes y datos de consumo de gasolina y gasoil en el ejercicio 2007 correspondiente a la EDM. El cálculo se muestra en el siguiente cuadro.

	COSTE MEDIO VEHÍCULO PRIVADO	
	COSTE	CONCEPTO
Combustible	0.08	litros/Km
	1.02	euros/litro
	0.0816	euros/Km
Mantenimiento	0.037	euros/Km
Total	0.119	euros/Km

Tabla nº 24: Coste medio vehículo privado.

Fuente: Ministerio de industria, economía y consumo sobre ejercicio 2007.

El coste del desplazamiento en transporte público se ha calculado a partir de la tarifa vigente en el periodo 2007 de la EDM, consistente en una tarifa kilométrica con descuentos aplicables según el tipo de título y abonos. Se ha estimado un descuento medio a partir de la distribución de títulos y abonos de los usuarios encuestados en la EDM, resultando la siguiente tabla de costes en relación a la distancia.

	COSTE MEDIO TRANSPORTE PÚBLICO	
	COSTE (€)	
0 a 10 Km	0.91	
Más de 10 Km	0.91 + (.053*(Distancia-10))	

Tabla nº 25: Coste medio transporte público.

Fuente: tarifas TITSA. 2007.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

La siguiente figura muestra de forma comparada los costes en vehículo privado y en transporte público según la distancia recorrida.

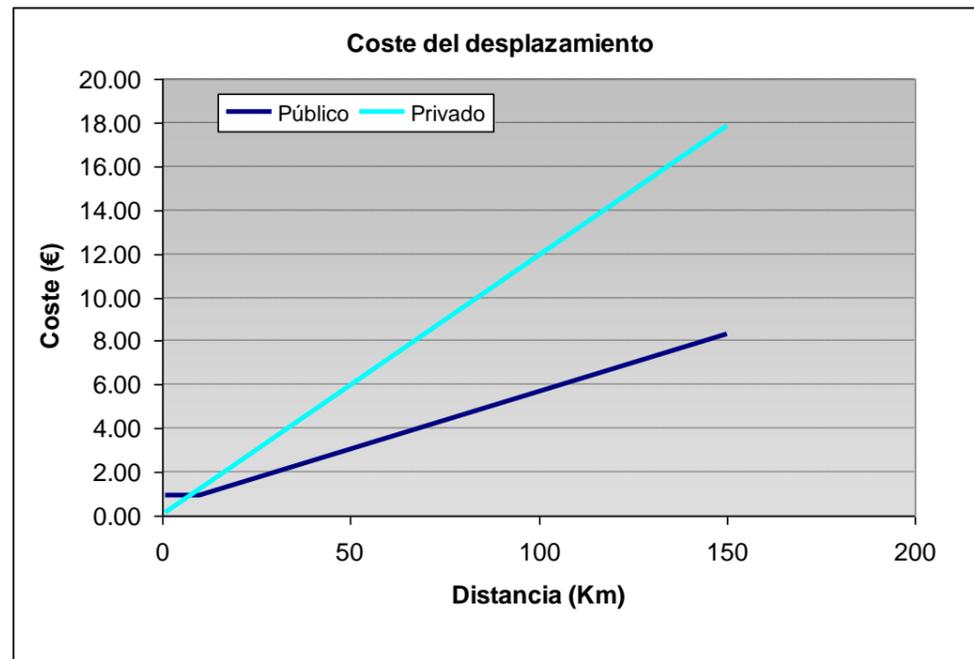


Gráfico nº 10: Coste del desplazamiento en transporte privado y público según distancia.
Fuente: elaboración propia.

Para la obtención de los coeficientes de la función de utilidad en cada modo de transporte por desarrollar un único modelo en el que no se recoge la movilidad global (tanto horaria como por motivos del desplazamiento), obteniendo las siguientes expresiones de las funciones de utilidad.

$$U_{privado} = 1,315463 - 0,011705 \cdot Tiempo_{privado} - 0,164627 \cdot Coste_{privado}$$

$$U_{público} = -0,011705 \cdot Tiempo_{público} - 0,164627 \cdot Coste_{público} - 0,010921 \cdot Frecuencia_{público}$$

2.6. MODELO DE ASIGNACIÓN

Los modelos de asignación de tráfico se utilizan para estimar el flujo de tráfico en una red y permiten establecer los patrones de viajes y analizar los puntos de congestión.

Los modelos de asignación toman como input una matriz de flujos que indica el volumen de tráfico entre pares origen-destino. Los flujos para cada par O-D se cargan en la red basándose en el tiempo de viaje o la impedancia de los caminos alternativos del viaje.

A continuación se presentan los modelos de asignación en vehículo privado y transporte público, por separado, así como los resultados obtenidos.

2.6.1. Asignación a la Red de Vehículo Privado

El modelo matemático escogido para la asignación de tráfico en vehículo privado responde al principio de equilibrio de usuarios formulado por Wardrop, cuyo primer principio establece que en condiciones de equilibrio en una red congestionada, el tráfico se acomoda de modo que todas las rutas utilizadas en un par Origen – Destino dado tienen el mismo costo mínimo, mientras que las rutas que no se usan tienen costos iguales o mayores.

El comportamiento de cada una de las vías respecto a la intensidad que circula por ella se modela mediante las funciones de demora o funciones de tiempo-intensidad. Para la red viaria de la Isla de Tenerife se ha seleccionado una colección de funciones de demora que ha sido desarrollada, calibrada y contrastada en estudios similares. Las funciones de demora están calibradas para intensidades de vehículos horarias, esta circunstancia hace necesario transformar las matrices de viajes en cada periodo horario por la equivalente horaria de vehículos.

El proceso de asignación produce como resultados directos los tiempos de recorrido y las intensidades en cada arco y sentido de circulación. Como resultados indirectos se obtiene la velocidad media de circulación en el arco y las relaciones intensidad/capacidad. Todos estos resultados se pueden agregar utilizando los arcos recorridos por rutas las mínimas, obteniéndose los tiempos y distancias entre relaciones origen-destino.

Intensidades del modelo:

Para la modelización se ha establecido como referencia las matrices origen-destino de la EDM en vehículos equivalentes para cada periodo horario.

Estas matrices se obtienen agregando los viajes en modo privado y taxi en cada periodo de estudio y aplicando los coeficientes de corrección por índice de ocupación y el coeficiente de normalización a matriz horaria.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

	FACTORES	
	ÍNDICE DE OCUPACIÓN	COEFICIENTE HORARIO
Hora punta	1,317	0,535
Diario	1,320	0,0625

Tabla nº 26: Factor de ocupación y coeficiente horario.
Fuente: Elaboración propia.

Para el periodo de hora punta, el coeficiente horario se obtiene dividiendo los viajes privados de 7 a 8 entre los viajes de 7 a 9. Para el periodo diario se ha considerado que la movilidad se desarrolla de manera dominante entre las 6 y las 22 horas, suponiendo un 95,6% del total de viajes. Bajo este supuesto, la matriz de hora equivalente se calcula dividiendo la matriz diaria entre 16.

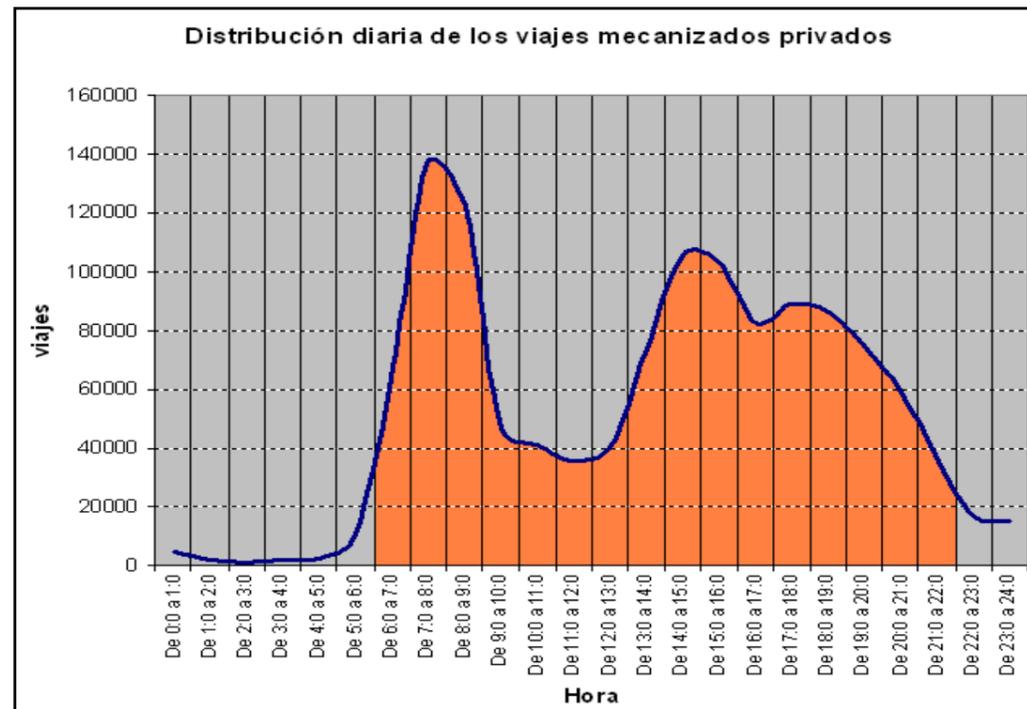


Gráfico nº 11: Distribución horaria de los viajes mecanizados privados.
Fuente: Elaboración propia.

Tras la asignación de las matrices de vehículos de cada periodo horario a la red, obtenemos la intensidad en hora punta y la intensidad de la hora media diaria. Para obtener la intensidad diaria es necesario multiplicar la intensidad horaria media por 16.

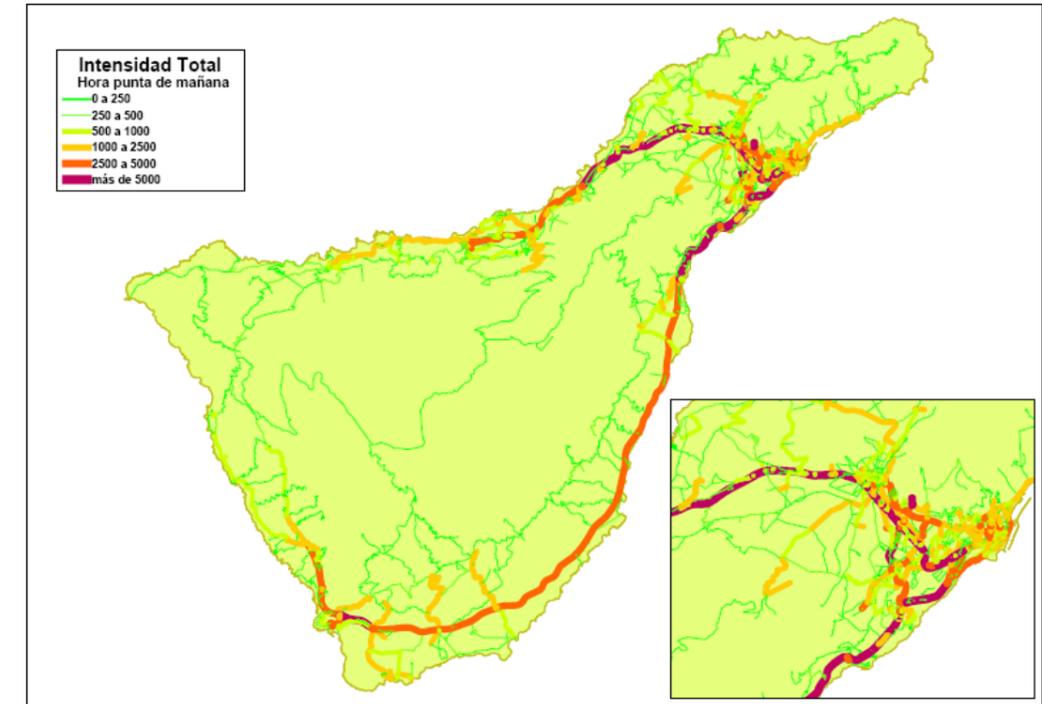


Imagen nº 7: Mapa de intensidad en hora punta.
Fuente: Elaboración propia.

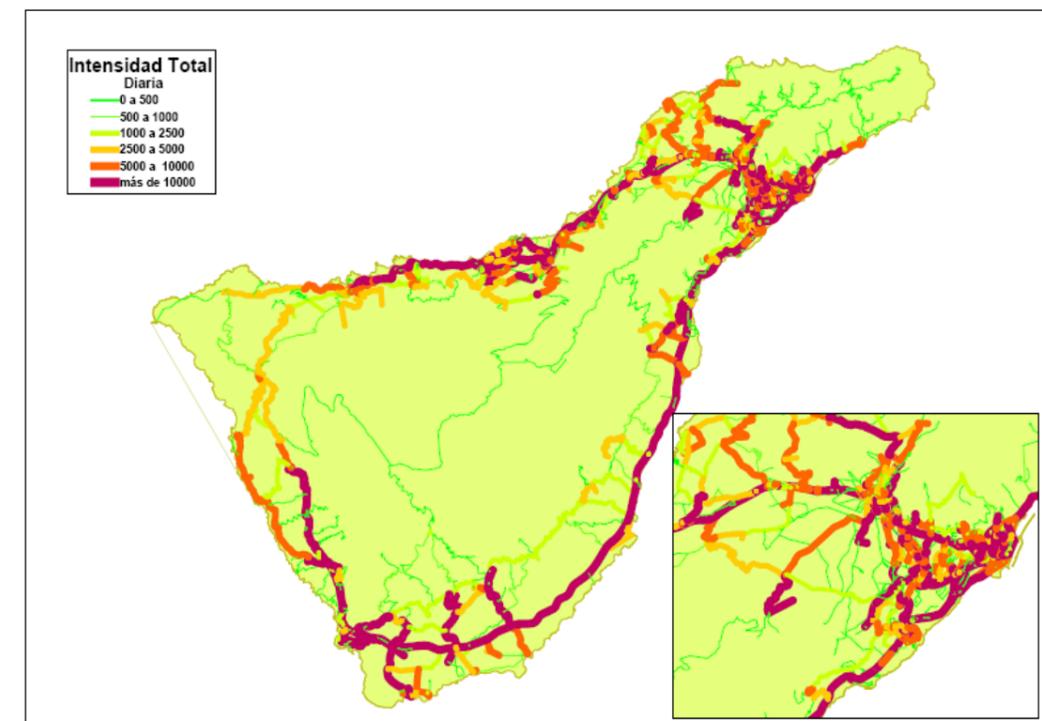


Imagen nº 8: Mapa de intensidad diaria.
Fuente: Elaboración propia.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Intensidades de aforos:

El Cabildo Insular de Tenerife dispone de un plan de aforos para el control y seguimiento de las intensidades y velocidades medias de circulación en toda la Isla. Para la campaña 2007, el plan contó con una red de 335 estaciones de aforo, distribuidas en 30 permanentes, 11 primarias y 294 de cobertura. Parte de las estaciones son de titularidad Autonómica y parte las gestiona el Ministerio de Fomento. En la siguiente imagen se muestra la distribución de las estaciones de la campaña 2007.

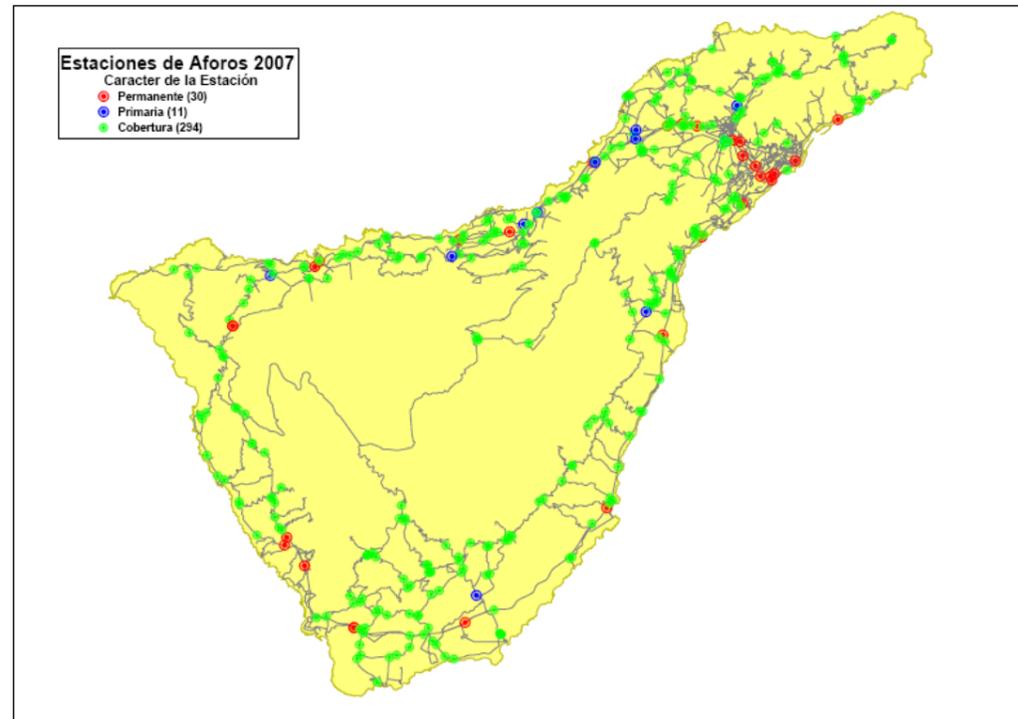


Imagen nº 9: Localización de estaciones de aforo 2007.
Fuente: Cabildo Insular de Tenerife.

Para el contraste con los datos del modelo, se ha tomado una muestra de estaciones seleccionadas mediante dos criterios, consistentes en maximizar la fiabilidad de los datos utilizados mediante la selección prioritaria de estaciones permanentes y primarias, y el criterio de distribución territorial con fin de disponer de observaciones para el mayor número de itinerarios entre parejas origen-destino. La distribución de las estaciones seleccionadas se muestra en la siguiente imagen:

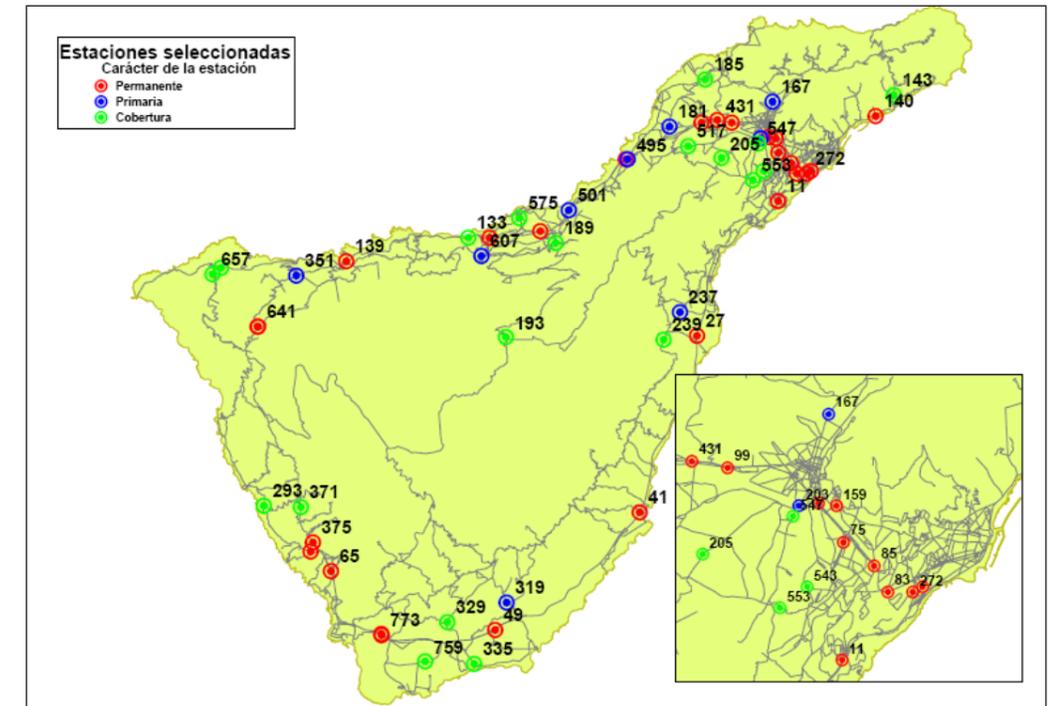


Imagen nº 10: Localización de estaciones seleccionadas.
Fuente: Cabildo Insular de Tenerife.

El cálculo de la intensidad diaria se realiza utilizando la IMD de la estación y corrigiendo el dato con el coeficiente de día laborable y de mes de aforo (en caso de estación de cobertura). Para la intensidad en hora punta, se toman las intensidades en la franja horaria entre las 7 y las 9 de la mañana, se aplican las correcciones por día laborable y mes, y adicionalmente se aplica el coeficiente 0.535 de hora punta obtenida de la EDM.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Cruce de intensidades con aforos:

Las siguientes gráficas muestran las regresiones lineales entre los datos de aforo de las estaciones seleccionadas y las intensidades obtenidas con el modelo en los arcos correspondientes.

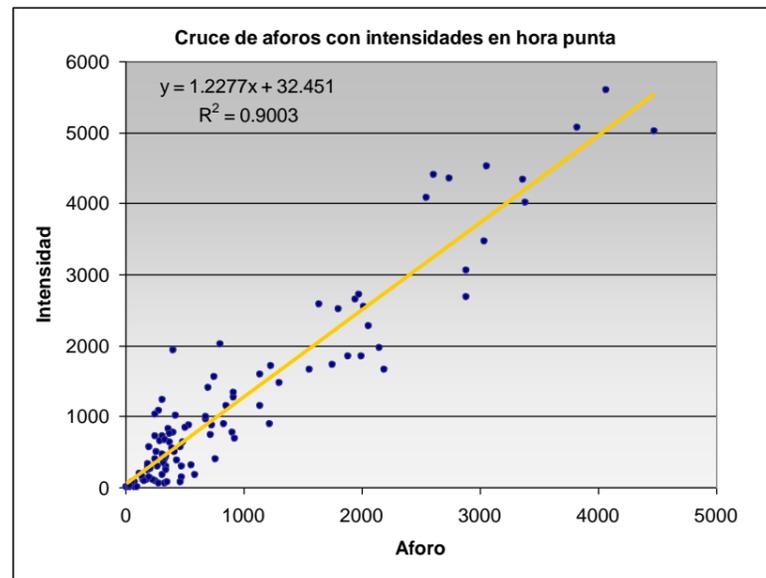


Gráfico n° 12: Cruce de aforos con intensidades en hora punta (resultado regresión lineal).

Fuente: Elaboración propia.

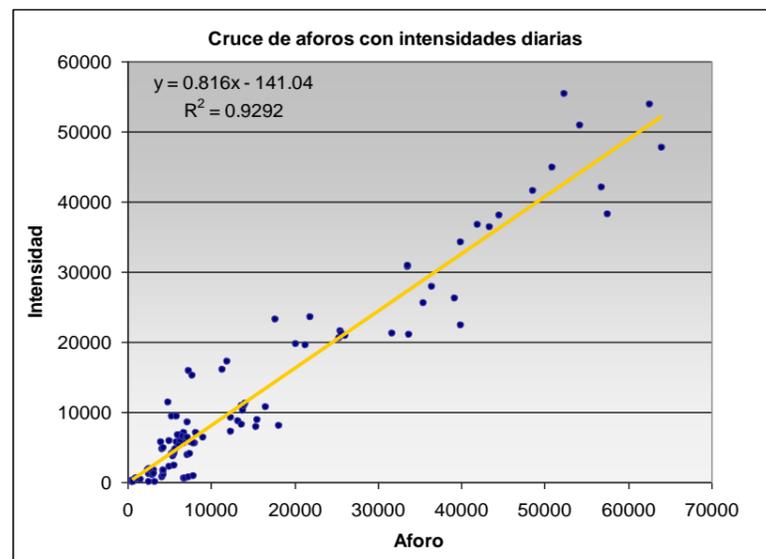


Gráfico n° 13: Cruce de aforos con intensidades diarias (resultado regresión lineal).

Fuente: Elaboración propia.

Los coeficientes de regresión indican que en el periodo de hora punta de mañana, la EDM tiende a sobreestimar la demanda de viajes, mientras que en el periodo diario se tiende a subestimar la demanda.

Los resultados del modelo se ajustan a los datos de aforo con un coeficiente r^2 superior a 0,9 en ambos periodos horarios, esto nos indica que la estructura de la matriz de la encuesta guarda una relación con la real superior al 90%.

2.6.2. Asignación a la Red de Transporte Público

Se ha utilizado el modelo PathFinder para la asignación de pasajeros al la red de transporte público. Este modelo ha sido desarrollado por Caliper Corp. para el paquete TransCAD como generalización de otros algoritmos como TRANPLAN o el de Estrategias Optimas desarrollado por INRO.

El principio del algoritmo consiste en que un desplazamiento entre dos zonas de transporte se puede realizar con diferentes estrategias, donde cada una se compone de una sucesión de etapas. Cada etapa tiene una duración promedio y una duración mínima y máxima, de forma que la mejor estrategia puede depender de las circunstancias. El sistema evalúa las distintas estrategias y les asigna una proporción de pasajeros en función de la probabilidad de que el usuario la elija frente al resto de alternativas. Un aspecto importante del algoritmo, es que la elección no se realiza exclusivamente por tiempos de viaje, sino que además se incorpora los efectos de la tarificación como parte del coste generalizado del servicio.

El modelo genera resultados a nivel parada y tramo de viario para cada ruta. Los resultados que se obtienen consisten en el número de pasajeros que utiliza el elemento de la red en alguna de las etapas y los tiempos y costes relativos al desarrollo de la etapa en el elemento. A partir de estos resultados básicos se pueden obtener valores agregados a nivel de ruta, de tramo viario, entre origen-destino, por modos, etc.

El modelo de asignación en transporte público no tiene en cuenta las capacidades del servicio. Esto permite asignar indistintamente matrices horarias y matrices diarias, salvo que los parámetros funcionales de la red deben estar calibrados al periodo de asignación (tiempos de recorrido de los arcos y frecuencias de servicios).

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Cálculo de viajes en el modelo:

Al igual que con el transporte privado, las matrices de referencia de la modelización central son las obtenidas directamente de la EDM para el modo y periodo de estudio. En el caso del transporte público, los modos considerados son la guagua urbana, la guagua interurbana y el tranvía metropolitano, no contemplando los desplazamientos en guagua discrecional ni en taxi.

En las siguientes imágenes se muestran el resultado de viajes a bordo del transporte público agregados en los tramos de la red.

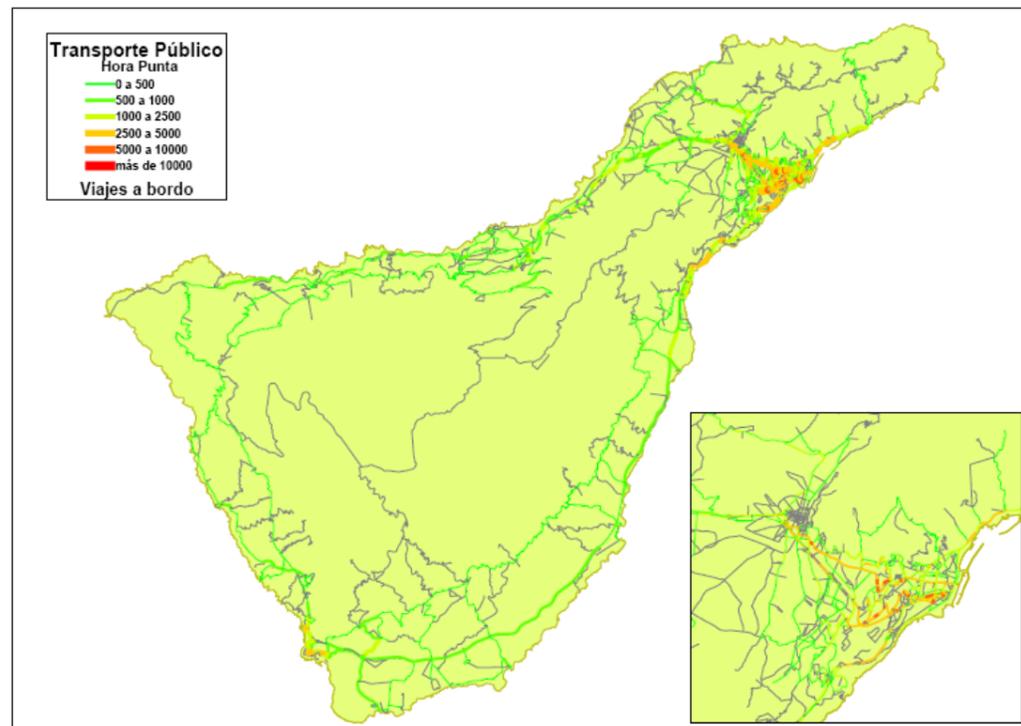


Imagen nº 11: Resultado de asignación: viajes en transporte público en hora punta.
Fuente: Elaboración propia.

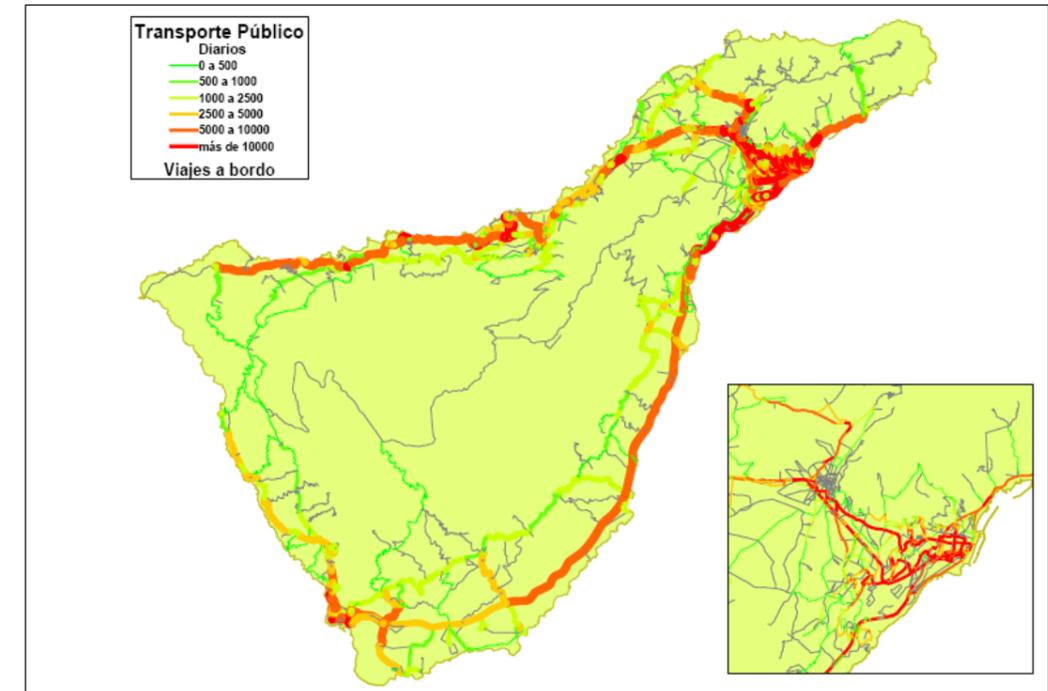


Imagen nº 12: Resultado de asignación: viajes diarios en transporte público.
Fuente: Elaboración propia.

Aforos por servicios:

Para el contraste de los resultados de la asignación el transporte público, disponemos de dos colecciones de aforos:

Por un lado, la empresa TITSA, principal concesionaria de los servicios de transporte público de la Isla, ha facilitado datos de pasajeros por líneas, trayectos y paradas en el primer trimestre de 2007. Los datos son agregados para todo el periodo, no distinguiendo entre laborales, festivos ni periodos horarios. Sólo contabilizan número de viajeros subidos, no registrándose las bajadas, por lo que no se dispone de información sobre la ocupación del vehículo a lo largo del recorrido. La información recogida contempla 150 líneas de guaguas urbanas e interurbanas con un total de 572 trayectos, contemplando los sentidos de ida y vuelta, así como los trayectos alternativos.

La UTE responsable del desarrollo del Plan ha realizado un extenso trabajo de campo con toma de datos de viajeros para la mayoría de los servicios públicos urbanos (150 líneas de guaguas y 459 trayectos). Los datos están desagregados por servicio y parada, registrándose el minuto en que se efectúa la parada y cuantos pasajeros suben y bajan del servicio. Los datos se han expandido teniendo en cuenta el número que efectúa la línea por franjas horarias.

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Cruce de viajeros con los datos de aforo:

El cruce de datos se ha realizado sólo para el periodo diario y teniendo en cuenta el número total de pasajeros por línea y trayecto.

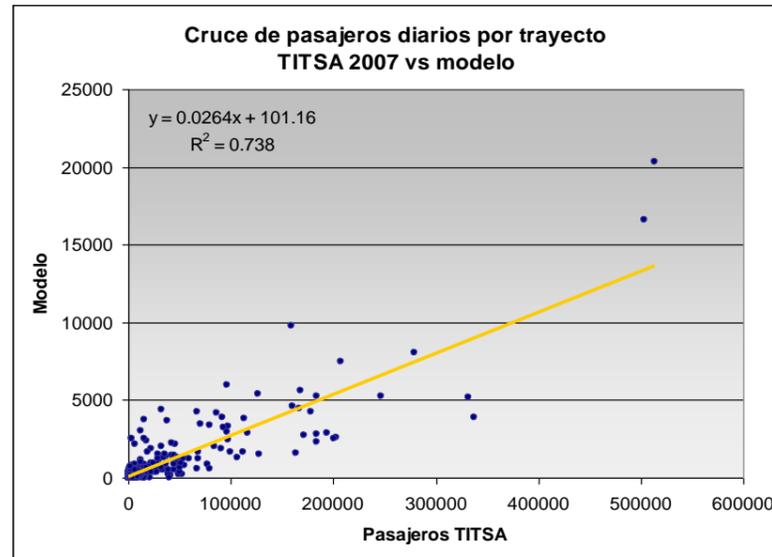


Gráfico nº 14: Pasajeros diarios por trayecto: TITSA 2007 vs modelo de asignación (viajeros EDM).
Fuente: Elaboración propia.

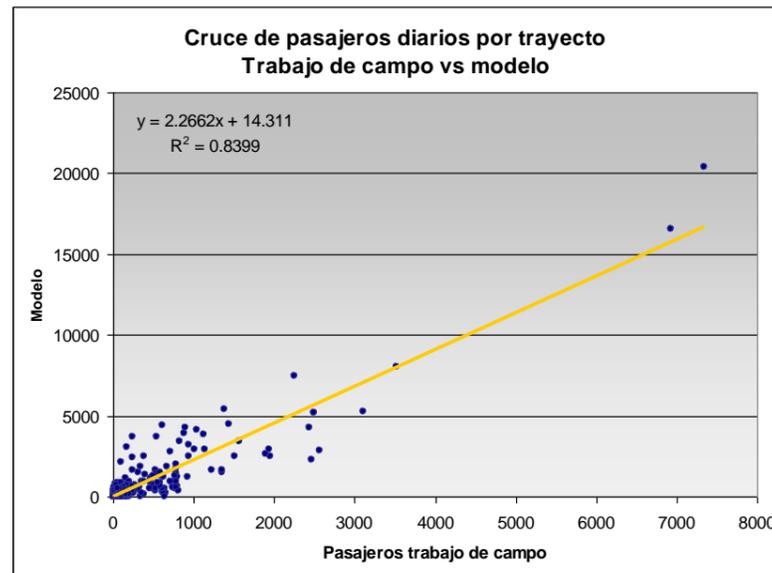


Gráfico nº 15: Pasajeros diarios por trayecto: trabajo de campo vs modelo de asignación (viajeros EDM).
Fuente: Elaboración propia.

El resultado de la regresión indica que el modelo se ajusta mejor a los datos de aforo del trabajo de campo que a los datos de aforos de TITSA. Esta diferencia se explica teniendo en cuenta que los datos de TITSA son un promedio trimestral que recoge datos de días laborales y festivos, por lo que introduce en el aforo valores con un comportamiento diferente al estudiado. Por otro lado, en el proceso de calibración de la oferta de transporte público se han utilizado los datos de tiempos entre paradas del trabajo de campo para el ajuste de los tiempos de recorrido de las rutas.

Respecto al valor de 2.2 del coeficiente de regresión, indica que el modelo un valor muy superior de viajeros que los contados en los vehículos. La explicación de este factor está en que el modelo sólo recoge un único trayecto por línea y sentido, mientras que la oferta es mucho más amplia. Esta condición se traduce en que la demanda se ha de repartir por un número menor de servicios y por tanto los índices de ocupación son superiores.

3. MODELO DE REPARTO DE PREFERENCIAS DECLARADAS

3.1. INTRODUCCIÓN

Esta encuesta y los correspondientes modelos de reparto modal pretende realizar una investigación sobre el porqué y en que cuantía los viajeros de Vehículo Privado o de Guagua utilizarán el nuevo Modo de transporte, un ferrocarril de altas prestaciones (un nuevo Modo de Alta Capacidad), modo que no sido implantado hasta la fecha en la isla. Puesto que no se tienen referencias respecto al reparto modal una vez puesto en funcionamiento el nuevo modo es necesario el presentar a los potenciales viajeros las diferentes alternativas y posibilidades que ese modo les ofrece para la realización del viaje que realizan en la actualidad tomando como base situaciones hipotéticas ante las cuales los individuos realizarán la elección del modo que estiman más favorable, enfrentándose a cambios en los atributos de los distintos modos de transporte.

Del análisis de las preferencias manifestadas por uno u otro modo es posible la evaluación de los factores que tienen relevancia en la elección modal.

En los epígrafes que se presentan a continuación se desarrollan los siguientes aspectos:

- Descripción de la EPD
- Calibración del modelo de reparto modal privado/tren
- Calibración del modelo de reparto modal guagua/tren

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA EPD

La encuesta consta de dos bloques:

- Bloque I: Caracterización del viaje y del usuario
- Bloque II: Encuesta de Preferencias Declaradas propiamente dicha

Del viaje que se realiza actualmente se ha registrado la información de origen, destino, tiempo y precio del viaje y motivo. Respecto del viaje posible en el nuevo modo se ha registrado la estación de entrada y salida del viaje y los modos precisos de acceso y dispersión.

En cuanto a las alternativas se han diseñado por combinaciones de atributos de las variables tiempo, frecuencia y precio. En total se han realizado 1.288 encuestas a automovilistas, siendo el número de respuestas válidas obtenidas de 9.792.

La frecuencia de los servicios es una de las variables que intervienen en los modelos de reparto modal y que, consecuentemente, determinan el volumen de la desviación de viajes hacia el tren. En esta materia se han adoptado dos posibilidades, una frecuencia de paso de trenes de 15 minutos y una frecuencia de paso de 30 minutos.

A partir de la encuesta se han construido modelos de tipo Logit Binomial, en los que se ha enfrentado al usuario actual del coche con la posibilidad de utilizar un nuevo modo: el tren.

La calibración de estos modelos se ha realizado con las observaciones individuales obtenidas en la encuesta de preferencias declaradas, obteniendo una formulación.

3.3. CALIBRACIÓN DEL MODELO DE REPARTO MODAL PRIVADO/TREN

El modelo matemático de reparto modal seleccionado para cuantificar la desviación de viajeros desde el vehículo privado hacia un nuevo modo de transporte de Alta Capacidad calcula la probabilidad de elección de modo de acuerdo con la siguiente expresión, aplicable individualmente a cada relación interzonal "ij":

$$P_{TV} = \left(\frac{e^{U_T}}{e^{U_T} + e^{U_V}} \right)$$

P_{TV} : Probabilidad de que un viajero de vehículo privado se desvíe al nuevo modo

U_T : Utilidad del viaje en el nuevo modo

U_V : Utilidad del viaje en vehículo privado

Por su parte, las Utilidades de viaje obedecen en este caso a las expresiones, aplicables individualmente a cada relación interzonal "ij":

- Utilidad del Viaje en nuevo modo:

$$U_T = (-0,472 - 0,05 T_{poT} - 0,036 F_{rcT} - 0,434 P_T)$$

- Utilidad del Viaje en vehículo privado:

$$U_V = (-0,05 T_{poV} - 0,434 P_V)$$

Donde:

F_{rcT} : Frecuencia del servicio interzonal, como intervalo medio entre dos expediciones consecutivas.

T_{po} : Tiempo de viaje interzonal. En caso del nuevo modo este tiempo integra dos elementos: el tiempo neto o tiempo a bordo en tren entre paradas y los tiempos de acceso y dispersión desde la parada origen y destino del tren desde el punto origen y hasta el punto final.

P : Coste monetario.

Se observa que los coeficientes de los atributos de tiempos, costes y frecuencia de servicio son de signo negativo y, por tanto, operan penalizando la utilidad del modo. En cuanto a la constante, igualmente es negativa, de forma que en igualdad de condiciones el usuario presentará una elección modal a favor del modo actual, en este caso el vehículo privado.

El valor del tiempo estimado por este modelo está también en torno a los valores obtenidos en otros trabajos:

$$\left(\frac{T_{po}}{P_T} \right) = 0,115$$

VI. Modelización del sistema de Movilidad/Transporte

Lo que significa que, dadas las unidades de medidas empleadas, el valor del tiempo para estos usuarios es de 0,115 €/minuto (6,9€/hora).

3.4. CALIBRACIÓN DEL MODELO DE REPARTO MODAL GUAGUA/TREN

El modelo matemático de reparto modal seleccionado para cuantificar la desviación de viajeros desde la guagua hacia un nuevo modo de transporte de Alta Capacidad calcula la probabilidad de elección de modo de acuerdo con la siguiente expresión, aplicable individualmente a cada relación interzonal "ij":

$$P_{TG} = \left(\frac{e^{U_T}}{e^{U_T} + e^{U_G}} \right)$$

P_{TG} : Probabilidad de que un viajero de vehículo privado se desvíe al nuevo modo

U_T : Utilidad del viaje en el nuevo modo

U_G : Utilidad del viaje en guagua

Por su parte, las Utilidades de viaje obedecen en este caso a las expresiones, aplicables individualmente a cada relación interzonal "ij":

- Utilidad del Viaje en nuevo modo:

$$U_T = (+ 0,547 - 0,063 T_{po} - 0,004 F_{rc} - 0,843 P)$$

- Utilidad del Viaje en guagua:

$$U_G = (- 0,004 F - 0,063 T_{po} - 0,843 P)$$

Donde:

F_{rc} : Frecuencia del servicio interzonal, como intervalo medio entre dos expediciones consecutivas.

T_{po} : Tiempo de viaje interzonal. En caso del nuevo modo este tiempo integra dos elementos: el tiempo neto o tiempo a bordo en tren entre paradas y los tiempos de acceso y dispersión desde la parada origen y destino del tren desde el punto origen y hasta el punto final.

P : Coste monetario.

Se observa que los coeficientes de los atributos de tiempos, costes y frecuencia de servicio son de signo negativo y, por tanto, operan penalizando la utilidad del modo. En cuanto a la constante, es positiva, de forma que en igualdad de condiciones el usuario presentará una elección modal a favor del nuevo modo, el tren.

El valor del tiempo estimado por este modelo está también en torno a los valores obtenidos en otros trabajos:

$$\left(\frac{T_{po}}{P_T} \right) = 0,0747$$

Lo que significa que, dadas las unidades de medidas empleadas, el valor del tiempo para estos usuarios es de 0,0747 €/minuto (4,48€/hora).