



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

**Estudio previo de implantación de
un sistema de uso de bicicleta
eléctrica compartida para la ciudad
de Zamora**

Autor:

Calvo Domínguez, María

Tutor:

**Pérez Blanco, Esteban
Ingeniería Mecánica**

Valladolid, julio 2025.





AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi familia su apoyo incansable.

A mi amiga Isabel por acompañarme desde el primer día que entré en esta escuela.

Por último, a mis profesores, en especial a mi tutor Esteban, por su dedicación constante.



RESUMEN:

Este Trabajo de Fin de Grado se realiza con el fin de la posible implantación en Zamora la bicicleta eléctrica como un medio de transporte efectivo mejorando su accesibilidad y fomentando una movilidad urbana más sostenible. Esta propuesta se enmarca en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. La metodología utilizada se basa tanto en una revisión bibliográfica como en el análisis de datos locales sobre movilidad, lo que ha permitido detectar una baja frecuencia en el uso de la bicicleta debido a la falta de infraestructuras y políticas públicas específicas. Como respuesta, el trabajo propone una serie de medidas adaptadas a las características de la ciudad, entre las que destaca un estudio previo para establecer un sistema de bicicletas compartidas y la creación de unos puntos estratégicos de recarga y estacionamiento.

PALABRAS CLAVE: Bicicleta eléctrica, Movilidad urbana, Transporte sostenible, Agenda 2030, Zamora.

ABSTRACT:

This closing degree project explores the implementation of an electric bicycle system in the city of Zamora to promote sustainable urban mobility and to improve accessibility. The initiative is aligned with the Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda. The methodology combines a literature review with the analysis of local mobility data, which has revealed a low usage of bicycles due to a lack of both infrastructure and supportive public policies. In response, the project proposes a series of measures tailored to the city's characteristics, including a public bike-sharing system and the strategic installation of charging and parking stations.

KEYWORDS: Electric bicycle, Urban mobility, Sustainable Transport, 2030 Agenda, Zamora



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Justificación del estudio	16
1.2. Objetivos	16
1.3. Organización y desarrollo de la memoria.....	17
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Teoría del tráfico	20
2.1.1. Conceptos y objetivos de la ingeniería de tráfico.....	20
2.1.2. Planificación vial	21
2.1.3. Organización de la ingeniería de tráfico	22
2.1.4. Conclusiones	24
2.2. Características básicas	25
2.2.1. Intensidad	26
2.2.2. Velocidad	27
2.2.3. Densidad	28
2.2.4. Relación entre las tres magnitudes	29
2.2.5. Relación entre velocidad y densidad	29
2.2.6. Relación entre intensidad y densidad	30
2.2.7. Relación entre la intensidad y la velocidad	31
2.3. Capacidad y nivel de servicios	33
2.3.1. Capacidad	33
2.3.2. Nivel de servicio	34
2.3.3. Capacidad en la intersección con semáforos	38
2.3.4. Calidad de servicio	40
2.4. Control del tráfico rodado.....	40
2.4.1. Canalización	42
2.4.2. Comunicaciones	42
2.4.3. Límites de velocidad.....	42
2.5. Estudio y planificación del tráfico rodado.....	43
2.5.1. Estudio del transporte: Aforos	43
2.5.2. Planificación del transporte	48
2.6. Tráfico no rodado: movilidad urbana	56
2.6.1. Aspectos iniciales	57
2.6.2. Análisis del nivel de servicio.....	58

2.6.3.	Movilidad en bicicleta	58
3.	Estudio de la movilidad con bicicleta eléctrica.	68
3.1.	Tipos de bicicletas eléctricas.....	68
3.2.	Tipos de baterías	70
3.3.	Las ventajas y desventajas del uso de la bicicleta eléctrica.....	75
3.3.1.	Ventajas.....	75
3.3.2.	Desventajas	76
4.	La movilidad en Zamora	78
4.1.	Características de la ciudad y su población	78
4.2.	Líneas básicas de movilidad municipal	80
4.2.1.	Vías de comunicación por carretera con otras ciudades	80
4.2.2.	Transporte público	81
5.	Relación de la bicicleta eléctrica con el correcto cumplimiento de la Agenda 2030 en Zamora.....	84
5.1.	Principales objetivos de la Agenda 2030.....	84
5.2.	Zonas de Bajas Emisiones	86
5.3.	Descarbonización del transporte	88
5.4.	Aplicación básica sobre la geografía de Zamora	89
6.	Estudio previo para la instauración de un sistema de bicicletas eléctricas en Zamora	92
6.1.	Demanda de la movilidad ciclista	92
6.2.	La red de vías ciclistas y puntos de estacionamiento	94
6.3.	Identidad del sistema: MOZA BIKES	100
6.4.	Elección de los posibles puntos de ubicación de las estaciones de recarga y aparcamiento.....	101
6.5.	Estimación de la demanda potencial	114
7.	Conclusiones y líneas futuras	118
7.1.	Conclusiones.....	118
7.2.	Líneas de trabajo futuras	119
8.	Estudio económico del proyecto	122
8.1.	Introducción	122
8.2.	Costes directos.....	122
8.2.1.	Costes de personal.....	123
8.2.2.	Costes de amortización del material	126
8.2.3.	Costes de materiales consumibles	128



8.2.4.	Recopilación de los costes directos	128
8.3.	Costes indirectos	129
8.4.	Coste total del proyecto	129
9.	Bibliografía	132

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Relación entre la velocidad y la densidad	30
Ilustración 2 Relación entre la intensidad y la densidad	31
Ilustración 3 Relación entre la velocidad y la intensidad.....	32
Ilustración 4 Capacidad máxima de un carril	34
Ilustración 5 Diferentes niveles de servicio	37
Ilustración 6 Niveles de servicio en condiciones de circulación continua	37
Ilustración 7 Niveles de servicio en vías urbanas	38
Ilustración 8 Toma de datos mediante espiras	46
Ilustración 9 Variación horarias del tráfico	47
Ilustración 10 EuroVelo rutas ciclistas europeas	59
Ilustración 11 EuroVelo 8	59
Ilustración 12 Carril bici de la Carr. de la Aldehuela, Zamora	60
Ilustración 13 Carril bici de uso compartido peatón-ciclista.....	62
Ilustración 14 Señal de precaución por ciclovía en Zamora.....	64
Ilustración 15 Bicicleta eléctrica pedaleo asistido (Pedelec)	69
Ilustración 16 Bicicleta eléctrica híbrida	69
Ilustración 17 Batería de plomo-ácido	70
Ilustración 18 Proceso de carga y descarga de las baterías de níquel-hidruro metálico	72
Ilustración 19 Batería de polímero de litio	74
Ilustración 20 Pirámide poblacional de la ciudad de Zamora.	78
Ilustración 21 Porcentaje de población en Zamora según el rango de edad	79
Ilustración 22 Catedral románica de Zamora	79
Ilustración 23 Temperaturas máximas y mínimas promedio en Zamora ..	80
Ilustración 24 Objetivos de desarrollo sostenible	86
Ilustración 25 Señal que identifica una Zona de Bajas Emisiones	87
Ilustración 26 Consumo de energía en España VS Europa en el 2020.....	88

Ilustración 27 Proyecto de ZBE en Zamora.....	90
Ilustración 28 Reparto modal de viajes diarios en Zamora según el PMUS	92
Ilustración 29 Parque de vehículos, 2022, Zamora	93
Ilustración 30 Proyección de aumento de la demanda ciclista en Zamora (2025-2030).....	94
Ilustración 31 Carrilbici de la Carretera Villalpando, Zamora;	97
Ilustración 32 Carril bici en construcción parque León Felipe Zamora;	98
Ilustración 33 Mapa de puntos de estacionamiento de bicicletas en Zamora	99
Ilustración 34 Aparcamiento cerrado para bicicletas en la estación de tren, Zamora.....	99
Ilustración 35 Posible logotipo de “MOZA BIKES” creado con I.A.	100
Ilustración 36 Población en los barrios de Zamora.....	101
Ilustración 37 Distribución de la población en los barrios de Zamora Fuente: Garrido, 2023.....	102
Ilustración 38 Número de centros educativos en los barrios de Zamora	102
Ilustración 39 Mapa Callejero de Zamora con los puntos de recarga	103
Ilustración 40 Mapa identificativo del Parque de la Marina Española, Zamora.....	104
Ilustración 41 Avenida Requejo, Zamora	104
Ilustración 42 Mapa identificativo del Campus Viriato, Zamora	105
Ilustración 43 Campus Universitario Viriato, Zamora.....	105
Ilustración 44 Mapa identificativo del Bosque de Valorio, Zamora	106
Ilustración 45 Carril bici del Boque de Valorio, Zamora.....	106
Ilustración 46 Mapa del Estadio Ruta de la Plata, Zamora	107
Ilustración 47 Estadio Ruta de la Plata, Zamora	107
Ilustración 48 Mapa destinado a la localización de Recinto Ferial de Zamora	108
Ilustración 49 Entrada del Instituto Alfonso IX.....	108
Ilustración 50 Mapa del barrio de San José Obrero, Zamora	109

Ilustración 51 Biblioteca Municipal del Barrio de San José Obrero	109
Ilustración 52 Mapa para identificar la localización de las estaciones de autobuses y trenes	110
Ilustración 53 Calle Antón Centenera, frente a la estación de trenes de Zamora.....	110
Ilustración 54 Mapa del barrio de Pinilla en Zamora	111
Ilustración 55 Posible punto para la instalación de la estación de recarga de bicicletas eléctricas en Pinilla	111
Ilustración 56 Mapa para la localización de la Ciudad Deportiva de Zamora	112
Ilustración 57 Ciudad Deportiva de Zamora	112
Ilustración 58 Mapa de localización de la Plaza del Mercado de Zamora	113
Ilustración 59 Proyecto de remodelación del Mercado de Abastos.....	113
Ilustración 60 Gráfico de costes del Proyecto	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ciclocarriles en Zamora	95
Tabla 2 Carriles bici en Zamora	96
Tabla 3 Carriles bici añadidos en los últimos años	97
Tabla 4 Análisis DAFO	114
Tabla 5 Estimación de la demanda potencial	115
Tabla 6 Días efectivos de trabajo	123
Tabla 7 Coste del director de Proyecto.....	124
Tabla 8 Costes de Ingeniero en Organización Industrial.....	124
Tabla 9 Horas empleadas por el director de Proyecto	125
Tabla 10 Horas empleadas por el Ingeniero en Organización Industrial	125
Tabla 11 Coste total del personal.....	126
Tabla 12 Costes y vida útil del material	126
Tabla 13 Coste de amortización	127
Tabla 14 Costes de los materiales consumibles	128
Tabla 15 Total de costes directos.....	128
Tabla 16 Costes indirectos asociados con el proyecto	129
Tabla 17 Coste total del proyecto	129





CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación del estudio

En la actualidad, conseguir un mundo más sostenible es uno de los retos primordiales en todo el mundo. Para poder solventar este problema se deben tomar medidas tanto de forma personal como colectivas. El transporte es uno de los principales causantes del cambio climático. Los vehículos de combustión causan a diario problemas para la salud de muchos ciudadanos, por enfermedades respiratorias, debido a la emisión de partículas nocivas. Para su reducción se debe promover el uso de vehículos eléctricos, en especial la bicicleta eléctrica que tiene una mayor eficiencia energética.

Este estudio se realiza con la finalidad de analizar el impacto que las medidas para promover el uso de la bicicleta eléctrica pueden conllevar para la ciudad. Contando con numerosos beneficios tanto ambientales como sociales y económicos. Asimismo, se contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible principalmente en los relacionados con la sostenibilidad urbana, la salud de los ciudadanos y la aminoración del cambio climático.

Zamora es una ciudad compacta de tamaño pequeño lo que favorece el uso de la bicicleta. Pero a pesar de que en los últimos años se han mejorado las infraestructuras ciclistas aumentando el número de carriles-bici y ciclovías, aún faltan numerosas políticas públicas que fomenten la utilización de este medio de transporte.

La estrategia principal desarrollada en este estudio es la posible instauración de un sistema de bicicletas eléctricas compartidas que pueda mejorar la calidad de vida de los habitantes de Zamora.

1.2. Objetivos

El objetivo primordial es la realización de un estudio de la movilidad urbana en Zamora para conseguir una mayor sostenibilidad gracias al uso de la bicicleta eléctrica.

Partiendo de unos conocimientos teóricos sobre la ingeniería del tráfico se desarrolla el análisis de las líneas de movilidad en la ciudad de Zamora, así como de sus limitaciones y el potencial para el planteamiento de un sistema de bicicletas eléctricas compartidas incluyendo puntos de estacionamiento y recarga.

Todo ello, en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. Como consecuencia de la implantación de estas medidas se podría llegar a una mejora tanto de la sostenibilidad como de la salud de sus habitantes.

Para que este proyecto se pueda llevar a cabo, se ha realizado una estimación de costes, tanto directos como indirectos, para valorar su viabilidad técnica y financiera.

1.3. Organización y desarrollo de la memoria

En primer lugar, se realiza un desarrollo teórico acerca de la ingeniería del tráfico. Analizando las características básicas junto con el estudio y la planificación tanto del tráfico rodado como de la movilidad en bicicleta.

A continuación, se desarrolla el funcionamiento y los tipos de bicicletas eléctricas, así como los tipos de baterías más comunes. También se estudia las ventajas e inconvenientes de estas en relación con los demás medios de transporte.

Posteriormente, se enmarcan estos conceptos en relación con la movilidad urbana en la ciudad de Zamora estudiando sus características geográficas y demográficas. Relacionando los beneficios de la bicicleta eléctrica con los objetivos de la Agenda 2030 y las medidas que próximamente serán implantadas en la ciudad como, por ejemplo, las Zonas de Bajas Emisiones.

Más tarde, se desarrolla un estudio previo para la instauración de un sistema de bicicletas eléctricas compartidas. Para ello, se plantean diferentes ubicaciones estratégicas como centros educativos, espacios públicos y zonas comerciales con una evaluación de la demanda ciclista actual y futura, así como la red de vías ciclistas existentes y en construcción.

Por último, se centra en un estudio económico del proyecto contemplando los costes directos e indirectos. El trabajo concluye con los resultados obtenidos y expone unas líneas de actuación futuras para poder seguir avanzando hacia una movilidad más sostenible.





CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Teoría del tráfico

2.1.1. Conceptos y objetivos de la ingeniería de tráfico.

La **Ingeniería de Tráfico** es la rama de la ingeniería del transporte cuyos objetivos son la planificación, el diseño y el estudio del funcionamiento de la red viaria. Sin dejar de lado la relación de estos con los distintos medios de transporte para asegurar que la movilidad tanto de personas como de mercancías se realice de una forma cómoda, segura y funcional.

Esta disciplina comienza debido al inconveniente del aumento del flujo de vehículos en las carreteras. En el origen, la Policía era la encargada de la regulación del tráfico, pero con el tiempo, se contempló la necesidad de introducir conocimientos de la ingeniería en esta área. Es por eso que, a mediados del siglo XX, se consolida la Ingeniería del tráfico como resultado de la nueva necesidad de mejorar la relación entre el ciudadano y los distintos medios de transporte.

Para conseguir que los modelos de ciudad desarrollados con anterioridad fueran capaces de tener una circulación eficaz y segura, la Ingeniería del Tráfico se centró en el trazado y planteamiento de la circulación vial.

La Ingeniería de Tráfico tiene dos partes diferenciadas. No obstante, comparten algunos aspectos.

En primer lugar, la *planificación del tráfico*, basado en la resolución de problemas a largo plazo. Como son, por ejemplo, los planes de desarrollo de las ciudades. Está relacionado con otras ramas como son la Estadística, la Economía o las Matemáticas.

En segundo lugar, siendo origen de la Ingeniería del Tráfico, se encuentra la *ordenación de la circulación* centrado en la resolución de problemas viales a corto plazo con actuaciones inmediatas. Centrándose en las redes ya existentes y consiguiendo obtener el mayor rendimiento de estas. Conservando la estructura de estas o con pequeñas modificaciones.

Actualmente, la predilección está más inclinada hacia el estudio general del transporte debido a que en las zonas urbanas las soluciones parciales no resuelven los problemas con la circulación de los vehículos.

2.1.2. Planificación vial

El papel del tráfico juega un papel fundamental en la planificación de las carreteras y las calles siendo su objetivo principal establecer la manera más eficaz para mejorar la circulación.

A causa de esto, la Ingeniería de Tráfico en los trabajos de planificación de infraestructuras tiene mucha importancia colaborando con otras técnicas. Exponiendo a continuación, los aspectos de actuación en la planificación.

2.1.2.1. *Recogida y análisis de datos*

Conocer de manera objetiva el problema es el primer paso para abordarlo con eficacia. Los datos objetivos son el fundamento de cualquier trabajo ya sea, científico o ingenieril. Las hipótesis, aunque estén basadas en hechos evidentes no constituyen un cimiento sólido.

Para tomar unos datos adecuados no se precisa de muchos conocimientos, pero gracias a la Ingeniería de Tráfico se han desarrollado procedimientos calibrados con los cuales los costes son los mínimos para conseguir datos claros.

Un primer paso para conseguir los objetivos esenciales es la recogida de datos. En muchas ocasiones confundiendo el trabajo de un ingeniero con la simple tarea de realizar encuestas y aforos. Llevando esto a la consecución de los objetivos como son el análisis de situaciones y la aplicación de los resultados obtenidos a la problemática a resolver.

Sin llegar nunca a tener un exceso de datos los cuales provocan un aumento del coste de manera ineficiente y pueden llegar a interrumpir la consecución del objetivo.

Al realizar el análisis de las redes de transporte los datos pueden llegar a ser muy variados y extensos. Por lo tanto, para la obtención de los datos se debe buscar un modelo que con la menor inversión posible nos permita pasar de una ciudad a un programa informático.

- Comenzamos desde el mapa de vías o carreteras.
- Pasamos el mapa a un conjunto de nodos y eslabones (unidireccionales o bidireccionales).

- Para conseguir la matriz de conectividades conectamos en las filas los orígenes y en las columnas los destinos.
- Por último, realizamos el vector de información para cada eslabón (longitud, capacidad y tiempo de recorrido).

2.1.2.2. *Planificación vial y de transportes.*

Una de las principales labores de la Ingeniería de Tráfico es el planeamiento de las estructuras viales y de los sistemas de transportes y el estudio y comportamiento futuro.

Los sistemas de transporte son condicionantes esenciales a la hora de imponer una solución. A pesar de que desde otros puntos de vista no sea la más conveniente. Además, la cooperación con otras áreas del conocimiento como es la Economía y Urbanismo es fundamental.

A partir de la creación del vehículo privado el transporte, en especial en las zonas urbanas, se ha complicado de manera extraordinaria. Esto ha provocado que se desarrollen nuevos conceptos esenciales de la estructura de la ciudad. El problema se agrava en el caso de las estructuras urbanas creadas con anterioridad.

2.1.2.3. *Trazado*

Contando con que muchos de los detalles de la técnica de trazado de las calles y carreteras no son específicos de esta rama de la Ingeniería, es esencial que los ingenieros que realizan estos proyectos conozcan cómo funciona el tráfico. No obstante, es necesario que uno o varios ingenieros especialistas en tráfico participen en la revisión y aprobación de los planos finales.

Por tanto, se debe tener una actuación de los ingenieros de tráfico en las etapas finales de un proyecto de trazado. Se le debe aportar una visión de la explotación de la obra para completar su intervención en la planificación funcional.

2.1.3. Organización de la ingeniería de tráfico

La Ingeniería de Tráfico tiene la posibilidad de aportar servicios y conocimientos a varios organismos como los que se puntualizan a continuación:

- 1) Administración de carreteras – nacional o provincial – cuyo campo de actuación está relacionado con la planificación y ordenación del tráfico de las zonas urbanas.
- 2) Municipios con problemas de ordenación de tráfico y de planificación urbana.
- 3) Administraciones que controlan el urbanismo a escala nacional, regional, provincial y local, en las cuales los especialistas de tráfico están integrados en los equipos politécnicos que redactan o supervisan los planes.
- 4) Laboratorios y Centros de Investigación que no se encuentran prestando un servicio directo a los organismos responsable de la administración y gestión del tráfico.
- 5) Determinados organismos privados, como las empresas de transportes y distribuidoras de carburantes como las empresas de consultores que están relacionados con algunos de los Organismos anteriormente mencionados.

Respecto a la organización a escala municipal, cabe resaltar que, en prácticamente todas las ciudades con más de 100.000 habitantes, hasta en algunas con una importancia menor, existen serios problemas de circulación y estacionamiento. Los problemas mencionados aumentan a medida que el número de vehículos aumenta, pero las estructuras de las ciudades mejoran de manera lenta y, en algunos casos, casi imperceptibles.

La policía suele intervenir en primer lugar cuando existen problemas de ordenación del tráfico. En pocas ocasiones intervienen directamente los ingenieros. Cuando el problema persiste, se acude a la Ingeniería de Tráfico. La mayoría de los problemas vienen dados por la planificación de dicha ciudad por lo que son difíciles de resolver a corto plazo.

En la actualidad, la importancia que se da al estudio del tráfico es mucho mayor. Esta tendencia debe consolidarse para que en las futuras zonas urbanas no se caiga en el mismo error. Así se facilitará el trabajo de ordenar la circulación de una manera eficaz.

Pese a esto, en algunas ciudades importante con una planificación bien establecida y detallada, no podrá evitarse que en el futuro se deban imponer restricciones al uso del vehículo privado convencional.

En el comienzo de las actividades de la Ingeniería de Tráfico, las principales actividades fueron la resolución de problemas de ordenación. Con el objetivo de reducir los problemas en el presente, pese a esto, esto ocupa la principal atención de la mayoría de los ingenieros.

Las principales competencias de esta actividad son la señalización de las calles, la implantación de sentidos únicos, controlar el estacionamiento y la prohibición de giros. Todas estas funciones están destinadas a la obtención de un mayor rendimiento de las vías existentes.

La señalización es el arma fundamental del que poseen los ingenieros de tráfico para la circulación. Los semáforos, señales y marcas viales son los elementos orientativos y de obligado cumplimiento que los conductores deben seguir para cumplir las normas.

Para que la circulación se desarrolle de una manera segura debe haber una correcta ordenación del tráfico. Ahora bien, existe otra razón por la que la ordenación es importante, la fluidez de esta. Especialmente en la ordenación de las zonas urbanas es importante el desarrollo de la Ingeniería de Tráfico en todo el mundo.

Por otro lado, una tercera razón es la acentuación del cuidado en la ordenación del tráfico. Esto quiere decir, mejorar la integración de la vía con su entorno para así reducir el impacto negativo de los menos beneficiados de su uso de forma directa. Como son, por ejemplo, los peatones, los habitantes o trabajadores de los alrededores.

Para concluir, la Ingeniería de Tráfico también debe centrarse en la revisión y puesta a punto de las normas en tanto que cuando surjan nuevos problemas las normas se modifiquen. Esto se centra en la aplicación de nuevas limitaciones a determinados usuarios de la vía para alcanzar una buena convivencia.

2.1.4. Conclusiones

La progresión de la Ingeniería de Tráfico está sometida a constantes actualizaciones. Estas variaciones están orientadas hacia un mayor campo de acción y una tendencia al establecimiento de nuevas leyes.

En los inicios, cuando llegó la Ingeniería de Tráfico a Europa desde Estados Unidos, era meramente empírica, fundamentada

generalmente en una gran cantidad de datos para observar, más tarde, el cumplimiento de unas leyes empíricas. Esto representa la base de la nueva técnica sin justificar teóricamente las leyes que resultan. Los ingenieros europeos tratan de llegar a leyes similares basándose en razonamientos teóricos y matemáticos justificados. Gracias a esto, a medida que pasa el tiempo, la Ingeniería del Tráfico se hace más extensa con la obtención de teorías más razonadas.

Como una consecuencia del crecimiento del automóvil privado en América surgió la Ingeniería de Tráfico en los momentos en los cuales aparentemente ese sería el único medio de transporte. No obstante, en las ciudades europeas se observó que el automóvil creaba problemas difíciles de solventar por lo que se comenzaron a estudiar nuevas soluciones para el transporte privado y colectivo. Llevándose el sector de la Ingeniería del Tráfico a todos los transportes.

No es posible separar el problema del transporte con el de otros aspectos del urbanismo lo que complica la realización de técnicas. Esto provoca que la Ingeniería de Tráfico se dificulte con el urbanismo, hasta llegar a provocar un aspecto fundamental del urbanismo incorporándose especialistas en tráfico y transportes en los equipos de trabajo.

2.2. Características básicas

Las variables fundamentales – intensidad, velocidad y densidad – son la base de los conocimientos sobre el comportamiento del tráfico. En igual importancia, están las relaciones que tienen estas variables entre sí denominadas Relaciones Fundamentales de tráfico. (Kraemer, C., (2003))

Por otra parte, la circulación del tráfico se puede diferenciar en estos dos modos:

La circulación continua cuando esta se regula por las causas internas de la propia corriente como son los accidentes o las averías. No existen elementos de regulación fijos externos como pueden ser los semáforos o la señalización de las vías.

La circulación discontinua donde existen elementos fijos que provocan detenciones periódicas en el tráfico.

Los elementos fijos dan estabilidad al desarrollo del sistema y sobre ellos se realizan los desplazamientos, por ejemplo:

- Los eslabones unen dos puntos para aportar la distancia, pero no tienen permitido la variación en la dirección ni en el sentido.
- Los nodos permiten el cambio en la dirección y/o el sentido enlazando o separando los flujos.
- Las terminales permiten la posibilidad directa de entrada y salida.

Por otro lado, están los elementos móviles que se mueven sobre los fijos como son el objeto, el vehículo y el contenedor. Todo ello relacionado con el sistema de control que define el modo de funcionamiento.

2.2.1. Intensidad

La intensidad de tráfico es definida como el número de vehículos que atraviesan una sección fija de una carretera por unidad de tiempo. Las variables más utilizadas son los vehículos/hora en la intensidad horaria y los vehículos/día en la intensidad diaria.

Esta característica es muy importante a la hora de describir el estado de una carretera pudiéndola así clasificar de forma adecuada el tipo de circulación en ese tramo.

Cabe destacar algunos factores que contribuyen a las variaciones en el tráfico como son:

- El carácter vacacional: en determinadas épocas del año algunas zonas tienen una mayor afluencia de la habitual por lo que la intensidad del tráfico en estos tramos temporales aumenta significativamente.
- Las zonas que tienen bajas intensidades de tráfico como pueden ser las zonas rurales cuya despoblación se hace más notable con el paso del tiempo.
- La cercanía a una gran población: en estas zonas la población suele hacer viajes de corto recorrido.

En el estudio de las intensidades horarias de una ciudad, en general, las menores intensidades se producen por la noche. No obstante, las elevadas intensidades se producen por la mañana y por la tarde dependiendo del tramo. El tráfico se concentra, en la mayoría de los casos, cuando los trabajadores que viven en localidades cercanas acuden a su centro de trabajo esto provoca las llamadas horas punta. Más tarde se disminuye hasta llegar a las horas valle.

De las magnitudes destacadas anteriormente, desde un punto de vista ingenieril, destacan dos valores de referencia relacionados con estas:

La intensidad en hora punta o intensidad máxima horaria (IMH): número de vehículos que atraviesan un punto o sección transversal durante la hora que es considerada descriptiva de las condiciones de mayor circulación.

Este valor es importante desde el punto de vista del proyecto y de la ordenación como puede ser la coordinación de los semáforos y la llamada onda verde. Esta onda verde permite la sincronización de determinados semáforos para que los vehículos que circulan a una velocidad constante sean capaces de recorrer el tramo sin detenerse agilizando el tráfico.

La intensidad media diaria anual (IMD): número de vehículos que pasan por una sección durante un año dividido por 365 días. Es fundamental para el planteamiento como, por ejemplo, la señalización e iluminación de las vías.

Las intensidades punta se relacionan con los volúmenes horarios a través de la utilización del **factor de hora punta**. Este factor se define como la relación entre el volumen total horario y la intensidad punta en la hora:

$$PHF = \frac{\text{Volumen horario}}{\text{Intensidad punta (dentro de la hora)}}$$

2.2.2. Velocidad

En la gestión del tráfico es de vital importancia hacerse conocedores de la velocidad dado que es un factor que influye tanto en el flujo de la circulación como en la seguridad vial.

La velocidad es una medida variable y eso dificulta su obtención. Se puede reservar a un solo vehículo como al conjunto de estos. La velocidad de un vehículo no es constante e intervienen muchos factores como el tipo de vía o el conductor, por ejemplo.

La velocidad puede definirse como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Su unidad más común son los km/h.

Las siguientes definiciones se emplean en el estudio de la velocidad:

- **La velocidad instantánea** es la velocidad de un vehículo en un determinado momento.
- **La velocidad de recorrido** es la velocidad media de un vehículo al recorrer un tramo de carretera dado. Es decir, la distancia del tramo dividida por el tiempo que tarda en recorrerlo.
- **La velocidad media temporal (V_t)** es la velocidad media de los vehículos que pasan por un determinado punto fijo de la carretera durante un transcurso de tiempo.

$$V = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n v_i$$

- **La velocidad media espacial (V_e)** es la velocidad media de los vehículos que en un determinado momento están en un tramo de carretera. Se suele determinar mediante radares de tramo.

$$V_e = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Donde s_i es el espacio recorrido por los vehículos y m_i es el tiempo del vehículo i es el eslabón.

- **La velocidad media de recorrido** es la media de las velocidades de recorrido de todos los vehículos en un tramo de carretera.

Estas definiciones pueden estar destinadas tanto a todos los tipos de vehículos como a uno en concreto: camiones, autobuses, bicicletas, etc.

2.2.3. Densidad

La densidad se define como el número de vehículos en un tramo de vía por unidad de longitud de esta para un momento dado.

$$D = \frac{N^{\circ} \text{ de vehículos en un tramo}}{\text{Longitud de dicho tramo}} \quad [vh/km]$$

En la calidad de la circulación influye la densidad de tráfico puesto que al aumentar este valor la dificultad para mantener una velocidad deseada incrementa. La frecuencia de las paradas también se eleva teniendo que aumentar el número de maniobras de cada conductor.

2.2.4. Relación entre las tres magnitudes

En el estudio de las distribuciones de densidad se concluyó esta relación básica entre las tres magnitudes:

$$I = V_e D$$

Donde:

I : Intensidad del tráfico

D : Densidad de tráfico

V_e : Velocidad media de la distribución espacial

Con esta ecuación se determina que conociendo dos de las tres magnitudes la otra se halla con facilidad. A través de observaciones empíricas se pueden determinar dos magnitudes cuando solamente se conoce una de ellas. Para ello a continuación se detalla algunas de ellas.

2.2.5. Relación entre velocidad y densidad

Cuando la densidad de vehículos que se desplazan por la carretera es pequeña es más fácil poderse desplazar con la velocidad deseada. Por el contrario, cuando las densidades son mayores, los conductores deben disminuir su velocidad debido a que se encuentran con más frecuencia conductores más lentos.

Por consiguiente, al aumentar la densidad del tráfico la velocidad media disminuye. En el punto más extremo, cuando la densidad de la carretera es máxima los vehículos no disponen de espacio suficiente para desplazarse sin chocar con el anterior llegando a tener toda una velocidad equivalente a cero.

En definitiva, la velocidad media es una función de la densidad que alcanza un nivel máximo cuando la densidad es cero. Oscilando este valor en las diferentes carretas influyendo en mayor medida cuando la densidad es baja. Por el contrario, si la densidad es alta la atención de los conductores se focaliza más en el vehículo que los precede.

Todo esto se ve reflejado en el siguiente diagrama:

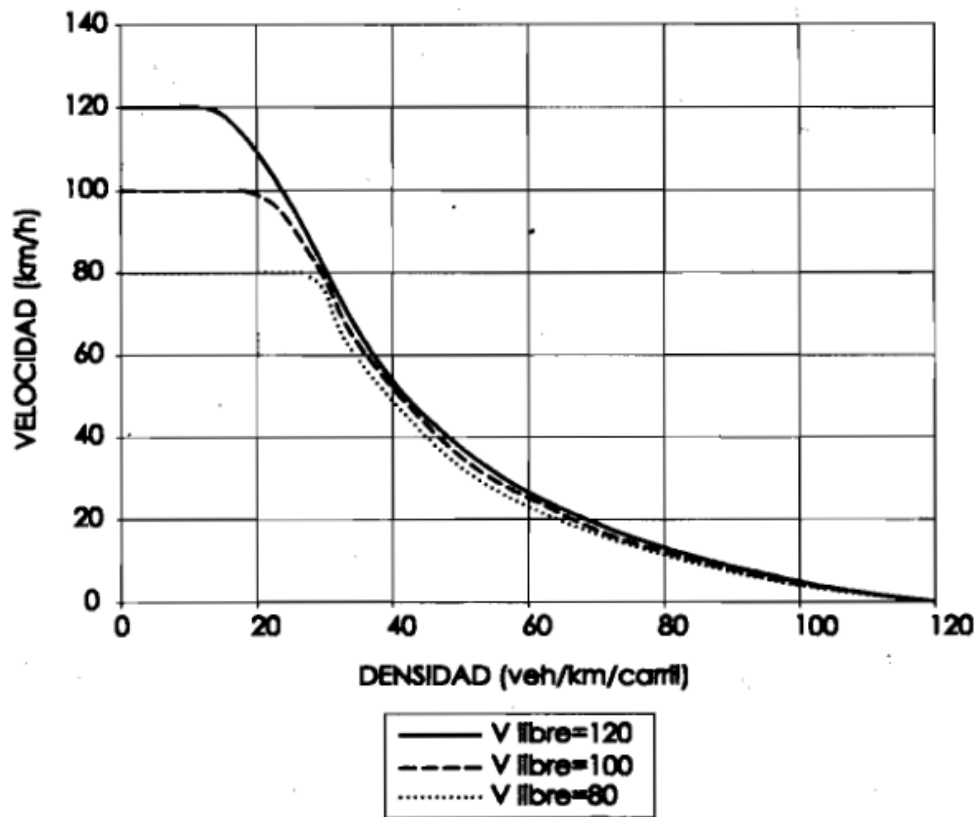


Ilustración 1 Relación entre la velocidad y la densidad

Fuente: Ingeniería de Carreteras vol. 1, K., 2003, p. 77

2.2.6. Relación entre intensidad y densidad

En relación con el anterior apartado, lógicamente se deduce que cuando la densidad es máxima, la velocidad media es nula y, por lo tanto, la intensidad también.

En la representación de la densidad con la intensidad se observan distintas funciones convexas con un máximo que se encuentra situado cuando la densidad es baja. Este valor máximo es conocido como la capacidad de la carretera y la densidad en la que se obtiene es la densidad crítica.

Cuando la densidad es menor a la crítica el tráfico es fluido y en el caso de existir alguna perturbación en la vía se disuelve sin problema. Por el contrario, cuando la densidad es mayor puede llegar a colapsar el tráfico.

El diagrama que representa la intensidad en función de la densidad es conocido como el diagrama fundamental del tráfico. Siendo los puntos de la ordenada la intensidad, de la abscisa la densidad y la pendiente de la recta la velocidad media.

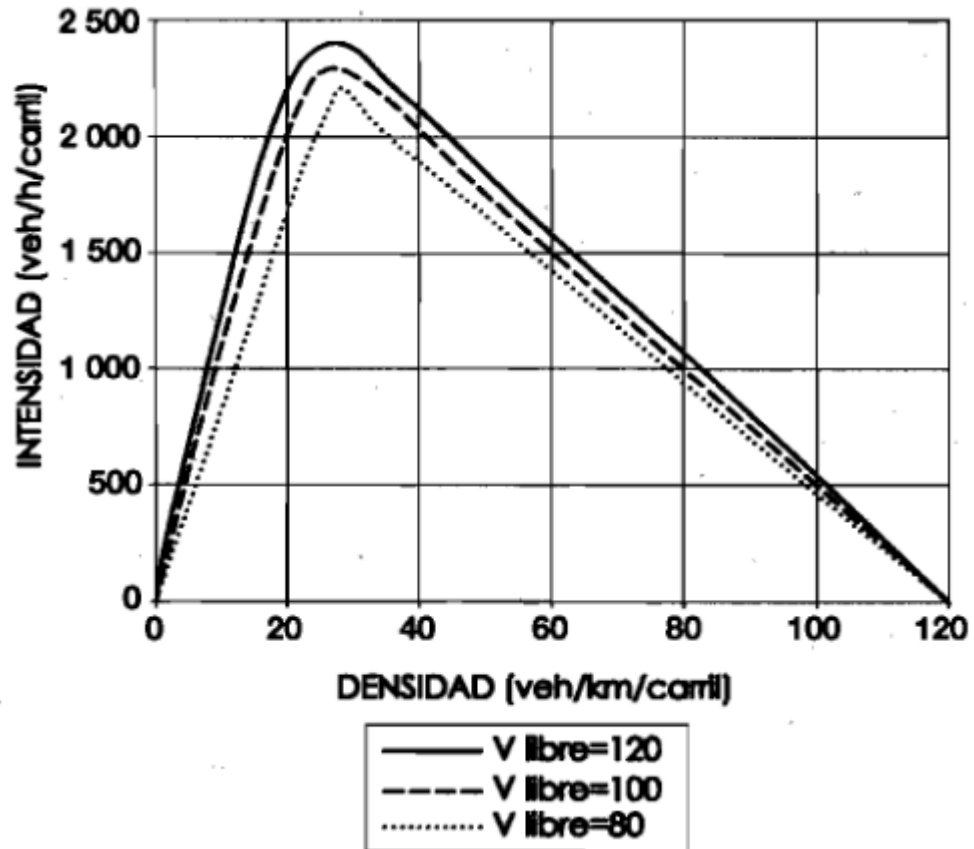


Ilustración 2 Relación entre la intensidad y la densidad

Fuente: Ingeniería de Carreteras vol. 1, K., 2003, p. 78

2.2.7. Relación entre la intensidad y la velocidad

Tanto la intensidad y la velocidad son magnitudes más sencillas de medir por lo que la obtención de los datos es más fácil. La velocidad media es la calidad de la circulación y la intensidad define la demanda de tráfico en la carretera.

Estas dos variables se comportan de manera directamente proporcional entre sí, cuando se produce un aumento de la densidad

de tráfico hace que la velocidad media se reduzca disminuyendo a su vez la intensidad.

La velocidad además de depender de la intensidad también depende de otros factores como son las características de la vía u otros agentes externos.

La figura que se muestra a continuación describe la relación entre la velocidad y la intensidad en las condiciones de circulación continua o ininterrumpida. Sin embargo, cuando la circulación es interrumpida por causas de distintas detenciones como son los semáforos o marcas viales, la relación es más complicada de obtener.

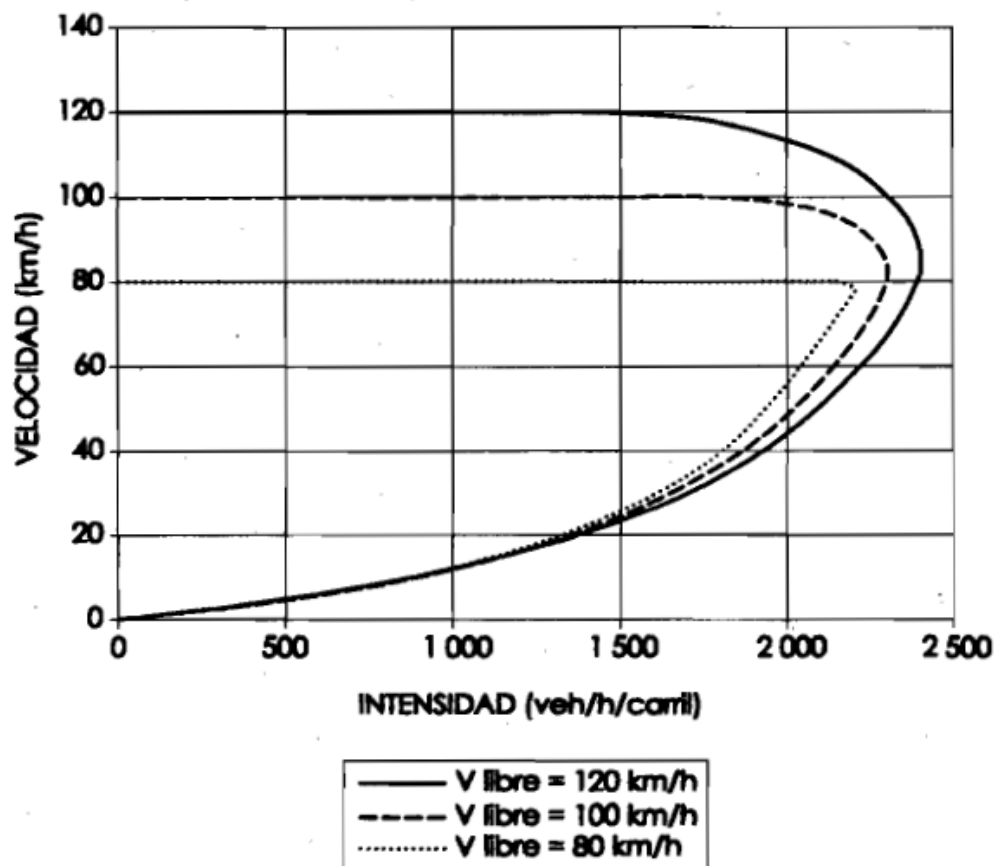


Ilustración 3 Relación entre la velocidad y la intensidad.

Fuente: Ingeniería de Carreteras vol. 1, K., 2003, p. 79

2.3. Capacidad y nivel de servicios

2.3.1. Capacidad

La capacidad teórica de una sección de carretera se define como el nivel máximo de intensidad, es decir, el número de vehículos o personas que pueden permanecer o atravesar una vía en un tiempo y unas condiciones determinadas.

La capacidad está medida respecto a las siguientes características:

La capacidad medida está referida a un punto o una sección, si se toman de referencia otros puntos, las características variarán.

La capacidad tórica de la vía se mide en vehículos-hora, pero este valor no es adaptable a un estudio real debido a que el tiempo habitual debido a que el tiempo de interferencia promedio para un conjunto de condiciones es proporcional al número de vehículos que operan en un tiempo dado.

La capacidad está determinada por unas condiciones específicas de la vía como son las características geométricas, el tipo de sección, pendientes, etc., de control como semáforos o señales y del tránsito como la velocidad o las características del flujo vehicular (Cerquera, F. (2007)).

Nominalmente hablando, la capacidad no es dependiente de la velocidad de circulación. Pero se puede observar de manera sencilla en las carreteras que a medida que las velocidades aumentan la separación entre los vehículos aumenta proporcionalmente.

Se establece como valor teórico de 2000 vehículos/hora-carril en condiciones ideales. Para las condiciones de un ancho mínimo de carril de 3,5 metros, un arcén de protección de 1,8 metros, con los vehículos con tamaños similares y pudiendo circular a la velocidad establecida. La construcción también debe ser lo suficientemente plana y recta.

En la siguiente gráfica se pueden apreciar las distintas capacidades máximas para diferentes situaciones:

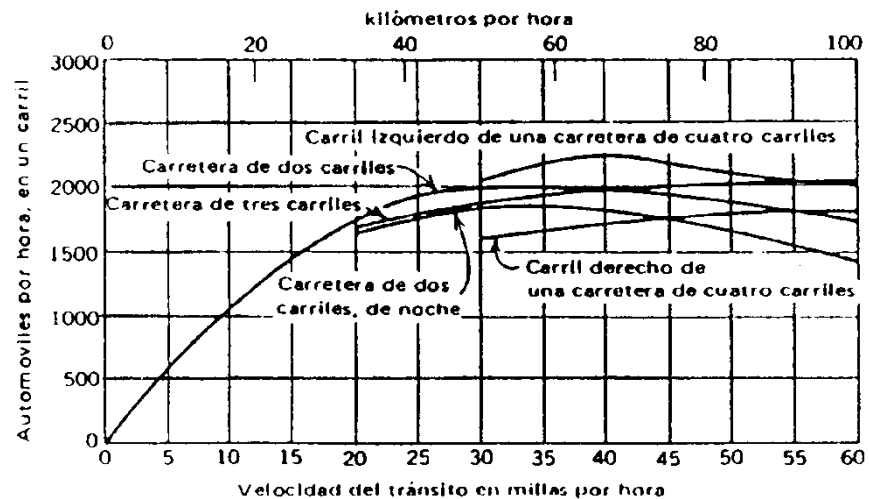


Ilustración 4 Capacidad máxima de un carril

Fuente: Apuntes de Ingeniería de Transporte

2.3.2. Nivel de servicio

El nivel de servicio es utilizado para examinar la calidad del flujo. Se define como una medida cualitativa del funcionamiento de una vía cuando soporta una determinada intensidad de tráfico. Indicando la cantidad de transporte necesaria para satisfacer la demanda.

Se deben tener en cuenta una serie de factores que pasan en una vía cuando soporta una determinada intensidad de tráfico:

- Velocidad y tiempo de recorrido de manera instantánea o para recorrer un tramo.
- Interrupciones como el número de paradas por kilómetro y su duración, así como la magnitud y frecuencia de los cambios bruscos de velocidad necesarios para mantenerse en la corriente de tráfico.
- Libertad de maniobra para mantener la velocidad deseada.
- Comodidad en la conducción.
- Coste económico directo de recorrer un tramo.
- Accesibilidad, facilidad para acceder a una determinada ruta.

- Frecuencia del servicio, de gran importancia en el transporte comercial de pasajeros.

En cada tipo de infraestructura se definen seis niveles de servicio, para los que se tiene este procedimiento de análisis. Mediante este análisis se les atribuye una letra desde la A hasta la F. Estableciendo que para el nivel de servicio A, las condiciones operativas óptimas y para el F las pésimas.

Las condiciones de circulación para los niveles es la siguiente:

Nivel de Servicio A: El flujo de circulación es libre con apenas ningún otro usuario que pueda restringir la libertad para conducir a la velocidad deseada.

Nivel de Servicio B: se encuentra dentro del rango del flujo estable, aunque comienzan a converger con otros usuarios. La libertad de selección de velocidad sigue alta pero un poco menor que en el caso anterior, así como el nivel de comodidad y de conveniencia.

Nivel de Servicio C: las condiciones de circulación de los usuarios comienzan a verse afectadas por los demás. La selección de la velocidad y la libertad de maniobra se restringen. La comodidad y la conveniencia también descienden.

Nivel de Servicio D: la densidad comienza a elevarse y, tanto la velocidad como la libertad de maniobra se limitan. El nivel de comodidad y conveniencia tanto para el peatón como el conductor es bajo.

Nivel de Servicio E: la vía está cerca de encontrarse en el límite de capacidad, con un nivel de densidad prácticamente máximo. Se hace difícil maniobrar y conseguir velocidades altas es casi imposible. Aumentando la incomodidad y la frustración de los

conductores y los peatones. La circulación no es estable y los pequeños aumentos de flujo producen colapsos.

Nivel de Servicio F: las condiciones del flujo son forzadas. En estas situaciones se forman colas y atascos porque la cantidad de vehículos o personas ha excedido es máximo.

Para obtener estos índices es conveniente seguir los siguientes criterios:

1. **La intensidad y la capacidad** miden los vehículos por hora para cada uno de los subtramos en los que es convenientes dividir el tramo.

2. **Los niveles de servicio** deben establecerse para tramos de cierta longitud, aunque varíe en ellos la capacidad por cambios físicos de la vía o el tráfico, por entradas y salidas. La clasificación del nivel de servicio del tramo debe tener en cuenta las diversas circunstancias de cada subtramo.

3. Conviene **analizar la velocidad** o el tiempo de recorrido y la intensidad en subtramos relativamente uniformes. La media ponderada de todos ellos define el nivel de servicio del tramo total.

4. Para **definir los niveles de servicio** se establecen separadamente valores de la velocidad y de los índices i/c para los siguientes tipos de vías:

- Autopistas y autovías.
- Carreteras de cuatro o más carriles.
- Carreteras de dos o tres carriles.
- Grandes arterias urbanas.
- Calles céntricas.

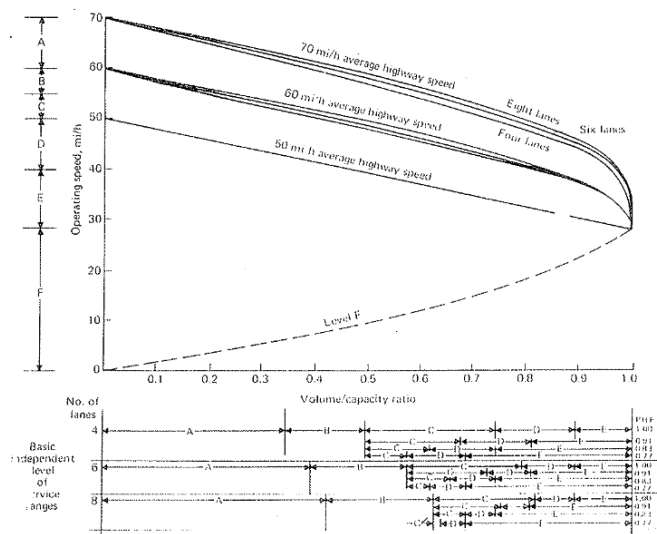


Ilustración 5 Diferentes niveles de servicio

Fuente: Apuntes de Ingeniería de Transporte

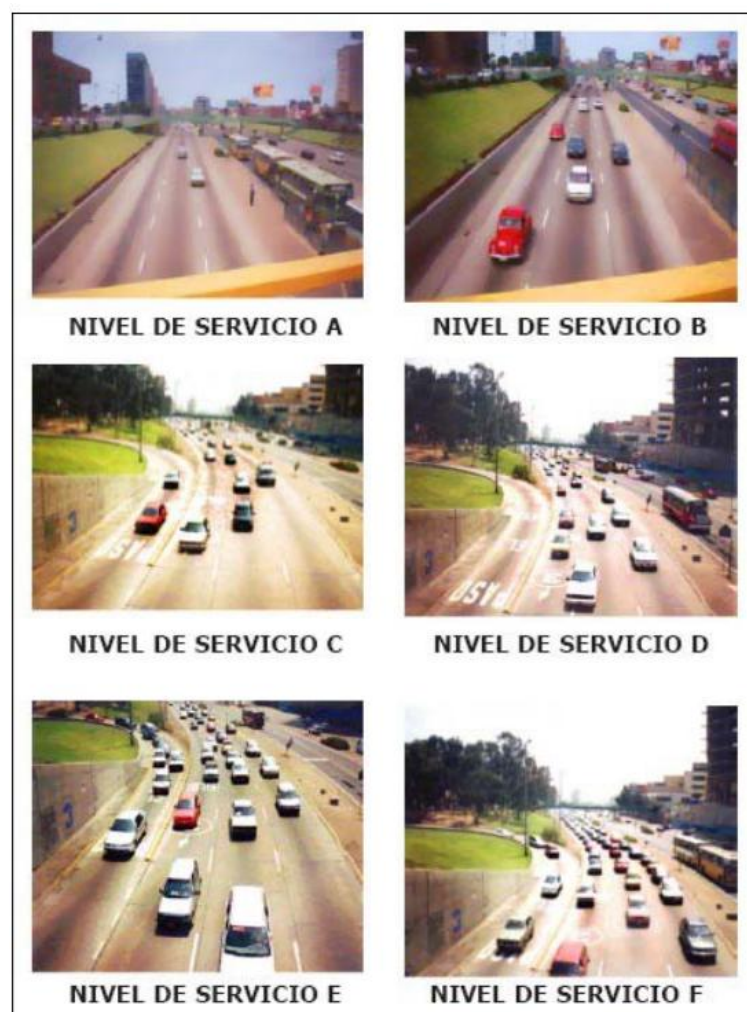


Ilustración 6 Niveles de servicio en condiciones de circulación continua Fuente: Manual, 2005

2.3.3. Capacidad en la intersección con semáforos

Las intersecciones, especialmente las que están reguladas por semáforos una de las principales razones de las interrupciones en el flujo del tráfico.

Como en el caso de los niveles de servicio, se establecen seis niveles de servicio para las intersecciones reguladas por semáforos. Estos se identifican de la A a la F.

A	- Operaciones con muy poca demora (<5 s.) - El avance de vehículos es extremadamente favorable, sin apenas detenerse - La mayoría de los vehículos llegan a la intersección en la fase verde	
B	- Operaciones con ligera demora (5-15 s.) - El avance de vehículos es favorable, produciéndose detenciones esporádicas - Se da en intersecciones con buena progresión y ciclos semafóricos cortos	
C	- La demora es considerable (15 a 25 s.) - La progresión de los vehículos es de mediana calidad y el ciclo es más largo - Detención de un número significativo de vehículos	
D	- La demora es elevada, entre 25 y 40 s. - Notable influencia de la congestión, con progresiones desfavorables y ciclos largos - Muchos vehículos se detienen - Falta de capacidad en ciclos individuales	
E	- Operaciones con gran demora (40-60 s) - Avance lento de los vehículos y largas duraciones del ciclo - Alto grado de congestión - Frecuente falta de capacidad en ciclos individuales	
F	- La demora supera el minuto por vehículo - Nivel inaceptable por los conductores - Sobresaturación: la intensidad de llegada supera la capacidad de la intersección - Progresión deficiente, ciclos prolongados	

Ilustración 7 Niveles de servicio en vías urbanas

Fuente: Manual de Carreteras, E., 2000, p.211

Los factores que influyen en el nivel de servicios y la capacidad de las intersecciones reguladas por semáforos son los siguientes:

- Condiciones físicas y de operación:**

La anchura del acceso, la distancia de bordillo a bordillo y la anchura de los carriles, si la operación es de uno o

dos sentidos y si se permite el estacionamiento en las proximidades de la intersección.

- **Condiciones ambientales:**

Tanto el factor de carga como el factor de hora de máxima demanda. El factor de carga representa el grado en que la luz verde se utiliza mientras dura, es la relación entre el número de fases verdes que están totalmente utilizadas y el número de fases verdes que hay en ese mismo periodo. Varía de 0,0 cuando siempre que hay luz verde da tiempo a que salgan todos los vehículos que esperaban antes de volverse a cerrar el semáforo y 1,0 en el caso de que nunca hay tiempo suficiente para que salgan todos los vehículos y siempre hay alguno que tiene que esperar más de un ciclo de semáforo. El factor de hora de máxima demanda mide la consistencia de la demanda, se define como la relación entre el número de vehículos contados durante la hora de máxima demanda y cuatro veces los contados durante los quince minutos consecutivos de mayor intensidad. Para intersecciones con cargas muy elevadas durante casi una hora se utilizan factores de 0,85 y para intersecciones con flujos elevados durante períodos cortos se suelen usar factores de 0,6-0,7.

- **Condiciones del tránsito:**

Porcentaje de vehículos que realizan giros (sobre todo a la izquierda), porcentaje de camiones y autobuses (aceleran más despacio que los turismos), autobuses urbanos con paradas en alguno de los accesos a la intersección (las paradas en el acceso de salida entorpecen menos que en el de entrada siempre que no haya muchos giros a la derecha).

- **Medidas de control:**

Las señales de tráfico, así como el lugar dónde están colocadas (su visibilidad), la duración del ciclo de semáforo y la relación entre el tiempo de luz verde y el del resto del ciclo, las marcas en el carril de acceso (que determinan su anchura), pasos de peatones, etc.

2.3.4. Calidad de servicio

El nivel de servicio hace referencia a la cantidad de transporte necesaria para satisfacer la demanda mientras que la calidad de servicio refleja la manera en que ese servicio se encuentra disponible. Siguiendo estos criterios:

- Seguridad y confiabilidad.
- Flexibilidad (volumen, mercancía y ruta).
- Rapidez.
- Tiempo de viaje puerta a puerta.
- Economía de energía.
- Efectos en la comunidad y medio ambiente.

2.4. Control del tráfico rodado

Los tres objetivos principales para el control del tráfico son:

- Conseguir la máxima seguridad
- Mantener la eficiencia en la vía
- Confiabilidad del movimiento

El control del tráfico puede ser complejo en algunos casos. Es necesario asegurarse que la colisión no ocurra o que las probabilidades sean muy bajas. Asimismo, es necesario desplazar los vehículos tan rápido como sea posible minimizando las demoras. Por consiguiente, se debe conseguir una intensidad de circulación máxima con respecto a la velocidad óptima de circulación.

La proximidad entre los vehículos hace que la velocidad de circulación deba disminuir para que la seguridad vial continúe. Además de la seguridad y la rapidez está el objetivo del aprovechamiento máximo de la capacidad de tránsito. Para ello se tiene en cuenta la velocidad máxima permitida y el horario.

El proceso básico para efectuar el control del tráfico se basa en estas cuatro etapas:

1. Situación que necesite cambio en el movimiento del vehículo.
2. Detección de esa condición.
3. Variación de las fuerzas sobre el vehículo.
4. Cambio de las condiciones como la velocidad, la dirección, el sentido, etc., del vehículo.

En el control están incluidos los registros del movimiento de todos los vehículos, también implica proporcionar información para fines operacionales.

El principal problema consiste en determinar la parte del control que debe ser automática y que parte debe dejarse al operador. En algunos sistemas el operador solo puede desempeñar funciones de vigilancia, combinadas a veces con la posibilidad de anular los controles automáticos en caso de emergencia o si los planes cambian.

La creciente complejidad de los aparatos de control, las velocidades sónicas y supersónicas de algunos transportes y las densidades de tránsito hace que los problemas relativos estén en aumento. Tampoco lo facilitan las densidades limitadas frente al tiempo de reacción y la capacidad de la mente y el cuerpo humano para comprender y tomar decisiones.

El principal fin es la detección de cualquier condición que pueda requerir un cambio en el movimiento, la velocidad, la dirección, la altitud, etc., en un tiempo y distancia suficientes para evitar el peligro. Para ello se deben seguir los pasos enunciados con anterioridad.

Los tipos de situaciones que pueden requerir un cambio de movimiento son muy variados, por ejemplo, el cambio en la dirección de la vía como una curva.

Cuando se conoce previamente el tipo de peligro potencial la forma de controlarlo es más sencilla. Con ayuda de las señales de advertencia apropiadas pueden ser anunciados al conductor para evitar otros problemas.

Sin embargo, cuando se tratan de situaciones temporales la dificultad para resolver el problema aumenta. En el caso de personas cruzando una calle, cruce de vehículos o la presencia de otros vehículos en la carretera, por ejemplo. Algunas tecnologías de transporte y asignación de rutas son sometidas a diferentes variaciones y todos los movimientos de vehículos deben estar preparados para poder hacer frente a los imprevistos que puedan ocurrir.

2.4.1. Canalización

Probablemente sea la forma más utilizada para el control del movimiento de vehículos. La principal idea es la de segregar el movimiento de vehículos en categorías, de tal modo que el movimiento de vehículos sea lo más homogéneo posible. La canalización es usada en todas las tecnologías de transporte.

Se ha podido observar que la mediana instalada en las autopistas a reducido el número de accidentes más que ninguna otra invención de control de tráfico.

2.4.2. Comunicaciones

El control de operaciones moderno no puede existir sin un sistema de comunicaciones adecuado. Las operaciones actuales requieren de extensos sistemas de telefonía, radio, teletipo, etc., que aumentan su efectividad.

Actualmente, en el transporte por carreteras, los estudios van encaminados hacia los sistemas que proporcionan una información detallada al usuario para proporcionar una mayor fluidez y aprovechamiento de las vías.

Estos sistemas expertos analizan el flujo de tráfico en tiempo real por lo que el conductor tiene a su disposición toda la información sobre el estado de las vías. El ejemplo más claro, es el aumento de los dispositivos de GPS integrados en el vehículo.

Las comunicaciones se emplean para dirigir y seguir el rastro de los movimientos de los vehículos. Por ejemplo, los taxis, los vehículos de servicio y los vehículos de caga motorizada.

De esta forma se mantiene el contacto por radio con cada vehículo, anotando los movimientos en un registro y dirigiéndose hacia las tareas sucesivas, esto hace que la efectividad aumente.

2.4.3. Límites de velocidad

Los límites de velocidad son necesarios para asegurarnos la seguridad vial. Para los sistemas de ferrocarril y carreteras, esta imitación la mayoría de las veces se debe a la presencia de curvas o pendientes en la ruta, cercanías de muelles y áreas recreativas. Estas circunstancias serían inseguras a elevadas velocidades por lo que se aplican los límites de velocidad.

Estas restricciones se establecen mediante señales a lo largo de la ruta, con la antelación suficiente, para que los conductores puedan estar advertidos de las restricciones y que tengan tiempo suficiente para disminuir la velocidad. A su vez, las señales de precaución indican la mayor probabilidad de encontrarnos con condiciones peligrosas.

Tanto el control del movimiento de vehículos como el de la velocidad son aplicados para asegurar que un vehículo no colisione con otro viajando en la misma vía. En los cruces esto es un problema importante para la seguridad.

El segundo vehículo debe mantener una distancia de seguridad y una velocidad tal, que pueda parar, o desviarse en el tiempo necesario para evitar al primero. Así el término control de seguimiento es aplicado para cubrir esta situación.

El término de seguimiento de comportamiento se utiliza en el caso donde la conducta humana es un elemento para el control del vehículo y proceso de decisión. Para no provocar ninguna colisión, cada conductor debe tener en cuenta la posición y la velocidad del vehículo que le precede.

2.5. Estudio y planificación del tráfico rodado

2.5.1. Estudio del transporte: Aforos

2.5.1.1. *Objetivos de los aforos*

La evaluación de los movimientos que se originan es uno de los primeros pasos para el estudio del tráfico. Para ello hay que medir el número de vehículos que pasan por un determinado carril en un intervalo de tiempo. Por ello, todos los aforos van encaminados a conocer aspectos importantes de demanda de tráfico, por ejemplo, la intensidad, la composición, etc.

Los principales objetivos son los siguientes de manera reducida:

1. Comparación sobre bases objetivas entre unas vías y otras, a los efectos de cualquier programa de actuación.
2. Justificación de las inversiones en las que el tráfico es una variable.
3. Determinación de las características físicas de las vías, especialmente en los cruces de acuerdo con las necesidades del tráfico.
4. Establecimiento de señalización fija o automática.
5. Asignación de tráfico a nuevas vías.

6. Elemento de investigación.

De los datos de aforo en una vía se pueden obtener muchas de las variables relacionadas con el tráfico que se desarrollado anteriormente como son: IMD (intensidad media diaria anual), las intensidades horarias, la composición del tráfico, la distribución por sentidos, los movimientos de giro y la intensidad de tráfico de peatones.

2.5.1.2. Técnicas de aforos

Los aforos se realizan tanto manual como automáticamente. La utilización de un método u otro viene condicionada por dos aspectos, los medios disponibles (principalmente económicos) y los resultados que se pretenden.

Los **aforos automáticos** no son útiles en ciertas situaciones:

- Para estudiar el movimiento del giro.
- Para estudiar la composición del tráfico.
- Las condiciones físicas de la vía impiden la instalación de contadores automáticos.

Los **aforos manuales** se realizan con dificultad si:

- Las intensidades horarias son elevadas.
- Se requiere un conocimiento continuo de la intensidad.

Aforos manuales:

En estos aforos un observador anota el paso de cada vehículo rellenando un formulario especial o sobre unos contadores manuales montados sobre las bandejas especiales. Cada vez que un vehículo realiza el movimiento elemental que se está aforando o estudiando se anotan.

Para que estos aforos sean útiles, deben suministrar información más completa durante cortos periodos de tiempo. Es necesario tener personal cualificado para los puestos y la mantención de la información de forma permanente conlleva un alto coste y dificultad.

En el caso de que la intensidad horaria sea elevada, se requiera información de manera simultánea o de muchos tipos de vehículos es necesaria la actuación de varios observadores.

Si se pasa de los 800 vehículos/hora, es posible que el observador no sea capaz de clasificar de forma adecuada los vehículos. En ocasiones, se realizan en periodos cortos, de duración menor a 15 minutos, de esta forma un observador puede en una hora recoger datos de varios movimientos distintos.

Aforos automáticos

Estos aforos no son útiles a la hora de estudiar movimientos de giro o la composición del tráfico. Sin embargo, son muy útiles cuando la intensidad horaria del tráfico es elevada.

Los equipos empleados para realizar estos aforos son:

- **Contadores automáticos:** han sido utilizados hasta hace pocos años y consistían en un proceso acción-reacción. El vehículo al pisar un tubo neumático extendido sobre la calzada transmitía un impulso que cerraba un circuito eléctrico (neumáticos) y acumulaba el número de vehículos que lo cruzaban.
- **Totalizadores:** son sistemas similares al anterior, pero en este caso, van acumulando todos los impulsos que reciben.
- **Registradores:** funcionan con un sistema similar solo que sobre una cinta se imprime el número de vehículos que pasan en un cierto tiempo, está basado en un sistema de relojería. Son los más utilizados, pero también son los más caros. Algunos registran gráficamente el paso de vehículos.
- Otros sensores más complejos que se han extendido últimamente son los de **presión, electromagnéticos, electrónicos o los fotoeléctricos.**

El principal objetivo es contabilizar el número de vehículos que pasan por la calzada, pero son utilizados cuando el objetivo no es sólo el aforo sino también para el control electrónico de un cruce o la sincronización de los semáforos.

En específico, en el Plan Regional de Aforos de la Junta de Castilla y León, la Dirección General de Carreteras e Infraestructuras desarrolla cada año un estudio detallado del aforo por provincias. Con el objetivo de conocer la forma, composición y evolución del

tráfico en la red viaria para obtener datos relevantes para el estudio de las carreteras.

De estos datos se pueden obtener la IMD (Intensidad Media Diaria), las intensidades horarias, la composición del tráfico y la distribución por sentido, entre otras.

Utilizan métodos de conteo automáticos instalados en la sección de la vía los cuales registran el paso de vehículos. En específico los sistemas son:

- **Los bucles de inducción magnética:** detectan el paso de un vehículo cuando atraviesa el campo de inducción creado por las espiras insertadas en el pavimento.



Ilustración 8 Toma de datos mediante espiras

Fuente: Urbanismo y Transporte. Núñez, S. A. (2016, 31 octubre)

- **El tubo neumático** (explicado anteriormente).
- **Los equipos radar:** utilizan el efecto Doppler mediante el cual detectan el paso de los vehículos por la emisión de ondas electromagnéticas. No es un sistema intrusivo y se puede instalar fuera de la calzada para no alterar el pavimento.

También se utilizan aforos manuales con personal cualificados.

Gracias a la obtención de los datos, nos describen más fácilmente la intensidad de tráfico en algunas vías como por ejemplo en la carretera de Zamora entre El Piñero y Casaseca de las Chanas.

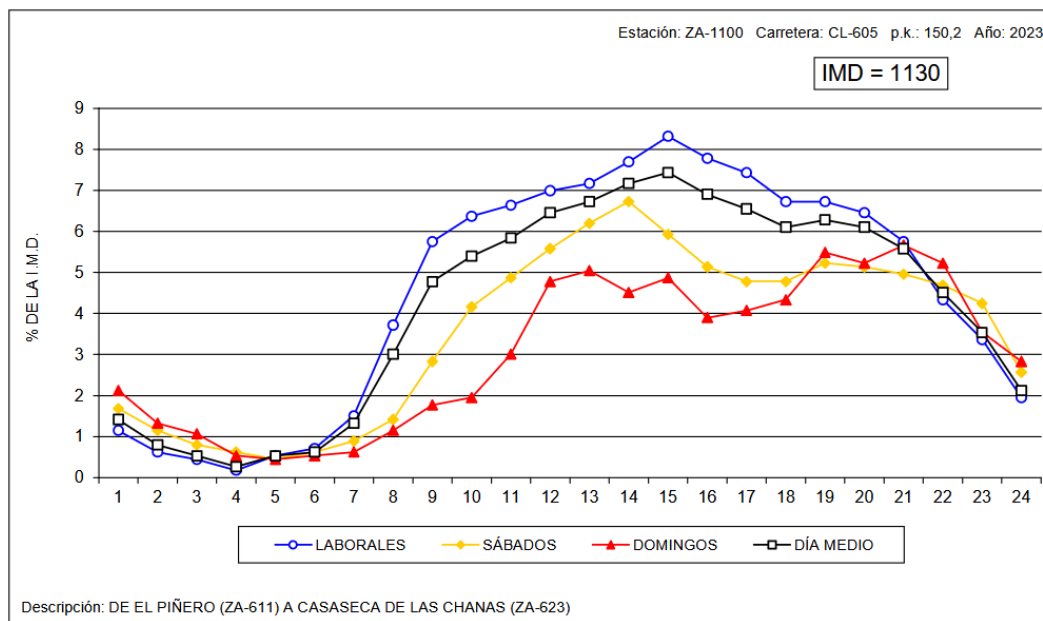


Ilustración 9 Variación horarias del tráfico

Fuente: Memoria del Plan Regional de Aforos, Año 2023

2.5.1.3. Aforos en zonas urbanas

Se pueden apreciar muchas diferencias entre las vías urbanas y suburbanas, como es lógico. Los ciclos anual y diario son más uniformes, la saturación es más frecuente, las intersecciones están más próximas y la distribución por sentidos es casi siempre más equilibrada.

En las ciudades en los estudios de los aforos se le da más importancia a la intensidad en la hora punta que la IMD. Esto se realiza con la intención de solucionar los posibles problemas ocasionados con el aumento de la densidad de vehículos.

El Plan de Aforos en una zona urbana tiene las siguientes etapas:

1. Definir el sistema viario que constituye la red a aforar. En años sucesivos se completa el plan inicial.
2. Establecimiento de al menos una estación permanente para definir las variaciones del tráfico, y en ciudades importantes, al menos cuatro estaciones permanentes o de control para definir los ciclos.
3. Realización de programas de aforos de cobertura con una duración de 24 o 48 horas que cubra el conjunto de la red a

estudiar. Es suficiente con la ubicación de este tipo de estaciones en los tramos de la calle comprendidos entre intersecciones de importancia; aun así, es necesaria una estación de aforo cada 2 a 4 km de calles.

En ocasiones la dificultad para representar el movimiento de cada vehículo es complicado porque hay movimientos que son prácticamente imposibles de medir mediante la utilización de aforos simples. En casos más complicados se recurre a las **encuestas**.

Uno de estos procedimientos es la anotación de las matrículas de los vehículos que entran y salen de la intersección. Hasta 500 vehículos/hora pueden ser registrados por dos operarios, si hay de 500 a 1.000 se utilizan cintas magnetofónicas y si supera los 1.000 veh/hora la toma de datos es prácticamente imposible. El proceso de toma de datos resulta complicado y se estima que son necesarias dos personas día por cada 1.000 vehículos. Si se realiza con ordenador se resuelve con un programa sencillo.

En intersecciones complicadas, pero sin gran intensidad de tráfico, se pueden realizar encuestas parando a los conductores en alguno de los accesos y realizando aforos en todos ellos. Está claro que este método no es válido para zonas céntricas con gran intensidad, por su difícil aplicación.

Las principales variables que intervienen a la hora de aforar una intersección son:

- Intensidad de tráfico.
- Composición.
- Número y disposición de los ramales.
- Espacio disponible y condiciones de observación para hacer los aforos.
- Distancia recorrida por los vehículos dentro de la intersección.

2.5.2. Planificación del transporte

Teniendo en cuenta el nivel en el que se lleve a cabo la planificación del transporte y el tipo de necesidad que se desea satisfacer, surgen diferentes problemas y los procedimientos pueden variar.

El principal objetivo de la planificación es cubrir la demanda de servicio de transporte sin perder seguridad, la rapidez en todo clima y que sea confiable desde el punto de vista del volumen y tipo de mercancías específicas. Todo ello sin dejar de lado que debe tener un coste adecuado.

Como metas generales está satisfacer la necesidad reconocida determinando el nivel de servicio para la demanda estimada.

Las metas inherentes son la capacidad adecuada, con la rapidez, relacionada con la frecuencia de servicio y accesibilidad. Con el objetivo de elegir una calidad de servicio apropiada.

La meta adicional, asegurándose de que todos los usos propuestos del suelo y los núcleos humanos tengan accesibilidad humana.

Teniendo en cuenta estas metas, los problemas que se presentan son los siguientes: definir las características de la demanda, selección de la modalidad, efectos en los valores y medio ambiente.

Para la definición de la demanda, hay que determinar las fuentes generadoras de tráfico y cuantificar su potencial suministro de viajeros y carga; es preciso determinar la distribución del tráfico, las toneladas de carga, el número de viajeros y vehículos que se llevarán al punto de destino y las modalidades y rutas que se van a emplear para ese fin.

Para la selección de la modalidad, intervienen factores tecnológicos y de coste. La modalidad elegida deberá ser la que ofrezca el grado máximo de utilidad, es decir, la que más convenga a la tarea que se trate; la que sea capaz de proporcionar un servicio del nivel y calidad requeridos a un coste económico-social y ambiental aceptable. La demanda se relaciona con la calidad de servicio.

El grado de utilidad mide las posibilidades de una modalidad para dar servicio de acuerdo con los objetivos de la planificación. Es función de las características técnico-económicas de la modalidad.

Utilidad frente a tecnología, observar, relacionando con el coste, las siguientes características: resistencia a la propulsión, relación entre carga útil y peso muerto, fuerza de propulsión, eficiencia térmica, respuesta a pendientes, flexibilidad, seguridad, rapidez,

capacidad, efectos en el medio ambiente, contaminación, confiabilidad, necesidades de energía, etc.

El **coste del combustible**, la economía del combustible es una de las partidas principales en los gastos de operación de los medios de transporte. En la economía existe la necesidad de obtener el mayor número de kilómetros por cada tonelada de combustible.

El **coste inicial de construcción**, es decir, de capital, tiene una importancia fundamental en la elección de la modalidad. Los costes pueden ser excesivamente altos para algunas modalidades.

2.5.2.1. *Etapas de la planificación*

La planificación y ejecución de los planes suele seguir un patrón de acuerdo con las siguientes etapas. Estas etapas son flexibles en relación con el proyecto en específico.

1. **Reconocimiento de la necesidad:** la necesidad puede ser actual o puede no apreciarse fácilmente. Se deben estudiar las necesidades presentes y futuras.
2. **Metas de la planificación:** la planificación debe estar dirigida hacia un propósito específico y con una dirección concreta, por lo tanto, hay que establecer unos objetivos con valores comunes. También hay que especificar los medios que serán necesarios para llegar a completar los objetivos.
3. **Objetivos de la planificación:** representan la dirección en que la demanda desea moverse. Los objetivos están diseñados para conseguir las metas y los criterios cuantifican los objetivos.
4. **Análisis de la demanda:** la información se extrae de los estudios de demanda a partir de ellos se puede proceder a la planificación. Las cargas de tránsito que ha de soportar el sistema son en función del uso del suelo y de la población.
5. **Proyecciones:** una vez determinada la demanda, el tráfico se distribuye entre rutas y modalidades de transporte existentes. Se compara la capacidad con la demanda y se observa si existe un exceso o falta de capacidad en el momento actual. A continuación, se realiza la elección de modalidades. La demanda del tráfico se enfoca al futuro, se

asignan las rutas y se anotan de nuevo los excesos o las deficiencias de capacidad.

6. **Diseño de soluciones:** Considerando todas las soluciones posibles y desarrollando con más detalle las dos o tres que resulten más prometedoras.

Selección de modalidad, diseño y ubicación de la red. Nivel de servicio que se espera dar y el coste económico de cada alternativa. Evaluando también las consecuencias sociales y medioambientales.

7. **Evaluación de alternativas:** Se evalúan aquellas seleccionadas para su análisis detallado. Se deben considerar en la evaluación: la utilidad o efectividad de las soluciones alternativas, calcular el coste económico de cada una, así como los costes sociales y ambientales y consecuencias significativas de cada solución alternativa. La aceptabilidad por parte del público es un criterio muy importante.

8. **Presentación:** Los planes que se recomiendan y las alternativas viables se presentan al correspondiente Consejo de Planificación. El cuerpo de planificación solamente toma decisiones de manera excepcional. Conviene incluir los métodos de financiación que se sugieren.

9. **Ejecución del plan:** cuando el plan ya está aprobado y autorizado, se establecen los métodos de financiación que permitan preparar los planos y los diseños finales, la adquisición del terreno, la presentación de presupuestos y la construcción. Concluyendo con la etapa final: la operación.

Existe una interrelación entre todas las etapas contando con una coordinación muy estrecha. En la planificación inicial se puede determinar que el proyecto no se justifica o que es imposible llevarlo a cabo. Esto permite minimizar el gasto innecesario de recursos y esfuerzos.

2.5.2.2. *Concepto de coste*

Habitualmente, el coste de proporcionar o la obtención de servicios de transporte determina la elección definitiva del tipo de transporte, salvo cuando prevalecen tecnologías restrictivas.

La ingeniería de Organización es una modalidad dirigida al enfrentamiento de manera constante del problema de elección de las prácticas tecnológicas cuyo resultado conlleve un coste mínimo.

El coste como concepto es muy amplio e implica numerosos sectores que influyen en la elección de la alternativa a seguir. Seguidamente, se tratan distintos tipos de coste y su importancia en la planificación del transporte.

Costes de capital y de operación

Coste de capital: lo que cuesta obtener la planta y el equipo iniciales, las ampliaciones y mejoras a esas instalaciones. Desglosamos estos costes en inversiones en ruta y estructura e inversiones en equipo.

Los costes de operación son los de manejo del negocio de transporte. Se dividen en:

- **Mantenimiento de la ruta:** conservación de carreteras, vías férreas, pavimentos, capas de apoyo, tuberías, puertos...
- **Mantenimiento del equipo:** conservación del equipo motriz y rodante.
- **Costes de transporte:** son en los que se incurre al llevar a cabo el transporte como son, el combustible, la energía, los sueldos de las tripulaciones, costes de terminal y sueldos de quienes dirigen el movimiento de los vehículos.
- **Costes de tráfico:** son los de solicitud de carga, publicidad, publicaciones de tarifas y administración.
- **Costes generales y diversos:** gastos de oficina, de asesoría legal y contabilidad, sueldos de los funcionarios generales y su personal.

Costes fijos y variables

Los costes se pueden clasificar de estas dos formas:

- **Costes fijos:** son aquellos que tienen poca o ninguna relación con el volumen de tráfico e incluso se puede incurrir en ellos cuando no se mueve tráfico alguno. A los costes fijos se les llama también costes indirectos.

- **Costes variables:** son aquellos que fluctúan con las variaciones del tránsito. A los costes variables también se les llama costes directos.

Los costes fijos y variables se relacionan con el tiempo de esta forma:

- **Corto plazo:** periodo suficientemente corto, como para que la capacidad permanezca fija.
- **Largo plazo:** periodo suficientemente largo para que se produzcan cambios en la capacidad.

Si estamos a corto plazo, un aumento del volumen de negocio da lugar al aumento de los costes variables o directos, mientras que a largo plazo un aumento del volumen de negocio puede dar lugar a un aumento de los costes de capital fijos y variables. Es decir, los costes fijos aumentan con los costes de capital y mantenimiento de las nuevas instalaciones, y los costes directos totales pueden aumentar también.

Costes directos e indirectos

- **Costes directos:** son atribuibles a una operación individual. Son los llamados costes en efectivo.
- **Costes indirectos:** son aquellos en que se incurre debido a la operación de la modalidad de transporte. Solo son asignables a una operación individual, mediante un método de distribución contable más o menos arbitrario.

2.5.2.3. Encuestas para el estudio de la demanda

Para profundizar en el conocimiento real de la demanda del transporte se utilizan las encuestas, analizando sus características y objetivos, así como su relación con otros factores socioeconómicos.

El fundamento de las encuestas de transporte se fundamenta en el hecho comprobado de que los viajes realizados por un determinado grupo de personas se repiten con gran similitud día a día. Las encuestas tratan de identificar la forma en que, durante un día típico, una muestra representativa de cierto grupo de personas realiza sus viajes cotidianos.

No se trata de conocer opiniones ni de realizar preguntas hipotéticas, sino de recoger, clasificar y analizar convenientemente hechos probados de cuya consideración objetiva se deducen los resultados de la encuesta.

Tipos de encuestas:

Se diferencian en la forma en la que se realiza.

- Encuestas que se realizan en la **vía pública**, deteniendo a todos o a una parte de los vehículos que utilizan una calle o carretera determinada. Generalmente están orientadas a obtener información de viajes de vehículos.
- Encuestas **a domicilio**, mediante entrevistas con una o varias personas que residen en una misma vivienda. Orientadas a obtener información de viajes de personas, cualquiera que sea el medio de transporte utilizado.
- Encuestas **bajo formularios**, por tarjetas o impresos entregadas directamente o por correspondencia, orientadas según en qué casos a viajes de vehículos o personas.
- Encuestas por **entrevista con fines específicos**, como son las realizadas para estudios de estacionamiento o para determinar índices de atracción de viajes hacia determinados centros de actividades.

Por otro lado, las encuestas también se podrían clasificar como:

- **Internas**: estudian el tráfico dentro de los límites de un área urbana.
- **Externas**: estudian la conexión de un núcleo con el entorno exterior, en general analizando el tráfico que cruza el anillo que lo rodea.

Encuestas origen-destino en la vía pública:

El objeto fundamental es conocer el origen y destino de los viajes de los vehículos y algunas características de sus desplazamientos, tales como objetos, longitudes de los viajes y ocupación de los vehículos. Existen diferentes tipos:

Para estudiar el tráfico entre la ciudad y el exterior, así como el recorrido interno que hacen los viajes con un extremo fuera de la ciudad. Las estaciones de control se sitúan alrededor de la ciudad o área urbana.

Para conocer las características de los viajes que la cruzan, en muchas ocasiones como comprobación de los resultados obtenidos en una encuesta a domicilio. Se realiza estableciendo una pantalla a través de la zona en estudio.

Para estudiar los desplazamientos de vehículos que efectúan recorridos largos. Con estaciones de control que cubran extensas superficies.

Las encuestas pueden servir para estudiar puntos concretos, o cruces difíciles que no pueden abordarse con simples aforos, por efectuarse dentro de ellas movimientos complicados, difíciles de observar a simple vista.

Encuestas origen-destino a domicilio:

La entrevista debe recoger toda la información correspondiente a los viajes realizados por cada miembro de la familia o residente en la vivienda mayor de 5 años, en un día determinado, cualquiera que sea el medio de transporte utilizado.

Presentan las siguientes características:

- Es un sistema de información relativamente costoso, pero proporciona datos muy completos y fiables.
- La información es completa en cuanto a los viajes generados, es decir, aquellos en que uno de sus extremos coincide con el domicilio.
- También se puede tener información de los viajes no generados, pero necesito información complementaria: encuestas de aparcamiento, de pantalla o de grandes centros de atracción de viajes.
- Los viajes no generados en los domicilios tienen una importancia pequeña en el conjunto del área urbana - información generalmente cerca del 20%-. Aunque en las zonas céntricas puedan representar un porcentaje considerable de los desplazamientos totales.
- Es fundamental obtener de la encuesta datos que permitan relacionar la demanda del transporte con los factores socioeconómicos y de localización correspondientes al área urbana que se estudia.

Se trata en estas encuestas, de obtener correlaciones entre demanda de transporte y factores socioeconómicos en especial datos referentes al uso del suelo.

Otros tipos de encuestas:

Encuestas por tarjetas o correspondencia: Consiste en entregar directamente o enviar por correo unos cuestionarios referentes a las materias que interesa conocer, y que en general se refieren a los desplazamientos realizados durante un día.

Encuestas a determinados tipos de vehículos:

- Vehículos comerciales: los resultados más interesantes de estos estudios suelen ser los que relacionan los viajes con el uso del suelo en el destino, que permiten caracterizar los factores de atracción.
- Taxis: los resultados son interesantes por la gran presencia de estos vehículos en el centro de las grandes ciudades.

Encuestas de estacionamiento: estas encuestas presentan las siguientes características:

Pretenden conocer la situación que existe en un cierto momento y en una determinada zona en cuanto al estacionamiento.

Pueden estar orientadas:

- A encontrar una solución a un problema concreto en una zona; se utilizarán estudios de inventario y estudios que determinan el uso del estacionamiento.
- A obtener una información de base, para aplicarla a otro problema, actual o futuro, que tiene cierta analogía con el estacionamiento; se utilizarán muestreos, siendo más importante recoger aquellos datos que relacionan la demanda de estacionamiento con el uso del suelo, con el objeto de los viajes realizados por los vehículos estacionados y con la duración del propio estacionamiento.

2.6. Tráfico no rodado: movilidad urbana

En una ciudad como Zamora, de un tamaño pequeño y núcleo denso, más del 50% de la movilidad es peatonal. Este transporte peatonal es lo más fácil en el centro porque las calles son estrechas y los sitios establecidos para los aparcamientos de vehículos en el centro están restringiéndose.

Debido a que los peatones suponen un movimiento mayoritario se propone que tengan la importancia que requieren tanto en el espacio como en el tiempo.

La aparición de horas punta en el tráfico rodado aumenta el porcentaje de desplazamientos peatonales, así como la existencia de un centro con múltiples usos y servicios. Por otro lado, una alta capacidad económica favorece la movilidad del tráfico rodado.

En zonas urbanas la mayoría de las calles son utilizadas conjuntamente por peatones y vehículos, lo que hace indispensable el estudio del binomio peatón-automóvil para poder proyectar infraestructuras acordes a ambos grupos.

2.6.1. Aspectos iniciales

El movimiento con un vehículo suele estar asociado a la consecución de un fin si bien, la movilidad peatonal puede tener un fin meramente recreativo.

La demanda para realizar esta actividad puede ser una mera manera placentera o en otras ocasiones una demanda de carácter deportivo.

El principal dilema es la falta de espacio y de continuidad en su trazado. La movilidad peatonal tiene una característica importante y es que el movimiento no está normalizado por lo que su estudio es complicado.

Los peatones tienen permitida la movilidad sin una norma concreta, sino siguiendo simplemente un interés propio individual. Esto se debe tener en cuenta a la hora de diseñar el espacio para ofrecer a cada uno de los peatones espacio suficiente para realizar movimientos adicionales.

Los movimientos de los peatones se evalúan mediante el cálculo del Nivel de Servicio debido a que disponen de libertad de movimiento, velocidad y circulación agrupada. A la hora de moverse, no todos los peatones circulan a la misma velocidad. Incluso un mismo peatón puede circular a distinto ritmo dependiendo del tiempo. Por ello, la velocidad no será uniforme y se tendrá que dar respuesta a todos.

2.6.2. Análisis del nivel de servicio

En el análisis del nivel de servicio debemos definir las variables de partida. Los criterios que siguen los peatones son fundamentales a la hora de establecer un nivel de servicio. Los dos principales son la facilidad del movimiento y la percepción del entorno, es decir, una valoración personal del entorno en el que se mueven.

Las variables cuantitativas con las que trabajaremos con el sistema son:

- La velocidad peatonal es el espacio recorrido por un peatón en la unidad de tiempo. Es decir, es la velocidad de marcha peatonal media. Como existen diferencias claras entre los distintos tipos de peatones, la velocidad no se puede considerar uniforme y por ello se tiene en cuenta la velocidad media.
- La intensidad se mide con el número de peatones dividido entre la unidad de variación de este flujo. Generalmente es utilizada en periodos de tiempo cortos, de 15 minutos. Cuando la anchura de los espacios peatonales varía no solo se hace por unidad de tiempo, sino que también se realiza por unidad de superficie.
- La densidad por la falta de canalización lo hacemos asignando a cada peatón una superficie.

2.6.3. Movilidad en bicicleta

En el contexto europeo, la movilidad en bicicleta ha avanzado de manera significativa en las últimas décadas. Llegando a ser un pilar fundamental en el desarrollo sostenible de las ciudades. En muchas regiones de Europa, como pueden ser Holanda, Dinamarca o Alemania, la bicicleta no se asocia únicamente a una alternativa de ocio, sino que es considerada un medio de transporte con el que se contribuye a la reducción de la dependencia del automóvil y a la mitigación de los problemas como la contaminación y el tráfico.

Se ha observado un interés creciente en la planificación de las infraestructuras que favorecen el uso de la bicicleta, como en políticas públicas que promueven la movilidad activa y sostenible. Por ejemplo, el proyecto Eurovelo 7, que alberga una extensión de 7.700 km, con el objetivo de interconectar rutas ciclistas en toda Europa y fomentar el turismo sostenible a través del uso de la bicicleta (Iritano et al., 2023).



La ruta EuroVelo 8, es conocida como la Ruta del Mediterráneo

Ilustración 10 EuroVelo rutas ciclistas europeas

Fuente: ECF - European Cyclists Federation,

y se extiende a lo largo de 5.000 kilómetros a través de varios países europeos. Esta ruta incluye las ciudades de España, Francia, Mónaco, Italia, Eslovenia, Croacia y Grecia. Su diseño está centrado en el uso de infraestructuras de ciclismo sostenible. EuroVelo 8 es capaz de conectar diversas culturas y países a lo largo de su recorrido. Estudios han mostrado que las rutas ciclistas pueden actuar como un catalizador para la revitalización de las comunidades y la educación sobre sostenibilidad,



Ilustración 11 EuroVelo 8 Fuente:Comunitat Valenciana

La movilidad en bicicleta en España ha adquirido una relevancia creciente en el contexto urbano, impulsada por múltiples factores

que abarcan la sostenibilidad, el bienestar social y la cultura del transporte. Este fenómeno se ha manifestado a través de la implementación de políticas públicas y la infraestructura necesaria para facilitar su uso, así como de un cambio en la percepción social hacia este medio de transporte.

La creciente sensibilización sobre la salud y el medioambiente ha llevado a un aumento significativo de ciclistas en zonas urbanas, destacando la necesidad de infraestructura adecuada como carriles bici y sistemas de bicicletas públicas, que permitan un uso más seguro y accesible de la bicicleta.

En los lugares donde no es posible la fabricación de un carril bici por el escaso espacio o no existe un presupuesto acorde, una solución intermedia son los carriles de coexistencia, ideados para la correcta convivencia de las bicicletas con los automóviles.

2.6.3.1. Carril bici: carril exclusivo para bicicletas.

El carril bici es una infraestructura urbana diseñada con el objetivo de fomentar el uso de la bicicleta como medio de transporte. Se define como el espacio segregado o compartido dentro de la vía pública creado específicamente para el tránsito de ciclistas, garantizando su seguridad y eficacia en la movilidad urbana. La implementación de carriles bici es una medida clave para la promoción de la movilidad sostenible en muchas ciudades. Por ejemplo, Sevilla se posiciona como una ciudad referente en movilidad ciclista a nivel nacional e internacional. Destacando por la construcción de una amplia red de carriles bici (Herrador & Marques, 2017).



Ilustración 12 Carril bici de la Carr. de la Aldehuela, Zamora

Fuente: Elaboración propia

Para que la circulación ciclista fluya de forma cómoda y segura, son necesarias unas **dimensiones mínimas** que tengan en cuenta, además del espacio que un ciclista necesita para desplazarse, es espacio necesario para hacer otras maniobras como la de adelantamiento, la circulación en paralelo y la disminución del riesgo al producirse los cruces. Las tres dimensiones que se deben considerar son la anchura, el radio de giro y la pendiente:

- **Anchura:**

La anchura mínima va a estar determinada por el espacio ocupado por el conjunto cuerpo-vehículo y sus desplazamientos durante el pedaleo. El conjunto bicicleta-ciclista varía dependiendo de ambas dimensiones. Por regla general son aceptables anchuras de 0,75 metros, alturas de 2 metros y longitudes de 1,90 metros.

Además de estas medidas, también se debe tener en cuenta la desviación de la trayectoria necesaria para corregir la inestabilidad de la bicicleta. A velocidades normales de circulación entre 15 y 30 km/h, la desviación máxima en línea recta es de 12 centímetros.

Es decir, está determinado que una sección total ocupada por un ciclista en marcha está alrededor de un metro de ancho. Además, se debe tener en cuenta si se trata de una vía unidireccional o bidireccional. Un ancho entre 2 y 2,5 metros es preferido en áreas con alto volumen de tráfico ciclista para favorecer la comodidad y reducir el riesgo de accidentes (Araujo, 2019).

En ciudades como Alcalá de Henares se ha observado que la planificación y el diseño de los carriles bici no cumplen con las dimensiones recomendadas y recogidas en la Ley de Seguridad Vial, no ha atendido adecuadamente a las necesidades de los ciclistas. Con una oferta insuficiente en características como las dimensiones y la calidad. Estos problemas pueden conllevar a una disminución de la demanda debido a la percepción de una baja seguridad y comodidad entre los ciclistas (Lucena, 2018).

- **Vías unidireccionales:** la dimensión mínima debe ser de 1,50 metros de ancho libre. Algunos estudios señalan que la comodidad deseada se alcanza con 2 metros teniendo en cuenta la circulación en paralelo de dos bicicletas y los adelantamientos.
- **Vías bidireccionales:** se debe tener en cuenta el espacio necesario para que dos ciclistas se crucen de una manera

cómoda y sin riesgos para ello se necesita como mínimo 2,25 metros de ancho. Prefiriendo 2,50 metros para que el cruce entre bicicletas se realiza de manera adecuada y segura.

- **Uso compartido:** los carriles busbici deben tener un sobre ancho entre 0,5 y 1,25 metros siendo la anchura total no inferior a 4 metros. Las vías para peatones y ciclistas de uso compartido son de al menos 3 metros de anchura.



Ilustración 13 Carril bici de uso compartido peatón-ciclista

Fuente: Elaboración propia

Las **dimensiones laterales de seguridad** en los carriles bici son elementos cruciales para garantizar la protección y el confort de los ciclistas. A su vez, minimizan el riesgo de conflictos y accidentes con otros usuarios de la vía. La normativa establece directrices sobre estos márgenes de seguridad, que deben ser considerados tanto a los lados de los carriles bici como en los cruces y zonas de intersección.

Un aspecto importante es la necesidad de mantener un espacio lateral seguro que separe los carriles bici del flujo vehicular. En general, se recomienda un margen mínimo de 0,5 metros en cada lado del carril bici. Este espacio permite que los vehículos se aproximen demasiado, siendo fundamental en vías donde la separación física entre el carril bici y el tráfico es escasa o inexistente.

Con respecto a la circulación motorizada, debemos establecer una distancia de 0,75 metros cuando los vehículos no excedan la velocidad de 50 km/h y de 1,05 metros cuando los automóviles

superan dicha velocidad. Los resguardos serán de 0,5 y 0,8 metros respectivamente.

Si el obstáculo de la vía es continuo como una pared la distancia de seguridad será de 0,75 metros o en el caso de que este obstáculo sea una valla será de 0,8 metros como mínimo. En el caso de que el carril discorra junto a una banda de aparcamientos en línea debe mantener una distancia con el bordillo de 0,8 metros como mínimo para que se pueda abrir las puertas del automóvil sin problemas. Actuando de igual manera en el caso de aparcamientos en batería para que la parte delantera del vehículo no invada la vía.

Si la vía ciclista transite junto a un talud, es aconsejable mantener una distancia de seguridad entre 0,60 y 1,5 metros según la pendiente del talud y dependiendo de los elementos de protección (Dirección General & Junta de Andalucía, s.f.).

- Radio de giro:

Para velocidades de 20 km/h se recomienda la utilización de un radio de giro de 9,98 metros. Si el radio de giro es inferior a 3,18 metro para salvar algún obstáculo o intersección se debe señalar como curva peligrosa y no rebasar los 10 km/h.

Cuando el radio es menor a 2 metros se debe asegurar que el ciclista baje del vehículo montando algún dispositivo.

- Pendiente:

En el caso de que las pendientes sean demasiado elevadas, los ciclistas deben hacer un esfuerzo que hace menos cómoda y, a su vez, menos atractiva la utilización de estas vías ciclistas. La distancia de esta debe ser menor a medida que aumenta la pendiente.

Para pendientes entre un 2 y un 5% es valor de la longitud máxima oscilará entre 500 y 80 metros, respectivamente. En ocasiones especiales las pendientes pueden llegar a ser superiores, pero en tramos de muy corto recorrido, menores a 30 metros. Si se tiene que construir una rampa para esquivar obstáculos y bordillos las pendientes deben ser como máximo entre 20-25%.

2.6.3.2. *Ciclocarriles: Carriles de coexistencia*

Un ciclocarril, es también conocido como carril de coexistencia o cicloavía. Se trata de una infraestructura vial diseñada para el tránsito seguro de ciclistas y vehículos a motos en el mismo espacio. El concepto de ciclocalle designa lo mismo, pero en este caso solamente con un sentido y un carril.



Ilustración 14 Señal de precaución por cicloavía en Zamora

Fuente: Elaboración propia

El diseño de estas infraestructuras puede variar dependiendo de las características de la vía introduciendo en la mayoría de los casos señales advirtiendo de su presencia y promoviendo un uso adecuado y seguro. Limitando la velocidad máxima a los automóviles y dando la preferencia a las bicicletas. Esto se realiza con el objetivo de que la diferencia entre ambas velocidades sea la menor posible y limite el peligro de accidentes.

Las bicicletas tienen permitida la circulación por el medio del carril teniendo los automóviles que la quieran adelantar que desplazarse al otro carril para dejar la distancia de seguridad lateral recomendada.

Muchos municipios optan por esta solución dado que es más viable, rápida y económica que realizar carriles bici. Las alteraciones de la calzada son mínimas y no se tienen que hacer obras.

2.6.3.3. *Pautas que seguir para una buena movilidad ciclista*

Con el objetivo de promover una movilidad ciclista en las ciudades, es fundamental el establecimiento de unos criterios básicos que permitan asegurar la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de las infraestructuras diseñadas para este fin.

En primer lugar, **la seguridad** es lo más importante. Por ello, se deben crear infraestructuras adecuadas y con el mantenimiento necesario para reducir el número de accidentes y aumentar la cantidad de ciclistas.

Se debe tener en cuenta que en los ciclocarriles, a medida que la velocidad de los automóviles aumenta, los ciclistas corren un mayor riesgo. Por lo que se deben implantar medidas de protección o la segregación del tráfico.

Las infraestructuras deben cubrir las necesidades de los ciclistas para ello deben tener un pavimento que no resbale y que tenga buena sujeción. Para ello se debe implementar un sistema de drenado para que no existan charcos. Además, se debe tener en cuenta la seguridad del peatón dejando una buena visión (sin obstáculos) a los ciclistas.

Por otro lado, la vía debe ser **cómoda y atractiva** para los ciclistas. Disminuyendo las pendientes, aportando una buena iluminación y señalización. Sin olvidar en ningún momento los trabajos de mantenimiento en mayor medida cuando en zonas arboladas y con jardines. Para que la vegetación no invada los carriles.

La **interconexión** de las vías es importante, debido a que deben concebirse como una red con todos los tramos conectados entre sí. Nunca se deben tomar como piezas sueltas e inconexas. Considerando de prioridad los caminos más cortos evitando curvas y cambios de acera.





CAPÍTULO 3: LA MOVILIDAD CON BICICLETA ELÉCTRICA

3. Estudio de la movilidad con bicicleta eléctrica.

En los últimos tiempos, el uso de las bicicletas eléctricas ha ido elevándose hasta consolidarse como una alternativa sostenible del transporte. Ha sido diseñada con el objetivo de descongestionar el tráfico, minimizando la contaminación ambiental y promoviendo una vida activa. Se ha observado que las bicicletas eléctricas requieren menos esfuerzo físico que las tradicionales, pero, aun así, siguen haciendo que las personas que las usan tengan una mejor salud. Este capítulo tiene como objetivos analizar su funcionamiento y los beneficios y limitaciones con los que cuenta.

El coste de las bicicletas eléctricas no es elevado en comparación con otros medios de transporte y su mantenimiento es sencillo, a la vez que mejoran la salud de los usuarios.

Durante los últimos años, se han vendido más de 150 millones de bicicletas eléctricas sobre todo en China y en otros países asiáticos. Con un incremento de ventas alrededor de un 8,2% anual (Hung, 2020).

3.1. Tipos de bicicletas eléctricas

Las bicicletas eléctricas se clasifican en tres tipos: las bicicletas eléctricas puras, con pedaleo asistido y una combinación de ambas.

- Las **bicicletas eléctricas puras** se impulsan mediante un motor sin necesidad de pedaleo, funcionan como una moto eléctrica. Constan de un acelerador en el manillar que envía la energía eléctrica de la batería al motor. Estas bicicletas en la mayoría de los países pueden superar los 25 km/h por lo que deben estar regladas con su respectiva matrícula, licencia y seguro de circulación.
- Las **bicicletas eléctricas con pedaleo asistido (*pedelec*)** cuentan con un sensor que detecta la fuerza generada por el ciclista y envía una señal de voltaje a una unidad de control electrónico para controlar el motor. Este motor genera una energía que permite asistir el pedaleo del ciclista. Las velocidades están limitadas por debajo de los 25 km/h y una potencia del motor de 250 W como máximo en Europa, India y Japón. Mientras que en Estados Unidos esta potencia puede llegar a ser de 750 W.



Ilustración 15 Bicicleta eléctrica pedaleo asistido (Pedelec)

Fuente: PC Componentes

- La combinación de los dos modos anteriores, llamada bicicleta híbrida o con un modo dual, se genera una señal de control desde el modo puro y desde el sensor de fuerza para el modo de pedaleo asistido y así poder controlar la potencia en la conducción. Pueden circular de las tres maneras, solamente con el pedaleo, con el pedaleo asistido o solo con el motor. En Europa este tipo de vehículos al tener incluido un acelerador se consideran de tipo ciclomotor por lo que deben seguir esa regulación.



Ilustración 16 Bicicleta eléctrica híbrida

Fuente: PC Componentes

3.2. Tipos de baterías

Batería de plomo-ácido

- Características:

El físico francés Gastón Planté la inventó en 1859. Fue considerada la primera batería capaz de recargarse mediante corriente inversa. En la actualidad aún se utilizan habitualmente debido a que se puede usar en distintos tipos de motores eléctricos y su coste es bajo.

Las características de construcción son las siguientes:

- Electrodo negativo (cátodo) el plomo.
- Electrodo positivo (ánodo) el dióxido de plomo.
- Electrolito el ácido sulfúrico.
- Aislante unas fibras sintéticas.

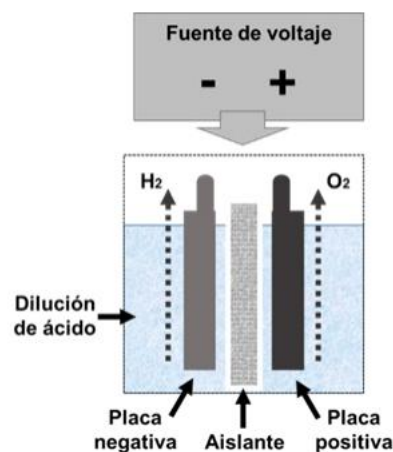


Ilustración 17 Batería de plomo-ácido Fuente: de Alba, 2017

La carga de la batería se realiza al fluir la corriente eléctrica entre las placas. El plomo en la placa negativa y el dióxido de plomo en la placa positiva reaccionan con el electrolito de ácido sulfúrico y en el proceso de descarga se generan agua, sulfato de plomo y energía. Para la carga, el agua y el sulfato de plomo se convierte electroquímicamente en ácido sulfúrico, dióxido de plomo y plomo mediante una fuente externa de electricidad.

- Ventajas:

Las baterías de plomo-ácido tienen un bajo coste y su reciclaje es sencillo. Asimismo, su impedancia es baja por lo que toleran la sobrecarga y las corrientes suministradas pueden ser altas. Existen un gran número de proveedores que disponen de estas baterías por

lo que la entrega a los clientes es rápida, disponiendo de una variedad en tamaños y capacidades.

- Inconvenientes:

El principal problema es su peso teniendo una mala relación entre la energía y su peso y volumen. Su electrodo negativo es de plomo, un metal tóxico para el medio ambiente. La vida útil de estas baterías es relativamente corta, esto es debido a que con el paso del tiempo el agua se descompone en gases y el ácido sulfúrico se convierte en sulfato de plomo (de Alba, 2017).

Batería de níquel-cadmio

- Características:

La primera batería de níquel-cadmio fue creada por el sueco Waldemar Jungner en 1899. Los componentes de la placa son los siguientes:

- Electrodo positivo de hidróxido de níquel
- Electrodo negativo de cadmio
- Un separador
- Electrolito alcalino de hidróxido de potasio

Las placas del electrodo positivo y negativo están aisladas por un separador y enrolladas dentro de un recubrimiento metálico para mejorar el paso de la corriente.

- Ventajas

Si la recarga se realiza de manera adecuada y con un buen mantenimiento es duradera. Soporta bien las temperaturas con un rango amplio. Es robusta por lo que su transporte y almacenamiento se pueden realizar de una forma sencilla. Tiene una alta capacidad de descarga lo que la hace adecuada para los picos de energía y se puede fabricar en una amplia gama de tamaños según el rendimiento deseado.

- Inconvenientes

Estas baterías tienen una gran desventaja porque tiene un “efecto memoria”. Esto consiste en que si no se descarga completamente antes de recargarla pierde capacidad. Pierden gradualmente su energía máxima si se recargan en repetidas ocasiones tras una descarga parcial.

Otro punto destacable es que el contenido en cadmio debido a que es un metal tóxico y muy difícil de reciclar. Se solían utilizar en las bicicletas eléctricas de los años 90 y de principios de los 2000 pero actualmente se están retirando debido al impacto ambiental. En la Unión Europea, está prohibido el uso del cadmio si no es para herramientas industriales o médicas.

Son más pesadas y su coste es más elevado que las baterías de plomo-ácido para la misma capacidad.

Batería de níquel-hidruro

- Características:

Estas baterías se asemejan a las de níquel-cadmio, sin embargo, el electrodo negativo utiliza una aleación que capta el hidrógeno en lugar de cadmio. Esta aleación puede almacenar hidrógeno de forma reversible, aceptando y liberando este reactivo dependiendo de si la batería se encuentra cargada o descargando energía, respectivamente (Ambrosio, 2001).

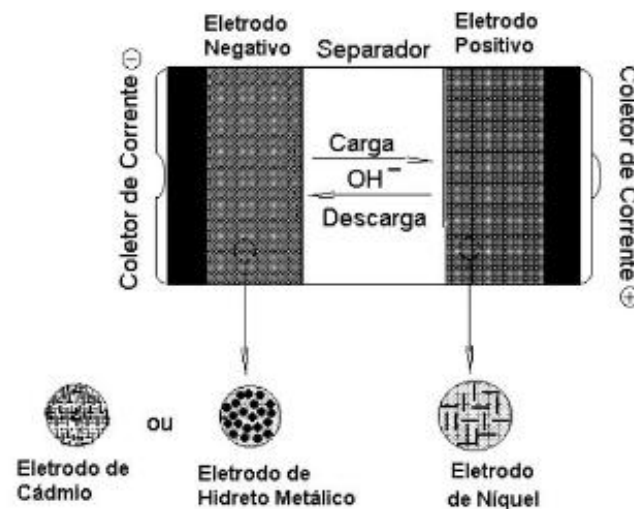


Ilustración 18 Proceso de carga y descarga de las baterías de níquel-hidruro metálico Fuente: Ambrosio, 2001

Estas baterías funcionan por una reacción electroquímica entre:

- Electrodo positivo de hidróxido de níquel
- Electrodo negativo de una aleación metálica que absorbe hidrógeno.

Incluyendo como componentes:

- Un separador que suelen ser tejidos de poliolefina

- Electrolito alcalino de hidróxido de potasio para la conductividad iónica

- Ventajas

Tienen una mayor energía por densidad de volumen y el peso es menor que las baterías de NiCd equivalentes. Su transporte y almacenamiento son igual de sencillos, pero en este caso son más respetuosas con el medio ambiente y no influye tanto el “efecto memoria”. El riesgo de combustión es bajo por lo que son seguras y estables.

- Inconvenientes

El coste de estas baterías es más elevado que las baterías de NiCd y tienen una menor capacidad que las baterías de ion-litio. Su vida útil es limitada y la velocidad de autodescarga es elevada. El algoritmo de carga es complejo, lo que da lugar a ciclos de carga lentos y con una menor vida útil que las baterías de litio.

Son una opción adecuada para los proyectos en los que se prioriza la seguridad y la robustez. Hoy en día su uso en bicicletas eléctricas ha disminuido debido a la llegada de las baterías de ion-litio las cuales las reemplazan.

Batería de iones de litio

- Características

La compañía Sony fue la primera en fabricar una batería de iones de litio. Esta batería funciona de manera que los iones pasan del electrodo negativo al electrodo para la descarga y de manera contraria a la hora de cargarse. Se compone de:

- El electrodo negativo es el carbono normalmente de grafito, aunque también se usan como ánodos el silicio o el grafeno.
- El electrodo positivo es el óxido metálico de litio
- El electrolito de la batería es una sal de litio en un disolvente orgánico.
- Un separador que es una membrana porosa y no conductora

- Ventajas

La batería de iones de litio destaca por una ligereza superior que otras baterías recargables respecto a su capacidad. El “efecto memoria” es más bajo y la densidad energética mayor. La autodescarga es menor que en las baterías de níquel-cadmio y de níquel-hidruro. El mantenimiento es bajo debido a que no existe el efecto memoria.

- Inconvenientes

Una de las desventajas de las baterías de iones de litio es su coste, superior al de las anteriores. El posible daño que se les puede ocasionar es por el sobrecalentamiento y tanto la sobrecarga como la descarga excesiva. El envejecimiento de estas baterías dependerá de los procesos y los números de cargas y descargas.

Batería de polímeros de litio

- Características

La diferencia entre estas baterías y las baterías de iones de litio es que las anteriores utilizan un electrolito líquido entre los electrolitos positivos y negativos y estas utilizan polímeros semisólidos (gel).

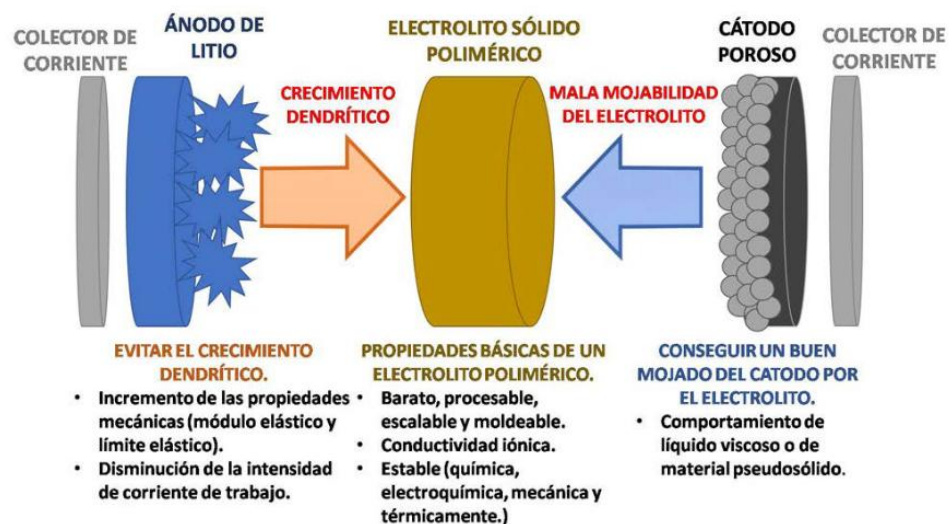


Ilustración 19 Batería de polímero de litio Fuente: Gregorio, 2020

- Ventajas

Su peso es ligero respecto a su alta densidad energética. Su fabricación se puede hacer en una amplia gama de tamaños. Ofrece un nivel de seguridad alto con una baja tasa de autodescarga.

- Inconvenientes

El precio de las baterías de polímero de litio es mayor que el de las baterías de iones de litio. La vida útil es menor con un número de ciclos de carga menor y requiere mayor cuidado a la hora de almacenar.

3.3. Las ventajas y desventajas del uso de la bicicleta eléctrica

3.3.1. Ventajas

3.3.1.1. *Ventajas ambientales*

El uso de las bicicletas eléctricas en lugar de los vehículos de combustión hace que disminuyan las emisiones de gases contaminantes. Tampoco produce ruidos evitando de esta manera la contaminación acústica. Al disminuir la congregación de vehículos a motor en las calles, minimizan las congestiones en las carreteras y, por ello, la contaminación.

3.3.1.2. *Ventajas sociales*

La bicicleta eléctrica hace que el ciclismo sea más accesible para todo el mundo, desde los más jóvenes hasta las personas de edades avanzadas. Aumenta la actividad física, haciendo que la salud tanto mental como física incremente influenciando en la esperanza de vida y en la calidad de esta. Estudios han demostrado que, aunque el esfuerzo físico es menor es suficientemente alto para proporcionar beneficios.

En el estudio que realizó Van et al. a 357 usuarios flamencos en 2018 se desarrollan los beneficios encontrados por estas personas mayores de 65 años con el uso de la bicicleta eléctricas. Entre otros beneficios está la capacidad de seguir pedaleando gracias a la ayuda de la bicicleta eléctrica, pudiendo desplazarse una distancia mayor con un menor esfuerzo. Permitiéndoles llegar a visitar a amigos y familiares lo que mejora su salud mental y minimiza el sentimiento de soledad.

3.3.1.3. Ventajas económicas

Como se ha expuesto con anterioridad contribuye a la mejora de la salud y por tanto a una disminución de los gastos sanitarios.

Este modo de transporte consta de una alta eficiencia energética debido a que la energía consumida por cada kilómetro recorrido es mucho menor en comparación con otros vehículos a motor lo que disminuye el gasto.

Los gastos en mantenimiento son bajos con un uso adecuado su ciclo de vida es largo. En muchas ciudades los ayuntamientos proporcionan servicios de bicicletas eléctricas compartidas haciendo que los costes del mantenimiento y la compra se repartan y sea más accesible para todos los ciudadanos.

3.3.2. Desventajas

Existe el riesgo de que se implante como transporte la bicicleta eléctrica y se dejen de lado otros modos de transporte como son las bicicletas convencionales o andar.

La reducción de las emisiones depende de si la electricidad con la que se recarga la batería procede de fuentes energéticas renovables o no.

Se ha observado que en trayecto de una longitud mayor a 9 kilómetros las bicicletas eléctricas suelen ser sustituidas por otro vehículo como el coche o por transporte público como el autobús (Kontar, 2022).

El ciclo de vida de la bicicleta teniendo en cuenta que las baterías pueden provocar un residuo difícil de reciclar.

El principal inconveniente planteado por las mujeres mayores es el peso de la bicicleta, algo que se prevé que se mejorará con nuevas baterías más ligeras.

El robo de bicicletas es un problema en aumento. Según la Dirección General de Tráfico de España, el 17,8% de los ciclistas ha sufrido un robo en los últimos 5 años.



CAPÍTULO 4: LA MOVILIDAD EN ZAMORA

4. La movilidad en Zamora

4.1. Características de la ciudad y su población

Zamora es una ciudad española situada al noroeste de la península ibérica. Su población según el último informe del Instituto Nacional de Estadística del año 2022 establece que tiene un total de 59.475 habitantes. Este dato clasifica a la ciudad de tamaño pequeño-medio.

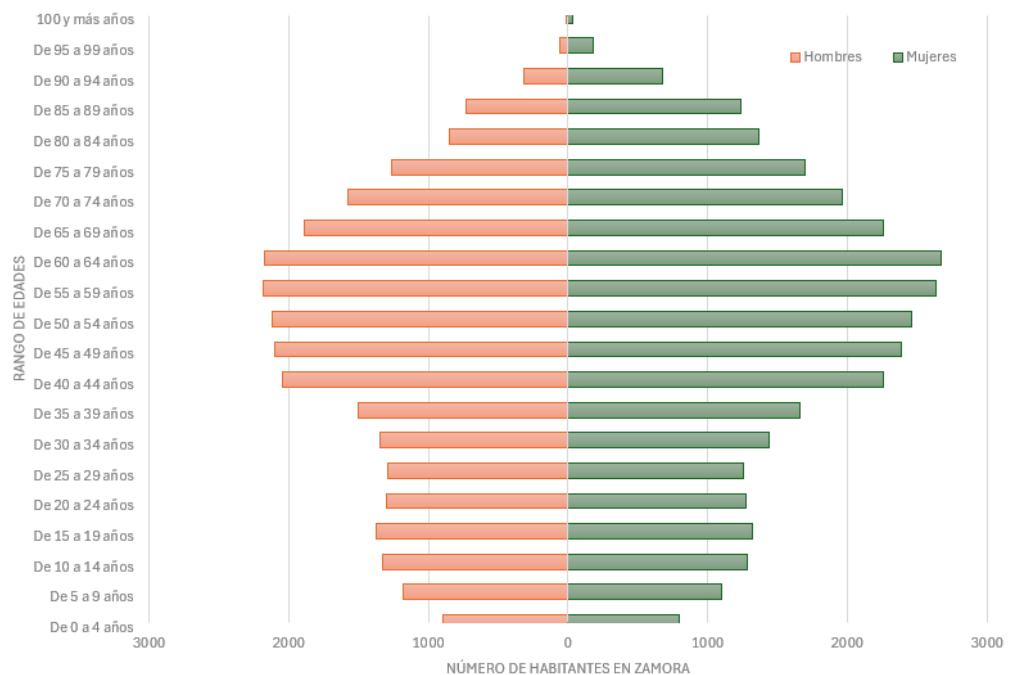


Ilustración 20 Pirámide poblacional de la ciudad de Zamora.

Datos extraídos del INE. Elaboración propia

Con el paso de los años, los datos revelan un envejecimiento poblacional elevado. Con una tasa de personas mayores de 65 años alrededor del 27%. Esto hace que se deba prestar severa importancia a las necesidades creadas por las personas englobadas en este rango de edad. Haciendo una política de accesibilidad y de movilidad orientada hacia ellos. Por ello, el uso de la bicicleta eléctrica puede hacer que los desplazamientos sean más placenteros y disminuyan el esfuerzo físico necesario para realizarlos.

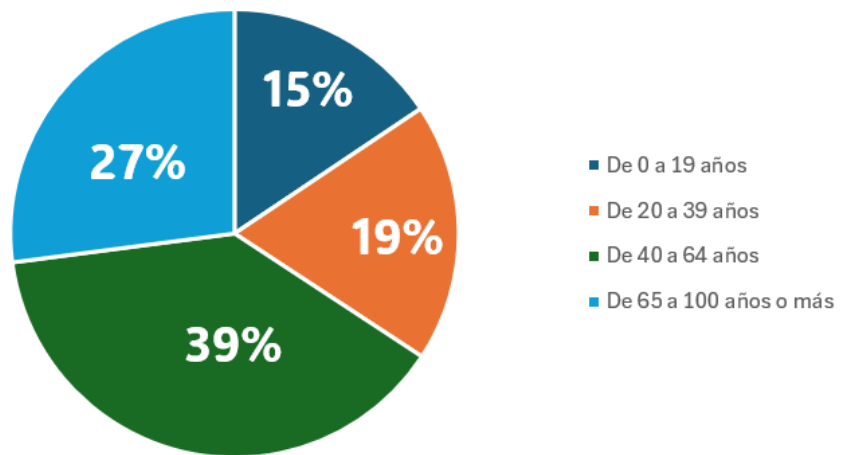


Ilustración 21 Porcentaje de población en Zamora según el rango de edad

Fuente de datos: INE; Elaboración propia

A nivel turístico, Zamora destaca por sus iglesias románicas con un total de 14 iglesias situadas en el casco histórico. Numerosas personas interesadas por la arquitectura y la historia recorren sus calles cada año. Implantando en la ciudad un sistema de bicicletas eléctricas compartidas, las visitas a la ciudad serían más cómodas haciendo que el número de turistas aumentara e influyendo de manera positiva a la economía de la ciudad (Sobрино Lusquiños, 2013).



Ilustración 22 Catedral románica de Zamora

Fuente: Elaboración propia

Otro punto destacable para la elección de un modo de transporte habitual es la climatología. Durante el año, las temperaturas oscilan en un rango entre 1 y 30 grados Celsius. El número de precipitaciones es moderado lo que favorecería el uso de la bicicleta. Al tener unos inviernos con temperaturas bajas y unos veranos calurosos, el uso de la bicicleta eléctrica en estas condiciones climáticas es preferible al de una bicicleta convencional.

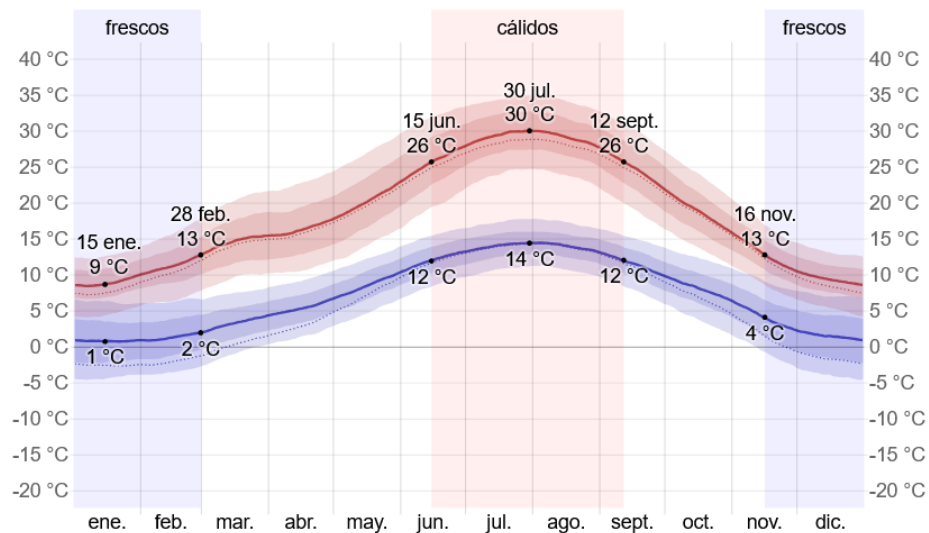


Ilustración 23 Temperaturas máximas y mínimas promedio en Zamora

Fuente: WeatherSpark.com

En determinadas épocas del año, especialmente en Semana Santa, la ciudad alberga a mayor número de turistas. Este evento fue declarado de Interés Turístico Internacional en 1986 aunque su origen se remonta al siglo XIII. Tanto en Semana Santa como en las vacaciones estivales aumenta la población de la localidad y, por ello, se deben tener en cuenta a la hora de proporcionar distintas vías para facilitar los desplazamientos.

4.2. Líneas básicas de movilidad municipal

4.2.1. Vías de comunicación por carretera con otras ciudades

- La **carretera N-122** comunica la ciudad con Portugal, facilitando el acceso a Braganza. Esta carretera atraviesa las ciudades de Soria, Valladolid y Zamora.
- La **carretera N-631** conecta la comarca de Sanabria y la A-52.
- La **autovía de la Ruta de la Plata A-66** conecta la península desde Sevilla hasta Gijón.

- La **autovía del Duero A-11** une Barcelona con Oporto siguiendo en la mayoría del trazado el paso del río Duero.
- Las autovías de acceso como la **ZA-11, ZA-12 Y ZA-13** que conectan con la ciudad por la parte norte, este y sur, respectivamente.
- Las **carreteras autonómicas** más reseñables:
 - CL-630: une Zamora con Segovia.
 - CL-612: une Zamora con Palencia.
 - CL-527: une Zamora con Portugal pasando por la comarca de Sayago.
 - CL-605: une Zamora con Valladolid.

4.2.2. Transporte público

Las vías ciclistas se deben integrar correctamente con el transporte público. Zamora dispone de una **red de autobuses urbanos** gestionada por una concesión municipal. Las líneas conectan los principales barrios con el centro, los hospitales, los centros educativos y las zonas comerciales. Cuenta con 8 líneas urbanas. Las líneas con más usuarios tienen unos tiempos de espera desde los 20 minutos hasta 1 hora. Este elevado tiempo de espera se debe a que los recorridos son demasiado extensos. Haciendo que muchos ciudadanos prefieran recorrer los trayectos andando.

Para mejorar el transporte urbano, sería necesario una digitalización creando una aplicación que muestre en tiempo real el recorrido del autobús. Además, sería una buena opción la integración con otras formas de movilidad sostenible como pueden ser las bicicletas eléctricas.

Zamora cuenta con una **estación de tren** situada al suroeste del núcleo urbano. Esta estación ofrece tanto a los zamoranos como a los demás usuarios una red de alta velocidad además de los servicios convencionales de tren. En los últimos años, con la Línea de Alta Velocidad que une Madrid con Galicia ha mejorado la accesibilidad reduciendo los tiempos en los desplazamientos hacia estos destinos. Especialmente para las personas que trabajan y/o estudian en Madrid puedan tener la posibilidad de pernoctar y pasar su tiempo libre en Zamora sin necesidad de derrochar demasiado tiempo en el trayecto.

Además de la red de alta velocidad, Zamora cuenta con conexiones de media distancia que comunican la ciudad con Salamanca, Valladolid y Puebla de Sanabria (ADIF, 2024).

La **estación de autobuses** está ubicada en el barrio de las viñas, en una zona accesible cerca de la estación de tren, del centro urbano y del campus universitario. Dispone de líneas regulares de autobuses que conectan Zamora con Valladolid, Salamanca, León, Benavente y Toro. También con otros destinos más lejanos como Madrid, Galicia y el norte de Portugal.



CAPÍTULO 5: RELACIÓN CON LA AGENDA 2030

5. Relación de la bicicleta eléctrica con el correcto cumplimiento de la Agenda 2030 en Zamora

5.1. Principales objetivos de la Agenda 2030

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible fue adaptada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas. Está creada para llevar a cabo un compromiso internacional con la firma de 193 países. Estas medidas se toman con el fin de erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la paz. Se crearon 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas específicas (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

La bicicleta eléctrica puede contribuir positivamente a la consecución de estos objetivos. Entre los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, los siguientes son los más relacionados con este modo de transporte:

- **ODS 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.**

Este objetivo promueve los estilos de vida saludables con la intención de reducir las enfermedades no transmisibles. Mediante el uso de la bicicleta eléctrica las personas pueden mejorar su salud física a la vez que ayudan a reducir la contaminación del aire.

- **ODS 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.**

La principal causa del cambio climático es el consumo de energía, llega a representar el 60% de las emisiones mundiales de gases contaminantes.

Las bicicletas eléctricas consumen cantidades mínimas de electricidad, pero sería preferible que toda la energía destinada a su carga procediera de fuentes renovables. De este modo, representaría una alternativa más eficiente para el transporte urbano.

- **ODS 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.**

Tanto el desarrollo de carriles bici seguros como los puntos de carga para las bicicletas eléctricas, ayuda a conseguir un crecimiento urbano sostenible e innovador.

- **ODS 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.**

Promueve que los sistemas de transporte seguros, accesibles y sostenibles puedan ser accesibles para todos, sin importar sus características personales. La bicicleta eléctrica facilita la movilidad a personas de diferentes rangos de edad y condiciones físicas, mejorando la sostenibilidad urbana.

- **ODS 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.**

El uso del coche privado hace que los gases contaminantes aumenten, si se sustituye su utilización por la de la bicicleta eléctrica se reducirá el consumo de combustibles fósiles alineándose de esta manera con un consumo más responsable.

- **ODS 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.**

Los países pueden incentivar la transición hacia los transportes más sostenibles ya sea con ayudas a la compra de nuevos vehículos o la implantación de vehículos de uso compartido. Para ello, la bicicleta eléctrica ayudaría a que los costes no sean tan elevados y se pueda reducir el impacto ambiental del transporte urbano.

El fomento del uso de la bicicleta eléctrica conlleva tener muchos beneficios para la ciudad tanto a nivel de salud de sus ciudadanos como para reducir la contaminación global.



Producido en colaboración con TROLLBACK COMPANY | TheGlobalCoalition@trollback.com | +1 212 526 1010
Para cualquier duda sobre la utilización, por favor comuníquese con: dpcampaign@un.org

Ilustración 24 Objetivos de desarrollo sostenible

Fuente: Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015)

5.2. Zonas de Bajas Emisiones

Las Zonas de Bajas Emisiones (ZBE) se definen según el Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico (MITECO) como “*el ámbito delimitado por una Administración pública, en ejercicio de sus competencias, dentro de su territorio, de carácter continuo, y en el que se aplican restricciones de acceso, circulación y estacionamiento de vehículos para mejorar la calidad del aire y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, conforme a la clasificación de los vehículos por su nivel de emisiones de acuerdo con lo establecido en el Reglamento General de Vehículos vigente*”. Estas medidas están ligadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente con el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el clima). De esta manera se fomenta la transición hacia zonas urbanas con menor contaminación.

Según la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, los municipios de más de 20.000 habitantes en el caso de que superen los valores límite de contaminación del

aire están obligados a establecer zonas de bajas emisiones. Mientras que si el municipio supera los 50.000 habitantes está obligada a delimitar dichas zonas como ocurrirá en la ciudad de Zamora.



Ilustración 25 Señal que identifica una Zona de Bajas Emisiones

Fuente: DGT

Los objetivos primordiales de las ZBEs son:

- La **reducción de los niveles de dióxido de nitrógeno** (NO_2) y las partículas en suspensión que están especialmente en las zonas donde la densidad de tráfico es elevada. Suele reducirse en un 20%. Pero existen excepciones como, por ejemplo, Londres donde se redujo en un 46%. Esto se debe a que abarca la Zona de Bajas Emisiones más grande del mundo con 9 millones de habitantes (Linares, 2024).
- Promover la transición hacia los **medios de transporte sostenible** como pueden ser los vehículos eléctricos o el transporte público.
- Aumentar las **calles peatonales**, dándole al peatón una mayor importancia. También, crear más carriles bici con el objetivo de mejorar las infraestructuras destinadas al uso de la bicicleta.

Basándonos en las ciudades donde ya se han implantado estas medidas, como pueden ser Barcelona, Madrid o Zaragoza, el uso de la bicicleta eléctrica como vehículo habitual para trayectos de corta distancia ha aumentado de manera significativa. Esto ha sido debido a la mejora que han tenido estas ciudades en las infraestructuras y a los incentivos para la sustitución del vehículo privado de combustión interna. Uno de estos incentivos es la bonificación del 30% para la bicicleta públicas durante todo el 2025. Anunciado

mediante el Real Decreto-Ley 1/2025 del Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible (Red de Ciudades por la Bicicleta, 2022).

5.3. Descarbonización del transporte

El transporte es una de las principales actividades que producen una mayor contaminación en el mundo, siendo una fuente de impacto ambiental negativo. En España en el año 2020 el transporte representó un 36,2% del consumo de energía final, clasificándose el transporte por carretera como el mayor consumidor.

A pesar de los avances de los últimos años hacia una energía más sostenible, las emisiones de gases de efecto invernadero aumentaron entre los años 1990 y 2019 un 77,9% en España, una cifra elevada respecto de los demás países de la Unión Europea. Aunque en el año 2020 se observó una disminución por causa de la pandemia del COVID-19, no se ha producido aún un cambio estructural. Esta reducción se debe a que el transporte constituye un medio y no un fin por su relación directa con la economía (OTLE, 2023).

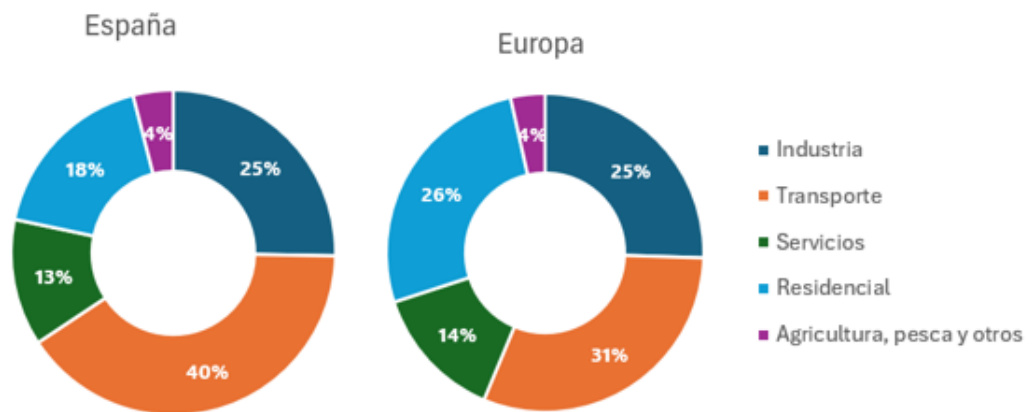


Ilustración 26 Consumo de energía en España VS Europa en el 2020

Datos de OTLE, 2023; Elaboración propia

Para conseguir una **neutralidad climática en 2050** se han construidos los siguientes pasos a seguir para la política de descarbonización. Toda esta política se engloba en la nomenclatura **A-S-I (Avoid, Shift, Improve)**:

- **Avoid (evitar)**: hace referencia a la disminución de los desplazamientos innecesarios mediante las medidas como el teletrabajo, la digitalización y compactar las ciudades.

- Shift (cambiar): su objetivo es el cambio hacia los modos de transporte sostenibles como son el transporte público, la bicicleta o los desplazamientos a pie.
- Improve (mejorar): aumentar la eficiencia energética de los vehículos fomentando el uso de fuentes de energía renovables.

En ciudades pequeñas como Zamora, la bicicleta eléctrica tiene un enorme potencial para contribuir a la descarbonización del transporte. Este vehículo combina la movilidad activa de los usuarios con la asistencia eléctrica esto permite ampliar el rango de uso.

Dispone de las siguientes ventajas:

- **Cero emisiones directas:** como no utiliza combustibles fósiles, no genera a la hora de su utilización emisiones de dióxido de carbono ni otros contaminantes atmosféricos.
- **Alta eficiencia energética:** requiere 15 veces menos energía por cada kilómetro recorrido que un coche.
- **Reducción del ruido urbano:** la contaminación acústica se reduce debido a que es prácticamente silencioso.
- **Mejora de la salud pública:** fomenta la actividad física y reduce el sedentarismo.
- **Accesibilidad:** el uso de la bicicleta por personas de una edad superior o con una peor condición física se hace viable gracias a la asistencia al pedaleo.
- **Menor coste:** los costes tanto de adquisición como de mantenimiento se reducen con respecto a los demás vehículos eléctricos.

5.4. Aplicación básica sobre la geografía de Zamora

Para acatar los problemas de las emisiones en el centro de Zamora, la Ordenanza Municipal ha decretado las siguientes fases de implantación de Zonas de Bajas Emisiones para seguir los objetivos de la Agenda 2030 (Tabaco,2025).

La Fase 1: comprende dos tramos el primero delimitado por las calles de Santa Clara, Brasa, Traviesa, Plaza del Mercado, San Pablo y la Avenida de Portugal y el segundo tramo de la calle de Pablo Morillo, entre la Avenida de Alfonso IX y la Calle Lope de Vega, alrededor del colegio Arias Gonzalo. Se aplicarán las primeras restricciones en este año 2025.

La Fase 2: tiene una mayor extensión y está delimitada por las calles de Santa Clara, Brasa, Plaza del Mercado, San Pablo, Avenida de Portugal, Calle de Puerta Nueva, Balborraz, Plaza Mayor, Costanilla, Riego, Sancho IV, Ronda de San Torcuato y la Avenida de Alfonso IX. Las restricciones se aplicarán entre el 1 de enero de 2026 y el 31 de diciembre de 2027.

La Fase 3: Está compuesta por las calles Sancho IV, Riego, Costanilla, Plaza Mayor, Balborraz, calle Puerta Nueva, Avenida Portugal, Avenida del Mengue, Avenida de Vigo, Trascastillo, Vega, Avenida de Feria, Ronda de la Feria y Ronda de San Torcuato. Se comenzarán a tomar medidas entre el 1 de enero de 2028 y el 31 de diciembre de 2029.

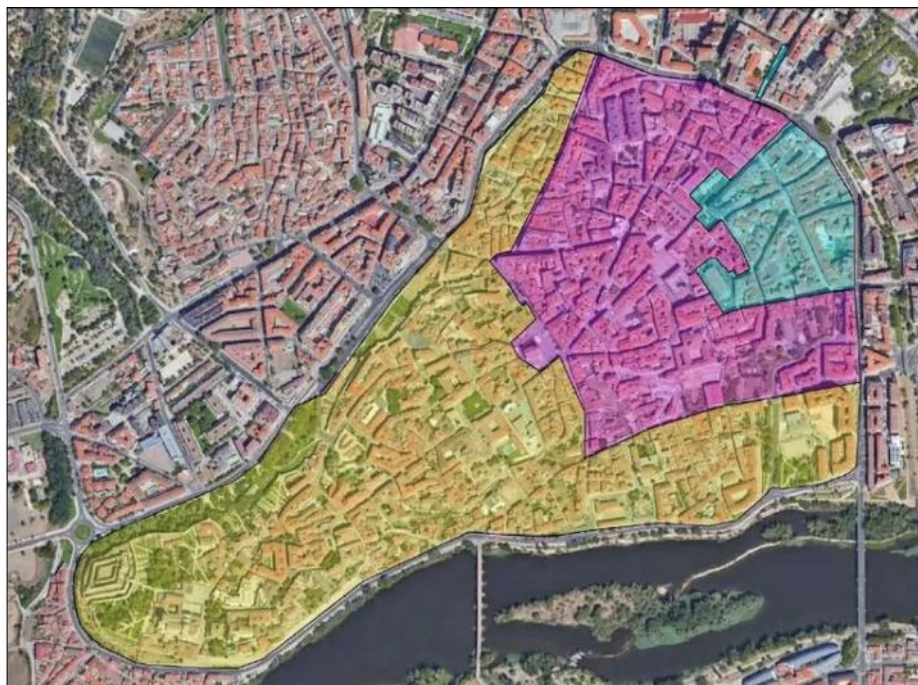


Ilustración 27 Proyecto de ZBE en Zamora

Fuente: Tabaco, 2025

El acceso estará restringido a aquellos vehículos que no tengan las etiquetas B, C, ECO o 0 Emisiones u otra autorización. A partir del 2030 serán más restrictivos eliminando de estas excepciones a los vehículos que dispongan de la etiqueta B. El control del cumplimiento de estas normas se realizará mediante la instalación de cámaras de lectura de matrículas.



CAPÍTULO 6: SISTEMA DE BICICLETAS ELÉCTRICAS COMPARTIDAS

6. Estudio previo para la instauración de un sistema de bicicletas eléctricas en Zamora

6.1. Demanda de la movilidad ciclista

Zamora contaba hasta 2016 con un sistema de bicicletas convencionales compartidas. A partir de ese momento se han dado varios intentos, tanto en 2018 como en 2019, para volver a poner en funcionamiento este sistema. A pesar de estos intentos, ninguno ha llegado a concluirse de manera material. Otras ciudades como Madrid o Valladolid han implantado en los últimos años sistemas de alquiler de bicicletas tanto eléctricas como mecánicas con unos datos que reflejan el éxito entre los usuarios.

El Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS, 2016) que se encuentra en vigor actualmente en la ciudad refleja los siguientes objetivos para el volumen de viajes y el reparto modal.

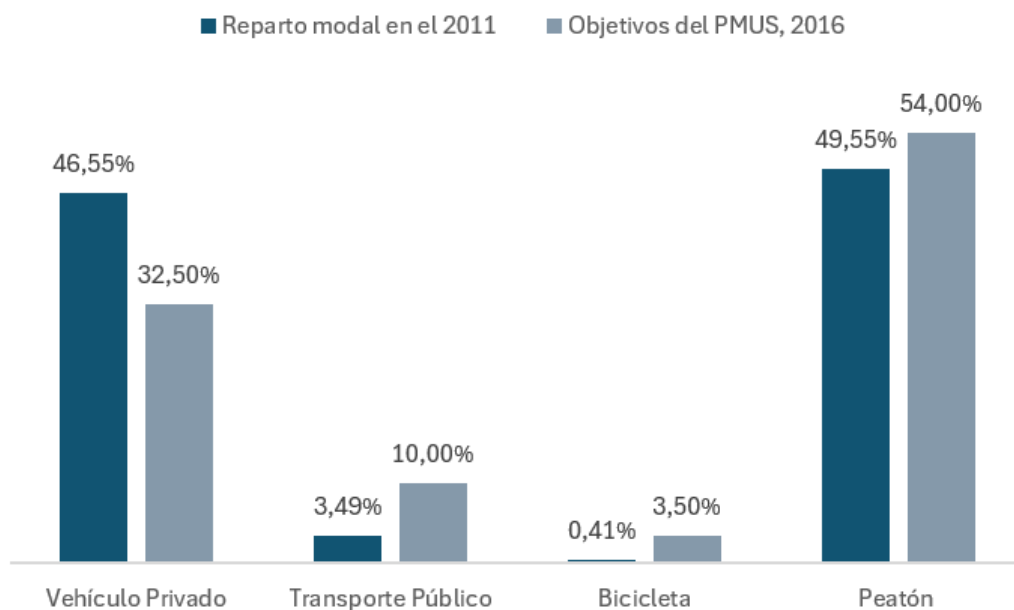


Ilustración 28 Reparto modal de viajes diarios en Zamora según el PMUS

Datos extraídos del PMUS; Ayto. Zamora; Elaboración propia.

El parque de vehículos en Zamora consta de los siguientes datos según la DGT en el año 2022:

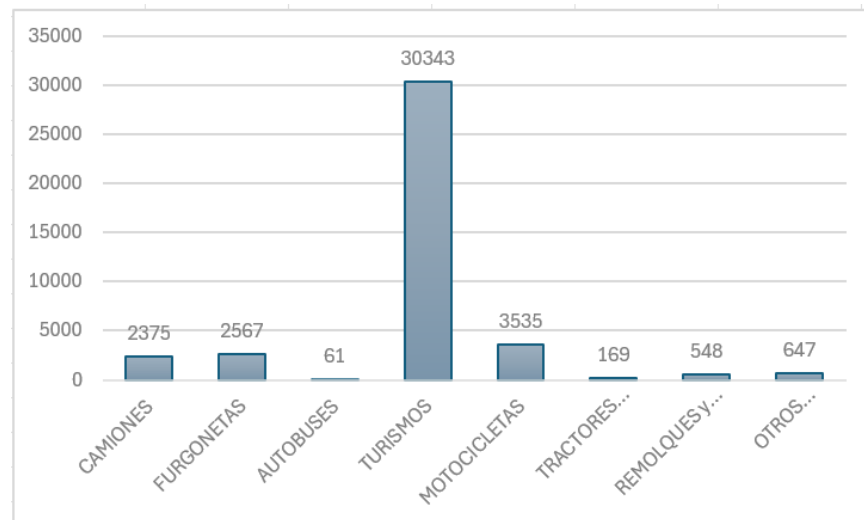


Ilustración 29 Parque de vehículos, 2022, Zamora;

Datos extraídos de la DGT; Elaboración propia

Se puede observar en este gráfico que a pesar de ser Zamora una ciudad pequeña-mediana donde la mayoría de los trayectos se pueden realizar andando o en bicicleta, el vehículo que prevalece en la ciudad es el turismo con un total de 30.343 coches. Algo que provoca retenciones a la vez que emisiones de gases nocivos a la atmósfera debido a que la mayoría son vehículos de combustión.

El ayuntamiento de Zamora está trabajando para mejorar las infraestructuras ciclistas lo que hará que un mayor número de personas vean de gran utilidad el uso de la bicicleta en su vida diaria. El Ayuntamiento ha implantado más de 22 kilómetros de ciclo carriles en 17 tramos urbanos. Por lo tanto, la instalación de un sistema público de bicicletas compartidas podría hacer que las estadísticas de uso se incrementen de la siguiente manera, basándonos en los datos de otras ciudades.

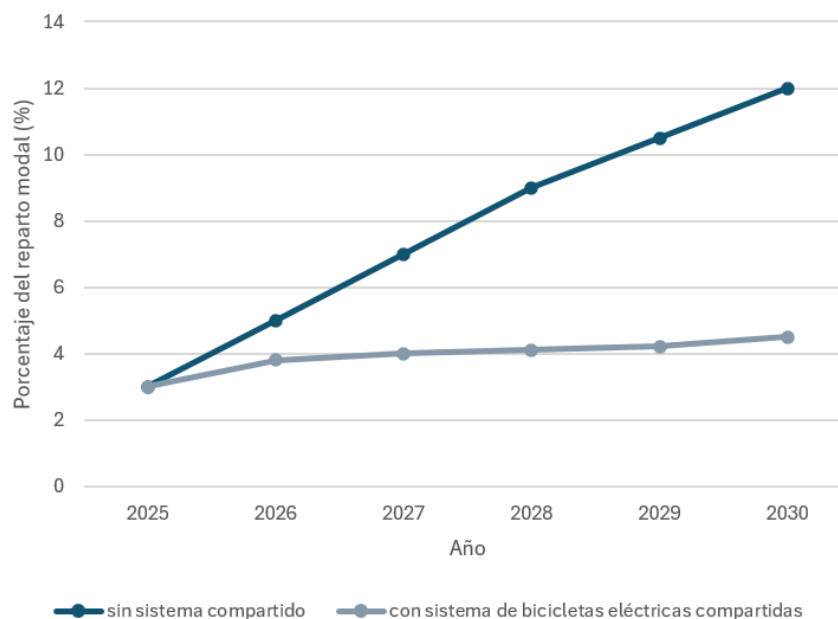


Ilustración 30 Proyección de aumento de la demanda ciclista en Zamora (2025-2030)

Elaboración propia

En esta gráfica se puede observar que con la implantación de un sistema de bicicletas eléctricas compartidas en la ciudad se conseguiría un crecimiento de la afiliación a la bicicleta sea acelerado. Mientras que, si seguimos con la tendencia actual, los avances en infraestructuras serán prácticamente en vano debido a la ralentización de la demanda manteniéndose en los niveles actuales.

6.2. La red de vías ciclistas y puntos de estacionamiento

El Ayuntamiento de Zamora está fomentando el uso de la bicicleta mediante la implantación en la ciudad de ciclocarriles. Estas modificaciones se han implantado en 17 tramos con una longitud total superior a 22,5 kilómetros conectando la mayoría de los lugares de la ciudad (Andrés, 2023).

Tabla 1 Ciclocarriles en Zamora; Datos extraídos de Andrés, 2023; Elaboración propia

TRAMO	LONGITUD (m)	SENTIDO
Carretera de la Estación: Antón de Centenera, Miguel de Unamuno, Carlos Pinilla y Avda. Reyes Católicos	1.400	Bidireccional
Ronda de la Feria, Ronda de San Torcuato, Alfonso IX, Avda. de Portugal, Puente de Hierro, Calle de Salamanca	1.870	Bidireccional
Trascastillo, Avda. de Vigo, Avda. del Mengue	1.670	Bidireccional
Ronda de Puerta Nueva, Bajada de San Pablo	520	Bidireccional
Guerrero Julián Sánchez, Arapiles (zona Cuatro Caminos)	1.000	Bidireccional
Avda. de Requejo	340	Bidireccional
Príncipe de Asturias	1.000	Bidireccional
Víctor Gallego, Tres Cruces, Cantero, Villamil	910	Bidireccional
Campo de Marte, Amargura, Santiago Alba Bonifaz	1.080	Unidireccional
Magallanes, Peña de Francia	820	Unidireccional
San Andrés, Candelaria Ruiz del Árbol	470	Unidireccional
Avda. Obispo Acuña	490	Unidireccional
Doctor Olivares	420	Unidireccional
Ponce de Cabrera	600	Unidireccional

Fray Toribio de Motolinia, Libertad Brahones	600	Unidireccional
Santa Teresa, Guardia Civil	600	Unidireccional

Además de estos ciclocarriles Zamora cuenta con distintos carriles bici que mejoran la seguridad de los ciclistas al no tener que compartir espacio directamente con otros vehículos.

Tabla 2 Carriles bici en Zamora; Elaboración propia

TRAMO	DESCRIPCIÓN
Parque de San Martín y Valorio	Este tramo conecta el Parque de San Martín con el bosque de Valorio a través de la Calle Doctor Fleming, facilitando el acceso a zonas verdes y de recreo.
Calle de los Pisones y zona de autocaravanas en el Parque Huertas de la Frontera	Proporciona acceso a la zona de autocaravanas y al Parque Huertas de la Frontera, promoviendo el uso de la bicicleta en las zonas de ocio.
Carretera de Almaraz hasta el Colegio Corazón de María	Facilita el acceso en bicicleta al Colegio Corazón de María, promoviendo la movilidad sostenible entre estudiantes y personal educativo.
Entre en merendero de los Pelambres y el Puente de los Poetas	Este tramo discurre junto al río Duero, ofreciendo un recorrido agradable para ciclistas y peatones.
Entre el puente de los Tres Árboles y la antigua toma de abastecimiento de agua	Mejora la conexión entre diferentes puntos de la ciudad, facilitando el tránsito seguro de ciclistas.
Paralelo a la carretera de la Aldehuela	Este carril ofrece una ruta segura para ciclistas en una vía de tráfico intenso
Calle Caballeros	Mejora la seguridad mediante la instalación de separadores que delimitan claramente el espacio destinado a bicicletas.

En los últimos años, se han desarrollado o están actualmente en desarrollo los siguiente carriles bici:

Tabla 3 Carriles bici añadidos en los últimos años; Elaboración propia

TRAMO	LONGITUD ESTIMADA	TIPO DE VÍA
Calle Doctor Fleming	500 m	Carril bici segregado
Calle del Ferrocarril	1 km	Carril bici segregado
Calle Villalpando	No especificada	Carril bici bidireccional
Vía ciclista Zamora-Arcenillas-Casaseca-Moraleja del Vino	10 km	Senda bidireccional
Avenida Cardenal Cisneros	2,8 km	Carril bici segregado
Avenida de Requejo	2 km	Ciclo carril

Entre estos nuevos carriles bici, el de la Calle Villalpando ha generado muchas quejas por parte de los ciclistas. Más concretamente en el tramo entre la Avenida Cardenal Cisneros y la Cuesta del Bolón. Este carril bici únicamente está señalizado por unas líneas junto con resaltes discontinuos algo que los usuarios consideran peligrosos (Andrés, 2023).



Ilustración 31 Carrilbici de la Carretera Villalpando, Zamora;

Elaboración propia

Por otro lado, el carril bici en construcción que pasa por el parque del León Felipe también ha provocado discrepancias entre los usuarios y el Ayuntamiento. Por causa del impacto que este puede provocar en el diseño del parque. El alcalde de Zamora, Francisco Guarido, ha asegurado que el impacto será mínimo debiéndose talar solamente dos árboles. Este carril bici conectará el norte con el sur de la ciudad enlazándose con el carril bici del río y mejorando la movilidad en Zamora (Ganado, 2025).

Además de los daños que causará en el parque, este carril-bici está diseñado con unas curvas demasiado cerradas algo que puede influir en la sensación de inseguridad de los ciclistas. Al transcurrir por un parque donde hay bastante vegetación, es posible que su mantenimiento sea costoso por la elevación del carril a causa de las raíces de los árboles (algo que ya ha ocurrido con anterioridad en el carril-bici de la Avenida de la Aldehuela).



Ilustración 32 Carril bici en construcción parque León Felipe Zamora;

Elaboración propia

Las infraestructuras destinadas al estacionamiento de bicicletas en Zamora han desarrollado un notable aumento en los últimos años. En 2021 se instalaron 30 nuevos módulos de los denominado “aparcabicicletas” sumándose a los 75 instalados en el año 2019. El total de estacionamientos para bicicletas en Zamora es de 137 localizaciones distribuidas por toda la ciudad.

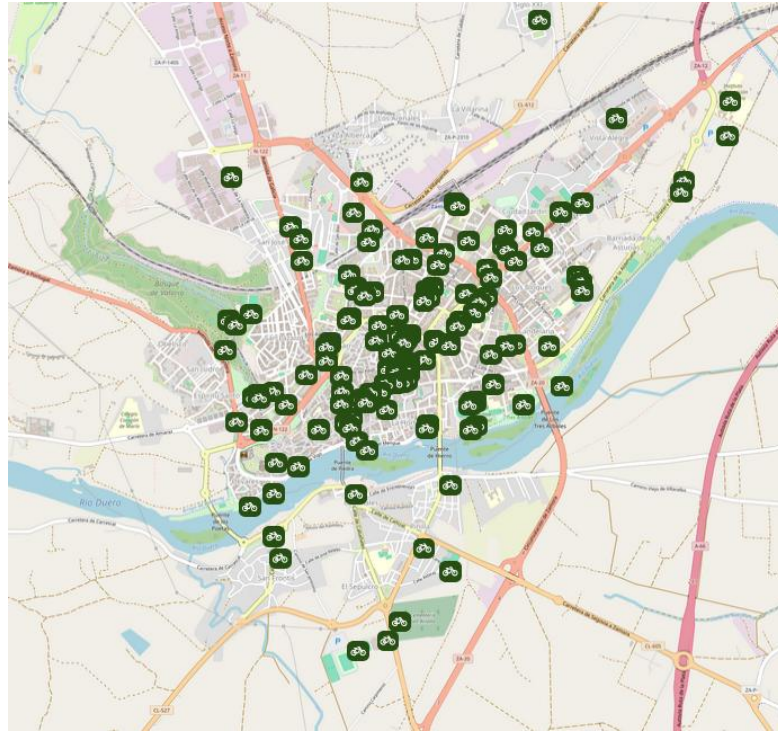


Ilustración 33 Mapa de puntos de estacionamiento de bicicletas en Zamora

Fuente: Ayuntamiento de Zamora

Para mejorar la seguridad y disminuir los robos, en la estación de trenes, se ha instalado un aparcamiento cerrado por parte de la compañía ADIF. Este aparcamiento funciona con un “Bicuhangar Rocket” y su acceso está controlado por una aplicación móvil denominada Don Cicleteo. Está alimentado por energía solar y ofrece una alternativa cómoda y segura para el estacionamiento tanto de bicicletas como de patinetes.



Ilustración 34 Aparcamiento cerrado para bicicletas en la estación de tren, Zamora

Elaboración propia

6.3. Identidad del sistema: MOZA BIKES

Uno de los elementos clave en la implantación de un sistema de movilidad compartida es la construcción de una identidad reconocible y coherente. Esto nos facilita la integración en el entorno urbano y la aceptación en la vida cotidiana por parte de la ciudadanía. Por ello, se propone dotar al sistema de bicicletas eléctricas compartidas de una marca propia: MOZA BIKES.

El nombre MOZA BIKES nace del acrónimo de Movilidad en Zamora, lo que refuerza su vinculación directa con la ciudad y su compromiso de movilidad urbana más eficiente, moderna y sostenible. Además, el término “Moza” conecta de una forma emocional con la cultura popular y el lenguaje cotidiano de los zamoranos, favoreciendo su memorización y aceptación por parte de los usuarios.

El diseño de marca podría ir acompañado de un logotipo representativo como el que se muestra a continuación. Con elementos gráficos relacionados con la ciudad como la silueta de la Catedral o del Puente de Piedra junto con símbolos de sostenibilidad y electricidad.



Ilustración 35 Posible logotipo de “MOZA BIKES” creado con I.A.

Para que los elementos de este sistema fueran reconocibles por parte de los usuarios se podría utilizar este logotipo en:

- Las bicicletas.
- Las estaciones de recarga y aparcamiento.
- La aplicación móvil del servicio.
- Campañas de sensibilización y promoción.
- Señalización urbana.

6.4. Elección de los posibles puntos de ubicación de las estaciones de recarga y aparcamiento.

La elección de las posibles ubicaciones de las estaciones de recarga y aparcamiento de las bicicletas eléctricas compartidas en Zamora se han valorado mediante criterios de movilidad, accesibilidad y la demanda potencial. Además de factores como centros de estudios, trabajo y ocio. Teniendo en cuenta la distribución de la población en los distintos barrios. También se tiene en cuenta la conexión con los carriles bici y ciclovías además de con el transporte público.

El objetivo primordial es proporcionar a los ciudadanos una opción más sostenible de desplazarse por la ciudad sin tener que utilizar el vehículo privado. Esta propuesta está íntimamente ligada con la consecución de los objetivos de la Agenda 2030 y el Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Zamora.

Como se pueden observar en las siguientes dos ilustraciones, en las que se representa la población distribuida por barrios, no existe una densidad homogénea de habitantes en toda la ciudad. Por esta razón, en el planteamiento inicial se ha priorizado los barrios con una concentración de habitantes mayor y su distancia al centro. Por otro lado, también se tienen en cuenta las zonas donde la afluencia de personas es alta para darle una mayor visibilidad como puede ser el centro o el área del campus universitario. Esto nos permite abarcar diferentes necesidades ya sean turísticas, de ocio o para un uso cotidiano.

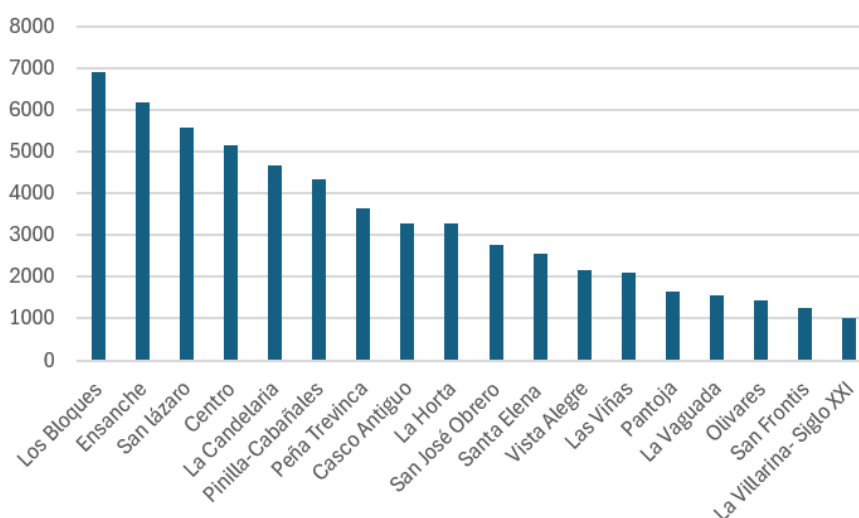


Ilustración 36 Población en los barrios de Zamora

Fuente de datos Garrido, 2023; Elaboración Propia

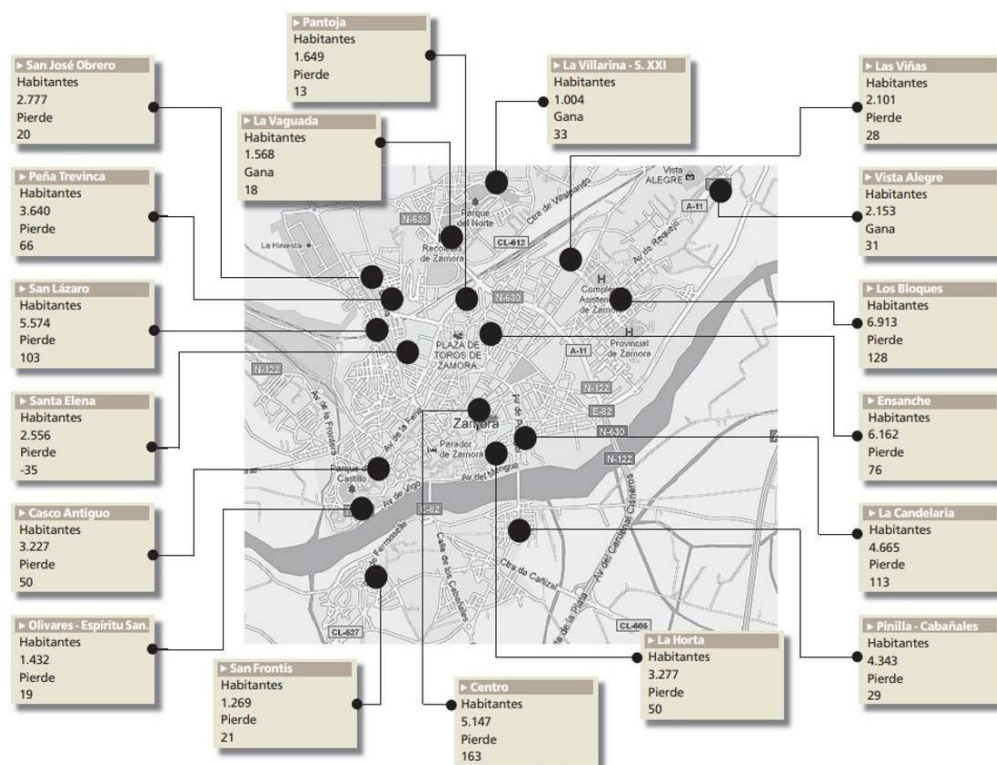


Ilustración 37 Distribución de la población en los barrios de Zamora Fuente: Garrido, 2023.

Es necesario inculcar a las nuevas generaciones la inclusión de los vehículos sostenibles en sus vidas. Por ello, también se tienen en cuenta la distribución de los centros educativos en la ciudad pudiendo incluir en las estaciones de bicicletas compartidas, bicicletas con un tamaño inferior destinadas a la población infantil.

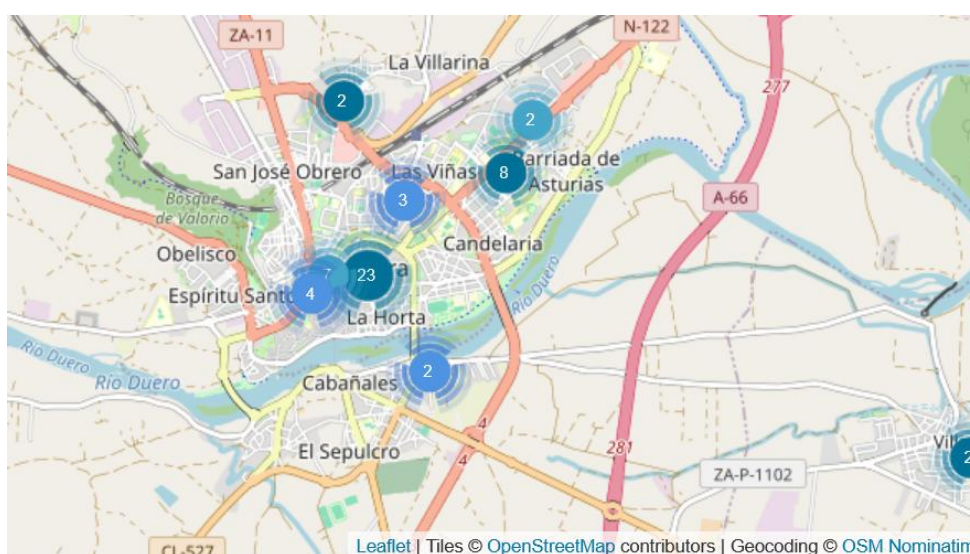


Ilustración 38 Número de centros educativos en los barrios de Zamora

Fuente: Directorio de Centros de Castilla y León. (2015).

Para una fase inicial se han tomado las siguientes ubicaciones como posibles puntos de instalación pudiendo en el futuro realizar otro estudio destinado a la ampliación de este. Pero, teniendo en cuenta la población de la ciudad y para que el coste del proyecto no sea demasiado elevado, se plantean las siguientes ubicaciones.

En esta figura se plasma en un mapa callejero de la ciudad los puntos donde se podrían localizar las estaciones teniendo en cuenta sus características urbanísticas.

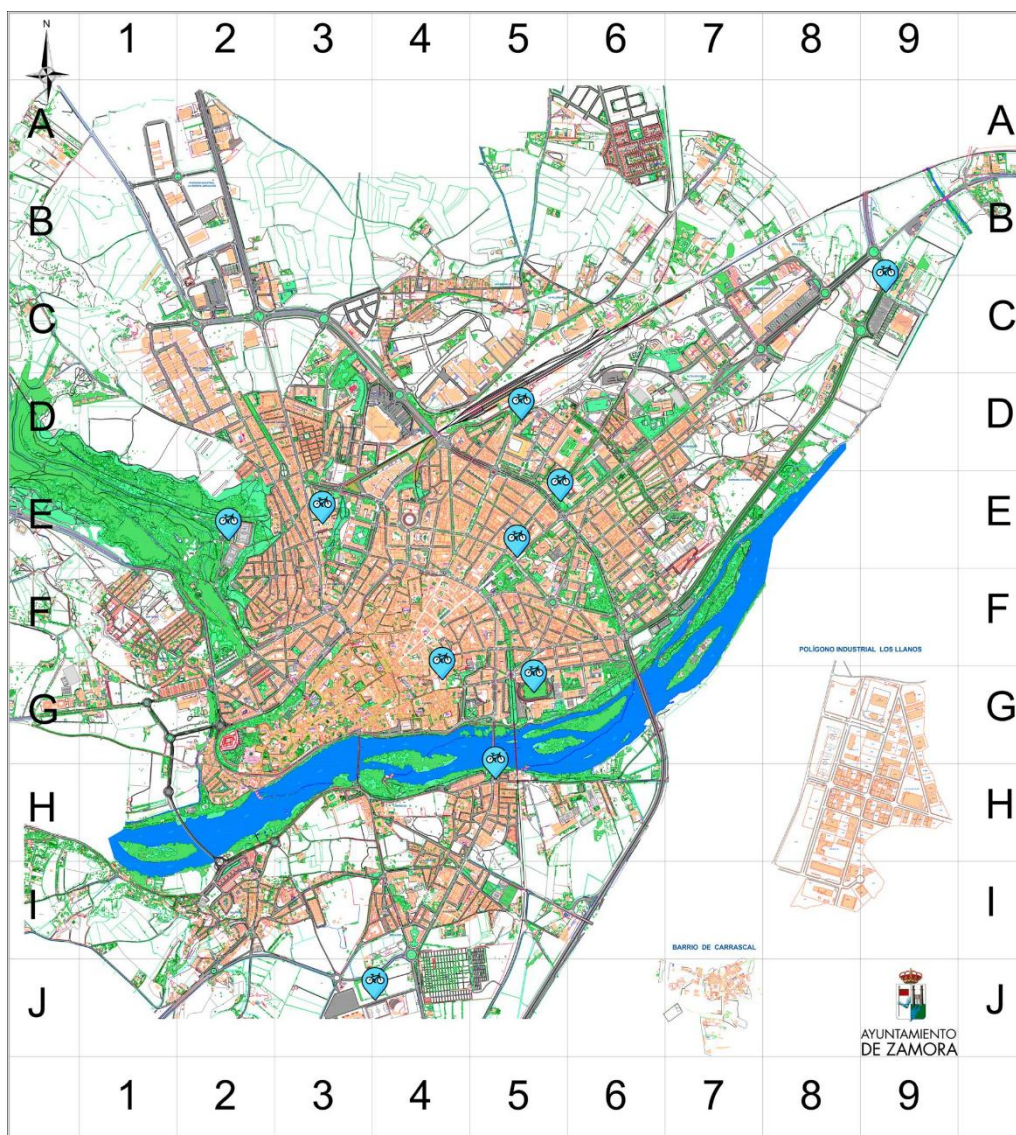


Ilustración 39 Mapa Callejero de Zamora con los puntos de recarga

Fuente: Ayuntamiento de Zamora; Edición propia de las posibles estaciones

1. Al lado del **parque de la Marina Española** y de la Oficina Territorial de Trabajo. Es una zona céntrica de la ciudad con una alta afluencia de estudiantes y trabajadores públicos. Dispone de paradas de autobús cercanas y zonas recreativas alrededor.

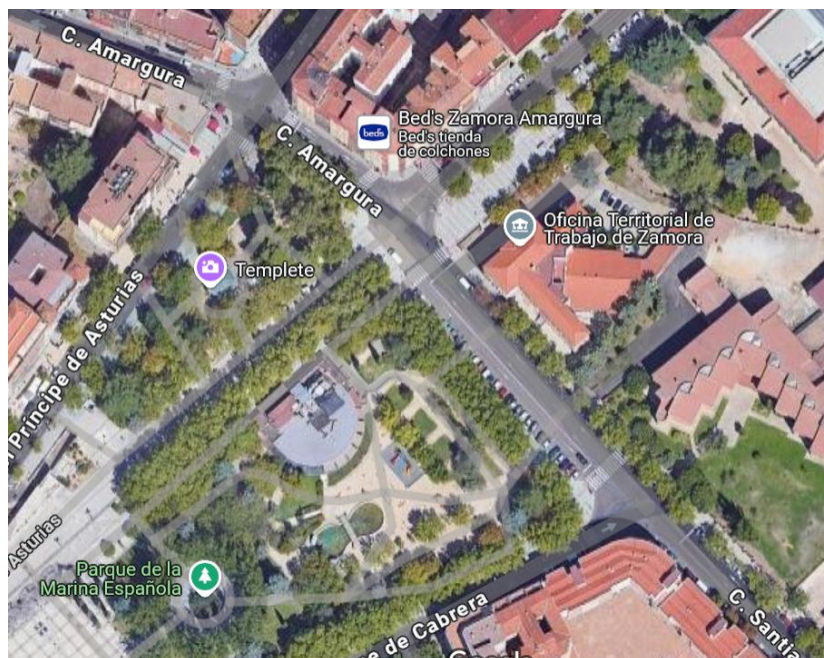


Ilustración 40 Mapa identificativo del Parque de la Marina Española, Zamora

Fuente: Google Maps, 2025



Ilustración 41 Avenida Requejo, Zamora

Fuente: Google Maps, 2025

2. **El Campus Universitario Viriato** con alrededor de 3000 estudiantes repartidos entre la Escuela de Enfermería, la Escuela Politécnica Superior y la Escuela Universitaria de Magisterio y la Residencia Internacional “ResidenZa”. La Universidad de Salamanca junto con el Ayuntamiento podría crear voluntariados intergeneracionales que permitan a los jóvenes ayudar a los mayores a utilizar las bicicletas eléctricas, acompañándolos en sus primeros viajes. También al estar cerca del centro de la ciudad existen varios hoteles, por lo tanto, será más visible y accesible para los turistas. Además, a unos 500 metros se encuentra el Hospital Virgen de la Concha donde muchos sanitarios se desplazan para trabajar, consultas médicas o para visitar a personas hospitalizadas.

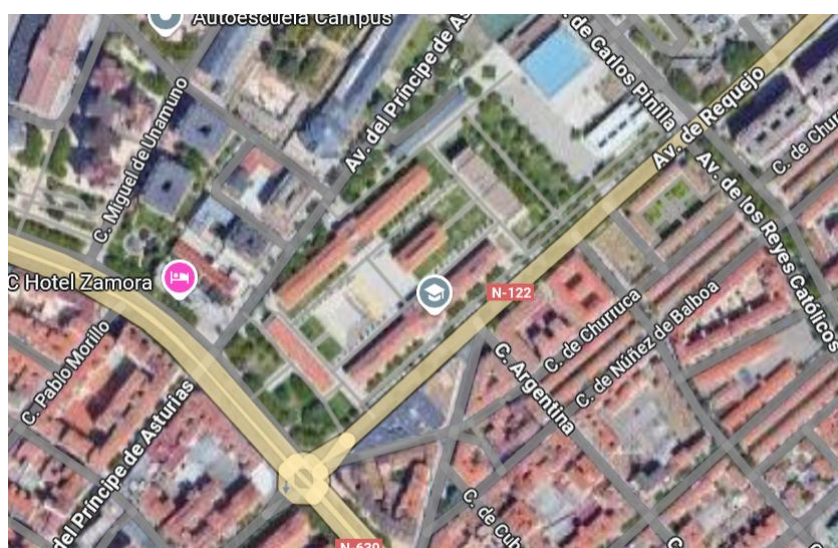


Ilustración 42 Mapa identificativo del Campus Viriato, Zamora

Fuente: Google Maps, 2025



Ilustración 43 Campus Universitario Viriato, Zamora

Fuente: Google Maps, 2025

3. El **Bosque de Valorio** se localiza entre los barrios de San Lázaro y San Isidro y se caracteriza por sus paseos rodeados de naturaleza. Es concurrido por los ciudadanos para el tiempo de ocio debido a que hay dos campos de fútbol, una pista de baloncesto y un carril bici. Desde el punto de vista de los turistas que viajan en caravana es un buen lugar porque existe un área de estacionamiento justo al lado.

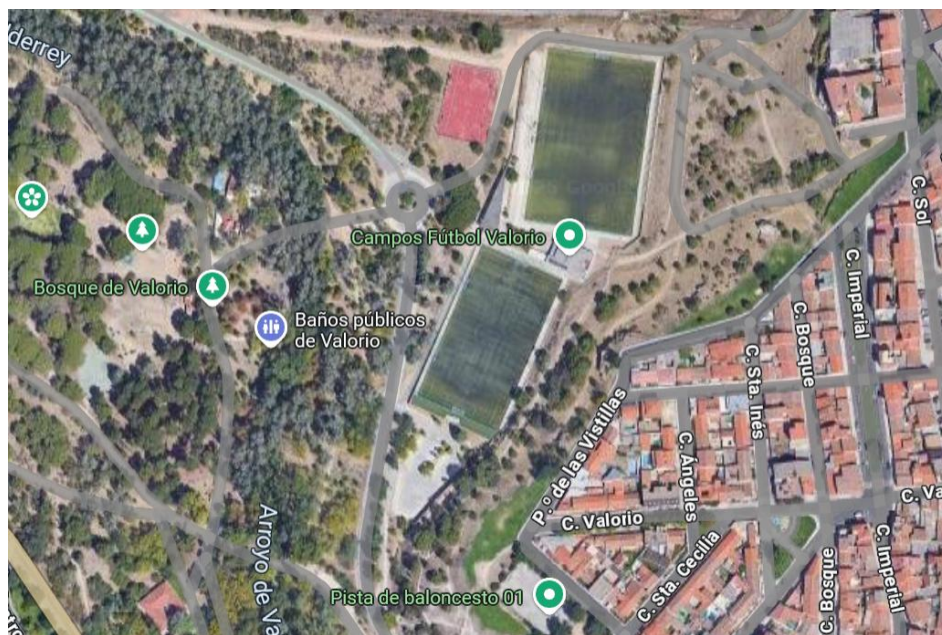


Ilustración 44 Mapa identificativo del Bosque de Valorio, Zamora

Fuente: Google Maps, 2025



Ilustración 45 Carril bici del Boque de Valorio, Zamora

Fuente: Google Maps, 2025

4. El **Estadio Ruta de la Plata** pertenece al Ayuntamiento de Zamora y hasta allí se desplazan a diario muchas personas aficionadas al fútbol, tanto mayores como jóvenes. Igualmente, muchos eventos culturales de la ciudad se celebran en el Auditorio Municipal que se encuentra al lado. Introduciendo en esta ubicación un punto de estacionamiento de bicicletas compartidas se conseguiría fomentar tanto el deporte como la cultura en la ciudad.



Ilustración 46 Mapa del Estadio Ruta de la Plata, Zamora

Fuente: Google Maps

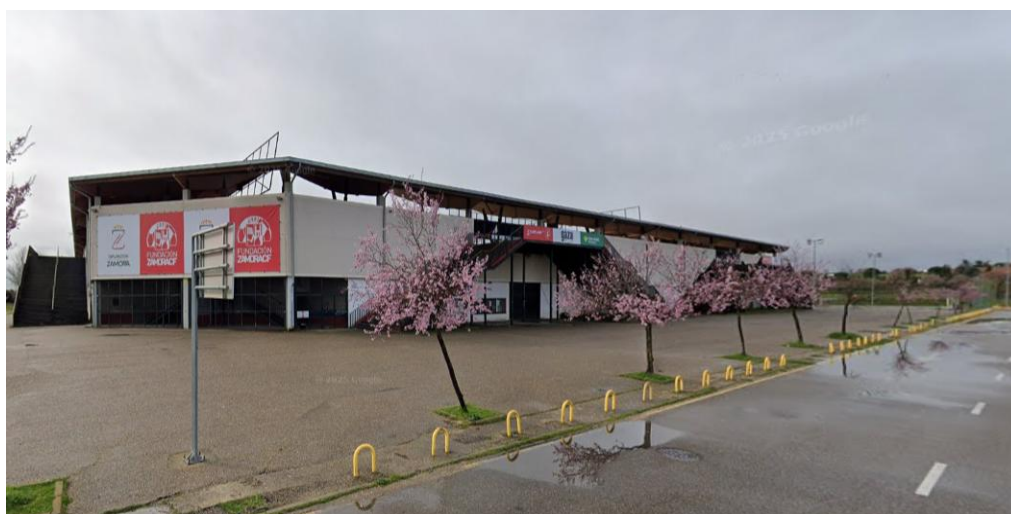


Ilustración 47 Estadio Ruta de la Plata, Zamora

Fuente: Google Maps, 2025

5. El **Recintofines enfocadosra** (“IFEZA”) da cobijo a lo largo del año a diversos eventos de la ciudad desde conciertos hasta ferias con distintos fines enfocados para todo rango de edades. A su lado se encuentra el Instituto Alfonso IX y el vivero de empresas junto al Centro Rural de Innovación Educativa (conocido como “CRIE”). Posee acceso al carril bici que recorre la Carretera de la Aldehuela y el paseo al lado del río Duero.

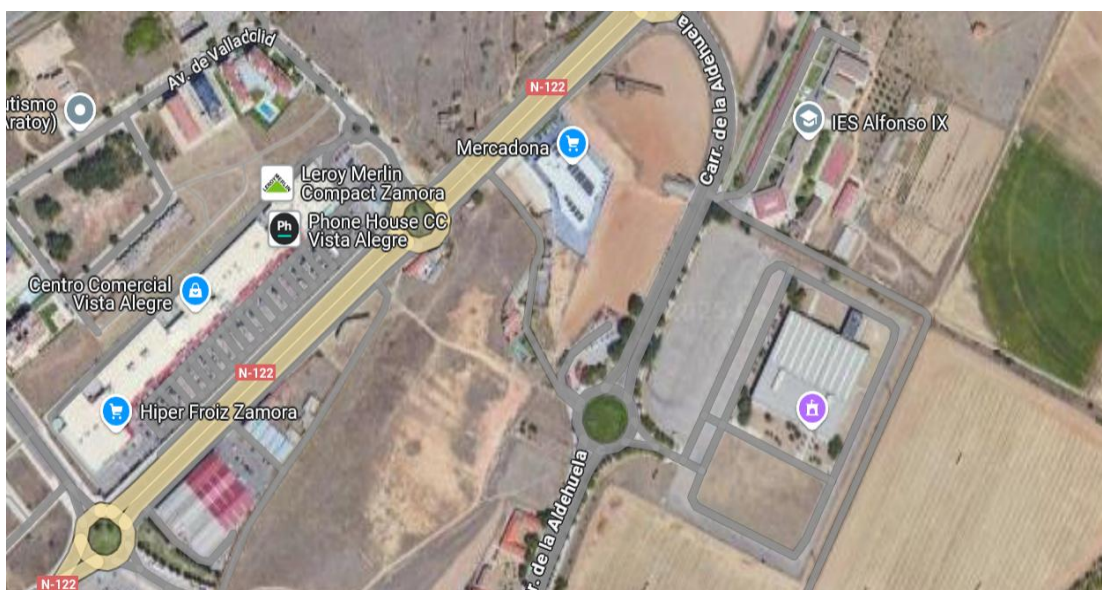


Ilustración 48 Mapa destinado a la localización de Recinto Ferial de Zamora

Fuente: Google Maps, 2025



Ilustración 49 Entrada del Instituto Alfonso IX

Fuente: Google Maps, 2025

6. El **Centro Cívico de San José Obrero** es un punto de actividad sociocultural donde acuden tanto jóvenes como personas mayores tiene integrado en el mismo edificio una biblioteca pública y menos de 200 metros se encuentra el Centro de Salud Parada del Molino. En este barrio residen unos 3000 habitantes por tanto es importante poder prestarles este servicio.

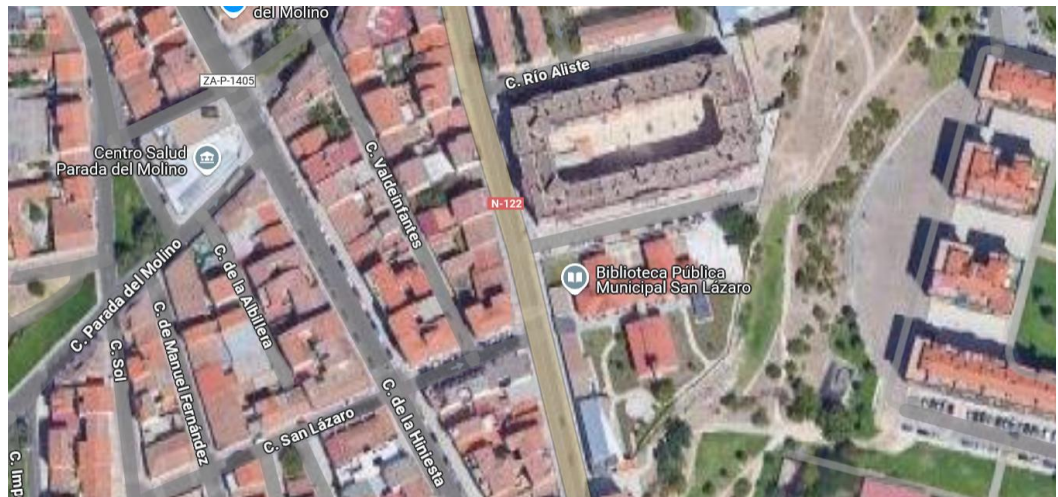


Ilustración 50 Mapa del barrio de San José Obrero, Zamora

Fuente: Google Maps, 2025



Ilustración 51 Biblioteca Municipal del Barrio de San José Obrero

Fuente: Google Maps, 2025

7. Las **estaciones de tren y de autobús** de Zamora son un lugar de tránsito tanto de los turistas como por las personas que viajan a diario. Por tanto, se plantea la instalación de un punto de estacionamiento y recarga en un punto intermedio entre las dos. Esto facilitará el acceso al transporte público haciéndolo más atractivo para los usuarios. Cerca de aquí también se encuentra el Centro Comercial Valderaduey que cuenta con diversas tiendas y centros de ocio.



Ilustración 52 Mapa para identificar la localización de las estaciones de autobuses y trenes
Fuente: Google Maps, 2025



Ilustración 53 Calle Antón Centenera, frente a la estación de trenes de Zamora
Fuente: Google Maps, 2025

8. En el **barrio de Pinilla** al lado del Puente de Hierro. Este barrio es de los más poblados de Zamora con mayor demanda de una mejora en el transporte urbano. Una instalación de un punto de recarga y estacionamiento allí solucionaría parte de este problema.

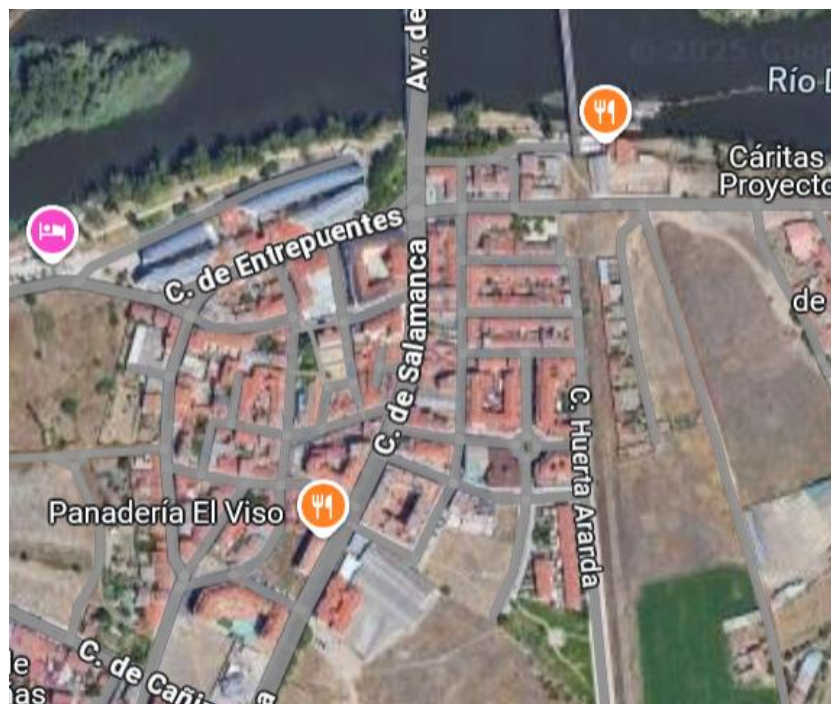


Ilustración 54 Mapa del barrio de Pinilla en Zamora

Fuente: Google Maps, 2025



Ilustración 55 Posible punto para la instalación de la estación de recarga de bicicletas eléctricas en Pinilla

Fuente: Google Maps, 2025

9. La **Ciudad Deportiva** es un espacio público destinado a la realización de diversos deportes y actividades deportivas. Está destinado a personas de todas las edades teniendo tanto clases dirigidas como la posibilidad de realizar deporte de forma autónoma.



Ilustración 56 Mapa para la localización de la Ciudad Deportiva de Zamora

Fuente: Google Maps, 2025



Ilustración 57 Ciudad Deportiva de Zamora

Fuente: Google Maps, 2025

10. La **Plaza del Mercado** se encuentra situada en el centro de la ciudad, por tanto, multitud de personas la transitan con diversos objetivos habitualmente para realizar compras. Actualmente, el Mercado de Abastos que da nombre a esta plaza está siendo reformado con el fin de transformarlo en un lugar donde se pueda disfrutar de la gastronomía y realizar compras de productos zamoranos. Este punto sería clave para el uso diario del sistema dándole una amplia visibilidad ante los residentes y los turistas.

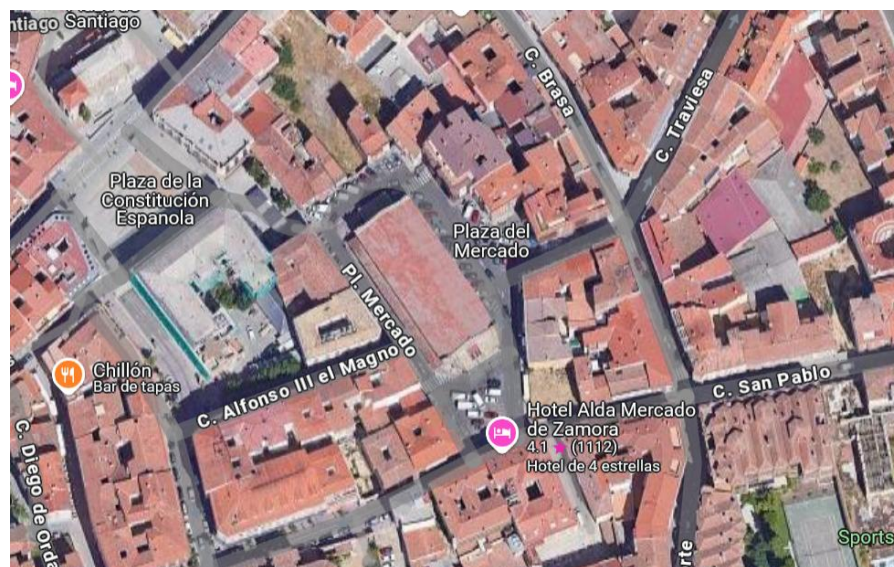


Ilustración 58 Mapa de localización de la Plaza del Mercado de Zamora

Fuente: Google Maps, 2025



Ilustración 59 Proyecto de remodelación del Mercado de Abastos

Fuente: Ayuntamiento de Zamora

6.5. Estimación de la demanda potencial

La estimación de la demanda potencial de un sistema de bicicletas eléctricas compartidas se realiza teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Población que reside en torno a los distintos puntos de estacionamiento.
- Usuarios habituales de centros educativos, sanitarios y deportivos.
- Eventos que se realizan en la ciudad y personas que acuden a ellos ya sean eventos destinados a la cultura, turismo o comerciales.
- La conexión que tienen con otros modos de transporte.
- Datos de otras ciudades con un sistema similar.

Con el objetivo de evaluar de manera estructurada los factores internos y externos que pueden afectar a la implantación de un sistema de bicicletas compartidas en Zamora, se ha realizado el siguiente análisis DAFO. Este análisis permite identificar las fortalezas y debilidades (factores internos), así como las oportunidades y amenazas (factores externos) que influirán en el éxito y la viabilidad del proyecto.

Tabla 4 Análisis DAFO; Fuente: Elaboración propia

FORTALEZAS	DEBILIDADES
• Tamaño compacto de la ciudad • Orografía favorable • Eficiencia energética • Comprometida con la Agenda 2030 • Identidad propia: MOZA BIKES	• Infraestructura ciclista • Baja concienciación del uso de la bicicleta • Inversión inicial • Mantenimiento • Vandalismo
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
• Ayudas públicas • Integración con otros modos de transporte • Impulso de las ZBEs • Fomento del turismo	• Rechazo inicial • Competencia con otros modos de transporte • Dificultades en la gestión • Climatología adversa

En una primera fase se estima que el número de asociados a este modo de transporte será entre un 5% y un 15% de la población. Destinada en la mayoría de los casos para desplazamientos cortos, intermodales o para evitar el uso del vehículo privado.

Para una mejor visualización de los datos se adjunta la siguiente tabla en la cual se dividen los diferentes puntos estudiados y los usuarios potenciales estimados.

Tabla 5 Estimación de la demanda potencial Fuente: Elaboración propia

Ubicación	Número de usuarios potenciales estimados	
Parque de la Marina Española y zona educativa	2000-3000 usuarios	Estudiantes, trabajadores y entorno administrativo y educativo
Campus Universitario Viriato y Hospital Virgen de la Concha	1000-1500 usuarios	Estudiantes y personal docente y sanitario
Bosque de Valorio	500-800 usuarios	Ocio, deporte y caravanas. Mayor demanda los fines de semana
Estadio Ruta de la Plata y Auditorio	800-1200 usuarios	Eventos culturales y deportivos
Recinto Ferial IFEZA	700-1000 usuarios	Ferias y conciertos + Instituto Alfonso IX + CRIE+ zona empresarial
Centro Cívico San José Obrero	1000-1500 usuarios	3000 residentes, centro sanitario y sociocultural
Estación de tren y autobús	1500-2000 usuarios	Turistas, viajeros interurbanos y conexión intermodal
Barrio de Pinilla	1800-2500 usuarios	Uno de los barrios con mayor índice de población y carencia en el transporte público
Ciudad Deportiva	800-1000 usuarios	Deportistas de todas las edades
Plaza del Mercado	1500-2000 usuarios	Zona céntrica, comercial y con alta visibilidad

Se observa que con una estimación baja el número de usuarios serían alrededor de 13100 mientras que una estimación alta de 18500. La demanda mensual rondaría entre los 1300 y 2800 usuarios activos según las estimaciones siendo mayor los fines de semanas y la época de primavera-verano y menor en invierno y otoño. Para conseguir que los usuarios creen un hábito de uso la instalación de estaciones cerca de las zonas educativas y de los nodos intermodales es clave.

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES y LÍNEAS FUTURAS

7. Conclusiones y líneas futuras

7.1. Conclusiones

Este proyecto plasma la capacidad de la bicicleta eléctrica para posicionarse como una alternativa viable de transporte sostenible en la ciudad de Zamora. Analizando desde un punto de vista técnico, social y económico la situación actual de la ciudad se han podido identificar tanto sus debilidades como sus fortalezas.

Gracias a este estudio se ha comprobado que la ciudad a pesar de tener unas características óptimas para el uso de la bicicleta eléctrica por su tamaño compacto y la orografía moderada, la falta de infraestructuras y de apoyo por parte de las instituciones hace que su uso sea reducido.

Para conseguir fomentarlo, se propone la instauración de un sistema de bicicletas compartidas con unas estaciones de recarga ubicadas de manera estratégica en la ciudad. Esta propuesta está relacionada también de una manera directa con la Agenda 2030 y los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible principalmente: ODS 3 (Salud y Bienestar), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 13 (Acción por el clima).

Asimismo, este tipo de bicicletas facilita los desplazamientos en distancias medias reduciendo la dependencia del coche privado y, por ende, disminuye la congestión, la contaminación y el ruido. Paralelamente, mejora la accesibilidad y el turismo pudiendo estos desplazarse a lugares de interés de una manera cómoda y ecológica.

A pesar de que estas bicicletas lleven incorporado un motor eléctrico, su uso de manera habitual hace que se incentive un estilo de vida saludable. Mejorando de una forma sencilla la salud de los usuarios.

Un sistema de bicicletas compartidas gestionado correctamente genera beneficios económicos en la ciudad a raíz de las tarifas de uso y la creación de posibles empleos relacionados con la gestión y el mantenimiento. Para ello, se debe partir de unas campañas para concienciar a la población de las ventajas sobre su uso, pero también relacionadas con las normas que deben respetarse al utilizarlas.

En conclusión, una hipotética implantación de un sistema de bicicletas compartidas en Zamora es más que un simple modo de transporte. Es una representación de la transformación de movilidad urbana que se está buscando. Haciendo la ciudad más atractiva a los turistas, además de ser más habitable y llamativa para futuros ciudadanos.

7.2. Líneas de trabajo futuras

Para consolidar y maximizar los beneficios de las bicicletas eléctricas, a continuación, se proponen las siguientes líneas estratégicas de trabajo futuro:

- Mejora y ampliación de la infraestructura ciclista:

En los últimos años, Zamora ha apostado por la inversión en infraestructura ciclista segura y conectada, pero eso no debe ser un hecho puntual. La bicicleta eléctrica debe formar parte de un sistema de transporte multimodal. Para conseguirlo de una manera efectiva, se debe prestar una atención especial a la conexión con el transporte público, los centros educativos y de salud y las zonas de mayor concentración de personas como es el centro urbano. Mejorando de esta forma la sensación de seguridad en los usuarios de la bicicleta. Para ello, se tendrán que realizar estudios de flujo de movilidad para poder señalar las zonas de mayor demanda.

- Análisis del nivel de satisfacción de los usuarios:

Para que este proyecto fuera sostenible a lo largo de los años en la ciudad, se debería tener en cuenta la opinión de los usuarios. Para ello se tendría evaluar mediante encuestas la satisfacción de los usuarios con su experiencia, el funcionamiento de los puntos de recarga, la seguridad vial y la respuesta ante las posibles incidencias por parte de la empresa o institución responsable.

- Análisis de los datos:

Para mejorar la eficiencia operativa y la experiencia por parte del usuario, se podría desarrollar una aplicación móvil con la que se puedan visualizar en tiempo real el número de

bicicletas disponibles en cada estación y su carga disponible. También podría recomendar rutas a los usuarios dependiendo del nivel de servicio de las vías. Esto permitirá minimizar el tiempo que las bicicletas se mantienen inactivas y mejorar la relación con los usuarios.

- Programas para el fomento del uso de la bicicleta eléctrica:

Es necesario fortalecer el uso de la bicicleta eléctrica de manera responsable. Respetando en todo momento las normas viales y de convivencia. Para ello, es importante realizar charlas informativas, a la vez que prácticas, principalmente en los centros educativos. El objetivo principal es mejorar la seguridad y la utilización responsable por parte de los usuarios más jóvenes.

Por otro lado, para que los más mayores pudieran aprender a manejar tanto la aplicación móvil como las bicicletas eléctricas se podría proponer a los jóvenes voluntariados por parte de sus centros educativos.

- Gestión de la flota:

La revisión y el mantenimiento de las bicicletas debería realizarse de forma continua para alargar lo máximo posible el funcionamiento óptimo de estas. La minimización de la huella ambiental que provocaría este servicio debe ser primordial por parte de los responsables. Así como, el estudio del ciclo de vida de las baterías y el uso de las fuentes de energía renovable para las recargas. Este sistema debería estar alineado en todo momento con los principios de la economía circular.

- Establecimiento de tarifas flexibles y competitivas:

Las tarifas se tendrían que adaptar a diferentes perfiles de usuarios para promover la máxima utilización posible. Para ello, se podrían incluir abonos tanto mensuales como anuales con descuentos y tarifas especiales para estudiantes o personas mayores. Con esto se maximizaría la captación y la fidelización de los usuarios haciendo que los precios no sean una barrera económica.



CAPÍTULO 8: ESTUDIO ECONÓMICO

8. Estudio económico del proyecto

8.1. Introducción

Para concluir con el presente estudio, en este capítulo final se plasman los costes que ha conllevado la realización de este. Siendo necesario para comprobar la viabilidad económica.

El personal que ha participado en la realización de este estudio previo para la implantación de un sistema de uso de bicicletas eléctricas compartidas en Zamora han sido tanto un Ingeniero de Organización Industrial como un director de Proyecto.

Este proyecto ha comenzado el 1 de febrero de 2025 siendo su fecha de finalización el 1 de julio de 2025, conllevando un total de 5 meses de trabajo.

Este estudio económico se divide en costes directos e indirectos siendo estos subdivididos para una mejor comprensión e identificación de los costes. Por último, el coste total del proyecto es calculado sumando los costes directos e indirectos.

8.2. Costes directos

Los costes directos son referidos a aquellos que son imputables indudablemente de manera directa al proyecto.

Los costes directos más habituales en un proyecto son:

- Costes de materia prima: se asocian a la adquisición mediante la compra de material necesario para la realización del servicio o la elaboración de un producto.
- Costes de personal: son los relacionados con las retribuciones salarial que perciben los profesionales que realizan el estudio. Incluyendo el pago de los correspondientes impuestos.
- Costes y amortización del inmovilizado material e intangible: en este estudio son considerados costes directos la amortización de los equipos informáticos porque han sido absolutamente necesarios para su realización.

8.2.1. Costes de personal

En este apartado se llevará a cabo el cálculo de los costes de personal relacionados con este proyecto. Este proyecto, como ya se ha mencionado con anterioridad, se realiza por un Ingeniero de Organización guiado de un director de Proyecto.

En los costes del personal están incluidos tanto el sueldo como el pago de la seguridad social (se ha estimado como un 35% del sueldo neto anual). Teniendo en cuenta que el horario laboral ha sido de lunes a viernes un total de ocho horas al día.

Se parte de un estudio anual de los costes con un total de 365 días/año debiendo descontar los fines de semana, los días de vacaciones, los festivos y los días que no se pudo trabajar por motivos personales.

El número de horas efectivas al año por cada trabajador se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 6 Días efectivos de trabajo; Elaboración propia

Días/ año	365
Sábados y Domingos	104
Días vacaciones	22
Días festivos según JCYL	8
Días por motivos personales	2
Total días efectivos al año	229
Horas diarias	6
Horas efectivas al año	1832

Tabla 7 Coste del director de Proyecto; Elaboración propia

DIRECTOR DE PROYECTO	
Concepto	Coste
Sueldo neto e incentivos por año	38.000 €
Seguridad Social	13.300 €
Cantidad total por año	51.300 €
Coste horario	27,25 €

Tabla 8 Costes de Ingeniero en Organización Industrial; Elaboración propia

INGENIERO EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL	
Concepto	Coste
Sueldo neto e incentivos por año	28.000 €
Seguridad Social	9.800 €
Cantidad total por año	37.800 €
Coste horario	20,6 €

Finalizando el estudio de los costes horarios del personal realizamos una estimación del número de horas empleadas por cada uno en la realización de este proyecto. El ingeniero de Organización Industrial se ha dedicado durante 5 meses en exclusiva a este proyecto mientras que el director de Proyecto de modo parcial.

La siguiente tabla ilustra de una manera clara dichas horas:

Tabla 9 Horas empleadas por el director de Proyecto; Elaboración propia

Director de Proyecto		
	Horas empleadas	Horas totales
Documentación	20	110
Análisis de datos	40	
Propuestas de mejora	35	
Elaboración de la documentación	15	

Tabla 10 Horas empleadas por el Ingeniero en Organización Industrial; Elaboración propia

Ingeniero en Organización Industrial		
	Horas empleadas	Horas totales
Estudio previo y documentación	200	830
Recogida y análisis de datos	80	
Propuestas de mejora	50	
Análisis de datos y elaboración de la documentación	500	

Para el cálculo del coste total de cada empleado se multiplica el coste horario por el número total de horas efectivas de trabajo dedicadas al proyecto. Resumiéndose todo esto en la siguiente tabla:

Tabla 11 Coste total del personal; Elaboración propia

	Director de Proyecto	Ingeniero de Organización Industrial
Horas empleadas	110 horas	830 horas
Coste horario	27,25 €/hora	20,6 €/hora
Total	2997,5 €	17.098 €
Coste total del personal	20.095,5 €	

8.2.2. Costes de amortización del material

Este apartado refleja los costes vinculados con la amortización del material utilizado para la realización de este proyecto.

Tabla 12 Costes y vida útil del material, Elaboración propia

	CONCEPTO	PRECIO TOTAL	VIDA ÚTIL
EQUIPOS INFORMÁTICOS	Ordenador HP27- All in One	799 €	3 años
	Portátil ASUS Vivobiik S15	749 €	3 años
	Impresora HP LaserJet Pro	299 €	5 años
SOFTWARE	S.O. Windows 10	95 €	2 años
	S.O. Windows 11	110 €	4 años
	Paquete Microsoft Office 365	129 €	1 año

Para su cálculo del coste de amortización (considerando el valor residual nulo) se multiplica el coste horario del material por las horas de utilización de cada equipo informático y los softwares. Para hallar el coste horario del material se divide el coste total entre la vida útil estimada. Aproximadamente las horas de funcionamiento de los equipos coinciden con el total de horas del proyecto siendo estas 110 horas del director de proyecto y 830 del Ingeniero de Organización Industrial.

Tabla 13 Coste de amortización; Elaboración propia

	CONCEPTO	ÍNDICE DE AMORTIZACIÓN (€ /HORA)	HORAS DE TRABAJO	COSTE DE AMORTIZACIÓN
EQUIPOS INFORMÁTICOS	Ordenador HP27- All in One	0,21 €	110 h	23,1 €
	Portátil ASUS Vivobiik S15	0,20 €	830 h	166 €
	Impresora HP LaserJet Pro	0,13 €	40h	5,2 €
SOFTWARE	S.O. Windows 10	0,02 €	830 h	16,6 €
	S.O. Windows 11	0,03 €	110 h	3,3 €
	Paquete Microsoft Office 365	0,04 €	940 h	37,6 €
Coste total de amortización				251,8 €

8.2.3. Costes de materiales consumibles

Costes asociados a la compra de la materia prima necesaria para la elaboración del proyecto.

Tabla 14 Costes de los materiales consumibles; Elaboración propia

	COSTE
Material de oficina	25 €
Encuadernaciones del proyecto	40 €
Cartuchos impresora	30 €
Otros	70 €
Total	165 €

8.2.4. Recopilación de los costes directos

Para concluir con el apartado de costes directos, se incluye la siguiente tabla a modo de resumen con los principales costes junto con el total.

Tabla 15 Total de costes directos; Elaboración propia

COSTES DE	COSTE
Personal	20.095,5 €
Amortización	251,8 €
Materiales	165 €
Otros	120 €
TOTAL DE COSTES DIRECTOS	20.632,3€

8.3. Costes indirectos

A continuación, se plasman los costes que no son directamente imputables al proyecto. Estos costes están representados en la siguiente tabla:

Tabla 16 Costes indirectos asociados con el proyecto; Elaboración propia

	Coste mensual	Coste total
Alquiler de oficina	700 €	3.500 €
Internet	40 €	200 €
Suministros	50 €	250 €
Limpieza de oficina	30 €	150 €
COSTES INDIRECTOS TOTALES	4.100 €	

8.4. Coste total del proyecto

La suma de los costes tanto directos como indirectos nos muestra el coste total del proyecto. Por tanto, el coste total que ha supuesto este proyecto es de 24.732,3 €.

Tabla 17 Coste total del proyecto; Elaboración propia

Costes Directos	20.632,3 €
Costes Indirectos	4.100 €
TOTAL DE COSTES	24.732,3 €

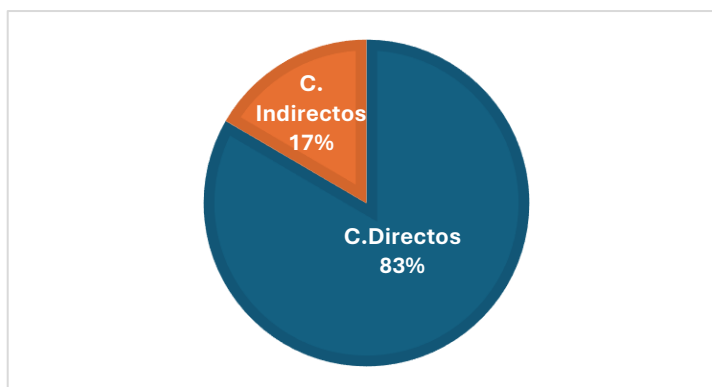


Ilustración 60 Gráfico de costes del Proyecto; Elaboración propia





CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA

9. Bibliografía

Administrador de Infraestructuras Ferroviarias - Adif. (2024).
<https://www.adif.es/>

Ambrosio, R. C., & Ticianelli, E. A. (2001). Baterías de níquel-hidreto metálico, una alternativa para as baterías de níquel-cádmio. *Química Nova*, 24, 243-246.

Andrés, C. G. (2023, 30 enero). Zamora, interconectada para bicicletas. *La Opinión de Zamora*. Recuperado el 26 de mayo de 2025. <https://www.laopiniondezamora.es/zamora/2023/01/30/zamora-interconectada-bicicletas-82203511.html>

Araujo Valle, M. D. C. (2019). Estudio del efecto de los ciclocarriles en la interacción entre flujos de movilidad en un área urbana.

Ayuntamiento de Zamora & 1A Ingenieros (Julio de 2016). Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) de la ciudad de Zamora. <https://www.zamora.es/contenidos.aspx?id=21176>

Ayuntamiento de Zamora (s. f.). Mapas. Mapas. Recuperado el 26 de mayo de 2025 <https://mapas.lineazamora.es/>

Bañón, L., & Beviá García, J. F. (2000). Manual de carreteras. Volumen I: elementos y proyecto. *Caminos I*.

Boletín Oficial del Estado. (2021). *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética*. <https://www.boe.es/eli/es/l/2021/05/20/7>

Cerquera, F. (2007). Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Escuela Ingeniería de Transporte y Vías, Colombia*. Retrieved June, 22, 2015.

Consejería de Movilidad y Transformación Digital. Dirección General de Carreteras e Infraestructuras. (2023) *Plan Regional de Aforos de la Junta de Castilla y León*.

de Alba Padilla, C. A. (2017). *Estudio y fabricación de una batería ácido plomo*. REPOSITORIO NACIONAL CONACYT.

Dirección General de Cambio Climático y Medio Ambiente Urbano (2021). Estudio de la red de vías ciclistas de Sevilla. *Juntadeandalucia.es*. Recuperado el 9 de mayo de 2025, de

https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/estudio_vias_ciclistas.o.pdf

Dirección General de Tráfico (DGT). (2021). *Estrategia estatal por la bicicleta*. Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana de España.

Directorio de Centros de Castilla y León. (2015). Consejería de Educación. Junta de Castilla y León. <https://directorio.educa.jcyl.es/es/mapa>

ECF - European Cyclists Federation. (s. f.). *EuroVelo*. ECF. <https://www.ecf.com/en/what-we-do/eurovelo/>

El tiempo durante todo el año en cualquier lugar del mundo - Weather Spark. (s. f.). Weather Spark. <https://es.weatherspark.com/>

Eurovelo 8 Comunitat Valenciana | Actividades y experiencias - Comunitat Valenciana. (s. f.). *Actividades y Experiencias* - Comunitat Valenciana. <https://cicloturismo.comunitatvalenciana.com/blog/eurovelo-8-comunitat-valenciana>

Ganado, A. L. (2025, 20 febrero). Francisco Guarido asegura que el impacto del carril bici en el Parque de León Felipe será mínimo. Zamora News. Recuperado el 26 de mayo de 2025. <https://www.zamoranews.com/articulo/zamora/francisco-guarido-asegura-que-impacto-carril-bici-parque-leon-felipe-sera-minimo/20250213120724317966.html>

Garrido, L. (2023, 30 enero). Consulta la población de Zamora capital barrio a barrio. *La Opinión de Zamora*. <https://www.laopiniondezamora.es/zamora/2023/01/30/consulta-poblacion-zamora-capital-barrio-82180778.html>

Google Maps (2025) Recuperado el 10 de junio de 2025 de <https://www.google.com/maps/>

Gregorio, V., García, N., Tiemblo, P., & HEMPOL, G. (2020). Presente y Futuro de los Polímeros en el Diseño de Baterías de Litio. *Rev. Plast. Mod*, 756(119), 10-16.

Hernández-Herrador, V., & Marqués, R. (2017). El impacto del “carril-bici” de Sevilla sobre el espacio urbano de la ciudad: un análisis preliminar. *Hábitat y Sociedad*, (10).

Hung, N. B., & Lim, O. (2020). A review of history, development, design and research of electric bicycles. *Applied Energy*, 260, 114323.

Iiritano, g., corallini, f. t., petrungaro, g., boccia, f., & trecuzzi, m. r. (2023). Cycling as a sustainable mobility form in the magna graecia area of the calabria region, Italy. *wit Transactions on Ecology and the Environment*, 261, 429-441.

INE - Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). INE. Instituto Nacional de Estadística. INE. <https://www.ine.es/>

Instituto de la Construcción y Gerencia. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas*. www.construccion.org.pe

Kontar, W., Ahn, S., & Hicks, A. (2022). Electric bicycles sharing: opportunities and environmental impacts. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 2(3), 035006.

Kraemer. C, Pardillo.J, Rocci. S, Romano.G, Blanco. V, Del Val. M. (2003). *Ingeniería de Carreteras*. Volumen 1. Editorial Mc. Graw. Hill. Madrd, Buenos Aires. Caracas.

Linares, A. (2024). Zonas de Bajas Emisiones: la guía esencial. Campaña Clean Cities

Lucena, J. J. N. (2018). Diagnóstico de la de la red actual de carril bici de Alcalá de Henares y propuesta de ampliación para mejorar su eficiencia. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (22), 43-70.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2023). *Zonas de bajas emisiones (ZBE)*. Recuperado 21 de mayo de 2025. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/movilidad/zonas_de_bajas_emisiones_en_espana.html

Núñez, S. A. (2016, 31 octubre). La toma de datos de tráfico: pasado, presente y futuro - Urbanismo y Transporte. Urbanismo y Transporte. Recuperado el 31 de marzo de 2025 de <https://urbanismoytransporte.com/la-toma-datos-traffic-pasado-presente-futuro/>

Observatorio del Transporte y la Logística en España [OTLE]. (2023). *Monográfico sobre la descarbonización del transporte*.

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
<https://observatoriotransporte.mitma.es>

Organización de las Naciones Unidas (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Naciones Unidas. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

PC Componentes (2024) Bicicletas eléctricas. Recuperado el 14 de mayo de 2025 de <https://www.pccomponentes.com/>

Red de Ciudades por la Bicicleta. (2022). *La bicicleta en las políticas urbanas: guía de buenas prácticas*.
<https://www.ciudadesporlabicicleta.org/>

Sobrino Lusquiños, C. A. (2013). *Estudio previo de la movilidad ciclista en Zamora* (Universidad de Salamanca).

Tabaco, D. G., & Tabaco, D. G. (2025, 24 marzo). *La Zona de Bajas Emisiones de Zamora afectará al centro y todo el casco antiguo y las restricciones se aplicarán por fases*. Enfoque Diario de Zamora. Recuperado el 26 de mayo de 2025
<https://enfoquezamora.com/2025/03/24/la-zona-de-bajas-emisiones-de-zamora-afectara-al-centro-y-todo-el-casco-antiguo-y-las-restricciones-se-aplicaran-por-fases/>

Van Cauwenberg, J., De Bourdeaudhuij, I., Clarys, P., De Geus, B., & Deforche, B. (2019). E-bikes among older adults: benefits, disadvantages, usage and crash characteristics. *Transportation*, 46, 2151-2172.