



**PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN DE LA
AMPLIACIÓN DEL TRANVÍA DE
VITORIA-GASTEIZ A SALBURUA**

**ANEJO Nº10:
ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD**

Indice de Capítulos

1. OBJETO	1
2. CONSIDERACIONES GENERALES	2
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA AMPLIACIÓN	3
4. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO	6
4.1. BENEFICIOS	6
4.1.1. Movilidad	6
4.1.2. Circulación rodada	7
4.1.3. Revitalización de los barrios	8
4.1.4. Imagen de la ciudad	8
4.1.5. Accesibilidad	8
4.1.6. Identidad de las líneas y orientación al usuario	9
4.1.7. Comodidad de los pasajeros	9
4.1.8. Seguridad	9
4.1.9. Economía de inversión	11
4.1.10. Creación de empleo	11
4.2. COSTES	11
4.2.1. Tiempo de viaje	11
4.2.2. Accidentes	12
4.2.3. Consumo energético	12
4.2.4. Ruido	13
4.2.5. Impacto medioambiental	14
4.2.6. Ocupación del suelo	18
4.2.7. Efecto sobre el resto de modos	19
4.2.8. Efecto barrera	20
5. CONCLUSIONES	21

1. OBJETO

El presente estudio pretende medir la contribución del proyecto al bienestar de la sociedad y en concreto al municipio de Vitoria-Gasteiz, dentro del Plan de Sostenibilidad del Gobierno Vasco.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

La movilidad en las ciudades se ha convertido en un problema de primera magnitud debido a la congestión del tráfico urbano causada por el aumento de vehículos en circulación.

En numerosas ciudades de todo el mundo de tamaño intermedio, semejantes a Vitoria-Gasteiz, se ha optado por la implantación de sistemas de tranvía como instrumento fundamental en la política urbanística y de transporte urbano, se trata de un modo de transporte que se integra perfectamente con los ciudadanos y facilita la peatonalización de amplias zonas manteniendo un adecuado nivel de accesibilidad.

A continuación se incluye una relación de las principales ventajas de los sistemas de tranvía:

- Elevado nivel de confort para el usuario.
- Alta velocidad comercial.
- Mayor atractivo para el usuario. Se ha demostrado en las ciudades en las que se ha implantado este sistema de transporte que ha aumentado significativamente el número de usuarios en transporte público, debido a la mayor calidad del servicio ofertado.
- Reducción drástica de consumo energético y contaminación térmica del ambiente urbano.
- Disponibilidad de energía de tracción a medio / largo plazo.
- Eliminación de consumo de aire fresco y de emisiones nocivas en corredores urbanos.
- Reducción drástica de emisión de ruido.
- Alta capacidad de transporte.
- Reducción sustancial de las barreras espaciales y de riesgos de accidentes. Al ofrecer una mayor capacidad de transporte se puede reducir el número de vehículos en circulación, lo que reduce, al mismo tiempo, el efecto barrera y el riesgo de accidentes.
- Elevado nivel de seguridad. Al ser un sistema guiado provisto de frenos de emergencia sus índices de siniestralidad son menores que los de cualquier otro sistema de transporte urbano de superficie.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA AMPLIACIÓN

La red tranviaria de Vitoria-Gasteiz actualmente en servicio consta de tres ramales:

- Ramal Centro: situado entre la rotonda de América Latina y la c/Angulema, con una longitud de 2,61km. Consta de seis paradas: Honduras, Europa, Antso Jakituna / Sancho El Sabio, Lovaina, Legebiltzarra / Parlamento, Angulema. La reciente ampliación del tramo entre la calle Angulema y la zona universitaria con una longitud de que consta de 3 paradas Florida, Hegoalde y Unibertsitatea.
- Ramal Lakua (Ibaiondo): situado entre la rotonda de América Latina y las cocheras de la c/Landaverde, con una longitud de 2,35km. Consta de 6 paradas: Ibaiondo, Landaberde, Lakuabizkarra, Wellington, Txagorritxu, Euskal Herria.
- Ramal Abetxuko: situado entre la rotonda de América Latina y el barrio de Abetxuko, cuyo ramal en servicio alcanza la calle Araca junto a la Plaza del primero de mayo, con una longitud de 2,85km. Consta de 8 estaciones: Abetxuko, Kristo, Kañabenta, Artapadura, Arriaga, Gernikako Arbola, Forondako Atea / Portal de Foronda, Intermodal.

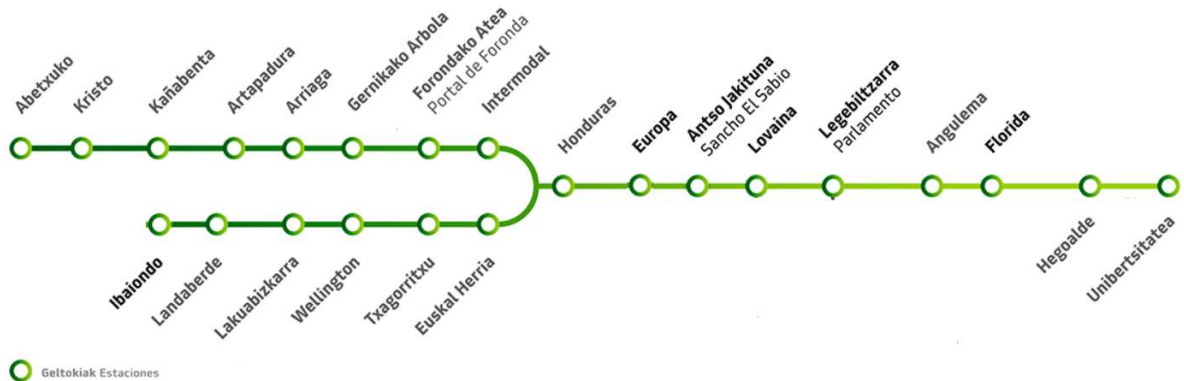


Figura 1: Esquema de estaciones del tranvía de Vitoria-Gasteiz en servicio

En octubre de 2008, se llevó a cabo la redacción del “Estudio de las ampliaciones del Tranvía de Vitoria-Gasteiz”, cuyo objetivo era el análisis de las extensiones hacia la Universidad y el aeropuerto de Foronda.

El resultado del estudio concluyó la escasa viabilidad socioeconómica de las ampliaciones hacia el aeropuerto y ratificó las conclusiones del PTS en cuanto a la extensión hacia el

Sur de la ciudad, (especialmente a la zona del campus Universitario) a partir del fin de línea actual.

En marzo de 2012 el Gobierno Vasco y el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz expresaban su intención ampliar el trazado del tranvía hacia el este de la ciudad desde la parada final de la calle Angulema hasta Obispo Ballester, por Federico Baraibar, José Mardones y la calle Los Herrán, contemplando que esta misma línea podría dar servicio al barrio de Salburua.

En junio de 2016, se llevó a cabo la redacción del "Estudio Informativo de la prolongación a Salburua del tranvía de Vitoria-Gasteiz. 2ª Fase", en el que se proponía una solución para mejorar la conexión de los barrios situados en el margen este de la ciudad (barrio de Salburua) con el centro. La propuesta permitía asimismo la conexión del barrio de Salburua a la nueva línea proyectada hacia el sur de la ciudad, pudiendo conectar con la estación de autobuses proyectada, con la universidad y zonas actualmente servidas por las líneas existentes.

El estudio informativo de la prolongación a Salburua del tranvía de Vitoria-Gasteiz, 2ª fase, redactado en noviembre de 2017, describe la ampliación del tranvía desde la parada de La Florida hasta el barrio de Salburua.

La prolongación del Tranvía a Salburua 2ª fase contempla la ampliación de la plataforma tranviaria en una longitud de 2.575 metros de vía doble de ancho métrico, desde la vía mango de calle Florida (intersección de la calle Florida (este -oeste), los Herrán (norte) hasta la Avenida Juan Carlos I, entre la calle Luxemburgo y la Avenida de Paris, dentro del barrio de Salburua.

Se prevé que el nuevo trazado sea de doble vía en su totalidad, así como la construcción de cinco nuevas paradas todas ellas con con la tipología de andenes laterales enfrentados en los siguientes pkk en las vías derecha e izquierda:

Nombre Parada	Vía 1 Dcha		Vía 2 Izda	
	Desde	Hasta	Desde	Hasta
Santa Luzia	0+462,272	0+512,272	0+381,090	0+431,090
Illada	1+065,362	1+115,362	0+983,397	1+033,397
Nikosia	1+392,286	1+442,286	1+303,718	1+353,718
La Unión	1+798,037	1+848,037	1+709,469	1+759,469

Salburua	2+525,473	Fin tramo	2+432,678	Fin tramo
----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Tabla 1. Ubicación nuevas paradas

4. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO

La evaluación de los proyectos de inversión pública en infraestructuras no puede medirse exclusivamente en términos de rentabilidad económico-financiera. Existen una serie de costes y beneficios para la sociedad en su conjunto que el proyecto no internaliza y que deben formar parte integral del análisis, dado que la financiación pública de estos proyectos busca precisamente incrementar el bienestar general del conjunto de los ciudadanos a través del uso eficiente de los recursos públicos.

Algunos de los costes señalados pueden generar sin embargo un impacto favorable o minimizar el impacto negativo como resultado de la aplicación de una serie de medidas correctoras. Para facilitar la comprensión, se enumeran a continuación los costes y beneficios sociales del proyecto, justificándose en su caso el posible impacto positivo o negativo del mismo.

Para los análisis se ha utilizado como referencia "External Costs of Transport in Europe" redactado por "CE Delft", "INFRAS" y "Fraunhofer ISI" dónde se evalúan numéricamente los costes externos de los sistemas transporte.

4.1. BENEFICIOS

4.1.1. Movilidad

- Sustancial reducción del tiempo de desplazamiento. El enfoque de la "ganancia de tiempo" afecta a una gran cantidad de usuarios actuales de la red de transporte, tanto mediante ganancia de tiempo como tal, como en mejora de las relaciones.
- Conexión más eficaz entre los diferentes modos de transporte público.
- Mejora en la regularidad. Esto se logra debido a que el tranvía está libre de atascos y el intervalo entre los trenes puede regularse por distintos sistemas. El tranvía presenta una gran regularidad en la prestación de sus servicios al hacerlo por unos carriles específicamente creados para él, eliminado de esta manera las congestiones, los atascos y las esperas prolongadas.
- Mayor horario de utilización.
- Mejora de la calidad del servicio. Esta mejora se debe al ahorro de tiempo y también a una mejora de la fiabilidad del desplazamiento, de su regularidad y de su comodidad.
- Mejora de la accesibilidad de los sectores del perímetro de los transportes urbanos. La accesibilidad de los sectores periféricos se mejora tanto para los

habitantes como para las actividades localizadas en la zona, sobre todo las cercanas a las paradas del tranvía.

- Evolución de la accesibilidad isócrona. Una de las cualidades esenciales que permiten comprender la amplitud del impacto de una nueva red respecto a la red de referencia es la amplitud de las mejoras experimentadas tanto geográficamente como en importancia relativa. Estas mejoras pueden medirse en términos de evolución de las oportunidades asequibles a determinadas zonas (por ejemplo: número de habitantes, número de empleos, de alojamientos, de comercios, de plazas de colegio, etc.) a menos de 20 minutos de distancia, o en términos de evolución de tiempo de desplazamiento en transporte.
- Evolución de la accesibilidad de oportunidades. La extensión de la línea de tranvía y la reestructuración de la red de transporte actual mejoran sensiblemente la accesibilidad a los empleos en menos de 20 minutos (incluido el tiempo de espera en las paradas de autobús) de numerosos barrios de denso hábitat.
- Movilidad por habitante del perímetro de transportes urbano. La ampliación del tranvía y reestructuración de la red de transporte colectivo permitirá un aumento progresivo de la movilidad del transporte público a medida que se pongan en marcha los grupos de medidas establecidas en el plan de desarrollo urbano.

Por lo tanto, el efecto de la extensión de la vía tranviaria es positiva.

4.1.2. Circulación rodada

Los nuevos planes de organización de la circulación se pondrían en marcha en función del grado de desarrollo de las labores de construcción. Estas modificaciones conciernen a:

- Los automovilistas, ya que se redefinirán las secciones de las calles para inducir un uso más racional del automóvil.
- Los peatones, que se beneficiarán de la reorganización del espacio urbano en los alrededores del tranvía: espacios reservados a peatones, ampliación y mejora de paseos, etc.
- El centro urbano. El tranvía se erige en útil de accesibilidad hacia el centro de la ciudad conjugando una organización racional de los desplazamientos con instalaciones poco consumidoras de espacio y no contaminantes, reforzando

una dinámica comercial cultural y mejorando el atractivo de la ciudad, haciendo de ella un entorno tranquilo y agradable.

- Los ciclistas, al disminuir la congestión urbana, haciendo más factible y seguro el uso de este sistema de transporte.

Por lo tanto, la circulación rodada se vería beneficiosamente afectada.

4.1.3. Revitalización de los barrios

Al mejorar la accesibilidad a los polos más importantes de la zona, el tranvía contribuirá al desarrollo y a la revitalización de los barrios afectados. A su vez, desempeñará un rol social importante, al permitir revalorizar los barrios por los que transcurre, al utilizar su impacto positivo. Entre otros se puede citar:

- Acceso a los equipamientos deportivos y culturales (centros cívicos, escuelas de música).
- Acceso a los edificios administrativos.
- Acceso a los centros médicos.

Se puede afirmar que el efecto del proyecto será positivo en lo que a revitalización de los barrios afectados se refiere.

4.1.4. Imagen de la ciudad

La ciudad presentará una imagen armonizada basada en la implantación de marquesinas con una identidad propia. A su vez, el impacto visual de los autobuses suele ser mayor, al estar diseñados sin patrones estéticos. Al reducirse el número de vehículos circulando por la zona, el caos que éstos producen desde el punto de vista visual será inferior.

Se puede afirmar que el proyecto, tendrá un efecto positivo sobre la imagen de la ciudad.

4.1.5. Accesibilidad

Al ser un sistema guiado se aprovechan al máximo las ventajas del piso bajo, ya que la maniobra de aproximación al borde de la acera en la parada es más certera que la del autobús, donde la distancia resultante suele ser demasiada elevada para personas con movilidad reducida.

Por otra parte, al circular en superficie se evitan los sistemas de ascensores y escaleras mecánicas que exigen los medios de transporte subterráneos.

Por tanto, tendrá un efecto positivo sobre la accesibilidad al transporte público y, por lo tanto, a la ciudad.

4.1.6. Identidad de las líneas y orientación al usuario

Las líneas de autobuses existentes no presentan un trazado fácilmente identificable y sus líneas solo se pueden reconocer al estudiar los anuncios en las paradas, planos de la ciudad y demás información disponible. La red de servicio existente resulta difícil de interpretar para los usuarios.

Las instalaciones fijas del tranvía dan a las líneas una identidad y reconocimiento instantáneo. Los servicios son inmediatamente reconocidos por los números de la línea de servicio, además de por el anuncio de su destino final. En general, la identificación de la línea de tranvía es más fácil y cómoda que las líneas de autobuses.

A su vez, los paneles informativos del tranvía sirven de ayuda y referencia a los peatones, aun no siendo usuarios de este.

Se puede afirmar tendrá un efecto positivo sobre la capacidad de los viajeros a la hora de identificar los servicios.

4.1.7. Comodidad de los pasajeros

La diferencia en comodidad de los pasajeros, una vez a bordo del vehículo, entre autobús y tranvía es muy amplia. Esto se debe principalmente al diseño del vehículo y sus componentes, a la interfaz entre el vehículo y la vía y, por otro lado, a la política y práctica de explotación de las dos modalidades. La comodidad del pasajero se tiene en cuenta en la planificación de una red de tranvía, estando los criterios claramente definidos y respetados en relación con el número de pasajeros de pie (hasta 4 viajeros por metro cuadrado). A su vez, se evitarán las vibraciones causadas por los frenazos y aceleraciones y las malas condiciones del vial.

4.1.8. Seguridad

4.1.8.1 Seguridad de las personas

En una zona, la importancia de la circulación de toda naturaleza provoca numerosos accidentes, materiales y corporales, entre los distintos vehículos que comparten el viario como entre los peatones que cruzan las calles. El transporte público provoca un menor número de accidentes que el transporte individual. Este hecho depende sin duda de la profesionalidad de los conductores, de la calidad de sus automóviles y de la calidad general de las vías. Se explica igualmente por la mayor capacidad de los vehículos actuales, que hace posible reducir el número de circulaciones por número de personas transportadas. Este hecho implica una ganancia para la colectividad, que se tiene en cuenta en el cálculo de la rentabilidad socioeconómica; el método aplicado consiste en el cálculo de los accidentes evitados por mayor uso del transporte público.

La seguridad puede descomponerse en varios aspectos: la seguridad del viajero, debida a la concepción misma del sistema (sistema guiado), de los vehículos (de piso bajo y puertas grandes) y a su gran accesibilidad (a nivel con el andén y sin espacios intermedios); y la seguridad de los otros pasajeros de espacios públicos, favorecida por la mayor búsqueda de espacio urbano que tenga en cuenta esta dimensión.

La accidentalidad de los autobuses, especialmente en relación con el peatón es, en términos comparativos, más alta debido principalmente a la indefinición precisa de la trayectoria del autobús, a su impredecibilidad con respecto al peatón y a la variabilidad de adherencia entre las ruedas y la vía dependiendo de las condiciones meteorológicas. Otro factor es la acumulación de tareas que debe llevar a cabo el conductor; aparte de vigilar la seguridad debe conducir el vehículo, vender billetes de transporte, controlar las paradas, etc.

4.1.8.2 Seguridad en la calle

Este factor es fácilmente observable por los siguientes motivos:

- El usuario de la calle tiene la seguridad de que el tranvía sigue siempre una pista predeterminada, fácilmente identificable y sin desviaciones inesperadas.
- El conductor, al estar libre de las actividades de conducción física del vehículo (volante, cambio de velocidades, etc.) se puede concentrar casi enteramente en los aspectos de seguridad externa de su recorrido.
- El vehículo del tranvía está equipado para frenados normales y/o de emergencia, independientemente de las condiciones meteorológicas y/o de superficie por la que se desplaza, aspectos que tanto afectan al sistema de autobús.
- Reducido riesgo de colisión por las frecuencias comparativamente bajas requeridas en una línea de transporte de tranvía.

4.1.8.3 Seguridad contra incendios

La comparación entre autobús y tranvía es muy simple: en caso de accidente, el riesgo de un incendio catastrófico en un autobús es relativamente muy alto, debido a su depósito de combustible (líquido o gas comprimido), altamente inflamable. En el tranvía este peligro no existe.

En términos generales, la implantación conllevará una mejora de la seguridad.

4.1.9. Economía de inversión

Aunque la realización del tranvía presenta un desembolso inicial mayor si se compara con una línea de autobuses y el coste de mantenimiento anual de los tranvías pueda ser superior al de los autobuses, la vida útil de los primeros es muy superior, aproximadamente la vida útil de los autobuses es de 10 años y la de los tranvías 30-45 años.

Para facilitar la inversión, ésta se puede realizar gradualmente en etapas económicamente viables y escalonadas de forma que la implantación total esté plenamente disponible en el momento que sea necesaria.

4.1.10. Creación de empleo

Desde el punto de vista económico, los efectos esperados se pueden clasificar en distintas categorías:

- Efectos directos para la economía regional, la mayor parte relativos a actividades de ingeniería y de desarrollo paisajístico.
- Efectos inducidos y efectos de arrastre para las empresas de construcción y de ingeniería, de industria (mecánica, construcción eléctrica y electromecánica, material ferroviario) y de servicios.
- Efectos de creación de empleo. Según la empresa constructora del tranvía de Lyon (obtenidos los datos de la Fédération Nationale des Travaux Publics) los efectos inducidos por los estudios y los trabajos de construcción, así como los efectos indirectos sobre el empleo (comerciantes, proveedores, etc.), pueden ser estimados en la creación de un empleo directo al año por cada 60.100 Euros de inversión y un empleo indirecto al año por cada 120.200 Euros de inversión. Una vez construido la explotación de tranvía permitirá crear empleos suplementarios, correspondientes al desarrollo global del sistema.

Se puede concluir que tendrá un efecto positivo sobre el empleo de las zonas cercanas al tranvía.

4.2. COSTES

4.2.1. Tiempo de viaje

Existirá un ahorro del tiempo de viaje como consecuencia de la reducción del número de vehículos en la carretera, es decir, por la reducción de la congestión y la posibilidad de circular a una velocidad comercial mayor. Del mismo modo, aquellos usuarios que decidan

desplazarse en tranvía también verán reducidos sus tiempos de viaje. Según el estudio de tráfico realizado por Leber, el ahorro de tiempo anual a los 30 años de la implantación del tranvía sería de 6.690.000 horas anuales.

Este efecto se consigue gracias a la demanda de transporte por carretera captada por el tranvía, por lo que ambas alternativas supondrán una mejora respecto a la situación actual.

4.2.2. Accidentes

Este tipo de costes hacen referencia a aquellos costes sociales derivados de los accidentes. Es un factor muy importante a la hora de determinar los costes del transporte por carretera ya que siguen estando muy presentes, especialmente en lo que al vehículo privado respecta. Por ese motivo, al implantar una línea tranviaria, como consecuencia de la captación de parte de los viajeros que deciden desplazarse en automóvil, los accidentes se reducen y junto a ellos sus costes derivados.

La reducción de los costes de accidentes se puede cuantificar a partir del número de viajeros por kilómetro y por año captados por el tranvía comparando los costes del tren con los de transporte por carretera:

Coste por accidentes (€/1.000pkm/año)		
Coche	Autobús	Ferrocarril (eléctrico)
32,3	12,3	0,6

Tabla 2. Ratios de costes por accidentes en UE-27. External Costs of Transport in Europe

Como se puede apreciar, los costes por accidentes derivados del transporte ferroviario son muy inferiores a los generados por el transporte por carretera, por lo que el efecto consecuente de la ampliación del tranvía sería positivo.

4.2.3. Consumo energético

Los sistemas de transportes dependientes de la combustión de productos petrolíferos no pueden ofrecer a largo plazo garantía de perduración tales como autobuses y vehículo privado.

En este sentido, el tranvía ayuda a preservar dichos recursos no renovables para la producción de bienes duraderos y para el suministro de energía absolutamente indispensable para la vida humana (luz, calefacción, cocina, etc.).

El desarrollo de una red de tranvía entraña una utilización más racional de la energía. En la siguiente tabla se compara la cantidad de energía necesaria para el desplazamiento en distinto a modos de transporte.

	Usuarios (pasajero/veh)	Energía (kWh/vkm)	Energía (kWh/1000 pkm)	%
Coche	1,31	0,772	592	925
Bus	173	4,502	265	411
tranvía	603	3,862	64	100

Tabla 3. Consumo de energía por modos de transporte

De la comparación del consumo de energía queda patente que el tranvía es desde el punto de vista energético el sistema de transporte urbano más eficaz es el tranviario.

4.2.4. Ruido

El ruido es uno de los mayores inconvenientes del tráfico, principalmente en las ciudades, donde las principales vías de circulación se encuentran muy próximas a las viviendas.

En el caso de los autobuses, el ruido y las vibraciones están causados tanto por los motores de combustión interna de los autobuses como por otros componentes mecánicos de los mismos y por la acción de las ruedas del vehículo sobre el vial.

El impacto del tranvía sobre los niveles sonoros percibidos en las cercanías es variable dependiendo de las vías utilizadas o los nuevos itinerarios utilizados por el autobús, pero también de la naturaleza del tráfico que soporten estas vías en la actualidad.

No obstante, la tracción eléctrica y los avances en el contacto rueda-carril han conseguido que un tranvía que circule a 40 km/h produzca menos ruido que tres coches circulando a la misma velocidad, gracias a la infraestructura y al material móvil (ruedas elásticas, equipos eléctricos de bajo nivel sonoro, etc.).

¹ Fuente: “Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía”.

² Fuente: “Revisión crítica de datos sobre consumo de energía y emisiones de los medios públicos de transporte” por “Fundación de los Ferrocarriles Españoles” (2012).

³ Fuente: “Informe OMM-2016” por “OBSERVATORIO de la Movilidad Metropolitana” (2018).

Coste por ruido (€/1.000pkm/año)		
Coche	Autobús	Ferrocarril (eléctrico)
1,7	1,6	1,3

Tabla 4. Ratios de costes por ruido en UE-27. External Costs of Transport in Europe

Es importante recalcar que no se disponen de valores referentes al tranvía por lo que se ha tomado los correspondientes al ferrocarril eléctrico, el modo que más se asemeja al tranvía pero que genera más ruido que este. Por lo tanto, la red de tranvía permitirá disminuir el ruido que se genera actualmente como consecuencia del tráfico de automóviles, lo que se traduce en un efecto positivo.

4.2.5. Impacto medioambiental

Desde el punto de vista ecológico, los sistemas de transporte chocan con el medioambiente, ya sea por las emisiones generadas por los vehículos, la contaminación producida durante la producción de la energía o combustibles requeridos para el desplazamiento o por la ocupación del espacio natural. Sin embargo, no todos los sistemas de transporte tienen el mismo grado de deterioro del entorno. A continuación, se comparan el transporte por carretera con el transporte tranviario desde los diferentes ámbitos medioambientales.

Desde el punto de vista ecológico, los sistemas de transporte chocan con el medioambiente, ya sea por las emisiones generadas por los vehículos, la contaminación producida durante la producción de la energía o combustibles requeridos para el desplazamiento o por la ocupación del espacio natural. Sin embargo, no todos los sistemas de transporte tienen el mismo grado de deterioro del entorno. A continuación, se comparan el transporte por carretera con el transporte tranviario desde los diferentes ámbitos medioambientales.

4.2.5.1 Contaminación del aire

Una de las afecciones al medio ambiente más significativos del sector del transporte en general, es sin duda, las emisiones contaminantes que genera y, por tanto, la alta contribución de este sector a la contaminación atmosférica.

Los costes de la contaminación del aire se deben a la emisión de contaminantes del aire, como partículas (PM), NOx, SO2 y COV, y consisten en problemas de salud, daños a la construcción / materiales, pérdidas de cultivos y daños adicionales para el ecosistema.

La contaminación del aire relacionada con el transporte causa daños a los seres humanos, la biosfera, el suelo, el agua, los edificios y los materiales. Los contaminantes más importantes son los siguientes:

Partículas	Óxidos de nitrógeno	Óxido de azufre	Ozono	Compuestos orgánicos volátiles
PM10	NOx	SO2	O3	COV
PM2,5	NO2			

Los costes generados por esos contaminantes pueden categorizarse de la siguiente manera:

- Salud: impactos en la salud humana debido a la aspiración de partículas finas (PM2,5-PM10). Las partículas de emisión de gases de escape son consideradas como el contaminante más importante. Además, el ozono (O3) tiene impactos en la salud humana.
- Edificios y materiales: impactos en edificios y materiales por contaminantes del aire. Dos son los efectos importantes, por un lado, la suciedad de las superficies/fachadas de edificios, principalmente a través de partículas y polvo. Por otro lado, impacto en fachadas y materiales, es la degradación a través de procesos corrosivos debido a contaminantes del aire como el NOx y el SO2.
- Cultivos en la agricultura y biosfera: tanto los cultivos como los bosques y otros ecosistemas están dañados por la deposición de ácidos, la exposición al ozono y el SO2.
- Biodiversidad y ecosistemas: los impactos en el suelo y en el agua subterránea se deben principalmente a la eutrofización y la acidificación debidas a la deposición de óxidos de nitrógeno, así como a la contaminación con metales pesados.

No obstante, no todos los modos de transporte contaminan por igual y, por tanto, utilizar mayoritariamente un modo de transporte u otro implica un aumento o una reducción de las emisiones contaminantes.

Coste por contaminación del aire(€/1.000pkm/año)		
Coche	Autobús	Ferrocarril (eléctrico)
5,5	6,0	1,8

Tabla 5. Ratios de costes por contaminación del aire en UE-27. External Costs of Transport in Europe

Las emisiones a la atmósfera del tranvía son debidas a la tracción eléctrica y están asociadas a la producción de la energía, es decir, al proceso de generación de energía eléctrica en el Sistema Eléctrico y no al desplazamiento del vehículo estrictamente hablando.

A pesar de ello, el coste por contaminación asociado a un tranvía es muy inferior que las emisiones contaminantes producidas por el transporte por carretera, por lo que la extensión de la red tranviaria afectará positivamente a la calidad del aire de la ciudad.

4.2.5.2 Cambio climático

El cambio climático es un efecto a largo plazo causado por varios gases que se emiten tanto de fuentes naturales como de actividades humanas. Los "gases de efecto invernadero" más importantes son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), que afectan el clima a escala mundial. Todos ellos son emitidos por los diferentes modos de transporte, sin embargo, al igual que con las emisiones contaminantes del aire, éstos variarán en función del sistema de transporte.

Coste por cambio climático (€/1.000pkm/año)		
Coche	Autobús	Ferrocarril (eléctrico)
3,0-17,3	1,6-9,1	0,0

Tabla 6. Ratios de costes por cambio climático en UE-27. External Costs of Transport in Europe

La utilización de energía eléctrica en la tracción de los tranvías no genera emisiones atmosféricas directas por lo que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero considerablemente, contribuyendo positivamente a combatir el cambio climático.

4.2.5.3 Contaminación del suelo y agua

Los efectos negativos más importantes del tráfico en el suelo provienen de la emisión de metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos por diferentes medios de transporte modos. Estos contaminantes pueden provocar daños a las plantas y disminuir

la fertilidad del suelo. a lo largo de la infraestructura de transporte y, a veces, incluso puede representar una amenaza para animales o seres humanos.

La estimación de los costes generados por este tipo de efecto se determina mediante la estimación de los costes de reparación de áreas contaminadas, así como por los costes sobre salud para los seres humanos debido a la emisión.

Coste por contaminación de suelo y agua (€/1.000pkm/año)		
Coche	Autobús	Ferrocarril (eléctrico)
0,3	0,9	0,5

Tabla 7. Ratios de costes por contaminación de suelo y agua en UE-27. External Costs of Transport in Europe

Aunque el coste del tranvía pueda ser algo superior al de los coches, en comparación con los autobuses, se reduce la contaminación del suelo y del agua aproximadamente a la mitad.

4.2.5.4 Otros procesos

El impacto que el transporte genera en el medioambiente no se limita a los costes que se producen durante el desplazamiento o uso de los vehículos, durante los procesos de generación de energía o combustible, fabricación de los propios vehículos, construcción de infraestructuras y mantenimiento también se producen una serie de impactos que se pueden traducir en costes.

Coste por procesos previos/posteriores (€/1.000pkm/año)		
Coche	Autobús	Ferrocarril (eléctrico)
3,4-5,7	1,5-2,8	2,7-7,2

Tabla 8. Ratios de costes por procesos previos/posteriores en UE-27. External Costs of Transport in Europe

Como se puede apreciar, estos costes pueden variar y llegar a ser muy altos en el caso de los ferrocarriles, no obstante, los valores analizados corresponden a los ferrocarriles y no a los tranvías, los cuales es de prever que tengan menores costes principalmente aquellos relacionados a la infraestructura. Por lo tanto, el impacto generado por los tranvías se puede considerar inferior que el impacto del transporte por carretera, donde predomina el uso del vehículo privado.

4.2.5.5 Impacto visual

La circulación del tranvía transcurrirá fundamentalmente por zonas urbanas. Existe un primer efecto derivado de la obstrucción visual de la calidad ambiental derivada de la presencia física de un obstáculo (infraestructura o vehículos) en el campo de visión humana.

El segundo efecto es el denominado intrusión visual, o valoración subjetiva que desde el punto de vista estético produce la infraestructura. La mayor diferencia respecto a otras alternativas en el caso del tranvía ligero es la catenaria y sus soportes. Sin embargo, la realización de este tranvía contempla la puesta en marcha de medidas que minimicen el posible impacto visual.

La implantación del tranvía mejorará la estética del entorno urbano al sustituir carriles por el que continuamente circulaban coches y autobuses, por otro en el que con cierta periodicidad circulará un tipo de transporte homogéneo, así como la ejecución de carriles bici y ensanchamiento de las aceras en ciertos tramos. El mobiliario a instalar, marquesinas y paneles informativos, también mejorarán el entorno, al presentar un diseño acorde con el entorno urbano.

4.2.6. Ocupación del suelo

La utilización del transporte vial como solución a todos los problemas de transporte ha tenido como consecuencia que la mayoría de las ciudades que la han aplicado han pasado de ser ciudades para habitantes a ser ciudades al servicio de los vehículos: el espacio libre de dichas ciudades está más ocupado por los distintos componentes del tráfico vial como coches y autobuses en movimiento, atascados o aparcados, que por los propios ciudadanos.

En este sentido, el tranvía es un sistema de transporte público que utiliza una tecnología compatible con el ambiente humano/ciudadano, de larga vida útil y compatible con el ciudadano de a pie. Además, se gana espacio para el transeúnte porque parte del espacio ganado a la carretera se convierte en una prolongación de la acera y la implantación del carril bici, los cuales dispondrán de un acabado más integrado. De igual forma, al discurrir sobre áreas urbanas consolidadas favoreciendo la accesibilidad en transporte público a cambio de reducir en cierta medida el privado.

En las ciudades, el espacio dedicado al transporte es limitado y tiene pocas posibilidades de expansión física. Por lo tanto, el sistema de transporte público adoptado en cualquier zona urbana debe ser el mínimo necesario para desempeñar su función con eficacia,

especialmente en el caso de las infraestructuras de transporte terrestre, que ocupan grandes superficies de suelo inhabilitándolo para otros fines.

Por esos motivos, el tranvía es una solución ventajosa. Si bien es cierto que parte de las vías requeridas quedan inutilizados para otro tipo de transporte, la plataforma del tranvía se ubicará sobre viales existentes en gran parte de su trazado y la mayor capacidad de viajeros que ofrece el tranvía permite desplazar una cantidad superior de pasajeros en el mismo espacio. En la siguiente tabla se pueden apreciar las características de los diferentes modos de transporte:

	Longitud (m)	Capacidad (plazas)	Ancho carril (m)
Coche	4-4,50	5	2,75-3,50
Autobús estándar	12	100	3,50
Autobús articulado	18	140	3,50
tranvía	30	200	3,25

Tabla 9. Capacidad de modos de transporte

Como se muestra en la tabla superior, la capacidad de transporte de los tranvías es muy superior a la del resto de modos de transporte. De todos modos, la extensión del tranvía supondrá un mayor uso del espacio público.

4.2.7. Efecto sobre el resto de modos

La implantación del tranvía constituye una red urbana complementaria a la red de autobuses. Sin embargo, puede modificar la naturaleza del total de los desplazamientos. Conviene evitar la duplicidad o coincidencia entre las líneas de autobuses y el tranvía y favorecer la complementariedad entre los distintos modos de transporte.

Teniendo en cuenta los objetivos generales de mejora de la movilidad, la reestructuración del sistema de transporte deberá pasar por el desarrollo de un plan de desplazamientos urbanos que racionalice los recorridos del tranvía junto con el del autobús. La ampliación de la red de tranvías implicará la reestructuración de algunas líneas urbanas para permitir el intercambio entre modos autobús-tranvía y un sistema de transportes público eficiente.

4.2.8. Efecto barrera

Otra característica significativa del tranvía es la existencia de un efecto barrera cuyo impacto negativo es bajo, entendido como tal la separación que la infraestructura lineal produce entre las zonas colindantes de la misma, y la consiguiente obstrucción a la circulación transversal a lo largo de su recorrido. A pesar de esto, la intensidad del efecto barrera es incluso menor que el de las carreteras donde se ubica por la menor frecuencia de paso de unidades.

5. CONCLUSIONES

El tranvía persigue lograr un **incremento sustancial en la movilidad del corredor**, merced a la aportación de ventajas sustanciales respecto a la situación actual.

Los grandes beneficiados serán los usuarios del transporte público, que obtendrán una mejor calidad de vida. Se da la circunstancia que en ese grupo se incluyen los colectivos más desprotegidos y de menor dependencia económica, como son estudiantes, jubilados, personas de movilidad reducida, y, en general, todos aquellos que no pueden disponer de un sistema individual de transporte.

Se estima que estas ventajas del tranvía ligero generarán además un **tráfico inducido**, derivado de desplazamientos que antes no se hacían por incomodidad o insuficiencia del transporte público y que con la nueva infraestructura sí resultarán atractivos.

Finalmente, existe un tercer grupo de grandes beneficiados indirectos: se trata de los usuarios de transporte privado, que se beneficiarán de que una parte significativa del tráfico empezará a utilizar el tranvía, y eso redundará en una **menor congestión** de las carreteras actuales.

