

MEMORIA DEL TRABAJO FIN DE GRADO

**ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO DEL TRANVÍA DE TENERIFE Y DE SUS EFECTOS
SOBRE LA CONGESTIÓN, LA CONTAMINACIÓN Y EL COSTE DEL TIEMPO DEL VIAJE**

**(ECONOMIC AND FINANCIAL STUDY OF THE TRAM IN TENERIFE AND ITS EFFECTS ON
CONGESTION, POLLUTION AND THE TRAVEL TIME COST)**

Autora: D^a. Laura García Ramos

Tutor: D. Juan José Díaz Hernández

Grado en Administración y Dirección de Empresas

FACULTAD DE ECONOMÍA, EMPRESA Y TURISMO

Sección de Ciencias Económica y Empresariales

Curso Académico 2015 / 2016

San Cristóbal de La Laguna, a 6 de julio de 2016

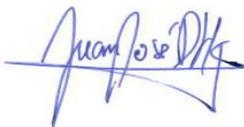
D. Juan José Díaz Hernández del Departamento de Economía, Contabilidad y Finanzas

CERTIFICA:

Que la presente Memoria de Trabajo Fin de Grado en Administración y Dirección de Empresas titulada “Estudio económico-financiero del tranvía de Tenerife y de sus efectos sobre la congestión, la contaminación y el coste del tiempo del viaje” y presentada por la alumna Laura García Ramos, realizada bajo mi dirección, reúne las condiciones exigidas por la Guía Académica de la asignatura para su defensa.

Para que así conste y surta los efectos oportunos, firmo la presente en La Laguna a 6 de Julio de dos mil dieciséis.

El tutor



Fdo: D. Juan José Díaz Hernández.

RESUMEN

En este trabajo se realiza un análisis económico-financiero convencional del Tranvía en la zona metropolitana de Santa Cruz-La Laguna durante el periodo comprendido entre 2010 y 2014. Además, se estudian los efectos de ciertas externalidades asociadas a la implantación del tranvía. En particular, se miden los efectos del tranvía sobre la congestión del tráfico, la contaminación atmosférica y el coste del tiempo de viaje en la zona metropolitana. Los resultados obtenidos permiten apuntar a que el tranvía es una alternativa que contribuye significativamente a mejorar los problemas de congestión y de emisiones de gases contaminantes, al tiempo que pueden reducir el coste del tiempo de viaje.

Palabras claves:

Tranvía, Congestión, Contaminación, Coste del tiempo, Análisis económico.

ABSTRACT

This paper presents a conventional economic and financial analysis of the Tram in the metropolitan area of Santa Cruz-La Laguna during the period between 2010 and 2014. In addition, the effects of certain externalities associated with the implementation of the tram are studied. In particular, the effects of the tram on traffic congestion, air pollution and the travel time cost in the metropolitan area are measured. The results obtained point to the tram is an alternative that contributes significantly to improve the problems of congestion and greenhouse gas emissions, while it can reduce the travel time cost.

Keywords:

Tram, Congestion, Pollution, Travel Time Cost, Economic Analysis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. EL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO	7
2.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA EN LOS PROYECTOS DE TRANSPORTES	9
3. EL TRANVÍA: UNA FÓRMULA ALTERNATIVA DEL TRANSPORTE DE PASAJEROS EN LAS ÁREAS URBANAS	11
3.1. ALGUNAS EXPERIENCIAS EN EL USO DEL TRANVÍA.....	11
3.2. EL TRANVÍA EN LA ZONA METROPOLITANA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE Y LA LAGUNA.....	13
4. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO Y DE LOS EFECTOS DEL TRANVÍA DE TENERIFE SOBRE LA CONGESTIÓN, LA CONTAMINACIÓN Y EL COSTE DEL TIEMPO DEL VIAJE.....	14
4.1. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO.....	14
4.2. EFECTOS DEL TRANVÍA SOBRE LA CONGESTIÓN DEL TRÁFICO TERRESTRE	17
4.3. EFECTOS DEL TRANVÍA SOBRE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	22
4.4. EFECTOS DEL TRANVÍA EN LA ZONA METROPOLITANA SOBRE EL COSTE DEL TIEMPO DE VIAJE	25
5. CONCLUSIONES	28
6. BIBLIOGRAFÍA.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estructura de Ingresos, Costes y Resultados de Metropolitano de Tenerife (MTSA)	15
Tabla 2: Rentabilidad Económica de Metropolitano de Tenerife.....	17
Tabla 3: Porcentaje de usuarios que sustituyen el coche por el tranvía.	18
Tabla 4: Repartos modales antes y después de la implantación del tranvía.....	19
Tabla 5: Número de cancelaciones del Tranvía.....	20
Tabla 6: Reasignación de los viajes en tranvía a los otros modos de transporte.....	20
Tabla 7: Viajes- año en vehículo a motor evitados por la implantación del tranvía.....	21
Tabla 8: Número de viajes-año evitados por el uso del tranvía según modo de transporte en horas de mayor congestión.....	21

Tabla 9: Número de viajes-día evitados por el uso del tranvía según modo de transporte.....	21
Tabla 10: Longitud de la cola por día en horas de mayor congestión evitada por el tranvía.....	22
Tabla 11: Emisiones de CO2 por pasajero y viaje según el modo de transporte utilizado.....	23
Tabla 12: Emisiones totales de CO2 del tranvía.....	23
Tabla 13: Emisiones de CO2 realizadas por el resto de modos antes de la implantación del tranvía.....	24
Tabla 14: Ahorro anual de emisiones de CO2 logradas tras la implantación del Tranvía.....	24
Tabla 15: Coste económico pagado en el viaje La Laguna-Santa Cruz según modos de transporte.....	26
Tabla 16: Coste del tiempo de viaje según modos de transporte.....	27

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la zona metropolitana de Tenerife integrada por las zonas centro de los municipios de Santa Cruz y La Laguna se ha visto afectada por un serio problema de congestión en el tráfico de pasajeros. Esta compleja situación tan característica de las grandes ciudades, además de los inconvenientes relacionados con el incremento sustancial en el tiempo empleado por los pasajeros en sus viajes, acarrea otros serios problemas como los derivados del aumento en la emisión de gases contaminantes. Cabe destacar que esto afecta significativamente a la población en general ya que dicha congestión provoca fuertes retrasos en la hora prevista de llegada a su destino que, en la mayoría de casos, es el trabajo. Por todo ello, resulta trascendental la implantación de otros modos de transporte alternativos para la realización de ese trayecto y contribuir así, a la reducción de esta problemática. Para el caso concreto de esta zona, frente al uso del vehículo privado, actualmente se dispone de modos de transporte colectivos como son, por un lado, las guaguas de uso público que disponen de accesos mediante carriles VAO, y por otro lado, se dispone del tranvía de Metropolitano de Tenerife (MTSA) que utiliza sus propios raíles de uso preferente. El uso de estos modos de transportes públicos y colectivos se presentan habitualmente como una alternativa al uso del vehículo privado que en la medida en que reduce el número de vehículo que transitan las carreteras, puede contribuir a reducir los problemas de congestión y de contaminación.

El presente trabajo analiza los efectos derivados de la implantación del tranvía en la zona metropolitana de Tenerife en el año 2007. No obstante, no sólo se estudia el impacto económico del tranvía desde un punto de vista económico y financiero valorando su rentabilidad económica, sino que además se pretende valorar en qué medida este modo de transporte colectivo ha contribuido a resolver otros problemas como son la congestión de las carreteras y la emisión de gases contaminantes. Para la consecución de este objetivo, se realizará un análisis financiero convencional de sus estados contables, así como de la rentabilidad económica de este proyecto empresarial. Por otro lado, con un enfoque orientado a la consideración de otros beneficios sociales relacionado con ciertas externalidades derivadas de la utilización del tranvía, y dentro del marco teórico planteado por la metodología del análisis coste beneficio, se medirá la contribución del tranvía a la resolución de problemas como la congestión y la contaminación.

Así pues, este trabajo se estructura como se indica a continuación. En primer lugar, se procederá al correspondiente tratamiento de datos para abordar el análisis financiero, evaluando los resultados empresariales obtenidos. A continuación se estudiará en qué medida resultaría beneficioso para la sociedad este proyecto, puntualizando su incidencia en los siguientes temas: la congestión del tráfico existente, los niveles de emisión de CO₂ a la atmósfera, y el efecto sobre el coste del tiempo de viaje en esta zona metropolitana, efectos todos ellos que guardan relación con algunas de las externalidades asociadas al transporte de pasajeros terrestres.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. EL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

La configuración del sistema económico, reflejada en el peso de sus sectores productivos, el grado de aprovechamiento de sus recursos, su ritmo de crecimiento y la distribución de la riqueza, no es solo la consecuencia de las fuerzas de mercado. Existen múltiples decisiones de política económica y de implantación de proyectos de inversión que se toman por parte del sector público de la economía y que afectan a las funciones de producción y consumo de los agentes económicos. Resulta crucial valorar el impacto de dichas políticas y decisiones de inversión para la correcta toma de decisiones. En este sentido, uno de los métodos más ampliamente utilizado en la evaluación de los proyectos de inversión es el análisis coste beneficio.

El objetivo del análisis coste-beneficio consiste básicamente en reproducir a escala social el comportamiento racional de un individuo cuando sopesa las ventajas y desventajas de una acción no trivial. Comparar los beneficios y costes sociales de un proyecto o actuación pública, antes de tomar una decisión que compromete recursos escasos, parece el procedimiento más razonable de actuación dentro del sector público. El caso del tranvía es un ejemplo de este tipo de decisiones ya que además de sus costes de ejecución del proyecto y de operatividad, hay que considerar los beneficios empresariales y sociales que se derivan de su funcionamiento.

Un requisito previo para proceder a la evaluación de las políticas públicas y proyectos de inversión consiste en el conocimiento de los objetivos que persigue la sociedad. Generalmente, se identifica bienestar social con crecimiento económico, aunque actualmente también son objetivos pretendidos la preservación del medio ambiente, la reducción de la pobreza, o como veremos a continuación en este estudio, el ahorro de tiempo y la disminución en los niveles de contaminación.

La mayoría de los individuos persiguen fines que son incompatibles entre sí, ya que cuando mejoran respecto a uno de sus objetivos empeoran con respecto de otro. La evaluación económica de actuaciones y de proyectos de inversión debe permitir la selección de aquellas acciones que globalmente presentan beneficios superiores a sus costes.

La utilización del análisis coste-beneficio constituye un avance notable en países o regiones donde las decisiones políticas están básicamente conformadas por el peso de los intereses parciales y beneficio a corto plazo. En este análisis se aspira cuantificar los diferentes elementos positivos y negativos de un proyecto y, en lo posible, llegar a una única cifra que permita pronunciarse sobre la conveniencia de llevarlo a cabo.

A continuación se repasan algunas de las características más relevantes de la metodología del Análisis Coste-Beneficio (ACB) que constituye el marco teórico general dentro del que se encuadra este trabajo.

El análisis coste – beneficio tiene dos utilidades básicas. La primera es evaluación de políticas públicas y en segundo lugar, permite evaluar proyectos de inversión, los cuales pueden ser llevados a cabo directamente por el sector público o por el sector privado mediante contratos obtenidos a través del sistema de concurso público. En cualquier caso este análisis permite

evaluar los costes y beneficios sociales del proyecto más allá del análisis financiero, que solamente incorpora los costes y los ingresos.

La diferencia entre análisis financiero y análisis coste-beneficio es que el análisis financiero consiste básicamente en la comparación de los ingresos y los costes generados durante la vida del proyecto mientras que en el análisis coste-beneficio se comparan beneficios sociales con costes sociales, donde además de los valores financieros se incluyen la valoración monetaria de las externalidades asociadas a dicho proyecto.

Aunque la evaluación económica de proyectos de inversión y políticas públicas se ha de ajustar a las especificidades de la actividad que se analiza, hay etapas que deben seguirse con independencia de los detalles concretos de la actuación que se evalúa.

- Objetivo del proyecto y valoración de las distintas alternativas. Antes de evaluar un proyecto, hay que analizarlo con relación al objetivo que pretende resolver, así como identificar las distintas alternativas disponibles para conseguir el fin propuesto. En esta etapa es muy útil que el economista reciba asesoramiento de otros especialistas que conozcan el campo de actuación. No conviene definir proyectos de manera excesivamente amplia y tampoco es razonable evaluar un proyecto de manera aislada.
- Identificación de los beneficios y costes. Es necesario identificar los costes y beneficios que se derivan de su ejecución. La aproximación más razonable consiste en localizar efectos relevantes que el proyecto produce sobre los distintos agentes que componen la sociedad. Hay que decidir quiénes son los efectos a considerar y los colectivos afectados.
- Cuantificación de los beneficios y costes. Los beneficios de los proyectos suelen medirse por la disposición a pagar de los individuos (mediante las funciones de demanda, o recopilando información sobre las preferencias de los consumidores). Por otro lado los costes de un proyecto estándar de inversión en infraestructuras son los que resultan de la utilización de diferentes inputs valorados por sus precios. Pueden clasificarse en: costes de construcción, mantenimiento, mano de obra, bienes de equipo y energía.
- Agregación de los beneficios y costes. Los beneficios durante la vida del proyecto deben ser sumados y comparados con los costes iniciales del proyecto más los de explotación, gestión o mantenimiento. Para sumar una corriente de beneficios o de costes hay que homogeneizarlo previamente, que se hace mediante la actualización al presente de dichos costes y beneficios. Dicha actualización se realiza utilizando la tasa de descuento mayor que cero, lo que reduce importancia al flujo neto de beneficios según se aleja en el tiempo.
- Interpretación de los resultados y criterios de decisión. La aspiración de un analista aplicando el análisis coste-beneficio es conseguir una cifra que sintetice los flujos de beneficio y coste. Esta cifra es el VAN del proyecto, y permite según el resultado, aceptar o rechazar la propuesta. El criterio es que, según sea positivo o negativo se acepta, se rechaza o se retrasa. Este resultado debe someterse a un análisis de riesgo posteriormente.
- Comparación del proyecto con alternativas relevantes que incluyan diferentes opciones entre las que debe estar no desarrollar el proyecto.

- Rentabilidad económica y viabilidad financiera: también se debe mostrar el resultado financiero asociado o viabilidad del proyecto. Es perfectamente compatible que un proyecto genere beneficios para la sociedad muy superiores a sus costes y al mismo tiempo su resultado financiero sea negativo.

2.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA EN LOS PROYECTOS DE TRANSPORTES

Los objetivos socioeconómicos de los proyectos de transporte están generalmente relacionados con la mejora de las condiciones de viaje de las mercancías y las personas, tanto dentro de la zona de estudio, como entre ésta y otros lugares mejorando por tanto la accesibilidad a esa área. Además, se persiguen otros objetivos como el fomento de una mayor calidad del medio ambiente y de un mayor bienestar de la población servida. Más concretamente, los objetivos que persiguen los proyectos de transporte pueden ser los siguientes:

- Reducir la congestión, eliminando limitaciones de capacidad en redes o nudos únicos o construyendo nuevas conexiones o itinerarios alternativos.
- Mejorar la eficacia de una conexión o un nudo, en particular aumentando la rapidez de desplazamiento y reduciendo los costes de explotación y la frecuencia de los accidentes mediante la adopción de medidas de seguridad.
- Provocar un desplazamiento de la demanda hacia determinados sistemas de transporte
- Construir conexiones inexistentes o completar la construcción de redes mal interconectadas.
- Mejorar la accesibilidad de las zonas o regiones periféricas.

La evaluación económica de cualquier proyecto de inversión en transportes exige ejecutar varias etapas que incluyen: el análisis de la demanda, de las características técnicas del proyecto, los costes de inversión y explotación, y valorar otros aspectos relacionados con la ejecución del proyecto tales como su impacto medioambiental o su contribución al desarrollo económico de la región. A continuación, se resaltan algunas consideraciones importantes en cada uno de estos puntos.

En el análisis de la viabilidad de las diferentes opciones planteadas en la fase de estudio de un proyecto es indispensable estudiar la demanda del servicio que pretende atender el proyecto de inversión en discusión. En esta fase del análisis de la demanda es necesario definir el área de influencia del proyecto para determinar la demanda en ausencia del proyecto y la incidencia de la nueva infraestructura, así como para saber qué otros modos de transporte pueden tomarse en consideración. Es fundamental definir el procedimiento empleado para evaluar la demanda actual y la demanda futura.

El ACB debe establecer las hipótesis en lo que respecta a los modos competidores y demás opciones posibles (tarifas y costes para los usuarios, niveles de congestión, etc.). Dado el elevado grado de incertidumbre que rodea a las tendencias futuras de la demanda, se recomienda desarrollar, como mínimo, dos escenarios, uno optimista y otro pesimista, y relacionar ambas hipótesis con las tendencias del PIB u otras variables macroeconómicas.

Las estimaciones de la demanda potencial deben aportar las siguientes aclaraciones:

- Composición del tráfico captado por la nueva infraestructura, en términos de tráfico existente, tráfico desviado de otros modos de transporte y tráfico generado o inducido
- Elasticidad con respecto al tiempo y los costes que se desprende implícitamente de las estimaciones de tráfico desviado de otros modos.
- Sensibilidad de los flujos de tráfico previstos frente a determinadas variables fundamentales: elasticidad con respecto al tiempo de desplazamiento y los costes, niveles de congestión de distintos modos competidores, estrategias de los modos competidores, por ejemplo, en materia de tarificación.
- Un factor que puede resultar importante a efectos de la evaluación financiera y económica es el del tráfico generado, es decir, el que no existiría de no ser por la nueva infraestructura y que difiere del tráfico desviado de otros modos de transporte u otras rutas.

Además del estudio económico de la demanda, cualquier ACB debe analizar la relación entre la demanda y la capacidad de la nueva infraestructura basándose en las siguientes características técnicas:

- Niveles de servicio de la infraestructura según la relación tráfico/capacidad
- Tiempo y costes de los desplazamientos para los usuarios
- Indicadores de transporte: pasajeros/km y vehículos/km
- Nivel de seguridad del tráfico en la nueva infraestructura
- Al término del análisis de viabilidad, puede resultar conveniente definir las alternativas pertinentes que se evaluarán en el plano medioambiental, financiero y económico. El conjunto de resultados contribuirá a los posteriores análisis ambiental, financiero y económico.

El ACB debe estudiar los costes de inversión y explotación del proyecto. Estos costes deben programarse durante todo el período. Será necesario determinar la vida técnica de la obra y su valor residual. Conviene cerciorarse de que el proyecto incluya todas las obras necesarias para su operatividad, así como todos los costes pertinentes de las diferentes opciones, y de que las estimaciones relativas a los costes y plazos de ejecución sean realistas y prudentes, dejando un margen de seguridad, sobre todo cuando se trate de proyectos de especial trascendencia para la población local.

Por otro lado, la normativa de la Unión Europea y de los Estados miembros exige que se realice una evaluación de impacto ambiental. A tal fin, cabe remitirse a los métodos de evaluación recomendados. Identificar la incidencia que podrían tener las distintas opciones y realizar, si es posible, una evaluación cuantitativa en función de su impacto y localización, con vistas a efectuar una comparación entre las diferentes opciones y a definir posibles medidas de atenuación y compensación.

Las repercusiones para el desarrollo económico pueden ser positivas o negativas, lo que significa que, en presencia de distorsiones del mercado, una mayor accesibilidad de una región o zona periférica puede suponer una ventaja competitiva, pero también una pérdida de competitividad el análisis de los costes y beneficios (ahorro de tiempo, externalidades, etc.)

puede considerarse una aproximación aceptable del impacto económico final de los proyectos de transporte.

El análisis de sensibilidad está destinado a examinar en qué medida varían los indicadores de rentabilidad de las diferentes alternativas en función de una serie de variables clave, a fin de comprobar la fiabilidad de los resultados obtenidos y la validez de las posibles opciones de tarificación, y de determinar los aspectos que presentan mayor riesgo. Se recomienda efectuar un análisis de sensibilidad a partir de los valores monetarios atribuidos a los bienes que carecen de mercado, dada la trascendencia de los mismos.

En resumen, el ACB se presenta como una metodología que aspira a evaluar los beneficios y costes derivados de cualquier proyecto de inversión. Los beneficios se obtienen agregando los siguientes componentes:

- Variaciones en el excedente del consumidor (incluido el tiempo multiplicado por el valor del tiempo y todas las cargas soportadas por el usuario, como las tarifas y peajes y las modificaciones de los costes de explotación de los vehículos sufragados por los usuarios, en el transporte privado);
- Variaciones en el excedente del productor (incluidas, en su caso, las pérdidas y ganancias de los gestores de infraestructuras y los operadores de transporte público, así como cualquier variación en los impuestos y subvenciones estatales);
- Variaciones en los costes no percibidos (en ocasiones, se supone que los conductores de automóviles no perciben los componentes de los costes distintos del carburante, como los neumáticos, el mantenimiento o la depreciación); una modificación de los desplazamientos en automóvil puede provocar variaciones en dichos costes, que deben añadirse al cálculo del excedente del consumidor;
- Variaciones en los costes externos. Deben tener en cuenta los bienes que no tienen un mercado y aquellos cuya estimación puede requerir el uso de técnicas especiales.

3. EL TRANVÍA: UNA FÓRMULA ALTERNATIVA DEL TRANSPORTE DE PASAJEROS EN LAS ÁREAS URBANAS

Tras la paulatina desaparición de los tranvías, a mediados de los años 60, en la actualidad se ha producido un importante resurgir de este tipo de proyecto de transporte colectivo. Entre todos los países es Francia quien lidera el impulso hacia la implantación de este medio de transporte. Optimizar el equilibrio entre las ventajas e inconvenientes se presenta como fundamental para los gobiernos que están apostando por esta fórmula de transporte público en áreas de elevada densidad de población. Aspectos económicos, medioambientales y de aprovechamiento del territorio se entremezclan en los obligatorios análisis que se deben llevar a cabo para hacer de este medio la mejor opción a la hora de desplazarnos.

3.1. ALGUNAS EXPERIENCIAS EN EL USO DEL TRANVÍA

El objetivo que se persigue con la implantación de un tranvía es contribuir a facilitar el transporte colectivo de pasajeros en áreas urbanas muy pobladas, evitando ciertas externalidades negativas asociadas al uso masivo del vehículo privado. Esto ha llevado en nuestro país tanto al administrador de la infraestructura (ADIF) como al operador (RENFE) a la implementación de

ambiciosos planes de accesibilidad en sintonía con lo dispuesto en el marco normativo vigente a nivel Europeo. Desde hace unos años se viene asistiendo a un proceso de implantación de sistemas tranviarios en España, que es el reflejo de una tendencia muy similar en otros países. Los tranvías son sistemas que presentan numerosas ventajas, de las que se suelen citar las siguientes:

- 1.- Disponen de gran capacidad, fundamentalmente si prestan su servicio en plataforma reservada, que es cuando se suelen denominar “metros ligeros”, lo que puede contribuir significativamente a reducir el uso de medios de transportes privados.
- 2.- Tienen un excelente rendimiento energético por vehículo-kilómetro, tanto por el uso de motores eléctricos muy eficientes, como por el empleo de rodadura metálica que consume menos energía que la rodadura neumática y por la recuperación de buena parte de la energía de frenado (que, en vez de disiparse en forma de calor como pasa con los sistemas clásicos de fricción, se reenvía a la red). El consumo energético de un tranvía es la mitad del de una guagua convencional de capacidad equivalente
- 3.- No emiten ningún tipo de gas en el lugar donde prestan el servicio gracias a su tracción eléctrica, presentándose como un modo de transportes menos contaminante que otras alternativas.
- 4.- La frecuencia del servicio suele ser alta y, además, es un modo de transporte que asegura una alta puntualidad gracias a la reserva de la vía, aspectos que son altamente valorado por los usuarios.

Por todo el mundo desarrollado son numerosas las ciudades, fundamentalmente de tamaño medio, que se han sumado a la corriente general. Incluso es frecuente que las operaciones de implantación de estos sistemas hayan ido acompañadas de inversiones ingentes en procesos de renovación urbana. En ciudades como Nantes, Estrasburgo o Burdeos, la propia imagen de la ciudad se ha visto alterada de manera sustancial, con grandes peatonalizaciones que han sacado a los coches de la calle y ganando espacio para las personas. Además, los avances tecnológicos han permitido reducir algunos de los inconvenientes clásicos de los tranvías, como las catenarias: con un sobre coste de cierta entidad, pero que no es proporcionalmente muy elevado, ya es posible implantar estos sistemas sin los cables aéreos de alimentación que tanto afeaban el escenario urbano. Con todo ello, no es de extrañar que el tranvía (o el “metro ligero”) haya conseguido llegar a ser una de las ideas más arraigadas de renovación urbana en el imaginario popular. El caso de España se ha optado por sistemas pequeños que transportan un número moderado de pasajeros, desaprovechando en algunos casos una de sus principales ventajas, esto es, su capacidad para transportar un número elevado de pasajeros. Esto ha llevado a que algunas de las experiencias desarrolladas en España no hayan resultado todo lo exitosa que se esperaban desde el punto de vista de su nivel de uso, aunque sí presenta los beneficios asociados a la eficiencia de estos sistemas tranviarios desde el punto de vista energético y ambiental.

El consumo energético de un tranvía corresponde con la mitad del de una guagua convencional de capacidad equivalente. Como es mucho mayor la capacidad de un tranvía que la de una guagua, y los usuarios exigen servicios frecuentes, la capacidad ofrecida por los tranvías ha podido resultar excesiva para algunos de los casos en los que se está usando en España. Los

servicios ofrecidos por el tranvía son de elevada frecuencia gracias a la reserva de la vía de la que disfrutan de autobús, pero con capacidad varias veces mayor. Esto contribuye a la contaminación ambiental, que resulta también un elemento de reflexión. En muchos casos españoles, los tranvías emiten más CO₂ que si se prestase el servicio con autobuses. Y a esto se deben añadir otros aspectos que a veces pasan desapercibidos:

No obstante, existen ciertos aspectos que han sido apuntados como posibles desventajas asociadas al tranvía, tales como:

- 1.- Rigidez de sus trazados, que dificulta las modificaciones posteriores si cambian las circunstancias. Una vez implantado el recorrido es difícilmente ampliable y prácticamente imposible de modificar.
- 2.- Gran coste de inversión y explotación. El coste típico de inversión puede alcanzar cifras de entre 15 y 20 millones de euros por kilómetro. Sólo en los casos de mayor demanda puede amortizarse la infraestructura en el largo plazo.
- 3.- Dependencia de un proveedor. Una vez escogida una tecnología, la dependencia es absoluta: sólo hay un fabricante para cada sistema. Los sistemas son de "tecnología propietaria" y no hay alternativas.
- 4.- Impacto estético. Aunque ya es posible eliminar las catenarias, el impacto visual de los propios tranvías es enorme. Con vehículos de 30 a 35 metros de longitud, es inevitable una intrusión visual de gran entidad. Ante todo este panorama no es raro que no exista solamente una tecnología de "sistemas guiados de transporte urbano".

Si se hubiese realizado una adecuada evaluación ex ante, muchos proyectos españoles de tranvía probablemente no habrían sido ejecutados. Con una evaluación ex post, lo que parece es que pueden ser socialmente útiles solamente los proyectos que conecten zonas de alta densidad de población y grandes centros de actividad que atraen muchos desplazamientos. Es tarea de las Autoridades de Transporte aplicar criterios de selección de inversiones que garanticen que los recursos públicos se orientan a proyectos que sean sostenibles económica, social y ambientalmente. La aplicación ciega de recetas sin una evaluación razonada puede conducir a errores catastróficos que hipotequen el futuro de esas ciudades a las que se pretendía salvar.

3.2. EL TRANVÍA EN LA ZONA METROPOLITANA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE Y LA LAGUNA

Antes de realizar el análisis económico-financiero del tranvía del área metropolitana, se presenta brevemente a la empresa. Constituida el 22 de enero de 2001, la empresa Metropolitano de Tenerife (MTSA) es una Sociedad Anónima que está participada por el Cabildo Insular de Tenerife, en un 86 %, y por la sociedad privada Tenemetro, S.L. (Transdev/Sacyr/Ineco) en un 14 %. Originariamente, Metropolitano de Tenerife nace para poner en marcha un transporte alternativo en forma de líneas ferroviarias en la isla de Tenerife. Para ello se ha marcado dos objetivos. El primero consiste en el diseño de una Red Ferroviaria eficaz y eficiente, dentro del ámbito de actuación legislativo y normativo de la Comunidad Autónoma de Canarias, España y la Unión Europea. Y el segundo objetivo, es la construcción y puesta en marcha de las primeras

líneas ferroviarias que contribuyan a aliviar la congestión circulatoria, facilitar y satisfacer las demandas de movilidad de la población de Tenerife y sus visitantes.

Metropolitano de Tenerife es miembro de la UITP, “Union Internationale des Transports Publics” y es uno de los dos representantes españoles que participan como miembros en su Comité de Metros Ligeros, y pertenece a la Asociación Latinoamericana de Metros y Subterráneos, Alamys, y a la asociación de empresas gestoras de los transportes urbanos colectivos, ATUC.

Desde 2007 está en servicio la Línea 1 y, posteriormente, una segunda línea ahora en proyecto viene a abrir la red de tranvías en la zona metropolitana. Para el futuro, metropolitano trabaja en los proyectos de líneas ferroviarias en el norte y sur de la isla, con el objetivo final de construir una red ferroviaria que dé servicio en todo el ámbito insular.

4. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO Y DE LOS EFECTOS DEL TRANVÍA DE TENERIFE SOBRE LA CONGESTIÓN, LA CONTAMINACIÓN Y EL COSTE DEL TIEMPO DEL VIAJE

A continuación, se realiza un estudio económico financiero de la empresa MetroTenerife para posteriormente analizar algunos de los efectos sociales que ha traído su implantación en la zona de Santa Cruz centro La Laguna centro. En particular, este trabajo mide y analiza el impacto de la implantación del tranvía sobre el nivel de congestión del tráfico terrestre, las toneladas de gases contaminantes emitidas, y el coste del tiempo del viaje en el área metropolitana. Queda fuera del objetivo de este trabajo la evaluación monetaria de dichos efectos.

4.1. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

El análisis económico-financiero se efectuará, por lo general, desde la óptica de los propietarios de las infraestructuras (normalmente los gestores). Los costes financieros de inversión, incluidos los gastos de las operaciones de renovación y mantenimiento extraordinario, así como los costes de operativos o corrientes se calcularán durante el análisis técnico, desglosados por tipo de obras en las que se divide la intervención e imputados a lo largo de todo el período sobre la base de los componentes elementales de los costes (mano de obra, materiales, transporte y flete). Las entradas financieras vendrán representadas por los ingresos derivados de los peajes y/o tarifas aplicadas por la venta de servicios definidos.

El análisis financiero de un proyecto consiste básicamente en la comparación de ingresos y costes durante la vida del proyecto, que en este caso es el tranvía de la zona metropolitana de Santa Cruz de Tenerife y La Laguna. Debido a la falta de información relativa a los estados contables referidos a los años anteriores, el análisis económico-financiero que se realiza en este Trabajo se limita a los ejercicios 2011, 2012, 2013 y 2014. A partir de las Memorias Anuales de *Metropolitano de Tenerife* (MTSA) disponible en su web oficial (www.metrotenerife.com), se ha extraído la información sobre la estructura de ingresos y gastos de la empresa para los años mencionados. Todos los datos han sido deflactados utilizando el índice de precios al consumo (IPC) elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y están expresados en euros de 2014.

A continuación, vamos a realizar un análisis de la evolución de los ingresos, los costes y de la rentabilidad económica de este proyecto durante el periodo mencionado. Para ello, en la

siguiente tabla, se presentan las principales partidas relativas a los ingresos y costes de la empresa:

Tabla 1: Estructura de Ingresos, Costes y Resultados de Metropolitano de Tenerife (MTSA) (euros)

Años	2011	2012	2013	2014
INGRESOS TOTALES	32.964.564	33.274.142	24.503.740	23.343.657
COSTE TOTAL	(28.407.146,12)	(29.279.925,58)	(20.646.930,28)	(20.140.278,49)
Gastos de personal	(6.551.772,90)	(6.460.735,79)	(6.244.743,82)	(6.549.060,84)
Otros gastos de explotación	(7.621.548,60)	(8.519.672,07)	(6.299.930,42)	(6.815.449,78)
Amortización del inmovilizado	(13.756.727,76)	(13.470.393,29)	(7.025.837,36)	(5.848.748,82)
Aprovisionamiento	(424.426,39)	(824.861,63)	(1.076.418,69)	(927.019,05)
RESULTADO DE EXPLOTACIÓN	4.767.729,04	3.930.569,00	4.054.099,62	3.607.673,07
RESULTADO DEL EJERCICIO	(5.598.602,02)	(4.999.462,32)	25.944,89	(725.052,79)

Los ingresos totales de la compañía están compuestos de: 1) el importe neto de la cifra de negocios, 2) la cuantía de los trabajos realizados por la empresa para su actividad, 3) la cifra de otros ingresos de explotación y 4) la imputación de subvenciones de inmovilizado no financiadas. El estudio detallado de los componentes de los ingresos pone de manifiesto que la principal fuente de ingresos del MTSA es la cifra neta de negocios, que supone en términos medio aproximadamente el 58% del total, y que, principalmente, refleja los ingresos obtenidos del cobro realizado por el número de cancelaciones o viajes. Si atendemos a la tasa de crecimiento anual, podemos observar que en el año 2012 han aumentado un 0,94% con respecto al 2011. Sin embargo, en el año 2013, los ingresos caen un 23,36% con respecto a los del 2012 mientras que este descenso continúa en el ejercicio 2014 aunque se modera hasta situarse en un 4,73%. Como se puede observar en esta evolución temporal de la cifra neta de negocio, se detecta una tendencia negativa a partir del año 2013 que coincide con el descenso en el número total de cancelaciones que, para ese ejercicio, fue del 5,5%. Esto, posiblemente, es reflejo de los efectos derivados de la crisis económica. A raíz del descenso en la actividad económica general, y el consiguiente aumento del paro en la zona metropolitana, se observó una disminución en el

número de desplazamientos que se realizaban utilizando el tranvía y que tenían como finalidad el desplazamiento al lugar de trabajo. Asimismo, el descenso en la renta per cápita de la población en la zona metropolitana ocurrido durante esta crisis económica ha causado un descenso en la población universitaria, lo que se ha traducido en una reducción adicional en el número de viajes realizados en tranvía por el colectivo de estudiantes universitarios. Esta reducción en el número de cancelaciones junto al hecho de que los precios del viaje no han variado, dio lugar a un descenso notable de los ingresos de la compañía a partir del ejercicio 2013.

Por otro lado, el análisis de la estructura de costes de esta empresa muestra que sus principales componentes son los gastos de personal, otros gastos de explotación y la amortización del inmovilizado, que suponen, respectivamente, un 27%, 30% y 39% del total de costes de la compañía. En este caso, también los costes presentan una importante reducción a partir del año 2013 que vienen explicado principalmente por la significativa reducción en los costes asociados a la amortización del inmovilizado, los cuales disminuyen casi en un 50%. En relación a los gastos de personal, debe destacarse que la plantilla se ha mantenido estable en 188 empleados y que los salarios por trabajador han experimentado un ligero incremento anual inferior al 1%. En resumen, debemos destacar que los costes totales del MTSA se han reducido notablemente a partir del ejercicio 2013, principalmente por la fuerte reducción en los gastos de amortización del inmovilizado.

A partir de los datos de ingresos y costes, se calcula el resultado de explotación de MTSA que en todos los años analizados es positivo y que presenta un valor medio anual de 4.1 millones de euros. Este resultado pone de manifiesto que la compañía es capaz con los ingresos obtenidos de la venta de sus servicios de hacer frente a los costes operativos del servicio (personal, amortización del capital y otros gastos de explotación). No obstante, si al resultado de explotación se le resta la cifra de gastos financieros y el importe de los impuestos satisfechos por la compañía, se obtendría el resultado del ejercicio. En este caso, se observa que Metropolitano de Tenerife presenta un resultado del ejercicio negativo, excepto para el ejercicio 2013. Esto nos lleva a considerar que la empresa optó por adelantar la cancelación parcial su deuda financiera a través del resultado positivo de explotación, lo que explica que los gastos de amortización a partir de 2013 se redujesen a la mitad, tal y como se comentó anteriormente.

Por último analizaremos la rentabilidad económica de la empresa Metropolitano de Tenerife para lo que utilizaremos el ratio convencional que mide la rentabilidad. Este ratio de rentabilidad económica permite discutir si la utilización de los activos de explotación está resultando rentable desde el punto de vista técnico. Este ratio se calcula a partir de la suma del resultado antes de impuesto y los gastos financieros, dividiéndose dicha suma entre el total de activo. Si multiplicamos este resultado por 100 obtendremos el porcentaje que supone. En cualquier caso, para que sea efectivamente rentable, este resultado ha de ser positivo. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2: Rentabilidad Económica de Metropolitano de Tenerife

Años	2011	2012	2013	2014
Rentabilidad Económica (%)	-4,06	-6,41	-2,35	-2,69

Como podemos observar, la rentabilidad económica del proyecto durante los años analizados es negativa lo que nos lleva a apuntar que, en estos primeros años, la utilización de los activos de explotación no resulta rentable desde el punto de vista económico. No obstante, es importante destacar que con el paso de los años y la consolidación de este modo de transporte, esa rentabilidad económica negativa está disminuyendo progresivamente por lo que parece que con el tiempo puede alcanzarse una rentabilidad positiva.

Una vez estudiada, desde una perspectiva económica financiera, el servicio de tranvía en el área metropolitana, a continuación se analiza su impacto sobre determinados efectos externos que se asocian a dicho servicio de transporte, estos son: la congestión de tráfico de pasajeros, las emisiones de gases contaminantes y el coste del tiempo del viaje.

4.2. EFECTOS DEL TRANVÍA SOBRE LA CONGESTIÓN DEL TRÁFICO TERRESTRE

El objetivo principal de este apartado del trabajo es analizar la congestión de tráfico que se produce en las carreteras que unen el trayecto Santa Cruz-La Laguna, así como valorar en qué medida el uso del tranvía de Santa Cruz de Tenerife ha contribuido en su descongestión, aportando así una mejora de la fluidez del tráfico en las horas punta y evitando a su vez, los retrasos ocasionados. El periodo de estudio que analizaremos comprende desde el año 2010 hasta el año 2014.

La información que necesitaremos para ello ha sido extraída de la *Encuesta de Movilidad en Tenerife (2007)* realizada por el Cabildo insular de Tenerife dentro del *Plan Territorial Especial de Ordenación del Transporte de Tenerife (2009)*. Dicho documento recoge el análisis de la movilidad a partir de una encuesta domiciliaria realizada en 2007 a un total de 2.471 familias de la isla de Tenerife con el objetivo de describir la estructura de los desplazamientos realizados en la isla y de predecir el impacto de las posibles actuaciones realizadas en la red de transportes.

El estudio propuesto en este TFG sobre los efectos del tranvía en la congestión de tráfico terrestre en el área metropolitana nos exige, en primer lugar, extraer de la Encuesta de Movilidad (2007) la información relativa a: 1) las franjas horarias del día donde se concentran los problemas de congestión de las carreteras en la zona metropolitana y 2) la distribución por modos de transportes de los viajes realizados.

En el primero de los casos, se observa que la distribución horaria de los viajes por carretera realizados en la zona metropolitana de Santa Cruz de Tenerife y La Laguna coincide con el inicio y la finalización de los turnos de estudio y trabajo de la gran mayoría de la población. En particular, los datos obtenidos de la Encuesta de Movilidad (2007) ponen de manifiesto que desde las 7:00 horas hasta las 9:00 horas se realizan el 20% de los viajes mientras que en la

franja que abarca desde las 14:00 horas hasta las 16:00 horas se mueve el 17% del total del tráfico diario.

Respecto a la distribución según el modo de transporte utilizado para los viajes terrestres en Tenerife, la Encuesta de Movilidad indica que el 64,2% de los viajes se realizan en vehículo privado, el 22,4% son realizados a pie, y el restante 13,4% se corresponde con los viajeros que optan por el transporte público. A su vez, se ha extraído la información de la distribución del uso del transporte público en los modos de guagua, tranvía y taxi, siendo estos el 7,1%, 3.1% y 1.1%, respectivamente, del total de viajes. El restante 2,1% del viajes en transporte público se corresponde a otros medios como por ejemplo el transporte escolar que en la medida en que únicamente está ofrecido a dicho colectivo ha sido obviado en este TFG por no ser una opción para el resto de la población.

Para calcular en qué medida la implantación del tranvía ha contribuido a mejorar los problemas de congestión es necesario previamente identificar como los viajes ahora realizados en tranvía eran realizados con anterioridad a su implantación. Para ello, en este TFG se ha estimado el reparto modal que habría existido de no haberse puesto en marcha el tranvía, lo que se ha realizado de la siguiente manera:

1º) Utilizando el resultado obtenido a partir de las Encuestas elaboradas por la Compañía MetroTenerife a sus usuarios, se ha identificado el porcentaje de usuarios que dejaron de utilizar el vehículo privado para comenzar a utilizar el tranvía. Así, las Memorias Anuales editadas por MetroTenerife indican los siguientes porcentajes de pasajeros que antes viajaban en vehículos privados y pasaron a emplear el tranvía.

Tabla 3: Porcentaje de usuarios que sustituyen el coche por el tranvía

Años	2010	2011	2012	2013	2014	Media
% Sustitución total de coche por tranvía	17	28	22	19	18	20.8

Con esta información, se añade al 64.2% que utilizan el vehículo privado tras la implantación del tranvía, los porcentajes de usuarios del tranvía que anteriormente empleaban el coche privado. Así, y a modo de ejemplo para el año 2010, se estima que antes de la implantación del tranvía, el 64,7% (=64,2 + (3.1%*17%)) del total de viajes se realizaban en coche.

2º) De manera similar, se han recalculado el reparto modal de la guagua y los taxi previo a la implantación del tranvía y se estima que serían, respectivamente, del 9,3% y 1,5%.

Con todo ello, y a modo de resumen, los repartos modales antes y después de la implantación del tranvía serían:

Tabla 4: Repartos modales antes y después de la implantación del tranvía

	Reparto modal según Encuesta de Movilidad (2007)	Reparto modal estimado previo a la implantación del tranvía
Vehículo (Coche) privado	64,2%	64,7%
A Pie	22,4%	22,4%
Guagua	7,1%	9,3%
Taxi	1,1%	1,5%
Tranvía	3,1%	0%
Resto	2,1%	2,1%

En esta tabla se puede visualizar una notable preferencia de la población por el uso del vehículo privado frente al resto de modos de transporte tanto en años previos a la implantación del tranvía como después de ella.

Utilizando este hipotético reparto modal en ausencia de tranvía, a continuación, se procede a estimar el número de vehículos privados y públicos que habrían sido necesarios para realizar los viajes de quienes han utilizado el tranvía después de su puesta en marcha. De esta manera, nos aproximaremos al número de viajes en vehículos de motor que el uso del tranvía ha permitido evitar, usando este resultado para aproximar la contribución que el tranvía ha realizado a reducir la congestión en las carreteras.

El procedimiento a seguir para calcular el número de viajes en vehículo de motor que han dejado de realizarse tras la implantación del tranvía consiste en:

1º) Identificar el número de usuarios del tranvía y, en función de la distribución entre modos antes calculada, reasignar dichos pasajeros a los restantes modos de transporte (vehículo privado, guagua y taxi).

2º) A partir de esa nueva asignación hipotética de viajes al resto de modos y conociendo la ocupación media de un vehículo privado, de la guagua y de un taxi, se calculará el número por año de estos otros vehículos que serían necesario para realizar los viajes de quienes se transportan en tranvía. De esta manera, obtendremos una estimación del número de vehículos que el tranvía ha evitado circulen por las carreteras y por tanto su contribución a la congestión.

A partir de las Memorias de MetroTenerife, se ha recopilado en número de cancelaciones realizadas cada año. El término de cancelación es de uso interno de MetroTenerife y hace referencia al número de veces que un viajero entra al tranvía y valida su billete, por tanto, nos permite conocer el número de viajes realizados al año. A continuación, la tabla 5 nos muestra el número de cancelaciones realizadas en el tranvía MetroTenerife:

Tabla 5: Número de cancelaciones del Tranvía

Años	2010	2011	2012	2013	2014
Nº Cancelaciones totales	13.946.405	13.973.149	13.191.105	12.459.172	12.726.906

A continuación, se procede a reasignar ese número total de viajes-año realizados en tranvía (primera fila de la tabla 6) al resto de modos de transporte utilizando el reparto modal anteriormente estimado. En la tabla 6, se muestra la estimación del número de viajes que antes de la implantación del tranvía se realizaban en los otros modos de transportes.

Tabla 6: Reasignación de los viajes en tranvía a los otros modos de transporte

Años	2010	2011	2012	2013	2014
Tranvía	13.946.405	13.973.149	13.191.105	12.459.172	12.726.906
A pie	3.123.995	3.129.985	2.954.807	2.790.854	2.850.827
Vehículo Privado	9.027.090	9.092.049	8.558.653	8.072.173	8.241.690
Guagua	1.554.748	1.516.466	1.452.840	1.382.261	1.415.381
Taxi¹	481.146	469.299	449.609	427.767	438.016

Una vez estimado el número de viajes que el uso del tranvía ha restado al resto de modos, transformaremos esa información en el número de viajes en vehículos de motor (coche privado, guagua y taxi) que han dejado de realizarse por el uso del tranvía. Para ello, es indispensable conocer la ocupación media de un coche privado, de la guagua y de un taxi. En este sentido, Ecologistas en Acción² ha estimado que la ocupación media de un vehículo en España es de 1,2 pasajeros por vehículo, mientras que TITSA calcula la ocupación media de una guagua en Tenerife es del 30%³, lo que junto al hecho de que la capacidad total de una guagua interurbana es igual a 77 pasajeros, nos permite estimar que la capacidad media de una guagua en la zona metropolitana es de 23 pasajeros, mientras que en horas punta puede aproximarse a 50 pasajeros por vehículo. A partir de esta información, es posible calcular el número de vehículos que antes de la instalación del tranvía eran necesarios para realizar los viajes que luego capturó el tranvía, siendo este un primer paso para evaluar la contribución del tranvía a la reducción de la congestión. En la tabla 7, se indica el número estimado de viajes en vehículos a motor que el uso del tranvía evitó.

¹ La suma total de las redistribuciones de viajes del tranvía en el resto de medios de transporte difiere del total de cancelaciones realizadas en tranvía debido a que para tratar el tema de congestión es necesario tener en cuenta el viaje adicional que supone usar el taxi, ya que este se desplaza vacío al lugar donde recoge a su cliente ocasionando así, un desplazamiento más.

² <http://www.ecologistasenaccion.es/article9846.html>

³ <http://www.diariodeavisos.com/2012/04/la-ocupacion-de-las-guaguas-de-titsa-ronda-el-30-de-su-capacidad/>

Tabla 7: Viajes- año en vehículo a motor evitados por la implantación del tranvía

Años	2010	2011	2012	2013	2014
Nº Coches	7.522.575	7.576.707	7.132.211	6.726.811	6.868.075
Nº Taxis	200.477	195.541	187.337	178.236	182.507
Nº Guaguas	31.095	30.329	29.057	27.645	28.308

Si tenemos en consideración que la congestión, tal y como se comentó anteriormente, se concentra entre las 7:00 y 9:00 y las 14:00 y 16:00 horas con el 37% de los viajes realizados en el día, es posible estimar el número de viajes/año que el uso del tranvía evitó realizar en esas franjas horarias de mayor congestión de las carreteras. En la tabla 8, se muestra el total de viajes por año en coche privado, guaguas y taxi que han dejado de realizarse en los periodos de mayor congestión tras la implantación del tranvía:

Tabla 8: Número de viajes-año evitados por el uso del tranvía según modo de transporte en horas de mayor congestión

Número de viajes-año en	2010	2011	2012	2013	2014
Coches	2.783.353	2.803.382	2.638.918	2.488.920	2.541.188
Taxi	74.177	72.350	69.315	65.947	67.528
Guaguas	11.505	11.222	10.751	10.229	10.474

Con el objetivo de indicar el número de vehículos privados, guaguas y taxi que cada día han dejado de circular en los periodos de congestión y teniendo en cuenta que los días hábiles al cabo de un año son 242, se calcula y presenta a continuación en la tabla 9 el número de vehículos que han dejado de circular cada día, en horas de mayor congestión, tras la implantación del tranvía.

Tabla 9: Número de viajes-día evitados por el uso del tranvía según modo de transporte en horas de mayor congestión

Número de vehículos-día en	2010	2011	2012	2013	2014
Coches	11.501	11.584	10.905	10.285	10.501
Taxi	307	299	286	273	279
Guaguas	48	46	44	42	43

Recordemos que esta tabla refleja los viajes de vehículos, no los viajeros. Observando esta tabla podemos estimar que cada año, el tranvía evita, de media, cada día en horas punta, el desplazamiento de 10.955 vehículos privados, 289 taxis y 45 guaguas, lo que supone una reducción importante del tráfico de vehículos.

Una manera de intentar visualizar este impacto que el tranvía ha tenido en la reducción de la congestión sería intentar medir la longitud de la hipotética cola que se originaría con los vehículos que han dejado de circular al día por el hecho de que sus usuarios han pasado a utilizar el tranvía. Considerando que un vehículo (privado o taxi) ocupa aproximadamente 5 metros en una cola, mientras que una guagua interurbana ocupa aproximadamente 10 metros, la cola que se observaría si todos los vehículos coincidieran en la carretera en el mismo instante ascendería a:

Tabla 10: Longitud de la cola por día en horas de mayor congestión evitada por el tranvía

Años	2010	2011	2012	2013	2014
Nº de kms./día	59,5	59,3	56,1	52,9	54,1

Vemos que, aunque la longitud de esta cola hipotética sigue siendo considerable, va descendiendo a partir del año 2012, lo cual coincide con la caída en el número de cancelaciones reflejadas en las memorias de Metropolitano de Tenerife. Tal y como se comentó anteriormente, este descenso en el uso del tranvía es un reflejo del crecimiento del desempleo en Canarias y la caída en el nivel de renta per cápita sufrido a raíz de la crisis económica de los últimos años.

4.3. EFECTOS DEL TRANVÍA SOBRE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Tal y como se ha comentado anteriormente, la implantación del tranvía dio lugar a una disminución del número de viajes realizados en vehículo a motor, tanto privado como público. El tranvía, como un ejemplo de modo de transporte colectivo que realiza menores emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido que otros modos de transportes, ha sido propuesto en algunos casos como una vía para reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. A continuación, este TFG se plantea como objetivo evaluar el ahorro de emisiones de CO₂ a la atmósfera que ha sido posible gracias a la implantación del tranvía. Así se pretende responder a la pregunta de en qué medida, reduciendo los desplazamientos en otros modos más contaminantes, el tranvía ha contribuido a reducir los niveles de emisión de CO₂ a la atmósfera.

Para este análisis se va a utilizar gran parte de información obtenida en el apartado de congestión anteriormente presentado. En particular, se parte del número de cancelaciones anuales realizadas en el tranvía y la reasignación de las mismas al resto de modos de transportes (vehículo privado, guagua y taxi) para conocer la situación previa a la implantación del tranvía.

A continuación, se ha extraído información adicional de las Memorias de Metrotenerife a cerca de los niveles de CO2 emitidos por cada kilómetro recorrido por un pasajero según el medio de transporte empleado. Finalmente, se ha completado la información con la distancia media entre Santa Cruz de Tenerife- zona centro y La Laguna- zona centro, según el recorrido preferido por cada modo de transporte. A partir de toda esta información, en este trabajo se ha cuantificado la emisión del CO2 por pasajero y viaje, tal y como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11: Emisiones de CO2 por pasajero y viaje según el modo de transporte utilizado

	Distancia (km)	Emisiones de CO2 por pasajero y km (en gramos)	Emisiones de CO2 por pasajero y viaje(en gramos)
Tranvía	12,2	54,4	665,1
Guagua(015)	8,8	147,5	1295,3
Coche directo(TF-5)	9,9	169,5	1457,3

Se observa que el modo de transporte más respetuoso con el medio ambiente es, con notable diferencia, el tranvía, ya que a pesar de que recorre más kilómetros, emite menos de la mitad de CO2 emitido por cualquiera de los otros dos modos de transporte. Por su parte, el coche es el modo de transporte más contaminante.

Partiendo de esta información, es posible calcular directamente las toneladas de CO2 que emite el tranvía cada año, utilizando el número de cancelaciones y multiplicándolo por las emisiones de CO2 por pasajero y viaje convertidas en toneladas. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12: Emisiones totales de CO2 del tranvía

Años	2010	2011	2012	2013	2014
Nº Cancelaciones totales	13.946.405	13.973.149	13.191.105	12.459.172	12.726.906
Ton. CO2 tranvía	9.274,53	9.292,32	8.772,25	8.285,50	8.463,55

Es decir, el tranvía emite una media de 8817,63 toneladas de CO2 al año, observándose una reducción gradual que se correlaciona con la disminución del número de viajes anteriormente mencionados.

Una vez se ha calculado la emisión de CO2 realizada por el tranvía, procederemos a compararla con las hipotéticas emisiones que habrían tenido lugar si no existiese tranvía y los viajes que se realizaron realmente en tranvía se hubiesen realizado en el resto de modos disponibles (vehículo privado, guagua y taxi). Para ello, partiendo con la reasignación de los viajes en tranvía al resto de modos explicadas anteriormente, y utilizando la emisión media de CO2 efectuada por cada modo que se indica en la tabla 11, se calculan los niveles de emisiones realizadas por el resto de modos si los viajes que se efectuaron en tranvía hubiesen sido realizado en los modos previos a su implantación. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13: Emisiones de CO2 realizadas por el resto de modos antes de la implantación del tranvía

Años	2010	2011	2012	2013	2014
Viajes en Coche Privado	9.027.090	9.092.049	8.558.653	8.072.173	8.241.690
Ton. CO2 Coche Privado	18.169	18.299	17.226	16.247	16.588
Viajes en guagua	1.554.748	1.516.466	1.452.840	1.382.261	1.415.381
Ton. CO2 guagua	2.018	1.968	1.886	1.794	1.837
Viajes en taxi ⁴	481.146	469.299	449.609	427.767	438.016
Ton. CO2 taxi	968	945	905	861	882
Total Ton. CO2	21.155	21.212	20.016	18.902	19.307

A partir de la comparación de las emisiones realizadas por el tranvía indicadas en la tabla 12 y el total de las realizadas con anterioridad a su implantación indicadas en la tabla 13, es posible identificar el ahorro de emisiones de CO2 que ha tenido lugar debido al uso del tranvía, tal y como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 14: Ahorro anual de emisiones de CO2 logradas tras la implantación del Tranvía

Años	2010	2011	2012	2013	2014
Ton. CO2 tranvía	9.274,5	9.292,3	8.772,3	8.285,5	8.463,6
Total Ton. CO2 (antes implantación del tranvía)	21.155	21.212	20.016	18.902	19.307
Ahorro de emisiones de CO2 por el uso del tranvía	11.880	11.920	11.244	10.616	10.843

⁴ En la construcción de esta tabla, a parte de la distribución por modo de transporte empleado, se ha tenido en cuenta el viaje adicional que supone el uso del taxi ya que un trayecto es para recoger a su cliente.

Por tanto, se puede concluir que sin la intervención del tranvía, estos viajes supondrían unos niveles de emisiones promedio de 20.118,39 toneladas de CO₂ anuales. Es decir 11.300,76 toneladas adicionales de CO₂ a la atmósfera cada año en comparación con las que se emitirían tras la implantación del tranvía. Planteado de otra forma, el uso del tranvía supone una reducción de más del 56% del total de la contaminación emitida. Así pues, podemos afirmar que este modo de transporte colectivo contribuye de manera significativa a una importante reducción en los niveles de contaminación atmosférica.

4.4. EFECTOS DEL TRANVÍA EN LA ZONA METROPOLITANA SOBRE EL COSTE DEL TIEMPO DE VIAJE

El trayecto de ida y vuelta de casa al trabajo supone un coste considerable para muchos empleados. Tal y como hace referencia Gutiérrez-Domènech (2008), la parte de este coste relacionada con los gastos explícitos que debe soportar el viajero es relativamente sencilla de cuantificar. Éste es el caso, por ejemplo, del gasto en combustible o del aparcamiento en el caso de usar el vehículo privado y del pago del billete de transporte público. Sin embargo, estos gastos no son los únicos que soporta el viajero. Como apunta Pashigian (1996), existen otros componentes relacionados con el coste del tiempo empleado en realizar el viaje que resulta más complicado de medir en términos monetarios ya que no hay un pago monetario explícito por ese componente del coste del viaje, si bien si debe ser considerado por el viajero dado que está empleando un recurso escaso que tiene un coste de oportunidad tal y como se trata de su tiempo. El coste del tiempo representa una parte significativa del coste total de los trayectos al trabajo. De hecho, tal y como explica De Rus Mendoza (2008), a menudo el ahorro de tiempo es la principal fuente de beneficios sociales de una nueva infraestructura de transporte, como puede ser en este caso el tranvía.

El objetivo de este apartado es estimar el coste en términos monetarios del tiempo empleado por un trabajador representativo que realizase el trayecto Santa Cruz – La Laguna, comparando dicho coste en el caso de que utilizase diferentes modos de transportes para realizar dicho desplazamiento (vehículo privado, taxi, guagua y tranvía).

En primer lugar, y siguiendo lo indicado por Pashigian (1996), el coste total del viaje es la suma de dos componentes: 1) el coste explícito o pago del precio de mercado del trayecto donde se incluye el pago del billete del transporte público o los gastos del uso del vehículo privado (combustible, amortización del vehículo, etc.), y 2) el coste del tiempo empleado en realizar el viaje. En este estudio, el coste en términos monetarios del tiempo de un trabajador que realiza el viaje se calcula multiplicando el tiempo dedicado al trayecto por el valor o coste de su tiempo. Este coste del tiempo incorpora la idea del coste de oportunidad del tiempo del viaje, es decir, del beneficio que el trabajador podría obtener si utilizara ese tiempo en aquella actividad que le reporta una mayor ganancia personal. Este precio o coste por unidad de tiempo se aproxima utilizando los ingresos por hora trabajada, dato que se ha extraído del Instituto Nacional de

Estadística y que cifra en 12,35 euros para el caso de Canarias⁵ y se multiplica por el tiempo, en horas, empleado en dicho trayecto.

En resumen, el coste total del viaje se calcula como:

Coste total del viaje = precio de mercado + Coste del tiempo

A partir de la definición del coste total del viaje y de los datos estimados sobre la duración y distancia del viaje en cada modo de transporte se ha calculado el coste económico total del viaje La Laguna- Santa Cruz de Tenerife que se presenta en la tabla 15.

Tabla 15: Coste económico pagado en el viaje La Laguna-Santa Cruz según modos de transporte

	Tiempo (minutos)	Coste económico del trayecto (€)	Distancia (km)
Tranvía	46	1,24	12,22
Guagua (015)	22	1,16	8,8
Coche directo (TF-5)	12	2,97	9,9

En la primera columna figura el tiempo según cada modo de transporte empleado para el desplazamiento entre los puntos que estamos estudiando (desde la primera hasta la última parada del tranvía). Podemos observar que el modo más lento es notablemente el tranvía invirtiendo 46 minutos de tiempo por trayecto. En la tercera columna podemos ver la distancia que se recorre en kilómetros, eligiéndose para los modos de automóvil y guagua la mejor ruta, y por tanto la que sería más frecuente.

Por otro lado, tenemos en la segunda columna el coste económico efectivamente pagado por los usuarios. En el caso del tranvía y la guagua hemos extraído esta cifra teniendo en cuenta el precio medio de los billetes, incluyendo todas las tarifas existentes para los distintos tipos de viajeros. Sin embargo para el caso de vehículo privado se ha extraído a partir del gasto que supone el consumo de la gasolina, así como el desgaste del vehículo privado y la parte proporcional al seguro y otros factores. Este dato, según la Dirección General de Tráfico (DGT), es de 0,30 euros por kilómetro recorrido. Por tanto, multiplicando los kilómetros por esta cantidad, se ha calculado que el coste de este trayecto en vehículo privado supone un coste aproximado de 2,97 euros, siendo de considerablemente el modo más costoso en término de los gastos explícitamente pagados por el consumidor.

A continuación, se procede a evaluar el otro componente del coste total, es decir, el coste del tiempo empleado en el viaje. Partiendo de la información sobre el tiempo empleado en cada trayecto reflejado en la tabla anterior, si pasamos a horas cada uno de estos trayectos y lo

⁵ Se ha utilizado el valor correspondiente al año 2013, debido a que es el valor más actual que figura registrado en el INE.

multiplicamos por el salario medio por hora en Canarias (12,35 €/hora), podemos estimar el coste del tiempo que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16: Coste del tiempo de viaje según modos de transporte

	Tranvía	Vehículo privado	Guagua
Coste tiempo	9,47	2,47	4,53
Coste económico	1,25	2,97	1,16
Coste total del viaje	10,72	5,44	5,69

Una vez hallado el coste del tiempo, lo agregamos al coste económico, y como resultado tenemos el coste total del trayecto según el modo de transporte empleado, que se muestra en la tercera fila de la tabla anterior.

Como se puede observar, el modo de transporte que implica un mayor coste total del viaje es el tranvía. No obstante, tenemos que tener en cuenta que existen gran variedad de factores externos para el caso del vehículo privado, como pueden ser la congestión y el tiempo empleado en la búsqueda de aparcamiento. Todos estos factores no controlables, hacen que pueda variar significativamente el tiempo empleado en dicho trayecto si se usase el vehículo privado. Para ello hemos realizado una comparativa del uso del coche frente al del tranvía ya que es el que nos supone mayor coste, para saber hasta qué punto nos resulta más beneficioso utilizar un modo u otro.

Para ello partimos de que el coste del viaje es igual al coste económico más el coste del tiempo. Para el tranvía este cálculo da como resultado 10,72. Sin embargo para el vehículo propio tendremos que añadir un factor variable que englobe todos los factores no controlables anteriormente mencionados y que contribuyen a la impuntualidad. Este conjunto de factores lo llamaremos "T". De este modo, el uso del tranvía y del vehículo privado sería indiferente si ambos presentasen el mismo coste total, esto es:

$$10,72 = 2,97 + 12,35 * (0,2 + T)$$

Despejando T, se obtiene como resultado 0,43 horas, que pasado a minutos correspondería con 25,6 minutos. Este valor indica el tiempo extra que, incluyendo tiempo de congestión y aparcamiento entre otros, debería tardar el vehículo privado para que resultase tan costoso como el tranvía. Así, si el viaje en vehículo privado además de los 12 minutos inicialmente estimados, tardase 25,6 minutos más, entonces nos encontraríamos con que el coste total del vehículo privado sería mayor al del viaje en tranvía. En resumen, podemos afirmar que el coste del vehículo privado es significativamente menor al del tranvía y, por tanto, es una opción preferible a aquel siempre y cuando el tiempo adicional que genera la existencia de factores no controlables no exceda de 25,6 minutos. Así si el viaje en vehículo privado tardase en su totalidad más de 37, 6 minutos por trayecto, la mejor opción, desde el punto de vista del coste total del tiempo, sería el tranvía. Esto pone de manifiesto que el uso del tranvía en los periodos

de mayor congestión de las vías de entrada y salida de La Laguna y Santa Cruz puede resultar una alternativa más atractiva que el uso del vehículo privado.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo analiza el impacto socioeconómico que ha tenido la implantación del tranvía en la zona metropolitana de Santa Cruz de Tenerife y La Laguna. Para ello, no sólo se ha estudiado desde una perspectiva económica-financiera convencional centrada en la rentabilidad empresarial del proyecto, sino que además, se ha medido el impacto del tranvía sobre algunas de las externalidades más importantes asociadas al transporte de pasajeros, como pueden ser, la congestión, las emisiones de gases contaminantes y el coste del tiempo de los viajes.

Para el desarrollo de estos objetivos, y utilizando la información extraída de las Memorias Anuales de *Metropolitano de Tenerife* (MTSA) correspondiente a los años 2011, 2012, 2013 y 2014, se ha realizado un estudio de la rentabilidad económica de este proyecto empresarial. En este sentido, la principal conclusión apunta a que, hasta la fecha, este proyecto no resulta rentable desde una visión estrictamente financiera. No obstante, se observa una mejora en el ratio de rentabilidad económica lo que indica que la empresa está en un proceso de estabilización. Con respecto a su estructura de ingresos, se destaca que la principal fuente es el cobro de las cancelaciones realizadas por los viajeros y que durante este periodo se ha reducido a causa de la disminución en el número de viajes causado por la crisis económica general. Por otro lado, se observa que debido a su reciente implantación aún está asumiendo los elevados costes asociados al inicio de su actividad, motivo principal por el cual no está resultando rentable por el momento.

Además de este análisis financiero, este TFG se ha centrado en el estudio de los efectos que la implantación del tranvía tuvo durante el periodo comprendido entre los años 2010-2014 sobre la congestión del tráfico en el área metropolitana, así como sobre las emisiones de gases contaminantes y su impacto en el coste del tiempo de viaje.

El área metropolitana sufre importantes problemas de congestión en sus carreteras, especialmente en las horas punta del día. En este contexto, el tranvía como fórmula de transporte colectivo de pasajero ha contribuido a reducir el número de viajes en vehículos privados y, de esta manera, ha contribuido a aliviar los problemas de congestión. A modo de ejemplo, cabe destacar que el uso del tranvía pudo contribuir a la reducción diaria de 10.955 desplazamientos en coche privados, lo que en un momento determinado podría equivaler a una cola de 56.3 kilómetros en horas punta de tráfico. Esto permite concluir que la implantación del tranvía ha contribuido notablemente a mejorar la fluidez del tráfico de vehículos en el área metropolitana.

El tranvía es un medio de transporte colectivo menos contaminante que el automóvil, así que basándonos en la redistribución de los modos de transporte empleados en los viajes tras la implantación del tranvía, hemos estimado el número de vehículos que han dejado de circular y, por tanto, se ha medido la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera. Todo ello nos ha dado como resultado una reducción anual media de emisiones de estos gases de 11.300 toneladas. Es decir, el uso del tranvía ha provocado una reducción de más del 56% del total de la contaminación emitida, lo que permite concluir que este modo de transporte colectivo tiene un significativo impacto sobre la reducción en los niveles de contaminación atmosférica.

Por último, en relación a la puntualidad en los viajes, se realizó un análisis destinado a la evaluación del coste de tiempo que supone emplear los distintos modos de transporte utilizados en esta zona. Los resultados obtenidos a priori destacaron el uso del vehículo privado como medio de transporte que menos tiempo emplea en la ejecución del trayecto estudiado. No obstante, este medio está sujeto a la existencia de factores no controlables que afectan a la puntualidad, como pueden ser la búsqueda de aparcamiento, la congestión, la presencia de semáforos, etc. Es por ello, que resulta importante estimar hasta qué punto el uso de este medio seguiría siendo preferible al tranvía, es decir, hemos estimado el tiempo que deben extenderse a causa de dichos factores no controlables para que el vehículo privado deje de ser una opción preferible. Así se ha obtenido que si el viaje en coche entre Santa Cruz centro y La Laguna tardase más de 37, 6 minutos, el vehículo privado dejaría de ser la mejor opción en favor del tranvía.

Con todo ello, este estudio ha puesto en manifiesto la importancia de la utilización de una metodología que no sólo se base en el estudio de la rentabilidad económica de un proyecto de transporte, sino que valore además otros aspectos como su impacto en la congestión, la contaminación y el coste del tiempo del viaje. En este sentido, el tranvía del área metropolitana aunque aún no ha alcanzado su rentabilidad financiera, presenta importantes efectos en relación a la reducción de la congestión y de la emisión de gases contaminantes ligados al transporte de pasajeros.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Cabildo de Tenerife (2007). *Encuesta de Movilidad en Tenerife (2007)*. Editado por Cabildo de Tenerife.
- Dirección General de Tráfico (2014). 30 céntimos: precio medio del kilometraje en España. Disponible en: <http://revista.dgt.es/es/noticias/2014/12DICIEMBRE/1201Precio-medio-del-kilometraje.shtml#.V3dvbrjhC00>
- Ecologistas en Acción. *Los problemas del coche*. (2007). Disponible en: <http://www.ecologistasenaccion.es/article9846.html>
- *Guía del análisis costes- beneficios de los proyectos de inversión*. (2003). Comisión Europea - FEDER. Disponible en: http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/cost/guide02_es.pdf
- Gutiérrez, J. (2012). La ocupación de las guaguas de TITSA ronda el 30% de su capacidad. Diario de Avisos. Disponible en: <http://www.diariodeavisos.com/2012/04/la-ocupacion-de-las-guaguas-de-titsa-ronda-el-30-de-su-capacidad/>
- Gutiérrez-Domènech, M. (2008). *¿Cuánto cuesta ir al trabajo? El coste en tiempo y en dinero*. Servicio de Estudios de la Caixa.
- Instituto Nacional de Estadística (2016). Ganancia por hora normal de trabajo según ocupaciones (CNO-11) y sexos. España y Canarias por años.
- Martínez Álvaro, O. (2016). *Tecnologías para el transporte urbano: Los tranvías y metros ligeros*. Vía libre técnica de investigación ferroviaria. Disponible en: <http://es.tool-alfa.com/LinkClick.aspx?fileticket=JQ1IaJfUuw%3D&tabid=69&mid=415>
- MetroTenerife. Memoria Anual de MetroTenerife. Ejercicios: 2010, 2011, 2012, 2013, 2014. Disponible en: <http://metrotenerife.com/nuestra-empresa/>
- Pashigian, B. & Febrero, R. (1996). *Teoría de los precios y aplicaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Rus Mendoza, G. (2008). *Análisis coste-beneficio: Evaluación económica de políticas y proyectos de inversión*. Ariel