



Estudios de Factibilidad Técnica, Económico-Financiera, Ambiental, Social y de vulnerabilidad para la Construcción, Equipamiento, Puesta en marcha, Operación y Mantenimiento, bajo la modalidad de Concesión de Obra con Servicio Público, del Sistema de Tren Rápido de Pasajeros (TRP) de la Gran Área Metropolitana (GAM)

Cuarto Informe: Estudio Económico y Financiero

Documento 2: Análisis Costo-Beneficio

Rev_06
Abril de 2020

Gestión documental

Rev.	Fecha	Autor	Revisado	Detalles
0.0	Diciembre 2019	José Antonio Correa Varios	José Angel Calvo Caneiro	Redacción Informe Cuarto
1.0	-	-	-	-
2.0	Febrero 2020	José Antonio Correa Varios	José Angel Calvo Caneiro	Revisión 2 Informe Cuarto
3.0	Febrero 2020	José Antonio Correa Varios	José Angel Calvo Caneiro	Revisión 3 Informe Cuarto
4.0	Febrero 2020	José Antonio Correa Varios	José Angel Calvo Caneiro	Revisión 4 Informe Cuarto
5.0	-	-	-	-
6.0	Abril 2020	José Antonio Correa Varios	José Angel Calvo Caneiro	Revisión 6 Informe Cuarto

Tabla de contenidos

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
2	ANÁLISIS ECONÓMICO	7
2.1	INTRODUCCIÓN.....	7
2.2	METODOLOGÍA.....	7
2.3	IDENTIFICACIÓN DEL ÁMBITO DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	9
2.4	HIPÓTESIS CONSIDERADAS	12
2.4.1	<i>Hipótesis generales.....</i>	<i>12</i>
2.4.2	<i>Datos relativos a la demanda.....</i>	<i>13</i>
2.4.3	<i>Inversiones.....</i>	<i>17</i>
2.4.4	<i>Costos de explotación.....</i>	<i>20</i>
2.4.5	<i>Beneficios económicos.....</i>	<i>22</i>
2.4.6	<i>Factores de corrección social.....</i>	<i>31</i>
2.5	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO.....	32
2.5.1	<i>Flujos económicos proyectados</i>	<i>32</i>
2.5.2	<i>Resultados generados (Escenario Base-CAPEX asociado al mayor número de pasos desnivelados)</i>	<i>37</i>
2.5.3	<i>Resultados generados (Escenario alternativo-menor CAPEX asociado a un menor número de pasos desnivelados)</i>	<i>40</i>



Estudios de Factibilidad Técnica, Económico-Financiera, Ambiental, Social y de vulnerabilidad para la Construcción, Equipamiento, Puesta en marcha, Operación y Mantenimiento, bajo la modalidad de Concesión de Obra con Servicio Público, del Sistema de Tren Rápido de Pasajeros (TRP) en la Gran Área Metropolitana (GAM)

Índice de figuras

Figura 1. Tren Eléctrico de la GAM.....	3
Figura 2. Estaciones del Tren Eléctrico de la GAM.....	4
Figura 3. Esquema de generación de los flujos económicos incrementales.....	8
Figura 4. Zona de influencia del proyecto – Tramo 1.....	10
Figura 5. Zona de influencia del proyecto – Tramo 2.....	10
Figura 6. Zona de influencia del proyecto – Tramo 3.....	11
Figura 7. Zona de influencia del proyecto – Tramos 4 y 5.....	11
Figura 8. Escenario Sin Proyecto. Demanda total.....	14
Figura 9. Escenario Con Proyecto. Demanda no captada.....	15
Figura 10. Escenario Con Proyecto. Demanda captada.....	15
Figura 11. Escenario Con Proyecto. Demanda total.....	15
Figura 12. Calendario de ejecución.....	18
Figura 13. Evolución de los costos de reposición y mantenimiento extraordinario (USD, valores económicos).....	20
Figura 14. Costos de Explotación promedio anuales. Precios sombra – Situación Con Proyecto.....	21

Índice de tablas

Tabla 1. Periodos de variación de demanda.....	4
Tabla 2. Frecuencias de operación en las líneas en función del tipo hora y día.....	5
Tabla 3. Características principales de las líneas.	5
Tabla 4. Hipótesis generales aplicables.....	12
Tabla 5. Hipótesis de plazos y calendarios aplicables al Proyecto.....	12
Tabla 6. Hipótesis de demanda (viajes / año) – Situación SIN Proyecto.	13
Tabla 7. Hipótesis de demanda (viajes / año) – Situación CON Proyecto.....	14
Tabla 8. Hipótesis de longitudes y velocidades medias relativas al tren (Sin y Con Proyecto).	16
Tabla 9. Hipótesis de longitudes y velocidades medias relativas al autobús (Sin y Con Proyecto).	16
Tabla 10. Hipótesis de longitudes y velocidades medias relativas al vehículo privado (Sin y Con Proyecto).....	17
Tabla 11. Hipótesis de promedios de usuarios por modos de transporte.	17
Tabla 12. Presupuesto de ejecución a precios de mercado – Situación Con Proyecto. ...	18
Tabla 13. Presupuesto de ejecución en valores económicos – Situación Con Proyecto. .	19
Tabla 14. Vida útil de los diferentes capítulos de inversión.	19
Tabla 15. Costos de Explotación promedio anuales. Precios de mercado – Situación Con Proyecto.	20
Tabla 16. Costos de Explotación promedio anuales. Precios sombra – Situación Con Proyecto.	21
Tabla 17. Hipótesis consideradas en los ahorros de tiempo.	23
Tabla 18. Proceso de estimación del valor del tiempo.	23
Tabla 19. Hipótesis de tarifas unitarias de tren y de autobús.	24
Tabla 20. Hipótesis de tarifas unitarias de peaje en las vías correspondientes a los tramos.	25

Tabla 21. Hipótesis de Costes de Explotación de Vehículos (CEV) particulares.....	25
Tabla 22. Hipótesis de longitudes y velocidades medias de vehículos privados.	26
Tabla 23. Hipótesis de márgenes operativos de los operadores.....	27
Tabla 24. Hipótesis de ratios de accidentalidad por tipo de vehículo.	28
Tabla 25. Hipótesis de costos de accidentalidad por tipo de accidente.....	29
Tabla 26. Hipótesis de costos de accidentalidad por km recorrido.....	29
Tabla 27. Hipótesis de ratios de costo de la contaminación ambiental y acústica.	30
Tabla 28. Hipótesis de costo de componentes de la contaminación ambiental.	30
Tabla 29. Hipótesis de emisiones de contaminación ambiental.	30
Tabla 30. Factores de corrección social.....	31
Tabla 31. Flujos económicos proyectados (1/3).....	33
Tabla 32. Flujos económicos proyectados (2/3).....	34
Tabla 33. Flujos económicos proyectados (3/3).....	35
Tabla 34. Resultados económicos del Proyecto. Escenario Base (CAPEX ampliado).	37
Tabla 35. Resultados económicos del Proyecto. Escenario Base (CAPEX ampliado).	37
Tabla 36. Comparativa de Costos Generalizados de Viaje.	38
Tabla 37. Indicadores de Relación Costo/Efectividad. Escenario Base.....	38
Tabla 38. Reparto de los beneficios y costes generados en USD descontados. Escenario Base.	39
Tabla 39. Calendario de ejecución Esc. menor CAPEX.....	40
Tabla 40. Presupuesto de ejecución a precios de mercado – Situación Con Proyecto Esc. menor CAPEX.	41
Tabla 41. Presupuesto de ejecución en valores económicos – Situación Con Proyecto Esc. menor CAPEX.	41
Tabla 42. Resultados económicos del Proyecto. Escenario de menor CAPEX.	41
Tabla 43. Indicadores de Relación Costo / Efectividad. Escenario de menor CAPEX.....	42

Tabla 44. Reparto de los beneficios y costes generados en USD descontados. Escenario de menor CAPEX. 42

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento es el segundo de los cuatro documentos que conforman el cuarto informe de los Estudios de Factibilidad Técnica, Económico-Financiera, Ambiental, Social y de vulnerabilidad para la Construcción, Equipamiento, Puesta en marcha, Operación y Mantenimiento, bajo la modalidad de Concesión de Obra con Servicio Público, del Sistema de Tren Rápido de Pasajeros (TRP) de la Gran Área Metropolitana (GAM).

Dicho Estudio consta de seis informes:

- Primer Informe: Plan de Trabajo.
- Segundo Informe: Estudios técnicos ambientales, sociales, de evaluación de vulnerabilidad y de género.
- Tercer Informe: Estudio de factibilidad técnica.
- **Cuarto Informe: Estudio Económico y Financiero.**
- Quinto Informe: Estructuración Financiera y Documento para el Proceso de Licitación.
- Informe Final.

En concreto, el objetivo del estudio económico financiero es aunar y analizar los elementos necesarios para evaluar y estructurar la propuesta que le otorgaría la mayor viabilidad económica-financiera al proyecto.

Para ello, se tomará en cuenta el Tercer Informe: Factibilidad Técnica, así como las contingencias fiscales para el análisis de las autoridades competentes.

En base a las estimaciones de costos realizadas, se analiza el impacto global de todas las intervenciones que hayan resultado satisfactorias desde el punto de vista técnico y se analizará el costo preliminar del proyecto a partir de la factibilidad técnica realizada. Para ello, se incluye un estudio de precios unitarios y un cálculo de coste de elementos apoyado en la experiencia local de la firma Consultora en el país.

Para la correcta comprensión de los contenidos incluidos en el presente informe, éste se distribuye en seis grandes apartados atendiendo a las diferentes tipologías de estudios económico – financieros requeridos por el proyecto a lo largo del horizonte de evaluación.

Estos son:

- Análisis financiero a nivel conceptual
- Análisis Costo – Beneficio (“ACB”)
- Análisis de riesgos
- Análisis de valor por dinero
- Análisis de la tarifa técnica y de tarifa al usuario
- Análisis de integración del sistema

En definitiva, el Cuarto Informe: Estudio Económico y Financiero está formado por cuatro documentos:

- Documento 1: Análisis económico-financiero.
- **Documento 2: Análisis costo-beneficio.**
- Documento 3: Análisis de riesgos y valor por dinero.
- Documento 4: Tarifa técnica y análisis de integración del sistema.

En el documento de análisis económico financiero se han planteado diversos escenarios alternativos de retribución y alcance del proyecto. Dada esta diversidad de modelos, de entre los cuales deberá ser seleccionado uno para el cartel de licitación, para el presente análisis se ha evaluado únicamente un escenario: el de desarrollo total a inicio de las líneas 1 a 5, ambas inclusive.

Al no afectar en el ACB el modelo de remuneración del operador privado, no se hace distinción entre los escenarios de ingresos. Al ser un escenario que incluye la máxima inversión estimada, y se sitúa en un rango intermedio en cuanto a costo final para la Administración, se considera un buen indicador. Una vez seleccionado el escenario final de licitación, se realizará el análisis específico correspondiente al mismo.

1.1 Descripción del proyecto

El Tren Eléctrico de la GAM consiste en el desarrollo de un sistema ferroviario bidireccional que conecte las ciudades de Cartago, San José, Heredia y Alajuela. Para ello se intenta aprovechar el trazado existente para potenciar la conexión este-oeste de la GAM y que este sistema de transporte se convierta en el modo referente de transporte público de la zona, potenciando la movilidad sostenible.

El sistema propuesto abarca una longitud superior a los 84 km con 46 estaciones a lo largo del recorrido y está compuesto por 5 líneas delimitadas por el derecho de vía del INCOFER. Las líneas 1 (Paraíso-Atlántico), 2 (Atlántico-Alajuela) y 3 (Atlántico-Ciruelas) operarán de forma independiente, mientras que las líneas 4 (Alajuela-Ciruelas) y 5 (Ciruelas-El Coyol) se plantean como extensiones de las líneas 2 y 3 respectivamente. Además, se dispondrá de 4 parqueaderos y 1 taller con sus edificios administrativos correspondientes. El parqueadero de Paraíso, ubicado en la Línea 1, podrá albergar hasta 20 trenes, el de Pacífico, que da servicio a la Línea 3, tendrá una capacidad de 24 trenes y el parqueadero de Ciruelas, correspondiente a la Línea 4, dispondrá de espacio para 12 trenes. El parqueadero de Las Cañas, el cual se ubica en la Línea 2, aparte de poder alojar 24 trenes, será el encargado de realizar las labores de mantenimiento más complejas de todo el sistema ya que será el único que disponga de taller.

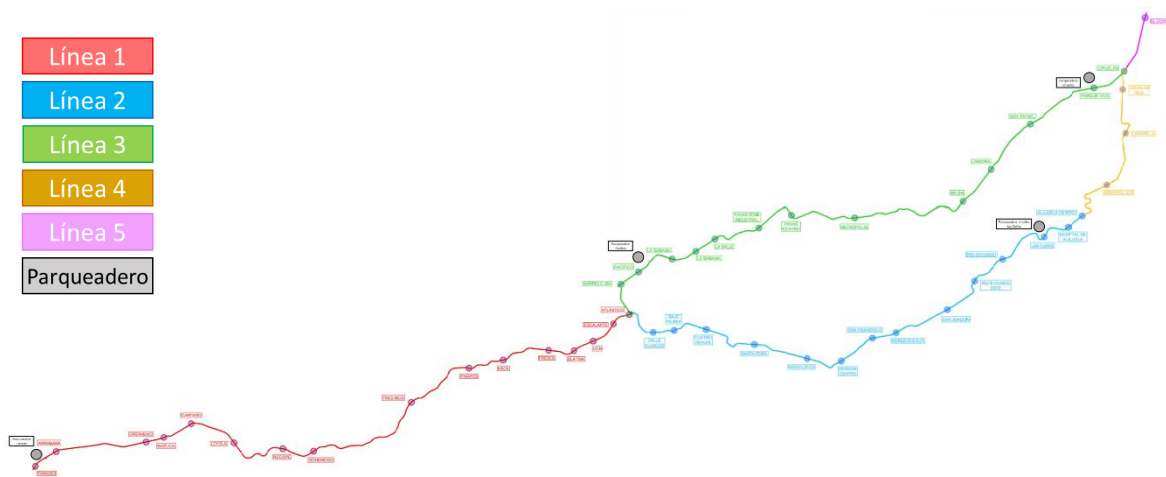


Figura 1. Tren Eléctrico de la GAM.

Las paradas que conforman el Tren Eléctrico de la GAM se pueden apreciar en la siguiente figura.



Figura 2. Estaciones del Tren Eléctrico de la GAM.

Para poder hacer frente a la demanda, se propone operar las 3 principales líneas (esto es, líneas 1, 2 y 3) con frecuencias de 5 minutos en hora punta (15 minutos en hora valle) y con frecuencias de 10 minutos en hora punta (30 minutos en hora valle) para las extensiones en los días laborables. Durante los días no laborables, fines de semana y festivos, las frecuencias se reducen, siendo de 10 minutos en hora punta (20 minutos en hora valle) y 20 minutos en hora punta (40 minutos en hora valle) para las líneas 1-2-3 y 4-5 respectivamente.

Todo ello queda detallado en la Memoria 21: Operación del Tercer Informe, con su correspondiente justificación técnica.

	Inicio	Fin
Hora valle mañana	05:00	06:00
Hora punta mañana	06:00	10:00
Hora valle mediodía	10:00	15:30
Hora punta tarde	15:30	19:30
Hora valle tarde	19:30	23:00

Tabla 1. Periodos de variación de demanda.

	Líneas 1,2 y 3		Líneas 4 y 5	
	Laborable	No laborable	Laborable	No laborable
Hora valle	15 minutos	20 minutos	30 minutos	40 minutos
Hora punta	5 minutos	10 minutos	10 minutos	20 minutos

Tabla 2. Frecuencias de operación en las líneas en función del tipo hora y día.

Desde el punto de vista tarifario, cada una de las líneas se cobrará de manera independiente con una tarifa base para las líneas principales y una tarifa reducida en las extensiones.

Para poder hacer frente a la demanda del sistema, con las frecuencias explicadas, se requieren 78 trenes (incluidos los de mantenimiento y reserva) tal y como se detalla en la Memoria 21: Operación del Tercer Informe, los cuales serán trenes articulados ligeros de tracción eléctrica de 5 módulos en doble composición. La capacidad de este tipo de trenes oscila entre los 430 pasajeros (4 pasajeros/m²) y los 600 pasajeros (6 pasajeros/m²) sin superar una longitud de 70 m. Sin embargo, dada la longitud de los andenes de las estaciones (80 m), si la futura demanda lo exigiera, el material rodante podría ser adaptado a los 7 módulos para poder aumentar su capacidad de transporte.

A modo resumen, en la siguiente tabla se pueden apreciar las principales características de cada línea.

	Trazado	Longitud	Estaciones	Parqueaderos	Taller
Línea 1	Urbano/Interurbano	27,4 km	16	Paraíso/Pacífico	Las Cañas
Línea 2	Urbano/Interurbano	21,6 km	15	Pacífico/Aeropuerto	Las Cañas
Línea 3	Urbano/Interurbano	25,4 km	14	Pacífico/Ciruelas	Las Cañas
Línea 4	Interurbano	7,8 km	5	Ciruelas/Las Cañas	Las Cañas
Línea 5	Interurbano	2,7 km	2	Ciruelas	Las Cañas

Tabla 3. Características principales de las líneas.

Se plantean además, 14 de las mencionadas estaciones como estaciones intermodales, donde se realizaría la transferencia de pasajeros entre el sistema de buses y el Tren Eléctrico.

Se exponen a continuación, a modo resumen, las principales magnitudes y características del proyecto con el fin de tener una idea más apropiada de su dimensión:

- Infraestructura: Infraestructura de la vía, sistemas y material rodante.
- Longitud del trazado: 84,85 km.
- Número de estaciones: 46.
- Material rodante necesario: 78 el año de puesta en servicio.
- Velocidad máxima: 25 km/h en zona urbana, 50 km/h en semiurbana, y 70 km/h en interurbana.
- Frecuencia de paso de los trenes: 5 min en hora pico.
- Capacidad de transporte de pasajeros: 600 pasajeros por unidad en composición doble.

En definitiva, el proyecto de Tren Eléctrico Urbano consiste en la mejora del actual tren que discurre entre San José de Costa Rica y las poblaciones de Alajuela, Belén y Paraíso en tres líneas respectivas, junto con la extensión desde Belén a Ciruelas y dos nuevos tramos desde Alajuela a Ciruelas y desde Ciruelas a El Coyol, respectivamente.

2 ANÁLISIS ECONÓMICO

2.1 Introducción

El análisis económico permite evaluar la contribución de un proyecto al bienestar económico de un ámbito geográfico concreto (región, provincia, zona metropolitana...). El Análisis Coste Beneficio (“ACB”) se realiza desde el punto de vista del conjunto de la sociedad y no únicamente desde el de los propietarios de la infraestructura (que sería el caso del análisis financiero).

A este respecto, el ACB analiza si el total de los beneficios económicos que se espera generar con el Proyecto son superiores a los costes que se espera generar.

2.2 Metodología

La metodología aplicada para el ACB realizado del Proyecto se ha basado en la contemplada en los siguientes documentos:

- Guía Metodológica para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Infraestructura Vial en Costa Rica, de MIDEPLAN. Marzo, 2012.
- Guía Metodológica para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública en Costa Rica, de MIDEPLAN. Febrero, 2010.

Además, se ha contrastado que la metodología aplicada es coherente con el documento de la Comisión Europea denominado “*Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects*”, de Diciembre de 2014.

Así, el procedimiento de trabajo del ACB del Proyecto se realiza comparando una solución “sin proyecto” (o “Solución 0”) con una solución “con proyecto” (o “Solución 1”).

Para realizar el ACB, en primer lugar hay que determinar el ámbito geográfico del análisis con el fin de que se pueda establecer el escenario de partida (Sin Proyecto), que representa la continuidad de la situación actual, y así compararlo con la Solución 1 (Con Proyecto), que representa aquélla en la que se lleva a cabo el desarrollo del Proyecto. En nuestro caso, el ámbito geográfico se limita a la zona metropolitana afectada por los movimientos de transporte urbano descritos: el Gran Área Metropolitana.

En ambas Soluciones (Sin Proyecto y Con Proyecto) se establecen el tráfico y demanda que no son captados por el Proyecto y que permanecen en el modo de transporte actual (autobús y vehículo privado), así como el tráfico y demanda transferidos al nuevo modo de transporte (el tren) y, en su caso, el tráfico y demanda generados por el hecho de disponer de una nueva infraestructura. Estas prognosis de demanda son las que permitirán comparar ambas Soluciones y estimar los beneficios socio-económicos del Proyecto.

Posteriormente, se generarán los flujos proyectados de beneficios y costos económicos a partir de las hipótesis del Proyecto, realizando los cálculos de los flujos netos tal como se muestra a continuación:

FLUJOS INCREMENTALES (Con Proyecto - Sin Proyecto) USD Descontados	
	Ahorros de Tiempo Ahorros de Costos de Operación Vehicular ("COV") Ahorro de Tarifas
(B1)	Excedente del Consumidor
	Operador Autobús Operador FF.CC. Otros Operadores
(B2)	Excedente del Productor
	Reducción de accidentes Reducción de contaminación ambiental Reducción de contaminación acústica
(B3)	Externalidades
(B4)	Valor Residual de las Obras
(B)=(B1)+...+(B4)	BENEFICIOS INCREMENTALES TOTALES (USD)
(C1)	Inversiones iniciales
(C2)	Costos de operación
(C3)	Costos de mantenimiento
(C4)	Otros costos directos + Costos indirectos
(C5)	Conservación extraordinaria y reposiciones
(C)=(C1)+...+(C5)	COSTOS TOTALES (USD)
R.N. = (B) - (C)	RESULTADOS NETOS (USD)

Figura 3. Esquema de generación de los flujos económicos incrementales.

Entre las hipótesis se considerarán las relativas a los diferentes grupos de Beneficios socio-económicos (Excedente del consumidor, Excedente del productor y Externalidades) así

como el Valor Residual de las Obras, y se calcularán los beneficios incrementales (= Situación Con Proyecto - Situación Sin Proyecto) de cada año del período de análisis.

Por otro lado, se estimarán los flujos económicos de los costos incrementales totales, teniendo en cuenta los costes de inversión, de reposición y los costos de operación y mantenimiento de la Situación Con Proyecto respecto de la Situación Sin Proyecto, una vez convertidos los precios de mercado de éstos a precios sombra mediante los denominados factores de conversión social. La diferencia entre el beneficio incremental y el coste incremental de cada año será el flujo neto correspondiente.

A partir de la proyección de dichos flujos netos durante el período de análisis del ACB, se generarán los siguientes tres resultados:

- Valor Actual Neto de los flujos económicos incrementales: VAN-E
- Tasa Interna de Retorno de los flujos económicos incrementales: TIR-E
- Ratio B/C o ratio entre el VAN acumulado de los beneficios y el VAN acumulado de los costos.

Además, se generarán los siguientes Indicadores de Relación Costo/Efectividad (USD):

- Ahorro de Tiempo
- Ahorro de Costos de Operación Vehicular
- Ahorro de Costos de Accidentes
- Usuarios beneficiados

2.3 Identificación del ámbito de influencia del proyecto

Una vez descrito el Proyecto en lo referente a sus características técnicas y su trazado correspondiente, se analiza el ámbito de influencia de la infraestructura junto con el servicio de transporte asociado. De esta manera, se puede observar qué medios de transporte y qué zonas son las que muestran la competencia más directa sobre la demanda del Proyecto:



Figura 4. Zona de influencia del proyecto – Tramo 1.

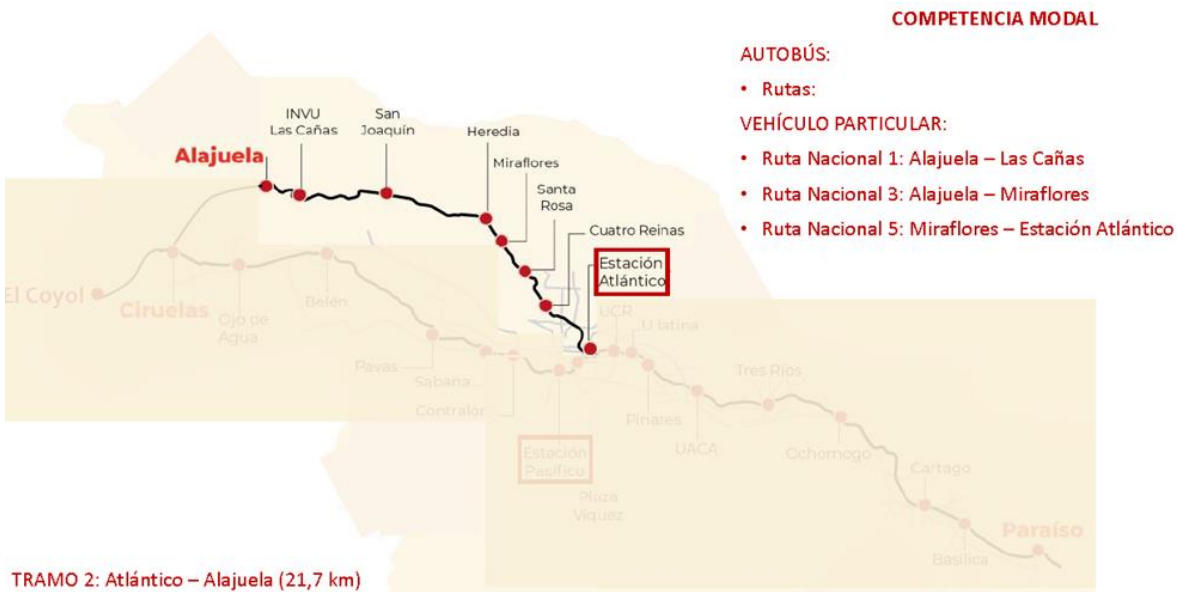


Figura 5. Zona de influencia del proyecto – Tramo 2.



Figura 6. Zona de influencia del proyecto – Tramo 3.

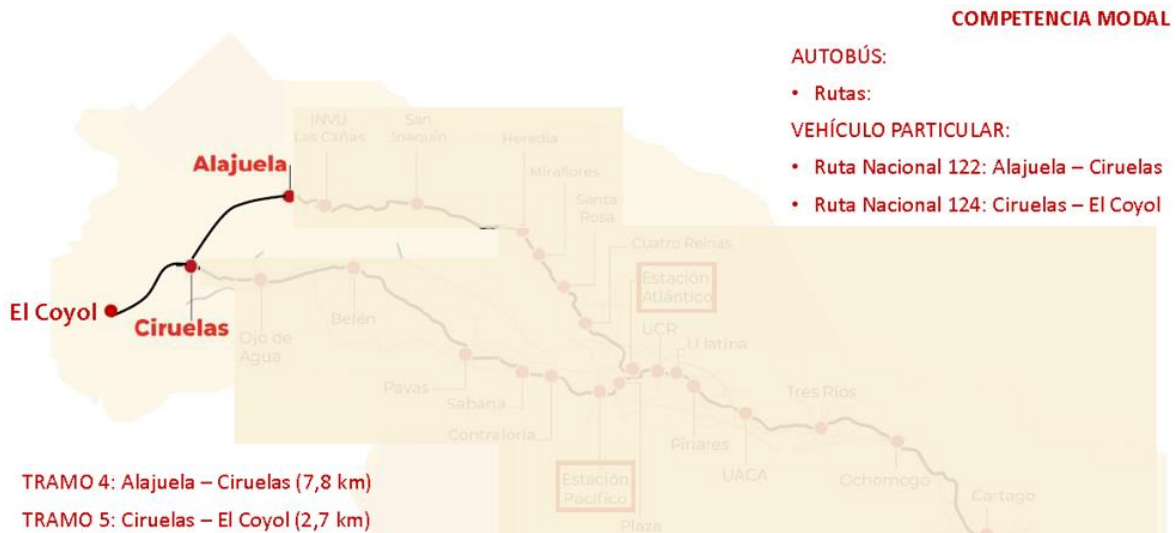


Figura 7. Zona de influencia del proyecto – Tramos 4 y 5.

Como puede verse, hay que tener en cuenta la competencia por zonas, a partir de los 4 tramos descritos, pues son diferentes las rutas de autobús que compiten con uno u otro tramo, así como las vías (Rutas Nacionales principalmente).

2.4 Hipótesis consideradas

2.4.1 Hipótesis generales

Las hipótesis generales aplicables al ACB son todas aquellas referentes a la información macroeconómica y fiscal, y servirá de base para la realización de los cálculos de otros parámetros a utilizar en la estimación de los flujos económicos. Esta información se muestra en la tabla siguiente:

HIPÓTESIS MACROECONÓMICAS	DATOS	OBSERVACIONES
Tasa de inflación (año previo)	1,60%	Fuente: The World Factbook - CIA (2017)
Tasa de inflación media prevista (para capitalización)	3,00%	Fuente:
Tasa social de descuento	8,31%	Fuente: MIDEPLAN
Tipo de cambio EUR / USD	1,11	Fuente: www.oanda.com (24-10-19)
Tipo de cambio CRC / EUR	633	Fuente: www.oanda.com (24-10-19)
Tipo de cambio CRC / USD	570	Fuente: www.oanda.com (24-10-19)
Tasa de crecimiento medio anual PIB (tér. reales)	3,30%	Fuente: The World Factbook - CIA
Tasa de crecimiento anual de la población	1,13%	Fuente: The World Factbook - CIA
Tasa de crecimiento anual del PIB p.c. (term. reales)	2,92%	
PIB per capita 2017 (USD)	16.900	Fuente: The World Factbook - CIA
Impuesto de Valor Agregado (IVA)	13,00%	Fuente: Ministerio de Hacienda de Costa Rica

Tabla 4. Hipótesis generales aplicables.

Por otro lado, se incluye la información relativa a los plazos considerados, según se muestra en la tabla siguiente:

HIPÓTESIS DE PLAZOS	DATOS	OBSERVACIONES
Año de comienzo del análisis	2021	
Plazo de análisis (años)	35	
Año de inicio de la construcción	2021	A mitad de ejercicio
Período de construcción (años)	5,0	Incluye período de pruebas
Año de inicio de la explotación	2026	A mitad de ejercicio
Período de explotación (años)	30,0	
Año final del análisis	2056	

Tabla 5. Hipótesis de plazos y calendarios aplicables al Proyecto.

2.4.2 Datos relativos a la demanda

Las prognosis de tráfico y demanda son uno de los grupos de datos más relevantes del ACB, pues permiten calcular los beneficios incrementales que se generan cada año en la comparación de los escenarios Sin Proyecto y Con Proyecto. Este grupo de hipótesis permiten calcular los siguientes tipos de proyecciones de demanda:

- Situación Sin Proyecto: Demanda de los diferentes modos de transporte público y vehículo privado en el escenario tendencial en la zona de influencia del Proyecto.
- Situación Con Proyecto:
 - Demanda no captada o Demanda Normal: es aquella demanda que permanece en los actuales modos de transporte y no realiza el cambio modal al tren.
 - Demanda captada o Demanda Transferida: es aquella demanda que, una vez se pone en operación el Proyecto, se traslada al tren, dejando de utilizar los anteriores modos de transporte respectivos (autobús y vehículo privado). La suma de Demanda captada y Demanda no captada es igual a la demanda de la situación Sin Proyecto
 - Demanda creada o Demanda Generada: es aquella nueva demanda o nuevos usuarios que en la situación Sin Proyecto no utilizaban los modos de transporte existentes pero que por el hecho de ponerse en operación el Proyecto, se genera como nuevo grupo de usuarios que aprovechan las nuevas ventajas del tren.

A los efectos del estudio, se han considerado como un grupo único los autobuses, sin distinción entre las diferentes compañías prestadoras del servicio. Teniendo en cuenta lo anterior, se han considerado de aplicación las hipótesis relativas a demanda y tráfico obtenidas del estudio de demanda, según se muestra en las tablas siguientes:

DEMANDA " SIN PROYECTO "	2026	2031	2036	2041	2046	2051	2056
Autobús (viajes / año)	261.922.124	273.218.294	283.703.381	298.195.759	304.109.381	307.673.502	306.566.030
Vehículo privado (viajes / año)	913.790.962	937.810.769	970.342.784	996.491.676	1.017.578.629	1.030.213.538	1.039.112.547
Tren actual (viajes / año)	3.959.441	4.894.160	5.218.533	5.157.078	4.836.904	5.015.730	4.878.920
Total	1.179.672.527	1.215.923.223	1.259.264.698	1.299.844.513	1.326.524.914	1.342.902.770	1.350.557.497

Tabla 6. Hipótesis de demanda (viajes / año) – Situación SIN Proyecto.

DEMANDA "CON PROYECTO" - Normal (No captada)	2026	2031	2036	2041	2046	2051	2056
Autobús (viajes / año)	245.992.469	256.521.006	266.508.177	280.547.727	286.200.607	289.440.759	288.292.005
Vehículo privado (viajes / año)	885.495.610	908.454.826	939.774.230	965.068.637	985.055.549	997.044.733	1.005.646.946
Total	1.131.488.080	1.164.975.831	1.206.282.406	1.245.616.364	1.271.256.155	1.286.485.493	1.293.938.952

DEMANDA "CON PROYECTO" - Transferida al tren	2026	2031	2036	2041	2046	2051	2056
Autobús (viajes / año)	15.929.654	16.697.288	17.195.204	17.648.032	17.908.774	18.232.742	18.274.025
Vehículo privado (viajes / año)	28.295.351	29.355.943	30.568.555	31.423.038	32.523.080	33.168.805	33.465.600
Tren actual (viajes / año)	3.959.441	4.894.160	5.218.533	5.157.078	4.836.904	5.015.730	4.878.920
Total	48.184.447	50.947.392	52.982.291	54.228.149	55.268.759	56.417.277	56.618.545

DEMANDA "CON PROYECTO" - Generada	2026	2031	2036	2041	2046	2051	2056
Autobús (viajes / año)	0	0	0	0	0	0	0
Vehículo privado (viajes / año)	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 7. Hipótesis de demanda (viajes / año) – Situación CON Proyecto.

Hay que mencionar que el tren actualmente está transportando en torno a 3,4 millones de viajeros anualmente que, proyectados al año 2026, se estiman en 3,9 millones (como muestran la tabla anterior relativa a la Demanda Sin Proyecto. Esos viajeros están incluidos, en las tablas del escenario Con Proyecto, dentro de la Demanda Transferida al nuevo TRP.

Como resultado de tales hipótesis, se muestran en las siguientes figuras los gráficos correspondientes a la evolución estimada de la demanda en el proyecto:

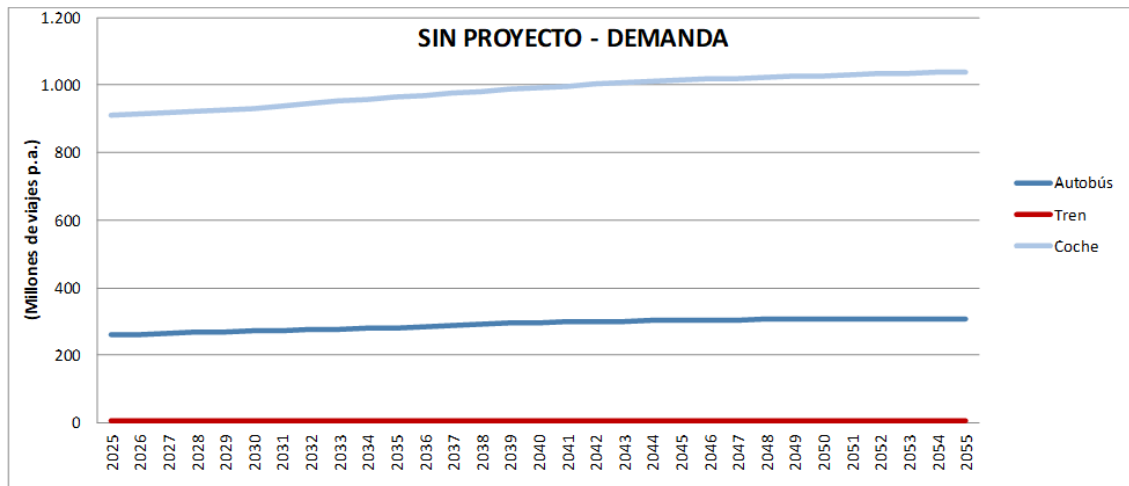


Figura 8. Escenario Sin Proyecto. Demanda total.

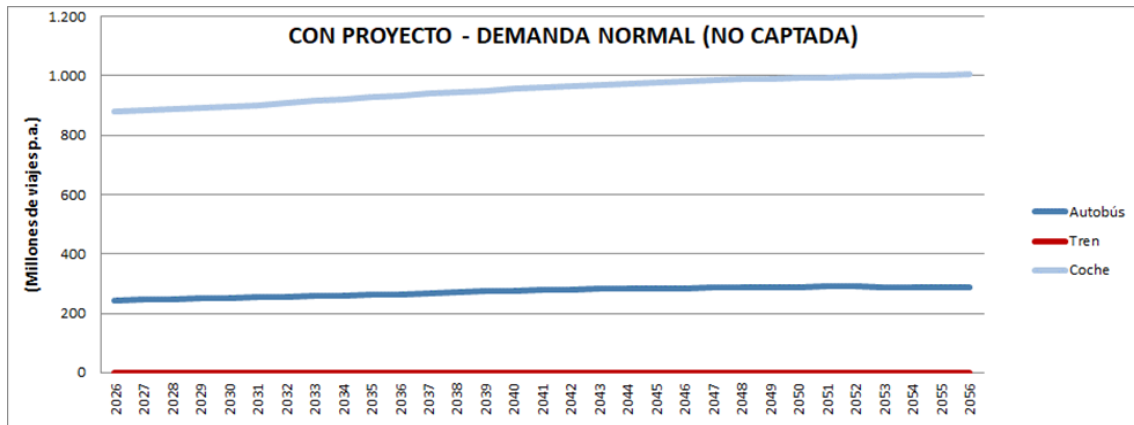


Figura 9. Escenario Con Proyecto. Demanda no captada.

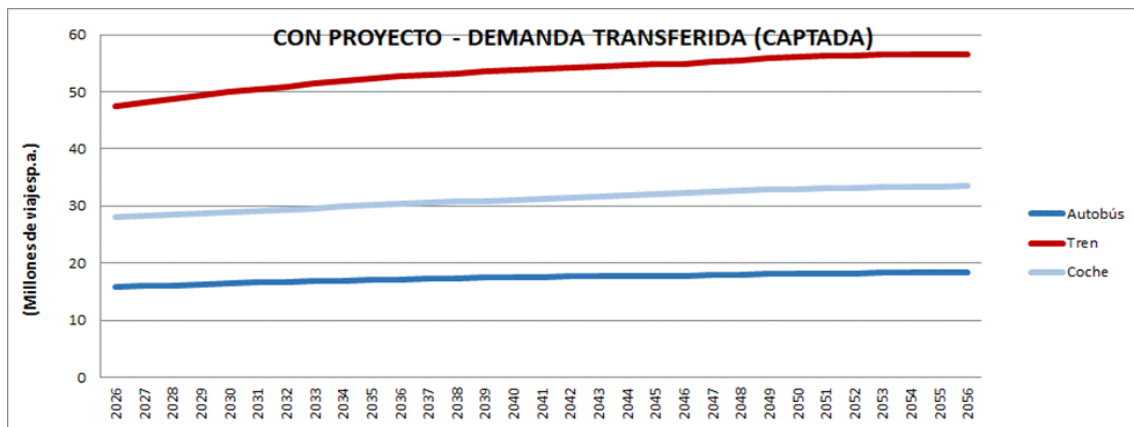


Figura 10. Escenario Con Proyecto. Demanda captada.

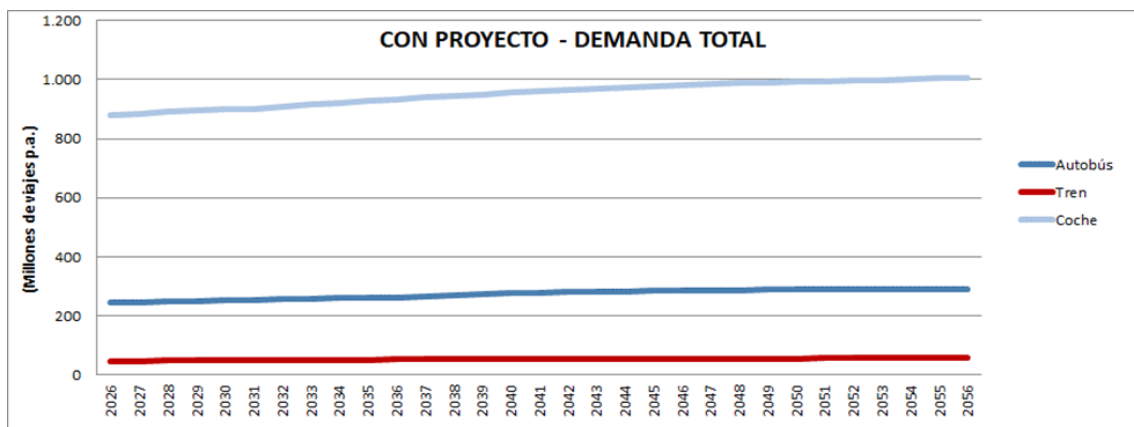


Figura 11. Escenario Con Proyecto. Demanda total.

Por otro lado, hay que tener en cuenta las hipótesis relativas a longitudes, velocidades medias y duración de los desplazamientos por modos de transporte, según se muestra en las tablas siguientes, generadas a partir de la información del estudio de demanda:

DATOS TREN (SIN PROYECTO)	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	Duración (hor.)
Tramo 1	27,30	22,50	1,21
Tramo 2	21,70	22,50	0,96
Tramo 3	25,30	22,50	1,12
Tramos 4 & 5	10,50	22,50	0,47
Tramos 1 - 5	84,80	22,50	3,77
Promedio Tramos	21,20	22,50	0,94

DATOS TREN (CON PROYECTO)	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	Duración (hor.)
Tramo 1	27,30	30,00	0,91
Tramo 2	21,70	30,00	0,72
Tramo 3	25,30	30,00	0,84
Tramos 4 & 5	10,50	30,00	0,35
Tramos 1 - 5	84,80	30,00	2,83
Promedio Tramos	21,20	30,00	0,71

Tabla 8. Hipótesis de longitudes y velocidades medias relativas al tren (Sin y Con Proyecto).

DATOS AUTOBÚS (SIN PROYECTO)	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	Duración (hor.)
Tramo 1	30,00	13,70	2,19
Tramo 2	21,50	12,40	1,73
Tramo 3	29,30	8,50	3,45
Tramos 4 & 5	10,10	5,70	1,77
Tramos 1 - 5	90,90	10,83	8,40
Promedio Tramos	22,73	10,83	2,10

DATOS AUTOBÚS (CON PROYECTO)	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	Duración (hor.)
Tramo 1	30,00	14,20	2,11
Tramo 2	21,50	12,90	1,67
Tramo 3	29,30	9,00	3,26
Tramos 4 & 5	10,10	6,20	1,63
Tramos 1 - 5	90,90	11,33	8,02
Promedio Tramos	22,73	11,33	2,01

Tabla 9. Hipótesis de longitudes y velocidades medias relativas al autobús (Sin y Con Proyecto).

DATOS VEHÍCULO PRIVADO (SIN PROYECTO)	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	Duración (hor.)
Tramo 1	29,80	23,00	1,30
Tramo 2	20,70	21,50	0,96
Tramo 3	26,10	27,00	0,97
Tramos 4 & 5	10,20	18,00	0,57
Tramos 1 - 5	86,80	23,26	3,73
Promedio Tramos	21,70	23,26	0,93

DATOS VEHÍCULO PRIVADO (CON PROYECTO)	Longitud (km)	Velocidad (km/h)	Duración (hor.)
Tramo 1	29,80	24,50	1,22
Tramo 2	20,70	23,00	0,90
Tramo 3	26,10	28,50	0,92
Tramos 4 & 5	10,20	19,50	0,52
Tramos 1 - 5	86,80	24,76	3,51
Promedio Tramos	21,70	24,76	0,88

Tabla 10. Hipótesis de longitudes y velocidades medias relativas al vehículo privado (Sin y Con Proyecto).

Finalmente, se muestran las hipótesis consideradas relativas al promedio de número de usuarios por modo de transporte, SIN y CON proyecto:

NÚMERO MEDIO DE USUARIOS POR MODO	SIN Proyecto	CON Proyecto
Promedio de pasajeros - Autobús	30	25
Promedio de pasajeros - Vehículo particular	1,40	1,40
Promedio de pasajeros - Tren	275	465

Tabla 11. Hipótesis de promedios de usuarios por modos de transporte.

2.4.3 Inversiones

Las hipótesis relativas a las inversiones y costos iniciales se clasifican en los capítulos destacados en las tablas siguientes, relativas a la situación Con Proyecto, pues se considera que son las inversiones incrementales a realizar respecto a la situación Sin Proyecto; en ambos casos, se muestran los importes a valores de mercado y en valores económicos, una vez aplicados los factores de corrección sociales correspondientes.

El calendario de ejecución previsto para los años 2021-2026, ambos inclusive, presenta la siguiente evolución:



Figura 12. Calendario de ejecución.

A continuación se muestran las tablas con los importes detallados de los diferentes conceptos de inversión, tanto en precios de mercado como en precios sombra una vez aplicados los factores de corrección social:

CAPEX CON PROYECTO (USD, Precios de mercado)	TOTAL	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Infraestructura (Trab.prelim.+Estruct.+Drenaje+Serv.Afect.)	146.534.973	0	12.035.051	54.990.992	55.560.628	23.745.006	263.296
Plataforma y superestructura	178.260.169	0	0	35.092.951	73.909.754	69.257.463	0
Estaciones, parqueaderos, talleres y edificios admin.	103.889.347	0	5.839.474	31.029.139	37.391.077	26.937.700	2.691.955
Instalaciones (Electrificacion + Sistemas)	197.908.309	0	0	19.125.375	75.307.163	99.212.074	4.263.698
Integración urbana + Rehabilitación Patrim. histórico	37.258.000	0	0	0	13.872.800	19.357.018	4.028.182
Material rodante	452.400.000	0	51.040.000	116.000.000	51.040.000	122.960.000	111.360.000
Diseño e implementación + Seg.y Sal. + C.Calidad + G.Res.	98.334.386	3.937.182	15.515.640	24.006.939	26.041.835	22.160.057	6.672.733
Predios	66.131.959	0	25.461.946	32.479.260	0	8.190.753	0
Otros costes	91.548.514	0	2.821.751	20.070.132	34.126.354	31.604.478	2.925.799
Total	1.372.265.657	3.937.182	112.713.862	332.734.788	367.249.611	423.424.550	132.205.663

Tabla 12. Presupuesto de ejecución a precios de mercado – Situación Con Proyecto.

CAPEX CON PROYECTO (USD, Precios sombra)	TOTAL	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Infraestructura (Trab.prelim.+Estruct.+Drenaje+Serv.Afect.)	132.300.848	0	10.865.990	49.595.101	50.163.575	21.438.462	237.720
Plataforma y superestructura	160.944.318	0	0	31.684.090	66.730.303	62.529.926	0
Estaciones, parqueaderos, talleres y edificios admin.	103.889.347	0	5.839.474	31.029.139	37.391.077	26.937.700	2.691.955
Instalaciones (Electrificación + Sistemas)	179.008.065	0	0	17.298.901	68.115.329	89.737.321	3.856.515
Integración urbana + Rehabilitación Patrim. histórico	37.258.000	0	0	0	13.872.800	19.357.018	4.028.182
Material rodante	358.484.687	0	40.444.426	91.919.150	40.444.426	97.434.300	88.242.384
Diseño e implementación + Seg.y Sal. + C.Calidad + G.Res.	98.334.386	3.937.182	15.515.640	24.006.939	26.041.835	22.160.057	6.672.733
Predios	66.131.959	0	25.461.946	32.479.260	0	8.190.753	0
Otros costes	82.655.667	0	2.547.651	18.120.558	30.811.386	28.534.480	2.641.593
Total	1.219.007.277	3.937.182	100.675.127	296.133.138	333.570.731	376.320.016	108.371.082

Tabla 13. Presupuesto de ejecución en valores económicos – Situación Con Proyecto.

Por otro lado, hay que tener en cuenta en esta sección las inversiones de reposición de activos y mantenimiento extraordinario, que se calculan a partir de la vida útil de las diferentes partidas de inversión respecto a las partidas de inversión, tal como se muestra en la tabla siguiente:

	Vida útil (años)
Estructuras	80
Vía en Balasto	35
Vía en Placa	50
Aparatos de vía	40
Estaciones	15
Parqueaderos, talleres y edificios administrati	20
Drenaje	25
Catenaria	15
Otros	60
Sistema de señalización	15
Sisteamas y comunicaciones	15
Material rodante	35

Tabla 14. Vida útil de los diferentes capítulos de inversión.

Como resultado de los cálculos anuales generados, se muestra en la figura siguiente, teniendo en cuenta los citados ciclos de vida de los diferentes tipos de activo. Al igual que cualesquiera capítulos de costos, estos importes de reposición y mantenimiento extraordinario se convierten en valores económicos aplicando los factores de corrección sociales descritos en este informe. Resultado de dicho proceso, se genera la curva de costos mostrada en la figura siguiente:



Figura 13. Evolución de los costos de reposición y mantenimiento extraordinario (USD, valores económicos).

Al considerarse que los costos por este concepto en la situación “Sin Proyecto” son nulos, estos importes citados en valores económicos son los considerados como costos diferenciales a tener en cuenta en el análisis económico.

2.4.4 Costos de explotación

El último capítulo referente a los costos del proyecto son los costos de explotación, que incluyen los gastos de operación y de mantenimiento ordinario y los de operación. Estos costos se presentan a continuación en dos tablas, una a precios de mercado y la otra con precios sombra una vez aplicados los factores de corrección social descritos en este informe, junto con el gráfico de reparto de éstos:

DIFERENCIAL COSTES: Sin Pr. - Con Pr. (Precios de Mercado)	USD / año	
OPEX Diferencial - Precios de mercado	44.007.418	
Gastos Generales	1.666.725	3,8%
Gastos de Personal y Operación	9.441.886	21,5%
Energía	11.377.773	25,9%
Conservación y mantenimiento	15.838.950	36,0%
Otros gastos Directos + Gastos Indirectos	5.682.084	12,9%

Tabla 15. Costos de Explotación promedio anuales. Precios de mercado – Situación Con Proyecto.

DIFERENCIAL COSTES: Sin Pr. - Con Pr. (Precios Sombra)	USD / año	
OPEX Diferencial - Precios sombra	41.740.154	
Gastos Generales	1.595.472	3,8%
Gastos de Personal y Operación	10.008.399	24,0%
Energía	10.729.240	25,7%
Conservación y mantenimiento	14.069.293	33,7%
Otros gastos Directos + Gastos Indirectos	5.337.750	12,8%

Tabla 16. Costos de Explotación promedio anuales. Precios sombra – Situación Con Proyecto.

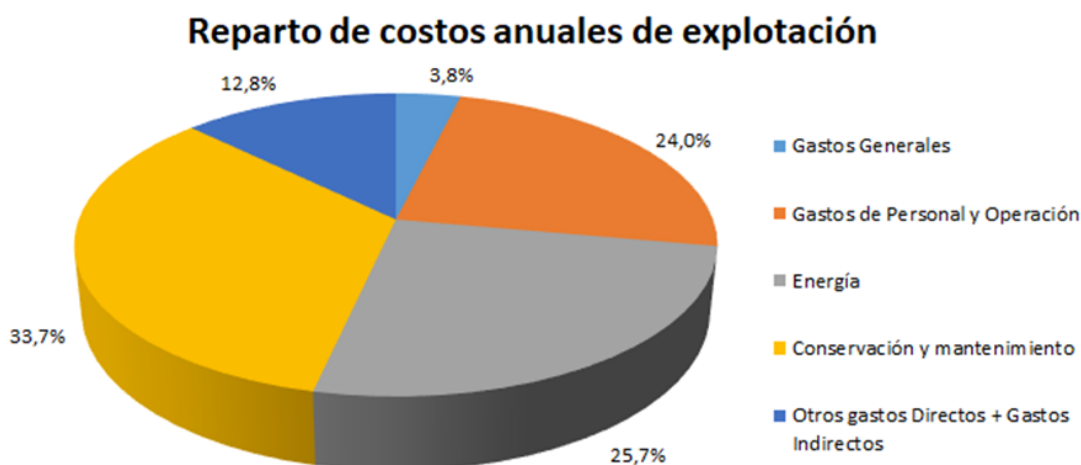


Figura 14. Costos de Explotación promedio anuales. Precios sombra – Situación Con Proyecto.

Tal como se muestra en la figura anterior, los cinco conceptos de este capítulo tienen un peso diferente, destacando la partida de Conservación y mantenimiento, seguida de la de Energía, y la de Personal y Operación. Al igual que en las Inversiones, se considera que estos costos son incrementales respecto a la situación Sin Proyecto.

2.4.5 Beneficios económicos

Los beneficios económicos se exponen clasificados en los tres grupos de beneficiarios: consumidores, productores y sociedad en su conjunto.

Excedente del Consumidor

El excedente del consumidor se calcula a partir de los denominados Costos Generalizados de Viaje (“CGV”). Los CGV incluyen el conjunto de factores por los cuales el consumidor privado puede salir beneficiado en la situación Con Proyecto respecto de la situación Sin Proyecto. Dichos factores son los siguientes:

- Ahorros de tiempo (“AT”) → suponen un beneficio positivo si se produce tal ahorro.
- Tarifas a abonar (“TA”) → suponen un beneficio negativo si las tarifas a abonar en la situación Con Proyecto son mayores que Sin Proyecto. Las tarifas se incluyen por ser una parte de los CGV y de la predisposición al pago de los potenciales usuarios.
- Coste de Operación Vehicular (“COV”) → suponen un beneficio positivo si tales costes son menores en la situación Con Proyecto que Sin Proyecto.

En resumen, $CGT = (+/-) AT (-/+) TA (+/-) COV$. Estos CGV son unitarios, es decir, se calculan generalmente como unidades monetarias (CRC, USD...) por kilómetro. Por tanto, si los CGV en la situación Con Proyecto son menores que los CGV en la situación Sin Proyecto, el proyecto tiene sentido para los usuarios particulares, pues será beneficioso para ellos.

Los ahorros de tiempo se calculan a partir de las distancias recorridas en los diferentes modos de transporte y sus correspondientes velocidades medias de desplazamiento. Con esta información se calcula el tiempo invertido por el usuario de cada modo de transporte y se compara Con y Sin Proyecto. A partir de dicha comparativa, se obtiene el número total de horas ahorradas en cada período y se multiplican por el valor estimado del tiempo (en unidades monetarias por cada hora), generando así el importe (en valor monetario) de los potenciales ahorros de tiempo anuales.

Las hipótesis consideradas para el cálculo de los ahorros de tiempo se muestran en la tabla siguiente:

Hipótesis sobre valor del tiempo (1)	DATOS
Salario Medio en Costa Rica (2019)	469.728
Promedio de horas de trabajo al mes	208,0
Reparto de viajes: trabajo	70%
Reparto de viajes: ocio	30%

Tabla 17. Hipótesis consideradas en los ahorros de tiempo.

Se ha considerado como base el salario medio en Costa Rica 2019 según INEC¹. A efectos conservadores, se ha considerado el promedio general. Cabría considerar que los usuarios del tren serán predominantemente urbanos, en cuyo caso correspondería tomar el promedio de salario urbano, más elevado.

El proceso de análisis y estimación del valor del tiempo se expone a continuación, mostrando en primer lugar la tabla aplicada en dicho proceso:

VALOR DEL TIEMPO	DATOS	EUR	USD	CRC
Salario Medio en Costa Rica (2019)		742	824	469.728
Salario medio ponderado		832	923	526.095
Viaje de trabajo	70%	1.039	1.154	657.619
Viaje de ocio	30%	346	385	219.206
Valor del tiempo (por hora) - Media ponderada (2020)		4,00	4,57	2.529

Tabla 18. Proceso de estimación del valor del tiempo.

¹ Costa Rica: Promedio del ingreso mensual en el empleo principal según características del empleo. 2 trimestre 2019. INEC

La estimación del valor del tiempo se expone en el siguiente proceso:

- En primer lugar, se calcula el salario medio mensual de Costa Rica a partir de los citados datos INEC. Como se indica anteriormente, se considera un enfoque conservador, tomando la media nacional y no la media urbana.
- Seguidamente se calcula el salario medio ponderado teniendo en cuenta los porcentajes de viajes de trabajo (70%)² y de ocio (30%).
- Dichas ponderaciones se aplican sobre los importes de salario medio ponderado de trabajo y de ocio. En ambos casos, se aplica la Metodología ACB de la Comisión Europea de Diciembre de 2014, que considera que el tiempo de trabajo suele representar en torno al 40% del salario medio, mientras que el valor del viaje de trabajo se estima en 3 veces el viaje de ocio.
- Finalmente, dividiendo dicho salario medio ponderado entre el número de horas mensuales, 208, se obtiene el valor promedio de la hora de tiempo.

Las hipótesis consideradas de tarifas unitarias en el tren y en autobús, para los diferentes tramos, se muestran en la tabla siguiente. Las tarifas de autobús se han estimado a partir de la hoja de cálculo de ARESEV denominada "Tarifas_Pliego_Autobus_2019-11-07.xlsx", realizando trayectos equivalentes a los de cada tramo. Cabe destacar que las tarifas unitarias del tren son un promedio ponderado de las tarifas en hora valle y punta, y las tarifas de viaje sencillo y viaje combinado:

TARIFA UNITARIA	Tren (USD/viaje)	Bus (USD/viaje)
Tramo 1	1,25	1,74
Tramo 2	1,25	2,41
Tramo 3	1,25	0,90
Tramos 4 & 5	1,25	0,75
Tramos 1 - 5	5,00	5,80
Promedio Tramos	1,25	1,52

Tabla 19. Hipótesis de tarifas unitarias de tren y de autobús.

Las hipótesis consideradas de peaje unitario en las alternativas viarias a los diferentes tramos se muestran en la tabla siguiente:

² Tal como se expone en el informe de Externalidades de Juan Sauma, "Según el Estudio de Oferta y Demanda de Transportes en la GAM del Proyecto PRUGAM, un 70% de los viajes de los pasajeros es por motivos laborales"

TARIFA UNITARIA Peaje (USD/viaje)

Tramo 1	0,13
Tramo 2	0,13
Tramo 3	0,13
Tramos 4 & 5	0,00
Tramos 1 - 5	0,39
Promedio Tramos	0,12

Tabla 20. Hipótesis de tarifas unitarias de peaje en las vías correspondientes a los tramos.

Como tercer y último componente de los CGVT, están los COV de los particulares, que incluyen los costos que se muestran en la tabla siguiente, como promedio de los diferentes tipos de vehículos livianos. La tabla recoge los ítems previstos en la guía de MIDEPLAN, incluyendo en el Costo de Mantenimiento anual los relativos al costo horario, el lubricante y los repuestos:

COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR (COV) -V. Livianos	Veh. Liviano (USD)	C.O.V. (Livianos)	USD / 100 km
Costo de mantenimiento anual (incluye repuestos y lubricante)	500	Mantenimiento	3,33
Consumo anual de neumáticos	240	Neumáticos	1,60
Depreciación del vehículo	3.125	Depreciación	2,08
Consumo anual de combustible	633	Combustible	4,22
Utilización anual media (km anuales)	15.000	Total	11,24

Tabla 21. Hipótesis de Costes de Explotación de Vehículos (CEV) particulares.

Los valores de la tabla anterior son los precios sociales de los diferentes componentes estimados para el consumo anual de cada uno y teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- **Neumáticos:** se ha considerado un costo de 180 USD por neumático, siendo 4 neumáticos y con una vida en torno a los 45.000 km, lo que supone reemplazarlos cada 3 años.
- **Costo vehículo:** se ha considerado un costo medio de 25.000 USD y una vida útil media de 8 años.
- **Combustible:** se ha considerado una utilización media de 15.000 km anuales con un precio social del litro de combustible de 0,603 USD/litro como media ponderada de los diferentes tipos de combustible (Diesel 50, un 48,8%, Gasolina Plus 91, un

25,1%, y Gasolina Súper, un 26,1%)³ una vez eliminados los impuestos. Se considera una media de 7 litros / 100 km en el período de análisis, en línea de las hipótesis generales de consumo empleados.

Tal como se aprecia en la tabla, los COV unitarios por cada 100 km recorridos son 11,24 USD. Este costo se aplica sobre la distancia recorrida en las vías alternativas a los diferentes tramos, comparando la situación Sin Proyecto, siendo las diferentes distancias y velocidades medias de recorrido las mostradas en las tablas siguientes, que reflejan la mejora de la velocidad media en los diferentes tramos comparando la situación Con Proyecto con la situación Sin Proyecto:

DATOS VEHÍCULO PRIVADO (SIN PROYECTO)	Longitud (km)	Velocidad (km/h)
Tramo 1	29,80	23,00
Tramo 2	20,70	21,50
Tramo 3	26,10	27,00
Tramos 4 & 5	10,20	18,00
Tramos 1 - 5	86,80	23,26
Promedio Tramos	21,70	23,26

DATOS VEHÍCULO PRIVADO (CON PROYECTO)	Longitud (km)	Velocidad (km/h)
Tramo 1	29,80	24,50
Tramo 2	20,70	23,00
Tramo 3	26,10	28,50
Tramos 4 & 5	10,20	19,50
Tramos 1 - 5	86,80	24,76
Promedio Tramos	21,70	24,76

Tabla 22. Hipótesis de longitudes y velocidades medias de vehículos privados.

En relación con lo mostrado en la tabla anterior, hay que destacar la dificultad de disponer de datos precisos sobre las distancias a recorrer por los viajeros del tren desde su punto de origen del viaje hasta el punto de salida del tramo correspondiente más las distancias desde la estación de llegada hasta el punto de destino. No obstante, esta posible distancia adicional podría compensarse parcialmente con la distancia que en el caso de los vehículos particulares podría haber entre el lugar de origen / destino y el de parqueo. Por todo ello, se ha considerado razonable que las distancias a comparar fueran las de los recorridos de

³ Fuente: <https://www.recope.go.cr/productos/precios-nacionales/estructura-de-precios/>

las diferentes líneas de tren frente a la distancia a recorrer en vehículo privado para unir los mismos puntos de origen y destino. Por su parte, las velocidades medias del tren y del vehículo privado se han obtenido a partir del estudio de demanda y de los informes técnicos realizados.

Excedente del Productor

El excedente del Productor se estima a partir de los márgenes operativos de los diferentes operadores que intervienen en el ámbito del Proyecto, comparando su situación Sin Proyecto con su situación Con Proyecto.

Para estimar el margen operativo del tren, se han tomado los datos del estudio financiero del proyecto del TRP, dividiendo los ingresos y gastos operativos medios estimados, respectivamente, entre los vehículos-km recorridos. Para los ratios del autobús, y ante la diversidad de empresas que operan las diferentes líneas, se han utilizado referencias de operadores de autobús similares como es el caso de Bogotá. La tabla siguiente muestra los datos considerados en el análisis:

EXCEDENTE DEL PRODUCTOR	Tren	Autobús
Ingresos operativos (USD / Vehículo-km)	9,100	1,314
Costos operativos (USD / Vehículo-km)	6,092	0,932
Margen operativo (%)	49,4%	40,9%

Tabla 23. Hipótesis de márgenes operativos de los operadores.

En este caso, los márgenes operativos unitarios mostrados se aplican sobre la demanda estimada, medida en vehículos-km / año, y considerando las tarifas medias ponderadas, generando los excedentes de cada uno de los operadores.

A estos efectos, no se considera ninguna variación en tales márgenes comparando la situación Sin Proyecto y Con Proyecto, por lo que la variación en los correspondientes excedentes del operador en el análisis realizado depende de la variación de la demanda en ambos escenarios. En los operadores en los que aumente la demanda y tengan margen operativo positivo, aumentará su excedente; por el contrario, en los que se reduzca la demanda, como es el caso de los autobuses, o que presenten margen operativo negativo, como es el caso del tren, se reducirá su excedente.

A estos efectos, se han considerado criterios de prudencia en el caso de los Operadores de Autobuses, para lo que no se han tenido en cuenta potenciales mejoras en su operativa que se derivarían de la reorganización de líneas y optimización de su oferta, lo que se traduciría en mejoras en los márgenes operativos. Tampoco se han tenido en cuenta, por las mismas razones, potenciales mejoras en la operativa – y márgenes operativos – del tren resultantes de la integración tarifaria y reorganización de rutas de autobús.

Externalidades

Las externalidades se han clasificado en tres grupos:

- Reducción de la accidentalidad

Se utilizan diversos parámetros para convertir la potencial reducción de la accidentalidad debido al cambio modal en beneficios económicos. Así, se tienen en cuenta en primer lugar los ratios de accidentalidad por tipo de vehículo, diferenciando entre los accidentes por daños materiales, los heridos y los muertos. Tales ratios, obtenidos de referencias de proyectos similares (Guatemala, Bogotá) se muestran en la tabla siguiente:

TASA DE ACCIDENTALIDAD	Veh. Privado	Autobús	Tren
Tasa de accidentalidad por 100 millones vehículos-km	23,98	37,78	20,00
Tasa de heridos por 100 millones vehículos-km	6,70	6,38	4,00
Tasa de fallecidos por 100 millones vehículos-km	0,57	0,41	0,15

Tabla 24. Hipótesis de ratios de accidentalidad por tipo de vehículo.

Una vez aplicados tales ratios sobre el tráfico proyectado, se aplican los ratios económicos de valores estimados de cada tipo de accidente, según se expone a continuación. Estos valores se han obtenido a partir de los ratios medios de la Guía de ACB de la Comisión Europea de Diciembre de 2014, actualizados con la tasa de crecimiento anual del PIB per capita en términos reales hasta 2025:

ACCIDENTES - COSTO MEDIO (2019)	USD	CRC
Costo por accidente (unidades monetarias / accidente)	23.751	13.537.920
Costo por herido (unidades monetarias / herido)	114.355	65.182.578
Costo por fallecido (unidades monetarias / fallecido)	703.726	401.123.555

Tabla 25. Hipótesis de costos de accidentalidad por tipo de accidente.

Aparte de las hipótesis mostradas, y para realizar un contraste de los resultados generados con las mismas, se han tenido en cuenta unos ratios de coste de accidentalidad medios por km recorrido por los diferentes modos de transporte, que se muestran en la tabla siguiente. Estos ratios se han calculado a partir de datos de SNC Lavalin y de la metodología de la Comisión europea sobre costes externos del transporte de 2014, y adaptados al PIB per capital de Costa Rica en comparación al PIB medio de la Unión Europea:

COSTO MEDIO DE ACCIDENTE POR MODOS	Veh. Propio	Autobús	Tren
Costo unitario (USD por 1.000 pax / km)	1,50	0,20	1,00

Tabla 26. Hipótesis de costos de accidentalidad por km recorrido.

Como resultado de lo anterior, se obtiene un importe anual de coste de la accidentalidad en ambos escenarios (Sin Proyecto y Con Proyecto) y su diferencia resultará en un beneficio positivo o negativo en función de las variaciones de la demanda por el cambio modal hacia modos de transporte con menor siniestralidad, como es el caso del tren.

- Reducción de la contaminación ambiental y acústica

En este caso, también se utilizan diversos parámetros para convertir la potencial reducción de la contaminación ambiental en beneficios económicos, tanto de contaminación acústica (ruido) como de contaminación ambiental (polución y Gases de Efecto Invernadero). Así, se tienen en cuenta una serie de ratios por pasajeros/km según el modo de transporte, tal como se muestran en la tabla siguiente. Estos ratios internacionales se han calculado a partir de datos de SNC Lavalin y de la metodología de la Comisión europea sobre costes externos del transporte de 2014:

EXTERNALIDADES (RUIDO Y CONTAMINANTES)	Veh. Propio	Autobús	Tren
Ruido - Costo unitario (USD por 1.000 pax / km)	1,30	0,70	0,30
Polución - Costo unitario (USD por 1.000 pax / km)	22,70	16,30	6,10
G.E.I. - Costo unitario (USD por 1.000 pax / km)	24,10	6,80	5,10

Tabla 27. Hipótesis de ratios de costo de la contaminación ambiental y acústica.

Además de los citados ratios, se han tenido en cuenta las siguientes hipótesis específicas de la contaminación ambiental⁴:

COSTE DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	USD	CRC
Costo del Carbono (USD / Ton. CO2)	27,00	15.390
Costo de NOx (USD / Ton. NOx)	248,92	141.882
Costo de Partículas (USD / Ton. PM10)	1.213	691.410

Tabla 28. Hipótesis de costo de componentes de la contaminación ambiental.

EMISIONES Y CONSUMO COMBUSTIBLE (POR KM)	Vehículo Privado	Autobús
Emisiones 1 (gramos CO2 / km) Gasolina	178,5	887,4
Emisiones 1 (gramos CO2 / km) Diesel	162,5	887,4
Emisiones 1 (gramos CO2 / km) Media ponderada	170,7	887,4
Emisiones 2 (gramos NOx / km) Gasolina	0,15	0,78
Emisiones 2 (gramos NOx / km) Diesel	0,50	0,78
Emisiones 2 (gramos NOx / km) Media ponderada	0,321	0,780
Emisiones 3 (gramos PM10 / km) Gasolina	0,000	0,100
Emisiones 3 (gramos PM10 / km) Diésel	0,050	0,100
Emisiones 3 (gramos PM10 / km) Media ponderada	0,024	0,100
Consumo combustible (litros / 100 km)	7,0	34,0

Tabla 29. Hipótesis de emisiones de contaminación ambiental.

Como resultado de lo anterior, se obtiene un importe anual de costo de la polución ambiental y contaminación acústica en ambos escenarios (Sin Proyecto y Con Proyecto) y su diferencia resultará en un beneficio positivo o negativo en función de las variaciones de la

⁴ Fuentes: C&M; Duarte, Güterman & Cía. Tabla 17-2

Para el PM10: "Evaluación de Externalidades por Fuentes Fijas en Costa Rica"; CubaEnergía 2004

Para la tabla de Emisiones y Consumos, media prevista según política Euro-4; se ha considerado que en la actualidad Costa Rica cumple en general Euro-2, y como standard medio durante la vida del proyecto Euro-4

demanda por el cambio modal hacia modos de transporte con menores emisiones, como es el caso del tren.

2.4.6 Factores de corrección social

Los factores de corrección social permiten convertir los precios de mercado en precios económicos o precios sombra, con el fin de aplicarlos a los costes del ACB.

Para ello, se han considerado los factores de corrección social que se obtienen de la metodología de MIDEPLAN y la tabla de bienes transables y no transables. En la tabla siguiente se muestran los factores de corrección social considerados, agrupados por capítulos a partir de los valores obtenidos de los códigos correspondientes de la tabla de bienes transables y no transables:

FACTORES DE CONVERSIÓN SOCIAL	DATO	OBSERVACIONES
Inversiones		
Expropiaciones y Derecho de vía	1,000	
Obra civil	1,000	NP124: Construcción de proyectos de servicio público y otras obras de ingeniería civil
Edificación	1,000	NP122: Edificaciones no residenciales
Instalaciones	0,905	Promedio NP101 (Motores, transformadores eléctricos...) y NP106 (Maquinaria uso gener
Equipamiento	0,905	Promedio NP101 (Motores, transformadores eléctricos...) y NP106 (Maquinaria uso gener
Material rodante	0,792	NP117: Vehículos automotores, carrocerías, remolques y semirremolques
Ingeniería y supervisión	1,000	NP158: Servicios de arquitectura, ingeniería y conexos
Otros costos iniciales	0,939	Factor Estándar de Conversión
Valor Residual	0,800	Vida útil al final del contrato. Factor aplicado sobre el valor de las inversiones
Operación y Mantenimiento		
Gastos de operación (Mano de Obra)	0,957	Media ponderada de Mano de obra calificada alta, media y baja
Gastos de operación (Generales)	1,060	NP170: Servicios administrativos y de apoyo de oficina y otras actividades de apoyo a las e
Conservación ordinaria	0,888	Promedio NP125 (Servicios especializados de la construcción) y NP127 (Mantenimiento ve
Energía	0,943	Energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado
Otros Gastos Directos + Costes Indirecto	0,939	Factor Estándar de Conversión
Conservación extraordinaria y Reposición	0,888	Promedio NP125 (Servicios especializados de la construcción) y NP127 (Mantenimiento ve

Tabla 30. Factores de corrección social.

Dichos factores de corrección se han aplicado sobre los diferentes capítulos de costos de inversión y de los gastos de explotación para generar los importes de CAPEX y de OPEX en precios sombra.

2.5 Análisis económico del proyecto

2.5.1 Flujos económicos proyectados

Como resultado de las hipótesis y datos considerados en el análisis económico expuesto, se generan los flujos económicos proyectados durante el período de análisis.

Estos flujos económicos tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Tanto los beneficios como los costos se estiman en valores económicos o precios sombra, resultantes de aplicar los factores de conversión a los precios de mercado correspondientes.
- Los flujos de cada año se estiman en unidades monetarias constantes; es decir, sin considerar la inflación.
- Cada año se calcula el flujo económico neto como resultado de la agregación de los importes de los beneficios y costes de dicho año.
- Los importes anuales estimados para cada concepto se generan a partir de la diferencia entre el importe en la situación Con Proyecto y el de la situación Sin Proyecto.

En las páginas siguientes se muestran las tablas de los flujos económicos proyectados para el período de análisis completo. Se recogen como base los flujos correspondientes al escenario de mayor CAPEX de los analizados en el documento financiero, asociados a un mayor número de pasos desnivelados. Se considera este escenario como base de análisis.

FLUJOS INCREMENTALES (Sin Proyecto - Con Proyecto)	Descontados USD	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Ahorros de Tiempo	3.354.097.932	0	0	0	0	0	206.715.827	421.731.843	430.056.125	438.406.345	446.784.445	452.273.734	458.475.365
Ahorros de Costos de Operación Vehicular ("COV")	519.879.782	0	0	0	0	0	34.236.499	69.000.299	69.505.116	69.988.439	70.451.225	70.894.389	71.586.630
Ahorro de Tarifas	-4.103.321	0	0	0	0	0	-399.639	-687.177	-578.975	-474.583	-373.903	-276.835	-319.030
Excedente del Consumidor	3.869.874.394	0	0	0	0	0	240.552.688	490.044.965	498.982.266	507.920.201	516.861.767	522.891.288	529.742.965
Operador Autobús	-119.302.797	0	0	0	0	0	-7.835.406	-15.852.465	-16.027.190	-16.195.217	-16.356.775	-16.512.092	-16.616.379
Operador FF.CC.	145.666.222	0	0	0	0	0	5.382.462	21.207.429	21.155.007	21.104.715	21.056.467	21.010.181	20.990.654
Otros Operadores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Excedente del Productor	26.363.425	0	0	0	0	0	-2.452.944	5.354.964	5.127.816	4.909.498	4.699.693	4.498.089	4.374.275
Reducción de accidentes	53.494.691	0	0	0	0	0	3.525.639	7.104.882	7.156.198	7.205.329	7.252.370	7.297.415	7.370.051
Reducción de contaminación ambiental	311.773.915	0	0	0	0	0	20.582.751	41.469.448	41.760.411	42.038.963	42.305.659	42.561.030	43.000.431
Reducción de contaminación acústica	6.039.375	0	0	0	0	0	763.874	770.342	776.541	782.484	788.181	793.642	800.845
Externalidades	371.307.981	0	0	0	0	0	24.872.264	49.344.671	49.693.150	50.026.776	50.346.210	50.652.087	51.171.326
Valor Residual de las Obras	70.220.288	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BENEFICIOS INCREMENTALES TOTALES (USD)	4.337.766.088	0	0	0	0	0	262.972.007	544.744.600	553.803.233	562.856.475	571.907.670	578.041.465	585.288.566
Inversiones iniciales	-1.013.013.260	-4.924.141	-114.046.985	-341.497.206	-413.302.497	-408.501.866	-109.921.863	0	0	0	0	0	0
Costos de operación	-160.800.337	0	0	0	0	0	-11.349.606	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213
Costos de mantenimiento	-101.300.197	0	0	0	0	0	-7.149.969	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937
Otros costos directos + Costos indirectos	-38.432.289	0	0	0	0	0	-2.712.627	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254
Conservación extraordinaria y reposiciones	-22.332.623	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COSTOS TOTALES (USD)	-1.335.878.706	-4.924.141	-114.046.985	-341.497.206	-413.302.497	-408.501.866	-131.134.065	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404
RESULTADOS NETOS (USD)	3.001.887.382	-4.924.141	-114.046.985	-341.497.206	-413.302.497	-408.501.866	131.837.942	502.320.196	511.378.829	520.432.071	529.483.266	535.617.061	542.864.163

Tabla 31. Flujos económicos proyectados (1/3).

FLUJOS INCREMENTALES (Sin Proyecto - Con Proyecto)	Descontados USD	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
Ahorros de Tiempo	3.354.097.932	464.601.896	470.655.299	476.777.789	482.824.382	490.042.842	497.143.385	504.125.671	510.988.215	514.410.521	516.836.506	519.127.462	521.284.698
Ahorros de Costos de Operación Vehicular ("COV")	519.879.782	72.251.070	72.888.476	73.528.866	74.142.019	74.543.672	74.927.166	75.292.735	75.640.503	75.970.606	76.627.394	77.247.642	77.831.703
Ahorro de Tarifas	-4.103.321	-359.853	-399.305	-439.222	-477.700	-465.385	-453.697	-442.616	-432.129	-422.223	-566.995	-703.718	-832.468
Excedente del Consumidor	3.869.874.394	536.493.113	543.144.471	549.867.432	556.488.702	564.121.129	571.616.855	578.975.791	586.196.590	589.958.904	592.896.904	595.671.386	598.283.932
Operador Autobús	-119.302.797	-16.716.143	-16.811.547	-16.907.105	-16.998.331	-17.111.882	-17.220.224	-17.323.434	-17.421.559	-17.514.647	-17.562.516	-17.607.717	-17.650.275
Operador FF.CC.	145.666.222	20.971.928	20.953.979	20.935.961	20.918.723	20.915.428	20.912.282	20.909.285	20.906.434	20.903.729	20.929.680	20.954.186	20.977.262
Otros Operadores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Excedente del Productor	26.363.425	4.255.785	4.142.432	4.028.855	3.920.391	3.803.545	3.692.058	3.585.851	3.484.875	3.389.083	3.367.163	3.346.469	3.326.987
Reducción de accidentes	53.494.691	7.439.769	7.506.649	7.573.841	7.638.174	7.673.604	7.707.434	7.739.683	7.770.364	7.799.488	7.868.558	7.933.787	7.995.209
Reducción de contaminación ambiental	311.773.915	43.422.162	43.826.715	44.233.142	44.622.267	44.758.659	44.888.913	45.013.104	45.131.270	45.243.454	45.663.786	46.060.734	46.434.521
Reducción de contaminación acústica	6.039.375	807.755	814.382	821.037	827.406	832.094	836.570	840.835	844.893	848.744	855.088	861.079	866.721
Externalidades	371.307.981	51.669.686	52.147.745	52.628.019	53.087.846	53.264.357	53.432.916	53.593.623	53.746.527	53.891.685	54.387.433	54.855.600	55.296.451
Valor Residual de las Obras	70.220.288	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BENEFICIOS INCREMENTALES TOTALES (USD)	4.337.766.088	592.418.583	599.434.648	606.524.307	613.496.939	621.189.031	628.741.829	636.155.264	643.427.992	647.239.672	650.651.500	653.873.455	656.907.370
Inversiones iniciales	-1.013.013.260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos de operación	-160.800.337	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213
Costos de mantenimiento	-101.300.197	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937
Otros costos directos + Costos indirectos	-38.432.289	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254
Conservación extraordinaria y reposiciones	-22.332.623	0	0	0	0	0	0	0	-47.936.766	-35.575.758	0	0	0
COSTOS TOTALES (USD)	-1.335.878.706	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404	-90.361.170	-78.000.162	-42.424.404	-42.424.404
RESULTADOS NETOS (USD)	3.001.887.382	549.994.180	557.010.245	564.099.903	571.072.536	578.764.627	586.317.426	593.730.861	593.066.823	569.239.511	608.227.097	611.449.051	614.482.966

Tabla 32. Flujos económicos proyectados (2/3).

FLUJOS INCREMENTALES (Sin Proyecto - Con Proyecto)	Descontados USD	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056
Ahorros de Tiempo	3.354.097.932	523.309.506	525.203.078	526.973.338	528.616.034	530.133.679	531.529.127	532.805.851	533.429.092	534.028.059	534.603.760	535.157.145	535.689.108
Ahorros de Costos de Operación Vehicular ("COV")	519.879.782	78.379.922	78.892.620	79.309.927	79.697.146	80.054.873	80.383.786	80.684.704	80.884.574	81.076.544	81.260.953	81.438.116	81.608.332
Ahorro de Tarifas	-4.103.321	-953.321	-1.066.346	-1.058.934	-1.052.049	-1.045.682	-1.039.823	-1.034.457	-1.082.612	-1.128.836	-1.173.214	-1.215.825	-1.256.744
Excedente del Consumidor	3.869.874.394	600.736.107	603.029.352	605.224.330	607.261.131	609.142.870	610.873.090	612.456.098	613.231.054	613.975.767	614.691.498	615.379.436	616.040.696
Operador Autobús	-119.302.797	-17.690.218	-17.727.568	-17.821.995	-17.909.621	-17.990.580	-18.065.023	-18.133.135	-18.144.393	-18.155.242	-18.165.696	-18.175.769	-18.185.476
Operador FF.CC.	145.666.222	20.998.922	21.019.177	21.003.933	20.989.787	20.976.718	20.964.701	20.953.707	20.962.460	20.970.872	20.978.954	20.986.722	20.994.189
Otros Operadores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Excedente del Productor	26.363.425	3.308.704	3.291.609	3.181.938	3.080.166	2.986.138	2.899.678	2.820.571	2.818.067	2.815.630	2.813.259	2.810.953	2.808.713
Reducción de accidentes	53.494.691	8.052.862	8.106.780	8.150.925	8.191.887	8.229.730	8.264.524	8.296.357	8.319.415	8.341.562	8.362.839	8.383.280	8.402.920
Reducción de contaminación ambiental	311.773.915	46.785.370	47.113.486	47.384.900	47.636.745	47.869.409	48.083.333	48.279.050	48.443.151	48.600.784	48.752.223	48.897.726	49.037.537
Reducción de contaminación acústica	6.039.375	872.016	876.968	881.613	885.924	889.906	893.567	896.917	898.815	900.640	902.392	904.076	905.695
Externalidades	371.307.981	55.710.249	56.097.234	56.417.438	56.714.556	56.989.044	57.241.424	57.472.323	57.661.381	57.842.986	58.017.454	58.185.082	58.346.152
Valor Residual de las Obras	70.220.288	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.243.170.270
BENEFICIOS INCREMENTALES TOTALES (USD)	4.337.766.088	659.755.060	662.418.195	664.823.706	667.055.852	669.118.052	671.014.191	672.748.992	673.710.503	674.634.383	675.522.210	676.375.471	1.920.365.831
Inversiones iniciales	-1.013.013.260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos de operación	-160.800.337	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213	-22.699.213
Costos de mantenimiento	-101.300.197	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937	-14.299.937
Otros costos directos + Costos indirectos	-38.432.289	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254	-5.425.254
Conservación extraordinaria y reposiciones	-22.332.623	-3.373.259	-990.548	0	0	0	-2.669.488	-2.351.165	0	0	0	-47.936.766	-35.575.758
COSTOS TOTALES (USD)	-1.335.878.706	-45.797.663	-43.414.952	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404	-45.093.892	-44.775.569	-42.424.404	-42.424.404	-42.424.404	-90.361.170	-78.000.162
RESULTADOS NETOS (USD)	3.001.887.382	613.957.397	619.003.243	622.399.302	624.631.449	626.693.648	625.920.299	627.973.424	631.286.099	632.209.979	633.097.807	586.014.301	1.842.365.669

Tabla 33. Flujos económicos proyectados (3/3).



2.5.2 Resultados generados (Escenario Base-CAPEX asociado al mayor número de pasos desnivelados)

Los resultados generados por el análisis económico se han realizado para el Escenario Base, que es el escenario que contempla las hipótesis con una mayor probabilidad de ocurrencia. En este escenario se han incluido mayores previsiones de pasos desnivelados que las consideradas en los primeros análisis técnicos realizados.

En primer lugar, se muestran los resultados socio-económicos del total del período analizado: los ahorros de tiempo, en horas; la reducción de accidentes entre los modos de transporte alternativos al tren, y la reducción de emisiones en sus tres principales componentes de contaminación ambiental:

RESULTADOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO		
Ahorros de tiempo (horas)	3.458 mill. horas	115 mill. / año
Reducción de Accidentes (período completo)	Veh. Privado	Autobús
Accidentes	3.589	-330
Heridos	1.002	-56
Muertos	85	-4
Reducción de Emisiones	Todo el período	Por año
Nx (Toneladas)	4.120	137,3
CO2 (Millones de Toneladas)	1,8	0,1
PM10 (Toneladas)	278	9,3

Tabla 34. Resultados económicos del Proyecto. Escenario Base (CAPEX ampliado).

Tal como se expone en la explicación metodológica, los tres resultados a analizar son los mostrados en la tabla siguiente:

RESULTADOS ANÁLISIS ECONÓMICO		TODAS LÍNEAS
TIR-E	(Tasa Interna de Retorno)	26,1%
VAN-E	(Valor Actual Neto) Millones USD	3.001,89
Ratio B/C	(Ratio Beneficios / Costos)	3,25

Tabla 35. Resultados económicos del Proyecto. Escenario Base (CAPEX ampliado).

Además, se han estimado los Costos Generalizados de Viaje resultantes, mostrando una reducción de los mismos que se traduce en el excedente del consumidor positivo:

COSTOS GENERALIZADOS DE VIAJE ("CGV")	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
CGV promedio (USD / viaje)		
Vehículo privado	7,79	7,41
Autobús	13,49	12,96
Tren	5,14	5,27

Tabla 36. Comparativa de Costos Generalizados de Viaje.

Por otro lado, se han estimado una serie de indicadores de Relación Costo / Efectividad, tal como se muestran a continuación:

Indicadores de Relación Costo / Efectividad (USD):	R C/E
Ahorro de tiempo (total de horas)	0,39
Ahorro de C.O.V.	0,58
Ahorro de costos de accidentes	673,35
Usuarios beneficiados	0,81

Tabla 37. Indicadores de Relación Costo/Efectividad. Escenario Base.

Finalmente, en la tabla siguiente se muestra el reparto de los beneficios y costos generados en cada uno de los capítulos y su contribución a la rentabilidad económica:

FLUJOS INCREMENTALES (Con Proyecto - Sin Proyecto)		USD Descontados	TODAS LÍNEAS
	Ahorros de Tiempo		3.354.097.932
	Ahorros de Costos de Operación Vehicular ("COV")		519.879.782
	Ahorro de Tarifas		-4.103.321
(B1)	Excedente del Consumidor		3.869.874.394
	Operador Autobús		-119.302.797
	Operador FF.CC.		145.666.222
	Otros Operadores		0
(B2)	Excedente del Productor		26.363.425
	Reducción de accidentes		53.494.691
	Reducción de contaminación ambiental		311.773.915
	Reducción de contaminación acústica		6.039.375
(B3)	Externalidades		371.307.981
(B4)	Valor Residual de las Obras		70.220.288
(B)=(B1)+...+(B4)	BENEFICIOS INCREMENTALES TOTALES (USD)		4.337.766.088
(C1)	Inversiones iniciales		-1.013.013.260
(C2)	Costos de operación		-160.800.337
(C3)	Costos de mantenimiento		-101.300.197
(C4)	Otros costos directos + Costos indirectos		-38.432.289
(C5)	Conservación extraordinaria y reposiciones		-22.332.623
(C)=(C1)+...+(C5)	COSTOS TOTALES (USD)		-1.335.878.706
R.N. = (B) - (C)	RESULTADOS NETOS (USD)		3.001.887.382

Tabla 38. Reparto de los beneficios y costes generados en USD descontados. Escenario Base.

A partir de la tabla de resultados económicos mostrados, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los tres parámetros de medición de la viabilidad económica muestran unos resultados favorables, que reflejan un Proyecto viable y con rentabilidad económica.
- Entre los capítulos con mayor contribución al E-VAN, destaca el Excedente del Consumidor, principalmente por los ahorros de tiempo sustanciales aplicados sobre una elevada demanda, seguido de los ahorros en los COV por el intercambio modal esperado.
- El Excedente del Productor supone una partida de beneficios negativos teniendo en cuenta que los márgenes operativos del tren son positivos y hay un aumento de los

usuarios. En el caso del autobús son positivos pero les afecta la reducción de usuarios por el cambio modal. Tal como se ha detallado en el informe, se han tenido en cuenta criterios de prudencia en este aspecto y, por tanto, no se han considerado los potenciales beneficios que se generarían para los operadores de autobuses con las mejoras de eficiencia derivadas de la optimización de rutas.

- Dentro de las Externalidades, la reducción de la contaminación destaca sobre las otras, teniendo también resultados positivos la reducción de accidentes y la de la contaminación acústica, pero en menor medida que las otras partidas. Sobre todas ellas, destacan los impactos derivados sobre la producción, que reflejan el efecto multiplicador que tienen los excedentes del consumidor sobre los beneficios económicos.

2.5.3 Resultados generados (Escenario alternativo-menor CAPEX asociado a un menor número de pasos desnivelados)

Se ha tenido en cuenta un escenario adicional que considera un menor importe de CAPEX por la existencia de menos pasos elevados a realizar, correspondiente con el que se consideró inicialmente en el análisis técnico. Este escenario contempla una ligera modificación en el reparto del calendario de ejecución y una variación significativa a la baja en el CAPEX, tal como se muestra en las tablas siguientes:

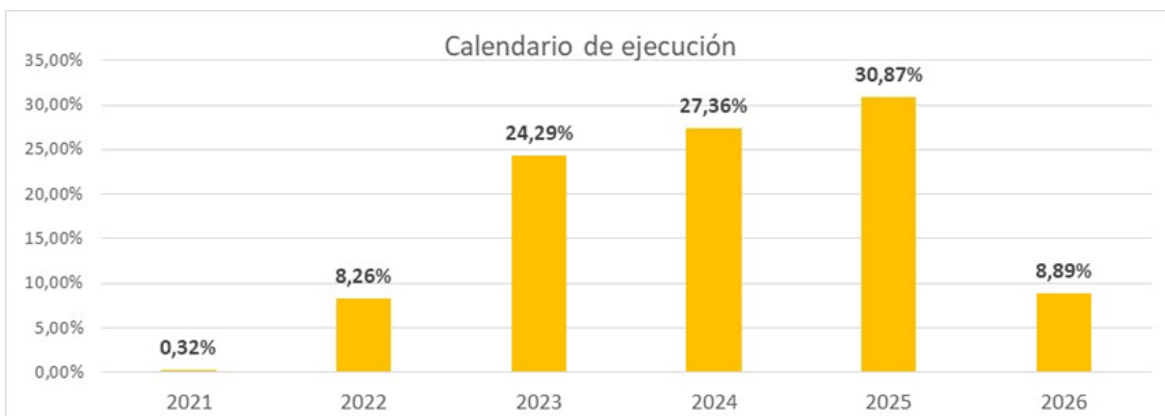


Tabla 39. Calendario de ejecución Esc. menor CAPEX.

A continuación se muestran las tablas con los importes detallados de los diferentes conceptos de inversión, tanto en precios de mercado como en precios sombra una vez aplicados los factores de corrección social:

CAPEX CON PROYECTO (USD, Precios de mercado)	TOTAL	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Infraestructura (Trab.prelim.+Estruct.+Drenaje+Serv.Afect.)	146.534.973	0	12.035.051	54.930.992	55.560.628	23.745.006	263.296
Plataforma y superestructura	178.260.169	0	0	35.092.951	73.909.754	69.257.463	0
Estaciones, parqueaderos, talleres y edificios admin.	103.889.347	0	5.839.474	31.029.139	37.391.077	26.937.700	2.691.955
Instalaciones (Electrificación + Sistemas)	197.908.309	0	0	19.125.375	75.307.163	99.212.074	4.263.698
Integración urbana + Rehabilitación Patrim. histórico	37.258.000	0	0	0	13.872.800	19.357.018	4.028.182
Material rodante	452.400.000	0	51.040.000	116.000.000	51.040.000	122.960.000	111.360.000
Diseño e implementación + Seg.y Sal. + C.Calidad + G.Res.	98.334.386	3.937.182	15.515.640	24.006.939	26.041.835	22.160.057	6.672.733
Predios	66.131.959	0	25.461.946	32.479.260	0	8.190.753	0
Otros costes	91.548.514	0	2.821.751	20.070.132	34.126.354	31.604.478	2.925.799
Total	1.372.265.657	3.937.182	112.713.862	332.734.788	367.249.611	423.424.550	132.205.663

Tabla 40. Presupuesto de ejecución a precios de mercado – Situación Con Proyecto Esc. menor CAPEX.

CAPEX CON PROYECTO (USD, Precios sombra)	TOTAL	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Infraestructura (Trab.prelim.+Estruct.+Drenaje+Serv.Afect.)	132.300.848	0	10.865.990	49.595.101	50.163.575	21.438.462	237.720
Plataforma y superestructura	160.944.318	0	0	31.684.090	66.730.303	62.529.926	0
Estaciones, parqueaderos, talleres y edificios admin.	103.889.347	0	5.839.474	31.029.139	37.391.077	26.937.700	2.691.955
Instalaciones (Electrificación + Sistemas)	179.008.065	0	0	17.298.901	68.115.329	89.737.321	3.856.515
Integración urbana + Rehabilitación Patrim. histórico	37.258.000	0	0	0	13.872.800	19.357.018	4.028.182
Material rodante	358.484.687	0	40.444.426	91.919.150	40.444.426	97.434.300	88.242.384
Diseño e implementación + Seg.y Sal. + C.Calidad + G.Res.	98.334.386	3.937.182	15.515.640	24.006.939	26.041.835	22.160.057	6.672.733
Predios	66.131.959	0	25.461.946	32.479.260	0	8.190.753	0
Otros costes	82.655.667	0	2.547.651	18.120.558	30.811.386	28.534.480	2.641.593
Total	1.219.007.277	3.937.182	100.675.127	296.133.138	333.570.731	376.320.016	108.371.082

Tabla 41. Presupuesto de ejecución en valores económicos – Situación Con Proyecto Esc. menor CAPEX.

Los resultados generados por el análisis económico realizado para este Escenario son los mostrados en las tablas siguientes:

RESULTADOS ANÁLISIS ECONÓMICO		TODAS LÍNEAS
TIR-E	(Tasa Interna de Retorno)	28,9%
VAN-E	(Valor Actual Neto) Millones USD	3.122,01
Ratio B/C	(Ratio Beneficios / Costos)	3,59

Tabla 42. Resultados económicos del Proyecto. Escenario de menor CAPEX.

Indicadores de Relación Costo / Efectividad (USD):	R C/E
Ahorro de tiempo (total de horas)	0,35
Ahorro de C.O.V.	0,52
Ahorro de costos de accidentes	608,66
Usuarios beneficiados	0,73

Tabla 43. Indicadores de Relación Costo / Efectividad. Escenario de menor CAPEX.

Finalmente, en la tabla siguiente se muestra el reparto de los beneficios y costos generados en cada uno de los capítulos y su contribución a la rentabilidad económica:

FLUJOS INCREMENTALES (Con Proyecto - Sin Proyecto)		USD Descontados	TODAS LÍNEAS
	Ahorros de Tiempo		3.354.097.932
	Ahorros de Costos de Operación Vehicular ("COV")		519.879.782
	Ahorro de Tarifas		-4.103.321
(B1)	Excedente del Consumidor		3.869.874.394
	Operador Autobús		-119.302.797
	Operador FF.CC.		145.666.113
	Otros Operadores		0
(B2)	Excedente del Productor		26.363.316
	Reducción de accidentes		53.494.691
	Reducción de contaminación ambiental		311.773.915
	Reducción de contaminación acústica		6.039.375
(B3)	Externalidades		371.307.981
(B4)	Valor Residual de las Obras		62.009.777
(B)=(B1)+...+(B4)	BENEFICIOS INCREMENTALES TOTALES (USD)		4.329.555.468
(C1)	Inversiones iniciales		-884.511.689
(C2)	Costos de operación		-160.800.409
(C3)	Costos de mantenimiento		-101.300.197
(C4)	Otros costos directos + Costos indirectos		-38.432.289
(C5)	Conservación extraordinaria y reposiciones		-22.501.058
(C)=(C1)+...+(C5)	COSTOS TOTALES (USD)		-1.207.545.641
R.N. = (B) - (C)	RESULTADOS NETOS (USD)		3.122.009.827

Tabla 44. Reparto de los beneficios y costes generados en USD descontados. Escenario de menor CAPEX.