**ANÁLISIS DE ASPECTOS TÉCNICOS PARA EL PROYECTO DE LA LÍNEA 2 Y 4 DEL METRO DE LIMA**

**REPORTE DE EVALUACIÓN ECONÓMICA**

**CONTRATO BID**

**ING. LEONARDO VASQUEZ SAMACA**

**Agosto de 2014**

**TABLA DE CONTENIDO**

[INTRODUCCIÓN 5](#_Toc396070983)

[1 SUPUESTOS Y METODOLOGÍA 7](#_Toc396070984)

[1.1 Beneficios por ahorros en tiempo 7](#_Toc396070985)

[1.2 Beneficios por ahorros en costos de operación vehicular 9](#_Toc396070986)

[1.3 Beneficios por disminución de accidentes 13](#_Toc396070987)

[1.4 Beneficios por disminución de contaminación 15](#_Toc396070988)

[1.5 Beneficios por incremento de precios de los predios 17](#_Toc396070989)

[2 BENEFICIOS ECONÓMICOS 20](#_Toc396070990)

[3 COSTOS ECONÓMICOS 23](#_Toc396070991)

[4 RETORNO ECONÓMICO 26](#_Toc396070992)

[4.1 Condición Estudio Base 26](#_Toc396070993)

[4.2 Escenario Demanda Línea Metro – Base Alternativa 5 27](#_Toc396070994)

[5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (riesgo) 29](#_Toc396070995)

[6 CONCLUSIONES 32](#_Toc396070996)

**LISTA DE TABLAS**

[Tabla 1. Estimación de tiempo (miles de horas anuales) 8](#_Toc396071055)

[**Tabla 2. Ahorro de Tiempo (miles de US$)** 8](#_Toc396071056)

[Tabla 3. Situación “Sin Proyecto Optimizado” 2018: Total de Transporte Público (Veh km día) 10](#_Toc396071057)

[Tabla 4. Situación “Con Proyecto” 2018: Total de Transporte Público (Veh km día) 10](#_Toc396071058)

[Tabla 5. Ahorro de COV 2018 11](#_Toc396071059)

[Tabla 6. Situación “Sin Proyecto Optimizado” 2020: Total de Transporte Público (Veh km día) 11](#_Toc396071060)

[Tabla 7. Situación “Con Proyecto” 2020: Total de Transporte Público (Veh km día) 12](#_Toc396071061)

[Tabla 8. Ahorro de COV 2020 12](#_Toc396071062)

[Tabla 9. Costos Sociales Unitarios Asociados a Lesionados 13](#_Toc396071063)

[Tabla 10. Costo medio social por daño a vehículos por tipo de accidente 2 13](#_Toc396071064)

[Tabla 11. Número de personas involucradas en los accidentes por tipo de lesión– 2006 14](#_Toc396071065)

[Tabla 12. Costos de personas accidentadas según distrito - 2006 (Miles US$) 14](#_Toc396071066)

[Tabla 13. Beneficios por reducción de accidentalidad (Miles de US$) 15](#_Toc396071067)

[Tabla 14. Beneficios por disminución de la contaminación ambiental (Miles de US$) 16](#_Toc396071068)

[Tabla 15. Efecto en el precio de los predios según distancia al metro 18](#_Toc396071069)

[Tabla 16. Estimación de beneficios por incremento de los precios de predios (Miles de US$) 19](#_Toc396071070)

[**Tabla 17. Beneficios Económicos – Evaluación Social Línea 2 y Tramo Línea 4 Metro de Lima** 20](#_Toc396071071)

[**Tabla 18. Valor Ahorro en Tiempo – Escenarios de Demanda solo Línea Metro** 22](#_Toc396071072)

[**Tabla 19. Oferta Económica Concesionario “Linea 2 y Ramal Av. Faucett – Av Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”. Base para cálculo de costos Financieros** 23](#_Toc396071073)

[**Tabla 20. Costos Económicos Línea 2 y Tramo 4** 24](#_Toc396071074)

[Tabla 21. Flujo Evaluación Social y Cálculo Retorno Económico – Condición Estudio Base - Beneficios en ahorros en tiempo para total Ciudad 27](#_Toc396071075)

[Tabla 21. Flujo Evaluación Social y Cálculo Retorno Económico – Condición Estudio Base - Beneficios en ahorros en tiempo para solo usuarios línea Metro 2 y 4 28](#_Toc396071076)

[Tabla 23. Flujo Evaluación Social y Cálculo Retorno Económico – Condición Estudio Base - Beneficios en ahorros en tiempo para solo usuarios línea Metro 2 y 4 30](#_Toc396071077)

**LISTA DE ILUSTRACIONES**

[Ilustración 1. Trazo del proyecto y áreas de influencia de las estaciones 18](#_Toc396071078)

[**Ilustración 2. Distribución de Frecuencias TIR Social** 31](#_Toc396071079)

[**Ilustración 3. Distribución de Frecuencias razón B/C** 31](#_Toc396071080)

[**Ilustración 4. Escenarios de Demanda Base y con Mayor Motorización** 32](#_Toc396071081)

# INTRODUCCIÓN

En el presente documento se analizan los resultados de la evaluación económica realizada por la consultoría a cargo del “Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto: Construcción de la Línea 2 y Ramal Av. Faucett-Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao, Provincias de Lima y Callao, Departamento de Lima” (Geodata-Esan-Serconsult, para ProInversión, 2013), en adelante “Estudio Base” , siguiendo la estructura de presentación de este tipo de análisis suministrada por el BID para las evaluaciones realizadas a la relación costo-beneficio.

En el análisis de riesgos del proyecto de la línea 2 del metro de Lima se encontraron dos aspectos principales a analizar: El primero de ellos se asocia a las proyecciones de demanda y el segundo a las condiciones del sistema en la implementación y operación de la línea del metro. En los dos casos se estimaron variaciones en los volúmenes de demanda, lo cual tiene efectos sobre los resultados de la evaluación económica del proyecto.

Para estimar los beneficios y costos del proyecto ante las probables variaciones de demanda se revisó la estructura de la evaluación económica realizada en el proyecto, la cual contempló los aspectos relacionados a continuación:

* La situación “sin proyecto” asume la implementación de proyectos viales tales como: Vía Parque Rimac, Tunel Santa Rosa y Tunel San Francisco; y la ejecución de los corredores viales complementarios de las líneas 2,3,4 y 5 (“Sin Proyecto Optimizado”). De otra parte, la puesta en marcha de la situación “Con Proyecto” considera la implementación de la primera etapa del metro de lima que concluye en el 2020, en el periodo 2018-2020 se retiran vehículos convencionales específicamente los de la línea 5.
* Estimación de beneficios por ahorros de tiempo: En el estudio de referencia se estimaron ahorros para la ciudad de Lima con la implementación del proyecto de línea 2 del metro calculando la diferencia entre el tiempo de viaje en una situación base y con el metro. Como se indica, el estudio realizado calculó los beneficios para todos los usuarios del sistema de transporte, es decir, para cerca de 10 millones de viajes en los modos privados y públicos. A partir del año 2030 incluye el impacto de los ahorros de tiempo con la implementación de las líneas 3 y 4.
* Estimación de beneficios por ahorros en costos de operación vehicular: El estudio de referencia estima los ahorros en costos de operación vehicular consecuencia del retiro de operación de vehículos del transporte público convencional.
* Disminución de accidentes: Los beneficios económicos se estimaron con base en estadísticas de accidentalidad y valoración del costo monetario de los accidentes según su gravedad. Partiendo de una reducción en la flota de transporte público de pasajeros con la implementación del metro, con base en las proyecciones de viajes y las cantidades de accidentes por distrito, se estimó una reducción de accidentes que se llevó a la respectiva valoración.
* Disminución de contaminación: En el estudio de referencia se parte del concepto de que una disminución en la cantidad de vehículos circulando conlleva una reducción en las respectivas emisiones. Los beneficios económicos se estimaron a partir de los costos de capital humano, hospitalización y ausentismo laboral, derivados de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, y la correlación entre estas y las emisiones de material particulado; para tal fin se consideró que la puesta en funcionamiento de la Línea 2 del Metro de Lima significa sacar de circulación el 10% de la flota existente de transporte público (bajo un escenario conservador), y se asumió que en esta misma proporción (10%) se disminuían los costos por contaminación.
* Beneficios por Incremento de Precios de los Predios: Derivado de fenómenos como crecimiento residencial y comercial, a raíz de la operación de un sistema de transporte más rápido, confortable y seguro, se asume en incremento en los precios del suelo, en función de la distancia del predio a la línea del metro. Se anota que este beneficio no se consideró en la presente evaluación dado que constituye una transferencia hacia un sector específico de la sociedad.

Adicional a los beneficios contemplados en el estudio base, se estimaron los siguientes:

* Beneficios por menor congestión vehicular en el corredor de la línea Metro, lo que se traduce en ahorros en tiempos de viaje para no usuarios de Metro.
* Beneficios por disminución de ruido en el corredor de Metro.
* Beneficios por reducción en la emisión de gases con efecto invernadero
* Beneficios por incremento en la productividad de la Ciudad

Frente a una variación en la demanda del metro estimada a través del presente análisis de riesgos y asociada principalmente a un probable mayor incremento en el uso de vehículos particulares con respecto al estimado en el proyecto y retrasos en la reorganización del transporte público, se estimó el impacto en el cálculo de beneficios que se presenta en este documento.

# SUPUESTOS Y METODOLOGÍA

Cada uno de los elementos analizados en el estudio de referencia como generadores de beneficios fue abordado en el marco del presente estudio en relación con los supuestos y metodología de estimación, con el enfoque de identificar los casos en los que el cambio en la demanda de la línea del metro objeto de estudio, o retrasos en el proceso de reorganización del transporte público, pueden alterar los resultados de la evaluación económica.

## Beneficios por ahorros en tiempo

La estimación de beneficios por ahorros en tiempo se basó en la cuantificación del tiempo de viaje para la situación base “sin proyecto optimizado” y la situación “con proyecto”, medido anualmente y durante el horizonte de evaluación, para lo cual se trabajó con los resultados del proceso de modelación de transporte descritos en informes anteriores. La diferencia en tiempo se multiplicó por el valor social del tiempo que se estimó en 6,15 Soles/hora pasajero según se define en el documento “Parámetros de Evaluación de la Directiva General del Sistema de Inversión Pública”[[1]](#footnote-1), lo que el estudio Base lleva a 2.41 US$/hora pasajero.

Como se mencionó anteriormente, la situación base contempla que la red vial cuenta con la vía Parque Rimac, el túnel Santa Rosa y túnel San Francisco y la completa implementación del sistema de corredores complementarios, anotando que a la fecha este último sistema está en proceso de implementación. La situación “con proyecto” incluye además de los proyectos de la situación base, la implementación de la línea 2 del metro, y a partir del año 2030 incluye el impacto de los ahorros de tiempo con la implementación de las líneas 3 y 4.

Los resultados de la estimación de tiempo para el área en estudio para los escenarios sin (Optimizado) y con proyecto se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Estimación de tiempo (miles de horas anuales)



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Los tiempos de ahorro fueron multiplicados por el valor social de tiempo obteniendo los resultados que se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2. Ahorro de Tiempo (miles de US$)**



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Adicional, como aspecto relevante, el Estudio Base en sus conclusiones reporta : “De acuerdo a los resultados del modelo de transporte, en la situación sin proyecto el tiempo de viaje en transporte público desde la Municipalidad de Ate hasta el puerto de Callao es de aproximadamente 2 horas y 20 minutos y de 2 horas 30 minutos en la dirección contraria. Con la implementación de la Línea 2 del Metro el tiempo de viaje se reducirá a 45 minutos aproximadamente”

Para el presente análisis de riesgos se revisó la metodología utilizada encontrando los aspectos relacionados a continuación:

* En la medida en que los tiempos de viaje y los ahorros respectivos corresponden a toda la ciudad, sin contar con información discriminada por modo de transporte, se hace complejo valorar el efecto de la implementación de la línea 2 del metro como único proyecto.
* A partir del año 2030 se incorpora el efecto de una línea más del metro (línea 3 y 4 de la Red Básica de Metro), lo que genera un incremento en los ahorros estimados hacia ese año. En la medida en que se busca determinar el impacto de la línea 2 del metro es preciso analizar una forma de estimación de la variación de los beneficios que corresponda únicamente a esta infraestructura.

## Beneficios por ahorros en costos de operación vehicular

Los ahorros en costos de operación vehicular (COV) estimados en el estudio de referencia corresponden en esencia al supuesto del retiro de vehículos de transporte público convencional, lo que produce un ahorro de costos de operación vehicular de dicho sistema. Los beneficios de ahorros de operación vehicular corresponden a menores consumos de combustible, lubricantes, neumáticos, mano de obra en mantenimiento y remuneración de conductores entre otros, teniendo la diferencia de los COV anuales en la situación “sin proyecto optimizado” y la situación “con proyecto”

Para calcular los ahorros se parte de la estimación de kilómetros anuales recorridos resultante del proceso de modelación para todas las tipologías vehiculares, la cual se presenta en las tablas a continuación.

Tabla 3. Situación “Sin Proyecto Optimizado” 2018: Total de Transporte Público (Veh km día)



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Tabla 4. Situación “Con Proyecto” 2018: Total de Transporte Público (Veh km día)



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Los ahorros resultantes al 2018 se muestran en la Tabla 5 a continuación.

Tabla 5. Ahorro de COV 2018



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Al multiplicar estos ahorros por los costos de operación para buses articulados nuevos de 1.17 U$/Km y para buses nuevos de 0.73 U$/Km, los cuales se tuvieron en cuenta dado que las diferencias identificadas se centran en los corredores complementarios que operarían con articulados y en rutas alimentadoras. Se evidencia que se asume un retiro total del transporte colectivo tradicional en el corredor de la línea 2.

Los beneficios por ahorros de costos de operación vehicular para el año 2018 ascienden a US$ 104,105 por día. Los beneficios de COV diario multiplican por el número de días equivalentes al año (321 días) obteniéndose los beneficios anuales ascendentes a US$ 33,417.6 miles, calculado como se señala a continuación:

*Beneficios de COV diario = veh km dia \* COV US$/km*

*Beneficios de COV diario = 94,157 \* 1.165 – 1,548 \* 0.725 – 6,198 \* 0.725 = 104,105*

*Beneficios de COV año = 104,105 \* 321 = 33,417,6 miles de US$/año*

Con respecto al año 2020 se tiene lo siguiente:

Tabla 6. Situación “Sin Proyecto Optimizado” 2020: Total de Transporte Público (Veh km día)



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Tabla 7. Situación “Con Proyecto” 2020: Total de Transporte Público (Veh km día)



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Los ahorros resultantes al 2020 se muestran en la Tabla 8 a continuación.

Tabla 8. Ahorro de COV 2020



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Al multiplicar estos ahorros por los costos de operación ya mencionados, se obtienen beneficios por ahorros de costos de operación vehicular para el año 2020 del orden de US$ 201,020 por día. Los beneficios de COV diario multiplican por el número de días equivalentes al año (321 días) obteniéndose los beneficios anuales ascendentes a US$ 64,527.3 miles.

Dado que los beneficios se centran en la estimación de que habrá una reducción de oferta en el transporte público tradicional, es preciso recordar los elementos detectados como generadores de riesgo de reducción de demanda del metro: Por una parte, en caso de haber mayor motorización, se tendrían las mismas implicaciones en reducción del transporte público colectivo descritas en el informe de referencia. Por otro lado, en caso de que no sea posible tener la reestructuración del transporte público colectivo, habría menores beneficios a los esperados, lo cual se analizará en el marco del presente documento.

## Beneficios por disminución de accidentes

Para determinar los costos asociados a los accidentes se estimó la cantidad de eventos y sus consecuencias para todos los modos de transporte públicos y privados considerados en el análisis, y se determinaron los costos sociales anuales asociados.

Tabla 9. Costos Sociales Unitarios Asociados a Lesionados [[2]](#footnote-2)



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Tabla 10. Costo medio social por daño a vehículos por tipo de accidente 2



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

La estimación se basó en la determinación de tasas de accidentabilidad, para lo cual se señala que se estimó la cantidad de accidentes y heridos anuales por el flujo de transito anual por las vías propuestas para las líneas 2 y 4 del tren[[3]](#footnote-3), teniendo como resultado una reducción estimada total cercana al 47% entre la situación “sin proyecto” y “con proyecto” como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Número de personas involucradas en los accidentes por tipo de lesión– 2006



Fuente: Elaboración propia con base en Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Al multiplicar la cantidad de eventos por su costo se obtienen los resultados presentados en la Tabla 12, donde el balance corresponde al beneficio estimado.

Tabla 12. Costos de personas accidentadas según distrito - 2006 (Miles US$)



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013

De manera análoga se procedió para estimar los costos asociados a los vehículos. Al tener las cifras de número de eventos y costos al 2006 fue preciso proyectarlas, lo cual se realizó a las mismas tasas de crecimiento utilizadas en el modelo de demanda, teniendo tasas de crecimiento anual de los vehículos livianos en el periodo 2018-2020 del 1.11% y en el periodo 2020-2030 de 1.2%, tasa que se utilizó en adelante hasta el 2047.

Los beneficios estimados a través de la anterior metodología se presentan en la Tabla 13 a continuación.

Tabla 13. Beneficios por reducción de accidentalidad (Miles de US$)



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013

Frente a los principales aspectos asociados a los riesgos de demanda del proyecto, como son una mayor motorización y un menor grado de reorganización del sistema de transporte público tradicional, se podría afirmar que la estimación de beneficios se vería reducida en los dos casos. En la medida en que la reducción de accidentalidad se asoció a la reducción de la circulación del transporte público colectivo, es de suponer que al no tener el grado de disminución esperado os beneficios se vean reducidos con respecto a la estimación realizada. Por otro lado, una mayor motorización en transporte privado no sería factible de evaluar dado que no se cuenta con una estimación de los volúmenes vehiculares de este modo de transporte sobre el corredor en estudio.

## Beneficios por disminución de contaminación

La estimación de los beneficios económicos que se producirían al entrar en operación la línea 2 del metro se asoció a la producción de emisiones contaminantes que generan mortalidad, hospitalización y ausentismo. Se analizaron los costos generados por los siguientes aspectos:

* Mortalidad partículas suspendidas totales - PTS
* Mortalidad PM10 (partículas menores de 10 µm)
* Hospitalización por PM10
* Ausentismo por hospitalización

Teniendo las cifras reportadas para el año 2000 en el “Estudio de estimación de la valoración económica de los impactos de la contaminación atmosférica por PTS y PM10 en la salud de la población de Lima Metropolitana-2004”[[4]](#footnote-4) en hipótesis alta, media y baja respecto al número de casos mortales y admisiones hospitalarias asociadas a las emisiones contaminantes antes señaladas, se multiplicó el promedios de habitantes afectados por la contaminación, por las estimaciones del valor del capital humano, de la hospitalización y del ausentismo laboral. Con ello se construyó la línea base correspondiente al escenario “sin proyecto”. Para el escenario “con proyecto” se consideró que la implementación de la Línea 2 del Metro de Lima significaría sacar en circulación el 10% de la flota existente, por lo que se asumió el mismo porcentaje como beneficio económico por la puesta en funcionamiento del proyecto férreo.

En la Tabla 14 se detallan los beneficios totales considerando la hipótesis media.

Tabla 14. Beneficios por disminución de la contaminación ambiental (Miles de US$)



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Respecto a la metodología utilizada es pertinente llamar la atención sobre aspectos relacionados con los supuestos y cálculos realizados:

* Se partió de las cifras sobre afectación a las personas con base en unas hipótesis que no fueron descritos en este estudio y que contemplan todos los casos presentados en Lima metropolitana, independientemente de que se trate de aquellos originados por fuentes fijas o móviles. No obstante, se considera que el diferencial entre esta cifra para el escenario base y la calculada de la misma manera para un escenario futuro es lo que permite la cuantificación de los beneficios económicos, por lo que podría trabajarse sobre esta base.
* No se hace claridad sobre la procedencia de la flota que se asume reducida, al no haber discriminación entre flota de vehículos particulares y de transporte público. Frente a ello se debe anotar que los supuestos de la modelación realizada por la consultoría asumen un incremento en la cantidad de vehículos particulares, por lo que es factible que la reducción estimada en flota corresponda a los vehículos de transporte público que saldrían de circulación con la entrada de la línea 2 del metro.
* Dado que en el presente análisis de riesgos se encontró que es probable que haya una mayor motorización, los beneficios estimados se verían reducidos. De igual manera los beneficios se verían reducidos en caso de que no se diera el retiro de flota de transporte público sobre el corredor correspondiente a la reorganización esperada.

## Beneficios por incremento de precios de los predios (se excluye del análisis)

Para calcular el incremento del valor de zonas comerciales y no comerciales estimado para el momento de anuncio de la construcción de la Línea 2 del Metro de Lima se tomaron incrementos asociados a la distancia de los predios frente al proyecto de transporte, como se muestran en la Tabla 12. Se puede observar que a una distancia de 0 a 200 metros de la estación se refleja un incremento de 4.68%, mientras que una distancia entre 801 a 1000 metros de la estación se reflejaría en un incremento del precio en 2.90%.

Tabla 15. Efecto en el precio de los predios según distancia al metro[[5]](#footnote-5)



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Se procedió a definir el área de influencia del proyecto generando una cuantificación de zonas aledañas a las estaciones a diferentes radios de distancia, como se muestra en la Ilustración 1. Las pareas con posibilidad de duplicación fueron revisadas para cuantificarlas una única vez.

Ilustración 1. Trazo del proyecto y áreas de influencia de las estaciones



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Posteriormente se identificaron las áreas comerciales y no comerciales con base en la zonificación de los distritos ubicados en el área de influencia del proyecto, según la Ordenanza N°620 de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

Para realizar el cálculo de incremento de precios de forma conservadora, en el estudio de referencia se tomó un radio de influencia de 500 metros. Considerando una relación de 40/60 para público y privado en cuanto a áreas en la zona, se procedió a determinar el impacto obteniendo los resultados plasmados a continuación.

Tabla 16. Estimación de beneficios por incremento de los precios de predios (Miles de US$)



Fuente: Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013.

Teniendo en cuenta que el supuesto básico de esta estimación es la distancia a las estaciones y sin considerar elementos como la demanda atraída, el impacto económico por este aspecto sería igual aun cuando haya variaciones en los niveles de usuarios de la línea del metro.

Sin embargo, el beneficio de incremento en el valor del predio no constituye un beneficio para la sociedad en general, representa una transferencia para un sector particular que lo comprenden los dueños de los predios. De otra parte, la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública - Resolución Directoral N° 003-2011-EF/68.01 Anexo Modificado por RD 002-2013-EF/63.01. Anexo SNIP 10, no incluye dicho efecto como parte de los beneficios a considerar en la evaluación social de proyectos de transporte[[6]](#footnote-6). Dado lo anterior, se excluirá del análisis de riesgo el beneficio en cuestión.

## Beneficios por menor congestión vehicular en el corredor de la línea Metro

Para estimar el impacto ocasionado por el retiro de los vehículos de transporte público tradicional sobre el corredor en cuanto a la reducción de la congestión, se realizó una estimación del volumen vehicular sobre la vía. Dado que no se cuenta con información propia del corredor, se trabajó con la medición de volúmenes de tránsito sobre las principales vías reportada por el Plan Maestro de Movilidad JICA-2004 que se muestran a continuación:

Tabla 17. Volúmenes de tránsito en las principales vías por tipo de vehículo



Fuente: JICA 2004

Se tiene que el volumen de transporte público puede estimarse en 25.8% en las principales vías. Considerando que el volumen de trasporte público y su operación en paradas reduce la velocidad del resto de modos, es de esperar que su retiro permita el incremento de velocidad de operación del tránsito remanente.

En experiencias similares se ha estimado que la disminución de un punto porcentual en el volumen de vehículos lleva a un aumento superior al 1% en incremento de velocidad para el tránsito remanente[[7]](#footnote-7).

Para determinar la cantidad de vehículos a retirar en el corredor se partió de la demanda de la línea de metro, que de no contar con dicha infraestructura tendría que realizar sus desplazamientos en el corredor en superficie. Para ello se asumió que los viajeros se distribuirían en los vehículos acorde a la composición vehicular antes señalada, asumiendo una ocupación promedio por para cada tipología vehicular. De esa forma se estima que el número de vehículos a retirar del corredor sería de 3.367 vehículos (capacidad promedio 20 pasajeros/veh entre omnibuses, microbuses y camionetas) en hora pico. De mantenerse en el corredor a intervenir la proporción de volúmenes de tránsito reportada en JICA-2004, se estaría impactando la velocidad de operación de 10.102 vehículos particulares y taxis, que bajo una ocupación promedio de 1,5 pasajeros por vehículo, indica la mejora en tiempo de viaje en hora pico para 15.152 usuarios del corredor. Ahora, la estimación de la disminución en tiempo de viaje se realiza considerando una longitud de corredor de 31 kilómetros, una velocidad de flujo de 15 Km/h sin proyecto optimizado, y de 18,75 Km/h en la condición con proyecto (incremento de 25% por reducción en congestión), lo que conlleva a un ahorro de 6.293 horas para los viajes en hora pico y de 18.5 millones de hora al año, que a un valor de 2,28 USD/hora equivale a USD 42,1 millones al año. Esto equivale a 35% de los ahorros en tiempo de viaje de los usuarios del metro para 2014, proporción que se opta por mantener en las proyecciones.

Como referencia se tiene que el caso de la Factibilidad de la Primera Línea de Metro de Quito [[8]](#footnote-8) en el cual dichos benefició por reducción en congestión para no usuarios de Metro equivale en proporción al ahorro en tiempos de viaje de usuarios Metro del orden de 70%.

## Beneficios por disminución de ruido en el corredor de Metro.

Este beneficio no fue considerado en el estudio Base, sin embargo es evidente que la reducción de vehículos de transporte público sobre el corredor de operación de la línea Metro objeto de evaluación, trae consigo una reducción en los niveles de ruido, disminuyendo la afectación sobre la salud humana, a nivel de enfermedades auditivas.

Ante la ausencia de información que permita cuantificar este beneficio específicamente para el caso de Lima y la línea Metro a implementar, se opta por utilizar un 10% de los beneficios por contaminación, relación observada en el caso de la evaluación de factibilidad para la Primera Línea de Metro de Quito [[9]](#footnote-9).

## Beneficios por reducción en la emisión de gases con efecto invernadero

El impacto del transporte en el cambio climático es producido por la emisión de gases efecto invernadero, en especial las emisiones de dióxido de carbono (CO2), gas metano (CH4) y óxido nitroso (N2O). Los efectos adversos de la emisión de dichos gases vía recalentamiento global son complejos, de largo plazo, y difícilmente cuantificables

Debido a la operación de la línea Metro, se reduce el parque automotor del transporte público tradicional, lo que conlleva una operación energéticamente más eficiente y una menor emisión de gases con efecto invernadero, es especial CO2.

Se cuantificaran los beneficios asociados a disminución de emisión de CO2, la metodología tradicional de cuantificación del valor económico asociado a la disminución de dichas emisiones, es la siguiente:

* Para cada tipo de automóvil se tiene un factor de emisiones medido en gramos por galón del combustible del vehículo (kg de CO2/galón de Diesel)
* A partir del rendimiento por tipo de vehículo (kms/ galón de Diesel) y la disminución de kilómetros (kms) ofertados que proceden de la comparación de la situación con y sin proyecto, se pueden estimar la cantidad de galones de Diésel en la que disminuye la operación de transporte.
* Producto de multiplicar la cantidad de galones de Diesel no consumidos consecuencia de la operación de la línea Metro, por el índice de emisión de CO2 por galón de Diesel (kg de CO2/galón de Diesel), se obtiene el número de toneladas de CO2 que por cuenta de la línea Metro se evita emitir a la atmosfera.
* Finalmente, se procede a la monetización de la disminución en contaminación (emisiones de CO2) entre el escenario con proyecto y sin proyecto, para lo cual se emplea precio del mercado de la tonelada de CO2 (USD/TON CO2), siendo los principales referentes el mercado los EUA[[10]](#footnote-10) y los CER[[11]](#footnote-11).

Con respecto a los parámetros de emisión y rendimiento de vehículos, se trabajó con los siguientes supuestos:

Tabla 18. Parámetros de Emisión y Rendimiento de Vehículos

|  |  |
| --- | --- |
| **PARAMETRO** | **VALOR** |
| Factor de Emisión (gramos de CO2/galón de Diesel) | 8,46 kg de CO2/galón Diesel[[12]](#footnote-12) |
| Rendimiento Vehículos Articulados (Diesel) | 6,0 kms/galón[[13]](#footnote-13) |
| Rendimiento Vehículos Alimentadores (Diesel) | 10,0 kms/galón[[14]](#footnote-14) |

Fuente: Citadas en pie de página.

En cuanto a la variación de kilómetros ofertados por vehículos de transporte público entre la situación Sin Proyecto (Optimizado) y con Proyecto, procede del estudio, reportándose lo siguiente:

Tabla 19. Variación Kilómetros Día Con Proyecto vs Sin Proyecto (Optimizado)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **AÑO** | **VARIACION EN KMS/DIA VEHICULOS ARTICULADOS** | **VARIACION EN KMS/DIA VEHICULOS ALIMENTADORES** |
| 2018 | Disminución: 94.157 kms/día | Incremento: 1,548 kms/día |
| 2020 | Disminución: 181.556 kms/día | Incremento: 1,548 kms/día |

Fuente: Estudio Base. Geodata-Esan-Serconsult, para ProInversión, 2013.

Finalmente, sobre los costos de mercado de la tonelada de CO2, se tiene la siguiente evolución histórica:

Tabla 20. Precios históricos del CO2 por mercado



Fuente: Point Carbon (2013)

En este sentido, se opta en consideración a la tendencia histórica y el valor promedio de los mercados de referencia, por un valor de 6,5 USD/Tonelada de CO2.

En el siguiente cuadro se presenta la estimación de ahorro en emisiones de CO2 (toneladas/año) y su cuantificación en términos monetarios:

Tabla 21. Estimación de Ahorros en emisiones de CO2



Fuente: Elaboración Propia

## Beneficios por Incremento en Productividad

Finalmente, estudios recientes han logrado una aproximación a la cuantificación de beneficios en productividad, generados por proyectos de transporte público (The contribution of public transport to economic productivity - January 2013, Tim Hazledine, Stuart Donovan and John Bolland. NZ Transport Agency research report 514)[[15]](#footnote-15). En el citado estudio se plantea un modelo económico que considera los efectos del proyecto de transporte público en los siguientes aspectos:

1. Efectos en congestión y cambios de modo de transporte.
2. Cambios de usos del suelo
3. Generación y transformación de empleo

El estudio concluye que los beneficios por productividad pueden ser del orden entre 3% a 23% de la cuantificación monetaria de los beneficios convencionales de un proyecto de transporte. En este orden de ideas se adoptara un 10% sobre los beneficios definidos con anterioridad en este documento, como beneficios por incremento en Productividad.

# BENEFICIOS ECONÓMICOS

A continuación se presenta la cuantificación de beneficios económicos del escenario Base, el cual será objeto del análisis de riesgos. Como primer ajuste (obviando los beneficios adicionales estimados y no considerados en el estudio base) se excluyen los beneficios de Revalorización de Terrenos, y se recalculan los Ahorros en Tiempo, considerando un valor social del tiempo de 6,15 Soles/Hora y una tasa de cambio de 2,7 Soles/USD (año 2013), lo que lleva a una valor en USD de 2,28 USD/HR (menor al estimado del estudio base de USD 2,41 USD/HR, ajuste motivado por el cambio de tasa Soles/USD). Se anota que en este caso los ahorros en tiempo están calculados para la totalidad de los viajes de la ciudad.

**Tabla 22. Beneficios Económicos – Evaluación Social Línea 2 y Tramo Línea 4 Metro de Lima**



Fuente: Elaboración propia con base en el Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013

Ahora, sobre el análisis de ahorros en tiempo de viaje, se realizará una variación en el enfoque, apartándose del análisis de ciudad y centrándose en el ahorro en tiempos de viaje para los usuarios de la línea metro 2 y tramo 4 a evaluar. En este enfoque se tienen dos escenarios, a saber: i) el escenario de demanda proyectada por los estudios base de la Alternativa 5 del proyecto; y ii) el escenario de demanda proyectada asumiendo mayores tasas de motorización en Lima Metropolitana, producto del presente análisis de riesgo. Por otro lado, el beneficio de ahorro en tiempo de viaje se calcula de la siguiente manera:

*Valor Ahorro en Tiempo de Viaje (USD Mill) = VST x Demanda de Pasajeros Año x Ahorro en Tiempo por Pasajero*

Donde:

*VST:* Valor social del tiempo, igual a 6,15 Soles/Hr, que a una tasa de cambio de 2,7 Soles/USD, equivale a 2,28 USD/HR (año 2013)

*Demanda de Pasajeros Año:* Demanda de pasajeros en millones de pasajeros por año

*Ahorro en Tiempo por Pasajero:* Se considera que la longitud promedio de viaje es del orden de 15,5 kms (50% de la longitud de la línea 2, información que se infiere de los perfiles de ascensos y descensos de la línea metro – estudio base). Este viaje en promedio en la situación sin proyecto[[16]](#footnote-16) toma 72,5 minutos, y en la situación con proyecto 23,3 minutos, para un ahorro por viaje de 49,3 minutos (0,82 horas).

A continuación se presentan los valores medios de demanda y ahorros en tiempo de viaje para usuarios y no usuarios de Metro, para cada escenario:

**Tabla 23. Valor Ahorro en Tiempo – Escenarios de Demanda solo Línea Metro**



Fuente: Elaboración propia con base en el Estudio de Demanda PROINVERSIÓN 2013, análisis de Riesgo propio.

# COSTOS ECONÓMICOS

Con respecto a los costos económicos del proyecto, se parte de los costos del flujo financiero del proyecto, para lo cual se tomara la oferta económica del concesionario del proyecto “Linea 2 y Ramal Av. Faucett – Av Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao” la Sociedad Concesionario Metro de Lima Línea 2 S.A., planteada de la siguiente manera:

**Tabla 24. Oferta Económica Concesionario “Linea 2 y Ramal Av. Faucett – Av Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”. Base para cálculo de costos Financieros**

|  |  |
| --- | --- |
| **Factor Propuesta Económica** | **Valor** |
| Cofinanciamiento | USD 3.695.094.879 |
| RPMORetribución por Mantenimiento y Operación | USD 108.882.340 /AÑOQue comprende:Linea 2 ATE-CALLAO: USD 105.914.607Ramal Faucett-Gambetta: USD 2.967.733 |
| Con respecto al RPMO: | Importe de consumo de energía eléctrica por kilómetro Tren (ktr): USD 1,10/ktrCosto por kilómetro Tren de mantenimiento de material rodante (ktr): USD 2,12/ktrCosto unitario por tren de revisiones generales de material rodante: USD 360.384 /tren |

Fuente: Elaboración propia con base en Oferta Económica Concesionario

Los valores de inversión y operación y mantenimiento calculados con base en la oferta económica del concesionario y la estimación de oferta de transporte en función de la demanda proyectada y niveles mínimos se servicio (flujos financieros), se pasan a términos económicos multiplicando por un Factor de corrección para la Inversión de 0,79 y Factor de corrección para los costos de Mantenimiento y Operación de 0,75[[17]](#footnote-17). De otra parte, se considera inversión en compra de predios por valor de USD 489 millones.

 Finalmente se adoptan los costos calculados en el estudio base como “Aumento Costo de Tiempo por Construcción”, que representa el valor del tiempo de viaje en la ciudad de lima, ocasionado por la intervención en construcción de la línea de Metro.

A continuación se presentan los costos económicos del proyecto.

**Tabla 25. Costos Económicos Línea 2 y Tramo 4**



Fuente: Elaboración propia con base

# RETORNO ECONÓMICO

En el presente numeral se procede a cuantificar la tasa de retorno económica y la razón Beneficio/Costo (B/C), empleando en este último caso una Tasa Social de Descuento General (Tasa en términos reales o constantes) de 9,0[[18]](#footnote-18) % E.A.

## Condición Estudio Base

En la siguiente Tabla se presenta el flujo de costos y beneficios y cálculo del retorno económico para la condición del estudio base, ajustado bajo los siguientes parámetros:

* Ahorros en tiempo de viaje para total Ciudad, ajustados por tasa de cambio 2013.
* Beneficios por ahorros en costos de operación, reducción de accidentes y reducción de contaminación ambiental; iguales a los estimados en estudio base.
* Exclusión de beneficios por revalorización de terrenos
* Adopción de costos de inversión y operación con base en oferta económica del concesionario del proyecto.
* Inclusión de beneficios por incremento en productividad
* Ampliación del horizonte de análisis 15 años adicionales al plazo de concesión, en consideración a una mayor vida útil de los activos de la concesión.

El resultado obtenido es una TIR Social de 10,61% E.A (real) , superior a la exigida de 9,0% por el Gobierno de Peru[[19]](#footnote-19), lo que indica que el proyecto bajo las condiciones de evaluación resulta viable socioeconómicamente, y se justifican los aportes públicos a direccionar, en proporción a los beneficios sociales obtenidos. En consistencia con lo anterior, se obtiene una razón Beneficio/Costo (descontado al 9% E:A: real) de 1,24 , valor superior a 1,0 lo que indica proyecto viable socioeconómicamente desde la perspectiva del Gobierno Local.

Tabla 26. Flujo Evaluación Social y Cálculo Retorno Económico – Condición Estudio Base - Beneficios en ahorros en tiempo para total Ciudad

Fuente: Elaboración propia

## Escenario Demanda Línea Metro – Base Alternativa 5

Como segundo escenario base, se evaluará el proyecto concentrándose en la demanda exclusiva de la línea metro y sus beneficios en ahorros en tiempo de viaje, permaneciendo los costos y demás beneficios iguales a los del escenario base que considera beneficios en ahorros en tiempo en toda la ciudad.

Tabla 27. Flujo Evaluación Social y Cálculo Retorno Económico – Condición Estudio Base - Beneficios en ahorros en tiempo para solo usuarios línea Metro 2 y 4



Fuente: Elaboración propia

Se observa una TIR Social de 13,29% y una razón B/C (descontado al 9% E.A. real) de 1,62 y de 1,14 (descontado al 12% E.A. real). Bajo estas condiciones se obtiene una mayor rentabilidad que el escenario que considera ahorros en tiempos de viaje en toda la ciudad, probablemente por efectos de congestión en la evaluación total ciudad, que no se consideran en la estimación de ahorros en tiempo de solo usuarios metro. Se advierte que la agregación de cifras en el escenario total ciudad del estudio base, dificulta soportar dicha afirmación.

# ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (riesgo)

El análisis de sensibilidad de la evaluación socioeconómica se desarrolla desde dos perspectivas:

1. Sensibilidad a variación en demanda de pasajeros de la línea Metro y variación en costos de inversión, operación y mantenimiento.
2. Análisis probabilístico al riesgo de reducción en demanda de pasajeros por mayor motorización y retrasos en el proceso de reorganización del transporte público.

## Sensibilidad a variación en demanda de pasajeros de la línea Metro y variación en costos de inversión, operación y mantenimiento.

En la siguiente tabla se reporta la sensibilidad de la tasa de retorno socioeconómica y relación Beneficio/Costo, a variaciones en la demanda de pasajeros y costos de inversión, operación y mantenimiento.

Tabla 28- Sensibilidad de TIR y B/C a variaciones en Demanda y Costos

|  | **TIR** | **B/C(12%)** | **B/C (9%)** |
| --- | --- | --- | --- |
| **BASE** | 13,29% |  1,14  |  1,62  |
| **VAR DEMANDA** |  |  |  |
| 20% | 14,77% |  1,32  |  1,85  |
| +10% | 14,05% |  1,23  |  1,73  |
| -10% | 12,48% |  1,05  |  1,49  |
| -20% | 11,62% |  0,96  |  1,36  |
| **VAR COSTOS** |  |  |  |
| 20% | 11,59% |  0,96  |  1,35  |
| +10% | 12,38% |  1,04  |  1,47  |
| -10% | 14,34% |  1,27  |  1,79  |
| -20% | 15,57% |  1,42  |  2,01  |

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que una disminución en demanda de hasta un 20% o incrementos en costos de hasta 20%, causan una disminución de TIR ubicándola en el orden de 11,6% E.A real, es decir una variación apreciable en costos o demanda de pasajeros, si bien afecta el retorno social del proyecto, dicho retorno conserva niveles aptos, en especial continua cumpliendo la exigencia de retorno que fija el Gobierno Local (mayor a 9% E.A. real). De otra parte incrementos de mismo orden en demanda de pasajeros o disminución de costos, potencializa los beneficios socioeconómicos, alcanzando rentabilidades del orden superiores a 14,7% E.A. real.

Con respecto a la razón B/C descontada al 12% E.A. real, incrementos en costo o reducción en demanda de pasajeros del orden de 20%, conllevan una disminución de dicho indicador a niveles de 0,96.

## Análisis probabilístico al riesgo de reducción en demanda de pasajeros por mayor motorización y retrasos en el proceso de reorganización del transporte público.

Para este caso se utilizó el método de Montecarlo para la generación aleatoria de valores de una variable probabilística. Las principales variables objeto de generación probabilística son las siguientes:

1. Tasa de motorización, la cual se ha correlacionado con el PIB partiendo de su comportamiento histórico, dicha tasa afecta la asignación modal (transporte privado vs transporte público), desembocando en una menor demanda de pasajeros del total transporte público y de la línea metro objeto de análisis.
2. Año en el cual se cumple la reorganización del transporte público de la ciudad e implementación de los corredores complementarios. Su no ejecución repercute en una disminución del orden de 61% de la demanda de metro proyectada.

De la generación aleatoria de cifras, obedeciendo funciones de probabilidad que se fijan con base en el acontecer histórico de las variables o concepto experto, se obtienen resultados probabilísticos de:

1. Oferta de transporte de la línea metro (compra de material rodante, y oferta de kilómetros tren, con base en niveles de servicio).
2. Costos de inversión, operación y mantenimiento, que consideran la oferta económica real del concesionario del proyecto, y la oferta de transporte estimada.

Finalmente, para el caso particular del análisis de sensibilidad (riesgo) de la evaluación socioeconómica del proyecto de la Línea 2 Y 4 del Metro de Lima, se adoptó el siguiente tratamiento de variables y supuestos:

* Se adoptaran los costos de inversión y operación ofertados por el concesionario. Los costos de Operación y Mantenimiento se calculan con base en la oferta de servicio (trenes y kilómetros tren), que se calcula en función de la demanda proyectada.
* Con respecto a los beneficios por ahorros en tiempos de viaje, se evaluaran sobre los usuarios de la Línea 2 y Tramo de la Línea 4 del Metro de Lima. Variable sobre la cual se aplicará el análisis de riesgo generado por una mayor tasa de motorización y retrasos en el proceso de reorganización de las rutas de transporte público y reducción de sobreoferta de vehículos.
* Se trabajara con una probabilidad de ocurrencia de 80% del escenario de demanda que se plantea en la Alternativa 5 del estudio Base, y de 20% del escenario de disminución en demanda por una mayor motorización. En la siguiente ilustración se presenta la proyección de demanda correspondiente a la Alternativa 5 del estudio Base (BASE ALT 5) y la proyección media correspondiente a la demanda proyectada bajo un escenario de mayor motorización (ANALISIS RIESGO)

**Ilustración 2. Escenarios de Demanda Base y con Mayor Motorización**



Fuente: Elaboración Propia

* En el caso de los ahorros en costos de operación, beneficios por disminución de accidentes y beneficios por disminución de la contaminación ambiental, ruido, emisiones y productividad; el riesgo se fundamenta en retrasos que surjan en el proceso reorganización del trasporte público y su asociada reducción de sobreoferta, por lo que se afectaran los beneficios con base en la proporcionalidad que plantea el estudio de demanda como afectación en los pasajeros movilizados de la línea metro de no llevarse a cabo el proceso, a saber reducción de beneficios del orden de 61%.
* El flujo se proyecta en dólares constantes de 2013, por lo que efectos generados por las formulas contractuales de ajuste a los parámetros de remuneración, y disparidades de tasa de cambio, inflación externa e inflación interna por fuera del principio de paridad en poder adquisitivo, no son consideradas.

Con respecto a los valores medios del escenario de activación del riesgo de demanda por mayores tasas de motorización, se tiene los siguientes flujos de costos y beneficios:

Tabla 29. Flujo Evaluación Social– Escenario Medio Riesgo de Demanda e Implementación



Fuente: Elaboración propia

Obteniéndose una TIR SOCIAL de 11,92% real (superior a 9,0% E.A. real) y una razón B/C de 1,38, valores que indican la viabilidad económica del proyecto a nivel Gobierno Local y justifican el direccionamiento de recursos públicos para su financiación.

A continuación se presentan los resultados obtenidos a nivel de curva de distribución de frecuencias para las variables: TIR SOCIAL y RAZON B/C, bajo el análisis de riesgo, asignando como se ha mencionado anteriormente una probabilidad de ocurrencia de 80% para el escenario de demanda Alternativa 5 del estudio Base y 20% para el escenario de disminución de demanda por mayor motorización, siendo el primero de carácter determinístico y el segundo de generación probabilística.

**Ilustración 2. Distribución de Frecuencias TIR Social**



Fuente: Elaboración Propia

**Ilustración 3. Distribución de Frecuencias razón B/C (9% E.A. Real)**



Fuente: Elaboración Propia

**Ilustración 4. Distribución de Frecuencias razón B/C (12% E.A. Real)**



Fuente: Elaboración Propia

Bajo los supuestos de análisis, se tiene que la TIR social del proyecto resulta superior al requerimiento del Gobierno Local de 9% E.A. real con una probabilidad de 100%. De otra parte la probabilidad de que la rentabilidad social supere el 12% es de 79,86%. Consistente con lo anterior, la probabilidad de que la Razón B/C (descontada al 9% E.A. real) sea mayor que 1,00 es de 100%; mientras que la probabilidad de que la Razón B/C (descontada al 12% E.A. real) sea mayor que 1,00 es de 79,4%.

# CONCLUSIONES

1. Tras la revisión del estudio base “Estudio de Preinversión a Nivel de Factibilidad del Proyecto: Construcción de la Línea 2 y Ramal Av. Faucett-Gambeta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao, Provincias de Lima y Callao, Departamento de Lima” (Geodata-Esan-Serconsult, para ProInversión, 2013), se determinó que dicho estudio considera beneficios de ahorro en tiempo de viaje para el total ciudad, entre otros beneficios causados por: disminución de costos de operación, disminución de accidentalidad, disminución de contaminación ambiental y revalorización de Terrenos. Bajo este escenario se vio la necesidad de ajustar principalmente dos factores: la exclusión del beneficio por revalorización de los terrenos en el área aferente a las líneas Metro 2 y 4 por tratarse de beneficios que no son apropiados por la sociedad en general sino transferidos a un grupo particular de propietarios, y la modificación del valor social del tiempo de viaje en dólares, acorde con la tasa observada en 2013; Adicionalmente se incluyeron beneficios por reducción de ruido, disminución en emisión de CO2 y efecto invernadero, menos congestión con ahorros en tiempo para no usuarios de Metro, e incremento en productividad derivado menor congestión, cambios de usos del suelo y generación y transformación de empleo; el análisis en cuestión considero un plazo adicional al plazo de concesión de 15 años, para un total de 50 años, en consideración a la vida útil del material rodante.

La evaluación social bajo las condiciones descritas arrojo una TIR Social de 10,61% E.A (real), y una razón Beneficio/Costo (descontada a 9% E.A, real) de 1,24, valores que sobrepasan el admisible (TIR Social de 9%) por el Gobierno Local para considerar el proyecto viable socioeconómicamente y financiable con recursos públicos.

Por otro lado, un análisis que considere beneficios de ahorro en tiempo de viaje para pasajeros de metro en lugar del total ciudad, mejora los resultados toda vez que el análisis de total ciudad incluye efectos de congestión no atribuibles a Metro. En este caso, bajo el escenario de demanda de Metro del estudio base (Alternativa 5) se obtiene una TIR Social de 13,29% E.A (real).

1. Se encuentra que incrementos en costos de 20% o disminución en demanda de 20%, conlleva a tasas de retorno social del orden de 11,6% E.A. real.
2. A partir del escenario base, se realizó un análisis de sensibilidad del retorno económico a factores de riesgo que incidan de manera importante en los resultados, identificándose: riesgo de menor demanda en las líneas metro 2 y 4 por mayor tasa de motorización futura en Lima Metropolitana y Callao, y retrasos en el proceso de reorganización de las rutas de transporte público y reducción de sobreoferta, así como implementación de corredores complementarios. Riesgos que pueden generar en el caso de la mayor motorización caídas de la demanda proyectada en el largo plazo en la línea metro de hasta 30%, y en el caso de la reorganización del transporte público caídas en el corto plazo en la demanda esperada del orden de 61%, aunado a un menor número de vehículos de transporte público que salen de circulación. El escenario de sensibilidad al riesgo se enfocó en los beneficios sociales por disminución en tiempos de viaje de los usuarios de las líneas metro 2 y 4 exclusivamente (no total ciudad); beneficios por disminución de costos de operación, disminución de accidentalidad, disminución de contaminación ambiental, beneficios por reducción de ruido, disminución en emisión de CO2, menor congestión con ahorros en tiempo para no usuarios de Metro, y productividad. Bajo este análisis se encuentra igualmente viable socioeconómicamente el proyecto, obteniéndose que la TIR social del proyecto resulta superior al requerimiento del Gobierno Local de 9% E.A. real con una probabilidad de 100% y superior al 12% con una probabilidad de 79%.En este sentido se encuentra el proyecto viable socioeconómicamente y financiable con recursos públicos.
1. Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública. Resolución Directoral N° 003-2011-EF/68.01 Anexo Modificado por RD 002-2013-EF/63.01. Anexo SNIP 10 [↑](#footnote-ref-1)
2. SECTRA y MIDEPLAN (2011) – Chile: “Metodología simplificada de estimación de beneficios sociales por disminución de accidentes en proyectos de viabilidad interurbana” [↑](#footnote-ref-2)
3. Específicamente en lo que concierne al transporte público colectivo tradicional según se indica en la hoja de cálculo I02-BEN-R-001\_R1 Beneficios sociales [↑](#footnote-ref-3)
4. Estudio del 2004 realizado por la Eco. Ana María González del Valle Begazo [↑](#footnote-ref-4)
5. Las cifras fueron estimadas con base en los estudios de Capitalización Anticipada del Metro de Santiago en el Precio de las Viviendas y Response of Urban Real Estate Values in Anticipation of Washington Metro [↑](#footnote-ref-5)
6. Beneficios a evaluar en proyectos de transporte: Ahorros de Costos de operación vehicular (COV), ahorros de tiempo de viaje, ahorros de costos de mantenimiento de la vía, reducción de accidentes (gastos evitados), reducción de pérdidas o mermas en la carga transportada. [↑](#footnote-ref-6)
7.  [↑](#footnote-ref-7)
8. “Estudios para el Diseño Conceptual del Sistema Integrado de Transporte Masivo de Quito y Factibilidad de la Primera Línea de Metro de Quito”, Metro de Madrid S.A. para Empresa Publica Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas, Quito Distrito Metropolitano, Ecuador. 2010. [↑](#footnote-ref-8)
9. Ídem. [↑](#footnote-ref-9)
10. European Union Allowance, créditos de carbono [↑](#footnote-ref-10)
11. Certified Emission Reductions [↑](#footnote-ref-11)
12. Proviene de Enviromental Protection Agency (EPA), USA, <http://www.epa.gov/oms/climate/>. Citado en: “Estudios para el Diseño Conceptual del Sistema Integrado de Transporte Masivo de Quito y Factibilidad de la Primera Línea de Metro de Quito”, Metro de Madrid S.A. para Empresa Publica Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas, Quito Distrito Metropolitano, Ecuador. 2010. [↑](#footnote-ref-12)
13. Proveedores de vehículos [↑](#footnote-ref-13)
14. idem [↑](#footnote-ref-14)
15. Se analizaron dos proyectos en Nueva Zelanda: 1 corredor de bus en Auckland, y un corredor de Tren Electrico en Waikanae. [↑](#footnote-ref-15)
16. Estudio evaluación económica y social. PROINVERSIÓN 2013. “De acuerdo a los resultados del modelo de transporte, en la situación sin proyecto el tiempo de viaje en transporte público desde la Municipalidad de Ate hasta el puerto de Callao es de aproximadamente 2 horas y 20 minutos y de 2 horas 30 minutos en la dirección contraria. Con la implementación de la Línea 2 del Metro el tiempo de viaje se reducirá a 45 minutos aproximadamente”. Se anota que la longitud total de la línea 2 es de 31 kms. [↑](#footnote-ref-16)
17. ANEXO SNIP 10 – Parámetros de Evaluación del Sistema Nacional de Inversión Pública [↑](#footnote-ref-17)
18. ANEXO SNIP 10 – Parámetros de Evaluación del Sistema Nacional de Inversión Pública [↑](#footnote-ref-18)
19. idem [↑](#footnote-ref-19)