

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Transporte Masivo Urbano Sostenible: Análisis de Metroférico como**

**Eje de Desarrollo Urbano**

Proyecto de investigación.

**Jack Antonio Witt García**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
Para la obtención del título de  
Ingeniero Civil

Quito, 14 de diciembre de 2015

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Transporte Masivo Urbano Sostenible: Análisis de Metroférico como  
Eje de Desarrollo Urbano**

**Jack Antonio Witt García**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Fabricio Yépez, Ph.D

Firma del profesor

---

Quito, 14 de diciembre de 2015

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Jack Antonio Witt García

Código: 00023495

Cédula de Identidad: 171546786

Lugar y fecha: Quito, diciembre de 2015

## **RESUMEN**

El Sistema de Transporte Metroférico, es una alternativa para la futura movilización de habitantes del Valle de Tumbaco y parroquias cercanas hacia el Híper Centro de Quito. Este sistema se presenta como un proyecto económicamente viable, que genera ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> y apoya al desarrollo urbano de las zonas cercanas a sus estaciones. Los ahorros en energía y tiempos de viaje, así como su impacto en el medio ambiente, ponen al Sistema Metroférico en ventaja sobre proyectos y alternativas similares como solución al transporte urbano en los Valles de Quito.

## **ABSTRACT**

Urban Massive Transport System “Metroférico” is an alternative for the future mobility towards Quito of people living in the Valleys of the city. This transport system is presented as a project that is economically viable with low emissions of CO<sub>2</sub> and can generate an urban development in the areas around the system. The low impact of the system in the environment as well as the savings in time that it generates, it's an advantage of the project over other similar alternatives and different types of transportation systems.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Índice de Tablas.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>9</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>12</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>13</b>
<b>Desarrollo .....</b>	<b>17</b>
<b>Impactos Económicos en la ruta Tumbaco-Quito .....</b>	<b>17</b>
<b>Flujos de Pasajeros .....</b>	<b>26</b>
<b>Amortizacion del Proyecto .....</b>	<b>37</b>
<b>Ahorros Externos .....</b>	<b>46</b>
<b>Tiempos de Producción .....</b>	<b>50</b>
<b>Amortización Línea Pisulí y Jaime Roldós.....</b>	<b>52</b>
<b>Impactos Ambientales en la ruta Tumbaco-Quito.....</b>	<b>56</b>
<b>Uso de Espacio.....</b>	<b>56</b>
<b>Emisiones de Gases de Efecto Invernadero .....</b>	<b>57</b>
<b>Costos Energéticos y Ahorros .....</b>	<b>68</b>
<b>Impacto Social en la ruta Metroférico Tumbaco-Quito.....</b>	<b>70</b>
<b>Costo Social.....</b>	<b>70</b>
<b>Riesgos de la Línea.....</b>	<b>73</b>
<b>Desarrollo Urbano .....</b>	<b>74</b>
<b>Impactos Positivos y Negativos .....</b>	<b>76</b>
<b>Rutas Alimentadoras .....</b>	<b>78</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>81</b>
<b>Glosario.....</b>	<b>84</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>84</b>
<b>Anexo 1 .....</b>	<b>88</b>
<b>Anexo 2 .....</b>	<b>92</b>
<b>Anexo 3 .....</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Costos de Implementación del Sistema

Tabla 2: Costos aproximados de acuerdo a ILF

Tabla 3: Costos de Construcción Quito Cables (Blandon, 2015)

Tabla 4: Personal necesario para Operación del sistema

Tabla 5: Salarios mensuales según un estimado por la Secretaria de Movilidad  
(Blandon, 2015)

Tabla 6: Costos Operacional Anuales

Tabla 7: Estimado de costos operacionales de las líneas Quito Cables (Pisulí, Roldós y La Argelia)

Tabla 8: Costos Operacionales por Longitud (Líneas Metroférico, Pisulí y Roldós)

Tabla 9: Viajes según tipo desde Cumbayá y Tumbaco al HC de Quito

Tabla 10: números de viajes desde Puembo, Pifo, Tababela, Yaruquí y El Quinche a Quito.

Tabla 11: Distribución horaria usuarios Metroférico

Tabla 12: Capacidad de transporte de las diferentes líneas

Tabla 13: Resumen de Ingresos Anuales del Sistema Metroférico

Tabla 14: Resumen gastos anuales Metroférico

Tabla 15: Resumen de Ingresos, Gastos y Saldo del sistema Metroférico

Tabla 16: Pasajeros anuales líneas Quito Cables Pisulí y Jaime Roldós

Tabla 17: Sumatoria ganancias anuales de Quito Cables líneas Pisulí y Roldós

Tabla 18: Balance General anual de Quito Cables Pisulí y La Ofelia

Tabla 19: Emisiones promedio por Kg/l de combustible consumido para motores a gasolina y diesel (World Bank Environment Department, 2011)

Tabla 10: Consumo promedio de gasolina en litros por 20 y 30 Km (Liu, 1999)

## Índice de Figuras

Figura 1: Diseño básico de la ruta Valle de Tumbaco-Quito

Figura 2: Líneas Quito cables Pisulí y Jaime Roldós con La Ofelia y el corredor central norte

Figura 3: Estudio de viajes diarios de origen y destino en Quito (S.A, Metro de Madrid, 2011)

Figura 4: Viajes desde Tumbaco al Híper Centro de Quito

Figura 5: Desplazamientos al HC de Quito (Municipio de Quito, 2008)

Figura 6: Evolución de densidad poblacional en Quito según zonas

Figura 7: Viajes según hora de acuerdo a la EDM11

Figura 8: Viajes en transporte público según hora de acuerdo a la EDM11

Figura 9: Viajes en transporte privado según hora de acuerdo a la EDM11

Figura 10: Oferta y Demanda de viajes en la ruta Metroférico al 2018

Figura 11: Efecto del crecimiento anual de motorizados, en la circulación y congestión (Bull, 2003)

Figura 12: Demanda de pasajeros diaria en la ruta Tumbaco-Quito

Figura 13: Ingresos anuales por transporte de pasajeros Metroférico con dos tarifas diferentes

Figura 14: Ingresos anuales por parqueaderos con diferentes tarifas

Figura 15: Ingresos Anuales Metroférico

Figura 16: Gastos anuales Metroférico

Figura 17: Gráficos de balance general del proyecto durante 20 años

Figura 18: TPDA Livianos Cumbayá-Miravalle-Quito (Consultores, 2005) (Metro de Madrid S.A, 2012)

Figura 19: TPDA Buses ruta Cumbayá-Miravalle-Quito (Consultores, 2005) (Metro de Madrid S.A, 2012)

Figura 20: Comparación de TPDA Livianos con y sin sistema Metroférico

Figura 21: Comparación TPDA Buses con y sin sistema Metroférico

Figura 22: Ahorros en subsidios de Diesel y Gasolina por el sistema Metroférico

Figura 23: Fotografía Satelital Pisulí 2015

Figura 24: Fotografías de posibles estaciones para las líneas Pisulí y Jaime Roldós

Figura 25: Uso de espacio de un carril exclusivo de buses vs Metroférico

Figura 26: Toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por vehículos livianos en el escenario actual y con el sistema Metroférico

Figura 27: Toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por vehículos pesados en el escenario actual y con el Metroférico

Figura 28: Emisiones de metano equivalentes en toneladas de CO<sub>2</sub> de vehículos livianos

Figura 29: Emisiones de metano equivalentes en toneladas de CO<sub>2</sub> de transporte pesado

Figura 30: Emisiones de N<sub>2</sub>O equivalentes en toneladas de CO<sub>2</sub> de vehículos livianos

Figura 31: Emisiones de N<sub>2</sub>O equivalentes en toneladas de CO<sub>2</sub> de vehículos pesados

Figura 32: Emisiones de CO<sub>2</sub> totales con Metroférico y sin Metroférico debido a vehículos livianos

Figura 33: Toneladas ahorradas de CO<sub>2</sub> por vehículos livianos fuera de circulación

Figura 34: Emisiones totales de CO<sub>2</sub> de vehículos pesados con y sin el sistema Metroférico

Figura 35: Emisiones ahorradas de CO<sub>2</sub> debido a vehículos pesados

Figura 36: Emisiones totales por autos y buses con y sin el sistema Metroférico

Figura 37: Ahorro en emisiones de toneladas de CO<sub>2</sub> debido al sistema Metroférico

Figura 38: Estación de teleferico Koblenz-Alemania (Koblenz, 2015)

Figura 39: Gastos mensuales por viaje en transporte entre Tumbaco y Quito (Resl, Jungh, Mucarsel, & Witt, 2012)

Figura 40: Relación de Accidentes por diferentes medios de transporte de acuerdo al Informe Estadístico de Suiza (2007-2011)

Figura 41: Zona de rutas alimentadoras en Cumbayá

Figura 42: Zona de rutas alimentadoras en Lumbisí, San Juan, Ilaló y Tumbaco

Figura 43: Zona de rutas alimentadoras Tumbaco

## **INTRODUCCIÓN Y ALCANCE DE PROYECTO**

### **a. Antecedentes**

La iniciativa Metroférico es un grupo de trabajo liderado por el Dr. Richard Resl, en el cual se ha buscado formas de mejorar la movilidad en el valle de Tumbaco y Cumbayá, respetando los espacios de vida de sus habitantes. Mi colaboración en este grupo de trabajo junto con la participación del resto de integrantes ha sido satisfactoria y, mediante estudios preliminares realizados por el equipo de trabajo, hemos descubierto y analizado datos muy interesantes sobre la movilidad de los habitantes de los valles hacia Quito. Hay varios aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales relacionados con el sistema de Metroférico para ser estudiados. Con este sistema de transporte lo que se busca es encontrar una solución sustentable para la movilidad desde y hacia el valle de Quito con el menor impacto posible.

### **b. Justificación**

El crecimiento del tráfico promedio diario anual (TPDA) en la ciudad de Quito es del 10% (Barrera, 2014). Esta cifra indica que en Quito se duplicará la cantidad de vehículos actuales en diez años. Tomando en cuenta que la ciudad se encuentra en una zona montañosa, cuya topografía es llena de pendientes, no es sencillo ampliar o construir más vías para satisfacer la demanda futura. Esta es una de las principales razones por la cual es necesario encontrar soluciones a la movilidad y urbanismo de la ciudad. La idea de implementar un transporte aéreo masivo urbano surge de las complicaciones de construir más vías en la zona donde se encuentra el Distrito Metropolitano de Quito. Con este sistema se busca ofrecer una alternativa sostenible de movilidad urbana, el cual cumpla criterios ambientales, sociales y económicos; de esta forma se implementa un servicio para la comunidad que toma en cuenta su seguridad, equidad, crecimiento y regeneración económica.

### **c. Objetivo**

**i. General**

Metroférico como eje de desarrollo urbano: Análisis de los impactos económicos, ambientales y sociales en la ruta Tumbaco-Quito

**ii. Específicos**

<u>Objetivos Específicos</u>	<u>Metas</u>	<u>Actividades</u>
<p><b>Análisis de los impactos económicos de la línea Metroférico Tumbaco-Quito</b></p>	<p>-Análisis de precios del proyecto y amortización.</p>	<p>- Escenarios de amortización con diferentes valores de pasaje -Análisis de costos operacionales</p>
	<p>- Análisis de impactos económicos del Metroférico</p>	<p>- Cálculos de beneficios económicos del sistema -Cálculos de ahorros para el Estado y la ciudad</p>
	<p>-Determinación aproximada de costos para la ciudad con el sistema Metroférico.</p>	<p>- Comparación costo-beneficio de la ruta Tumbaco-Quito y las rutas Pisulí-La Ofelia y Jaime Roldós-La Ofelia -Análisis de demanda de pasajeros en las rutas -Cálculos de ahorros por disminución de fuerza laboral debido a las congestiones vehiculares</p>

<p><b>Análisis de los impactos ambientales de la ruta Metroférico Tumbaco-Quito</b></p>	<p>-Análisis de flujo de personas y distribución hacia la ciudad</p>	<p>-Determinar la distribución de posibles usuarios de la ruta - Analizar los impactos en el flujo vehicular en la ciudad de Quito</p>
	<p>-Determinación de ocupación de suelos</p>	<p>-Mediante herramientas GIS analizar el impacto en el suelo tanto de las estaciones como de las torres - Estimación de costo ambiental de una vía que cumpla las características del sistema</p>
	<p>-Análisis de emisión de gases de efecto invernadero</p>	<p>- Cálculos de emisiones de gases de efecto invernadero con el sistema Metroférico - Cálculos de emisiones de gases de efecto invernadero sin el sistema Metroférico</p>
<p><b>Analizar los impactos en la sociedad del sistema Metroférico, así como sus beneficios como eje de</b></p>	<p>-Realizar y analizar posibles rutas de alimentadores</p>	<p>- Con herramientas de GIS trazar las rutas alimentadoras al sistema. - Analizar los impactos en las cooperativas actuales de transporte</p>

<b>desarrollo urbano</b>	-Demostrar la factibilidad del sistema	-Análisis de tiempos de viaje con y sin el sistema Metroférico -Análisis de crecimiento poblacional
	-Establecer beneficios para las zonas en donde se construyan las estaciones	-Determinar las ventajas para un posible desarrollo de las zonas aledañas a las estaciones - Estudio de ocupación territorial analizando los efectos en los espacios de vida de las personas

#### **d. Metodología**

1. Mediante la recolección de datos históricos como conteos vehiculares y mapas de flujo de personas en la ciudad de Quito, se puede analizar diferentes factores que afecten directa e indirectamente al proyecto. En este caso el TPDA (trafico promedio diario anual) es un dato muy importante para pronosticar los retos de la movilidad metropolitana, así como para analizar nuevos sistemas de transporte y la gestión de la movilidad.
2. Usando programas de información geográfica como ArcGIS, se puede analizar desde un punto de vista macro-espacial las necesidades de la ciudad, en especial de los valles de Cumbayá y Tumbaco. De igual forma, con el uso de Excel se realizará hojas de cálculos y gráficos estadísticos para una mejor representación de escenarios actuales y futuros en especial para los temas económicos y ambientales del proyecto.
3. Las estaciones del sistema Metroférico son la espina dorsal de este sistema, sin embargo estas no funcionan si no cuentan con un sistema inteligente de alimentadores. Es por esto que se debe tomar en cuenta el crecimiento poblacional, ya que esto afecta directamente a los posibles usuarios del sistema así como a la movilidad en los valles y en la ciudad. El

análisis y trazado de rutas alimentadoras al sistema ayudarán a dar un mejor servicio a los usuarios del sistema.

4. Mediante la comparación de las diferentes rutas de los sistemas de Quito cables y el Metroférico se obtendrán factores que ayuden a una mejor interpretación del servicio brindado por estas rutas. Estos factores serán obtenidos para los temas económicos, ambientales y sociales los cuales ayudarán a determinar la viabilidad y sostenibilidad de las diferentes rutas.
5. Se analizará las políticas actuales en cuanto a movilidad dentro de la ciudad, así como la planificación del espacio urbano y el desarrollo de un transporte público de calidad. Con esto se podrá desarrollar los pilares de transporte urbano para la ciudad de Quito los cuales son necesarios en toda política de movilidad exitosa.

#### **e. Localización Geográfica del Proyecto**

El proyecto Metroférico tiene como principal criterio la conexión intermodal a los sistemas de transporte ya existentes. El sistema se extiende desde el valle de Tumbaco hacia el parque de La Carolina pasando por vía aérea la Av. Simón Bolívar. Cuenta con estaciones en el Club El Nacional (0°12'34.10" S 78°25'12.88" W); Redondel La Lira en Cumbayá (0°11'48.17" S 78°26'29.85" W); Simón Bolívar (0°11'33.64" S 78°27'11.74" W); Plaza Argentina (0°11'25.57"S 78°28'48.85" W) y Parque La Carolina (0°11'18.72" S 78°29'05.17" W). Todas las estaciones están dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

## **1. DESARROLLO**

### **A. IMPACTOS ECONÓMICOS EN LA RUTA TUMBACO-QUITO**

#### **i. Comparación de Costos de Construcción y Operación**

##### **Costos de Construcción**

El sistema Metroférico es una propuesta como alternativa a sistemas de transporte público masivos urbanos, así también se presenta como una opción para los usuarios de automóviles incentivando el uso del transporte público para lograr la descongestión vehicular en la urbe y optimizar la distribución de viajes por las carreteras y calles. El Metroférico tiene como finalidad mejorar la movilidad en Quito, manteniendo una cuota alta de usuarios en el transporte público de la ciudad, liberando vías sobre todo en el anillo oriental de la ciudad con un promedio de 12,000 autos menos desde el primer día de operación. Cabe recalcar que esta cifra aumentará conforme se pruebe la funcionalidad del sistema y los ahorros en tiempo de movilidad que presenta para los usuarios y los ciudadanos del Distrito Metropolitano de Quito.

De acuerdo a conversaciones mantenidas con empresas fabricantes de sistemas de teleféricos, como Doppelmayr, Leitner y Poma Ropeways; así como con constructores, referencias de proyectos similares y expertos locales se han calculado precios bases para el diseño, construcción y operación del sistema como los muestra la siguiente tabla (Tabla 1: Costos de Implementación del Sistema). Estos costos fueron determinados para el año 2013; tomando en cuenta la inflación en el año 2014 y la pronosticada para el año 2015 se obtiene un promedio de 3.67% (INEC, 2015), con esto se obtienen los precios reajustados en la Tabla 1 (Resl, Jungh, Mucarsel, & Witt, 2012).

COSTO DE ADQUISICIÓN	USD
Fabricación, Envío y Planificación	105,000,000
Construcción e Implementación	80,000,000
Terrenos (Adquisiciones para accesos)	6,000,000
Operaciones de Prueba	1,555,050
Infraestructura Comercial	15,000,000
<b>TOTAL</b>	<b>207,555,050</b>

**Tabla 1: Costos de Implementación del Sistema**

Dentro de estos costos están tomados en cuenta los estudios de pre-factibilidad, que normalmente representan 0.25 - 0.50 % del costo total del proyecto; los estudios de factibilidad que rondan los porcentajes de 0.50 – 1.00 % del costo total; costos de oferta y diseño 1.00 – 2.00 %; Project managment y Control 4.00 – 5.00 % del costo final (CBS ING S.A, ILF Consulting Engineers, 2014). Los estudios de factibilidad deben incluir un estudio de la demanda de tráfico y una selección de ruta básica. De igual forma, se debe determinar el tipo de sistema a implementar (3S o 2S) basados en cálculos preliminares de demanda; así mismo debe realizarse un estudio básico de impacto ambiental y todos los estudios financieros y de amortización. El diseño preliminar debe tomar en cuenta la topografía y un estudio geológico preliminar; estudios de derecho de vía y expropiaciones; estudios detallados y diseños de construcción.

De acuerdo a los datos técnicos de un estudio realizado por ILF Consulting Engineers para la ruta Valle de Tumbaco – Quito estos costos son mayores como se los muestra en la Tabla 2. Esto se debe principalmente porque la empresa es de origen Austriaco, por lo tanto los precios mostrados son en base a costos europeos.

Teleférico	Sistema	Capacidad	Longitud	Cabinas	RW Tech	EPC	Eng	TOTAL
Quito		(pph)	(Km)					
	3S	5500	7.9	112	126,063,000	91,000,000	17,600,000	234,662,000

**Tabla 2: Costos aproximados de acuerdo a ILF (CBS ING S.A, ILF Consulting Engineers, 2014)**

Para el primer caso se tiene un costo por Km de sistema de \$ 23, 883,468.35 USD y para el segundo caso, con precios de acuerdo a ILF, el costo por Km es de \$ 29, 704,050.63 USD. Los costos de implementación del sistema en el primer caso incluyen un aproximado del gasto a realizarse en cuanto a la expropiación de terrenos para la colocación de torres del sistema y para las paradas, las cuales abarcan en total aproximadamente 3.5 hectáreas. Vale recordar, que en el estimado realizado por ILF estos costos no están incluidos.

Para la ciudad de Quito, el Municipio ha planificado la construcción de proyectos de teleféricos para el mejoramiento del sistema de transporte público. Entre estos proyectos está la construcción de una línea para los barrios altos del norte de la ciudad. Una de estas líneas unirá el barrio Jaime Roldós con el corredor central norte y La Ofelia. La otra línea permite la interconectividad entre el barrio Pisulí e igualmente La Ofelia. La figura 2 muestra la imagen por donde pasarían estas líneas y sus respectivas estaciones.



**Figura 1: Trayecto propuesto línea Metroférico**

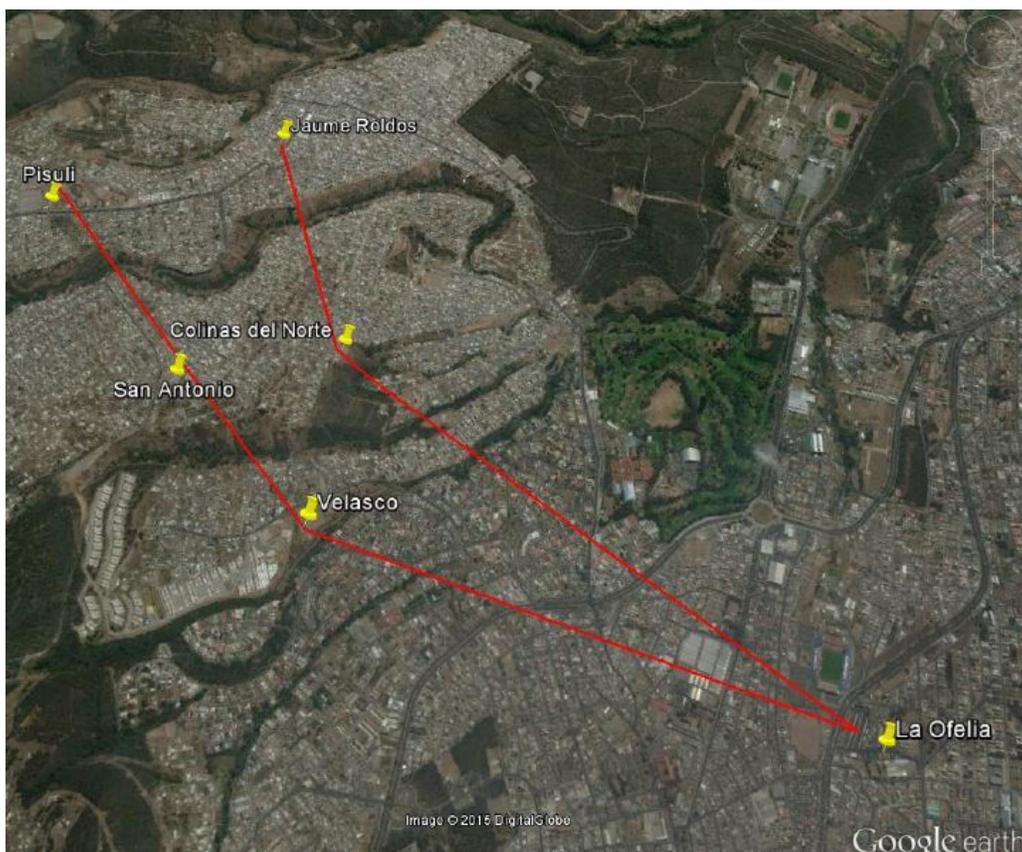


Figura 2: Líneas Quito cables Pisulí y Jaime Roldós con La Ofelia y el corredor central norte

El costo de construcción estimado de estas líneas, mostrado en la tabla 3, se obtuvo del “Estudio Preliminar Para La Implementación de Tres Líneas de Transporte por Cable en Barrios Altos del Distrito Metropolitano de Quito”, que es un informe realizado para el municipio y contratado por el municipio de la ciudad de Quito. De acuerdo a este informe, estas líneas tienen una capacidad máxima de 3,600 pasajeros por hora en cabinas de 10 personas sentadas, con instalaciones desembragables que alcanzan las velocidades de 6 m/s (Blandon, 2015).

Línea	Costo
Pisulí – La Ofelia	\$59, 629.000
Jaime Roldós – La Ofelia	\$49, 156.000

Tabla 3: Costos de Costrucción Quito Cables (Blandon, 2015)

Los costos de la tabla 3 incluyen estimados de costos de montaje, transporte, aranceles, obra civil, edificios, construcción y honorarios. Esto también incluye toda la mecánica del sistema y de sus estaciones.

## **ii. Costos de Operación**

Los costos operacionales del sistema Metroférico son relativamente bajos. Esto se debe a que es un sistema que puede transportar hasta 150,000 pasajeros diarios con poco personal encargado del correcto funcionamiento del sistema. Como todo sistema mecánico es necesario que se realice operaciones de mantenimiento, que de acuerdo a conversaciones con gente experta en el tema y constructores de los sistemas, se necesitan 15 días al año para tales fines. Estos 15 días necesarios para mantenimiento pueden ser distribuidos en horas en las cuales el sistema no se encuentre en funcionamiento. Es decir, el mantenimiento podría ser realizado en 90 días por 4 horas cada día; en 60 días por 6 horas cada día o en 15 días ocupando un día a la semana. Por lo tanto, el sistema puede estar en pleno funcionamiento y a toda capacidad por 350 días durante el año. Para el cálculo de los costos operativos del sistema se asumen factores como días de personal ausente por enfermedades y vacaciones; también se toman en cuenta los feriados que desde el año 2012 hasta el año 2015 cuenta con 13 días de feriados (Ecuador, 2015) como se informa en el Ministerio de Turismo de Ecuador. Se tomó en cuenta que de acuerdo al decreto No. 1162 suscrito en mayo del 2012, “Las jornadas laborales que se den lunes y martes deberán recuperarse, sin recargo alguno, los dos sábados subsiguientes” (Ecuador, 2015). En realidad el país cuenta con 10 días de feriado, sin embargo se contabilizan 13 ya que el feriado de Navidad cuenta con un puente vacacional. El sistema Metroférico puede operar con un máximo de 90 personas, tomando en cuenta personal de limpieza y seguridad. Se necesita personal

administrativo, que son un gerente general, supervisores y jefes de operaciones, aparte del secretariado para asistir a las personas en estos cargos. El departamento técnico debe contar con ingenieros eléctricos e ingenieros mecánicos. También es necesario contar con personal de explotación los cuales son técnicos electromecánicos, responsables de las estaciones, encargados de las plataformas, técnicos auxiliares para mantenimiento, personal encargado de las ventas de taquillas así como personal de seguridad y limpieza. La tabla 4 presenta la cantidad de personas necesarias para operar la línea sin problema; en esta tabla sólo se presenta el personal en cargos importantes, es decir no se toma en cuenta personal de limpieza, seguridad o de taquillas ya que esto dependerá del tamaño de las estaciones y de la afluencia de personas que haya en las mismas.

Nivel	Área de Trabajo	Descripción	No. Personal	Personal (Off-Time)
	Oficina	Administración	10	10
1	Operación	Gerente General	1	1
2	Operación	Supervisor	1	1
3	Operación	Jefe de Operaciones	5	2
3	Operación	Ingenieros	12	6
4	Operación	Técnicos	30	12
2	Mantenimiento		1	1
4	Mantenimiento		10	6
<b>TOTAL</b>			69	37

**Tabla 4: Personal necesario para Operación del sistema**

La Tabla 4 está basada para la línea Tumbaco-Quito con cuatro estaciones. La primera columna indica el nivel del cargo; la cuarta columna indica la cantidad de personal necesario para operar de forma eficiente y proveer el mantenimiento necesario al sistema garantizando su correcto funcionamiento durante 350 días; la quinta columna muestra el personal necesario mínimo para operar las áreas de oficinas, mantenimiento y operación tomando en cuenta el tiempo de vacaciones y ausencia por enfermedad que se podría dar.

En el Estudio Preliminar para la Implementación de Tres líneas de transporte por cable en barrios altos del Distrito Metropolitano de Quito, realizado para la secretaria de movilidad del Municipio de Quito, se muestran valores aproximados a pagar en salarios mensuales a las personas que operen las líneas de Pisulí, Roldós, y La Argelia. La tabla 5 muestra los valores, que fueron obtenidos del informe final.

<b>Posición</b>	<b>Salario Mensual</b>
<b>Director</b>	5500
<b>Jefe de explotación</b>	3400
<b>Encargado de Plataforma</b>	1000
<b>Técnico electromecánico</b>	2000
<b>Ingeniero electromecánico</b>	3000
<b>Vigilante (seguridad)</b>	1000
<b>Vendedores tickets</b>	800

<b>Personal de Limpieza</b>	500
-----------------------------	-----

**Tabla 5: Salarios mensuales según un estimado por la Secretaria de Movilidad (Blandon, 2015)**

En el estudio realizado por Noel Blandon para la Secretaria de Movilidad indica que: “Los salarios han sido multiplicados por 1.5 para tener en cuenta las cargas sociales” (Blandon, 2015).

En base a la tabla 4 y a la tabla 5, se determina que la línea que une el valle de Tumbaco con Quito generaría un gasto mensual en salarios de personal de \$109,100. Por lo tanto, al año se generarían gastos operacionales de \$1, 309,200 dólares. Es importante destacar que también se analizó un costo de personal anual de \$1, 866,000.00, el cual incluye una nómina total de 90 personas operando en el sistema de transporte y sus respectivas paradas.

El sistema aéreo Metroférico de acuerdo a cálculos de proyectos similares consumirá un total de 2,4 MW/h (Mega vatio hora). El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable fijó los precios de producción de energía térmica en \$0.23 centavos el kW-h (kilovatio hora), y de energía hidroeléctrica y eólica en \$0.09 centavos el kW-h (Ecuador M. d., 2015). Con estos precios se calcula un gasto en energía anual de \$1, 366,200; este cálculo es referencial al costo comercial del kilovatio-hora, en el futuro será menor ya que se generará mucha más energía proveniente de hidroeléctricas, con lo cual el costo del kilovatio-hora se reducirá. Por esta razón, se podría ahorrar un 12% en el costo de operación de energía eléctrica.

<b>Gastos Operación</b>	<b>Valor Anual</b>
<b>Personal</b>	\$1, 309,200
<b>Mantenimiento</b>	\$3, 440,000
<b>Gastos</b>	\$1, 400,000

<b>Energía</b>	\$1, 366,200
<b>Total</b>	\$7, 515,400

**Tabla 6: Costos Operacional Anuales**

En la tabla 6 se muestran los costos totales de operación anuales de la línea Metroférico. El ítem gastos se refiere a seguros contratados para sistema que garanticen su operación y en casos de desastres naturales el sistema estará asegurado y las pérdidas serán menores.

El mantenimiento de estos tipos de sistemas consiste en varias etapas que pueden ser distribuidas en horas de mantenimiento que el sistema no funciona. En estas etapas se hacen revisiones parciales de los componentes sin desarmarlos, por lo cual es un trabajo continuo de varios días sin necesidad de afectar el funcionamiento del sistema. También se realizan mantenimiento de elementos mayores que pueden estar sujetos al desgaste; en este caso es necesario que el sistema no se encuentre en funcionamiento. En caso de que exista un corte de energía el sistema tendrá motores térmicos a diesel que impulsarán la polea principal.

Los costos de operación de las líneas Pisulí y Roldós se muestran en la tabla 6 (Blandon, 2015). Estas son las rutas que el Municipio de Quito planea construir primero. Estas líneas de Quito Cables tienen las siguientes longitudes: Pisulí 4,1 Km; Jaime Roldós cuenta con 3,6 Km.

	<b>Línea Pisulí</b>	<b>Línea Roldos</b>
<b>Personal</b>	2, 100.000	1, 900.000
<b>Costo de Consumibles</b>	160.000	119.000
<b>Costo de Mantenimiento</b>	892.000	515.000
<b>Costo Energía</b>	780.000	530.000
<b>Costo Administrativo</b>	350.000	350.000
<b>Total Costo Operativo</b>	4, 282.000	3, 414.000

Anual \$	
----------	--

**Tabla 7: Estimado de costos operacionales anuales de las líneas Quito Cables (Pisulí, Roldós y La Argelia)**

Realizando un análisis del costo de operación por unidad de longitud, se puede apreciar que los costos operativos del Metroférico son menores que los de la línea Pisulí y muy similares a los costos operativos de la línea Jaime Roldos-La Ofelia.

Realizando una investigación de flujo de pasajeros y demanda, junto con los gastos operacionales, se pueden obtener valores que indican qué tan justificable son las construcciones de las diferentes líneas, ya que por costos similares, con pocas variaciones, se podría beneficiar mucha más gente de un sistema, si este es construido en dónde en verdad es necesario. Para ilustrar lo dicho anteriormente mediante un ejemplo, se puede decir que un sistema que beneficie a 10,000 personas y además permita que el flujo de tráfico mejore para ciudadanos que no necesariamente utilizan este sistema, en realidad está beneficiando a más de esas 10,000 personas. Sin embargo, puede suceder que un sistema de transporte beneficie a 10,000 personas pero no tiene un impacto positivo en la movilidad del resto de personas que no utilizan ese sistema, entonces es un sistema menos eficiente que el anterior. Una ciudad que tenga una movilidad urbana sostenible tiene mejor calidad de vida y su economía por lo general es más saludable.

Línea	Longitud Km	Costo Operación \$	Costo/Longitud \$
<b>Metroférico</b>	7.9	7, 515,400	951.316
<b>Jaime Roldós</b>	3.6	3, 414.000	948.333
<b>Pisulí</b>	4.1	4, 282.000	1, 024.878

Tabla 8: Costos Operacionales por Longitud

En el Anexo 1 se muestran las tablas completas del análisis económico del Metroférico.

## B. Flujo de pasajeros

### i. Línea Metroférico

En la ciudad de Quito se realizan más de 5 millones de viajes diarios, de los cuales de acuerdo a varias fuentes un 74% se realiza en transporte público y escolar. Las personas que viajan en auto particular representan un 26% según la página web del Metro de Quito (Metro de Quito EPM, 2015). De estos viajes públicos aproximadamente 2 millones son realizados en cooperativas de buses privadas, que circulan por toda la ciudad.

En el “Estudio para el diseño conceptual del sistema integrado de transporte metropolitano de Quito” realizado por el consultor Metro de Madrid S.A, señala que entre los valles alrededor de Tumbaco y el aeropuerto se realizan aproximadamente 118 mil viajes diarios, de los cuales un

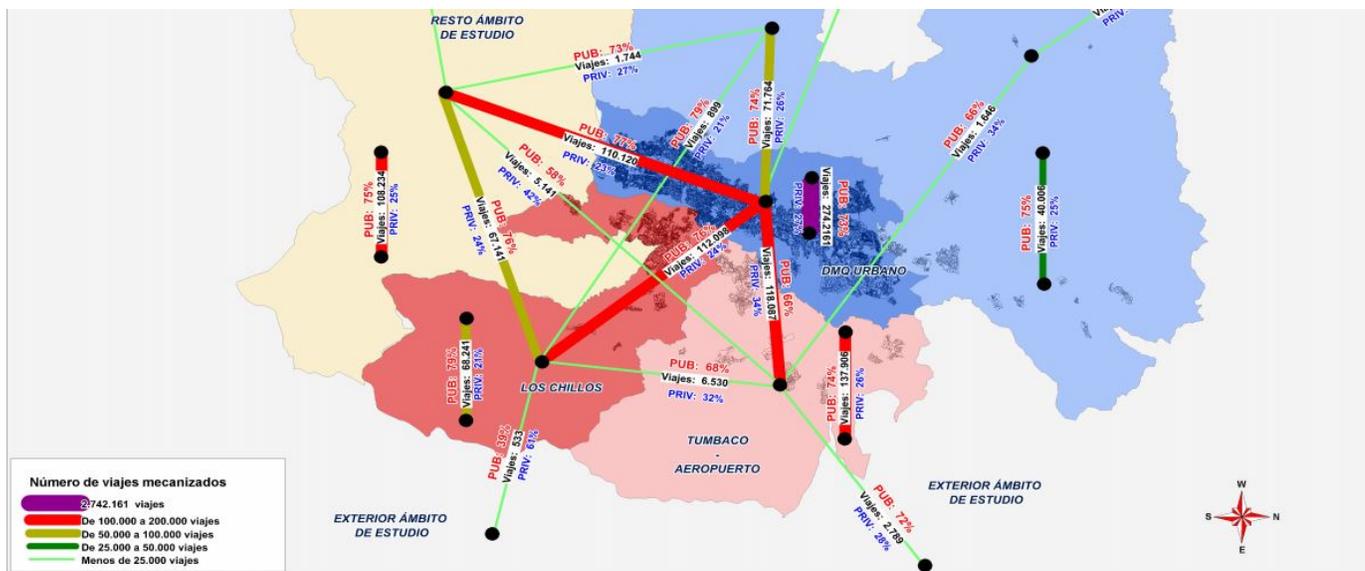


Figura 3: Estudio de viajes diarios de origen y destino en Quito (S.A, Metro de Madrid, 2011)

74% utiliza el transporte público (S.A, Metro de Madrid, 2011). La figura 3 y 4 muestran los resultados del estudio que realizó la consultora española, en los cuales se puede apreciar notablemente dónde se realizan la mayor cantidad de viajes dentro de la ciudad.

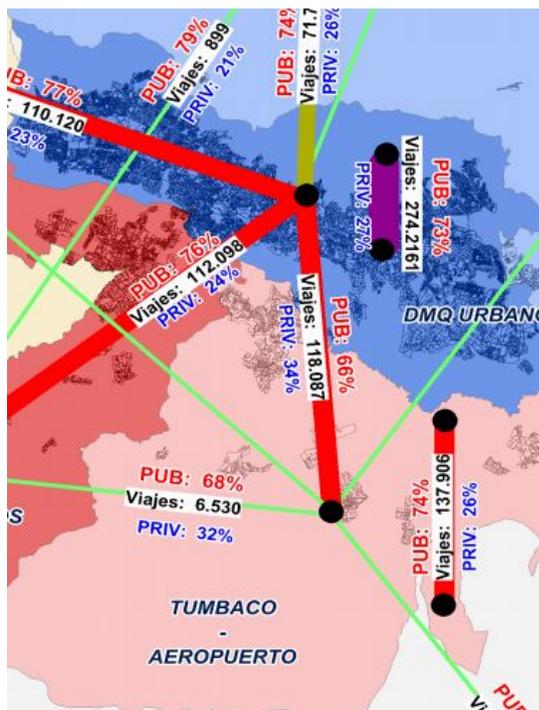


Figura 4: Viajes desde la zona de Tumbaco-Aeropuerto e Hiper Centro de Quito

En el plan maestro de movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito, que fue realizado en el 2008, se calculó que el número de viajes diarios exclusivamente desde Cumbayá y Tumbaco hacia el Híper Centro de Quito (HC) era de 47.000 (figura 5). Sin embargo, actualmente existen aproximadamente 100.000 viajes diarios.

Este rápido incremento en la cantidad de viajes se debe en parte a la tasa de crecimiento de 5% que tiene el valle de Tumbaco, influenciado por una nueva dinámica que pueden crear estructuras nuevas como el aeropuerto de Quito; esto ha impulsado que Tababela y sus alrededores aumenten su tasa de crecimiento de 3% a 5% en tan sólo dos años (Municipio de Quito, 2009). La figura 6 muestra el esperado crecimiento de la densidad urbana en zonas del Distrito Metropolitano.

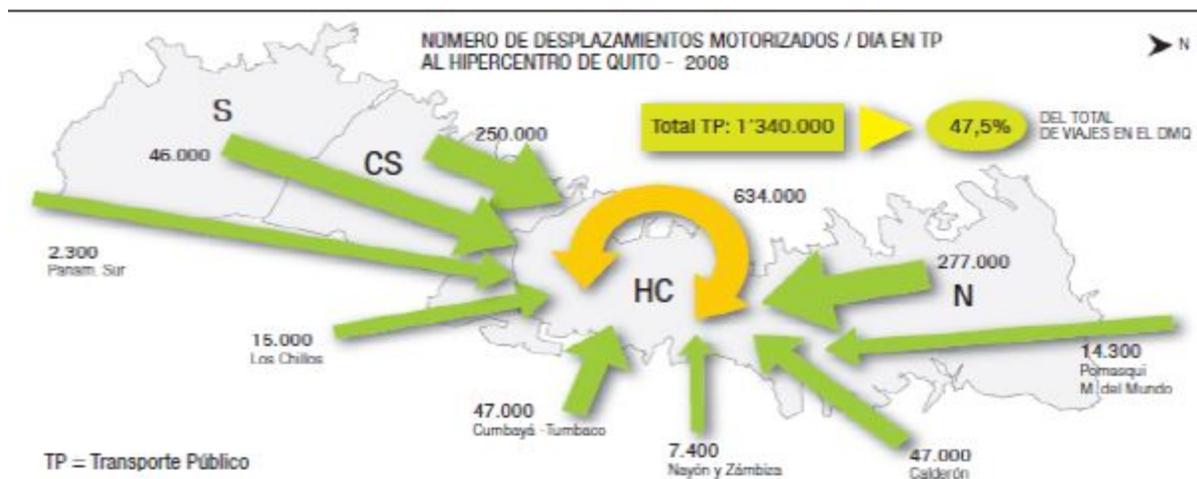
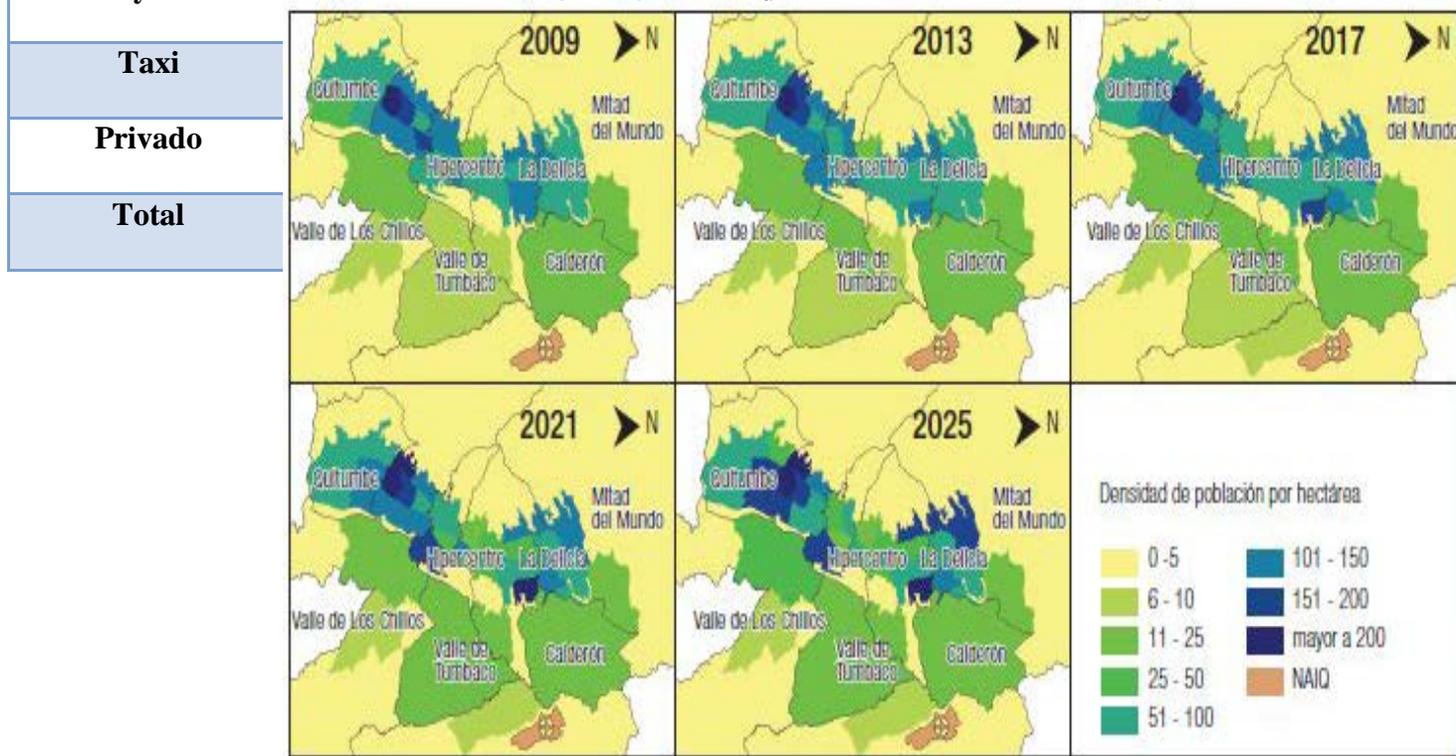


Figura 5: Desplazamientos al HC de Quito (Municipio de Quito, 2009)

Los conteos vehiculares realizados para el Metro de Quito arrojaron los siguientes resultados en cuanto a los viajes entre Valles y Quito Urbano al año 2013: 80.604 viajes diarios públicos y 27.656 viajes diarios privados. La tabla 9 muestra los números de Cumbayá y Tumbaco; la tabla 10 son los resultados de las zonas de Puenbo, Pifo, Tababela, Yaruquí y El Quinche.

Transporte	Número de Viajes	Transporte	Número de Viajes
<b>Público</b>	39.819	<b>Público</b>	12.566
<b>Escolar y Turismo</b>	12.068	<b>Escolar y Turismo</b>	1.306



**Tabla 9 (izquierda) y tabla 10 (derecha); tabla 9: número de viajes desde Tumbaco y Cumbayá al HC de Quito; tabla 10: números de viajes desde Puembo, Pifo, Tababela, Yaruquí y El Quinche a Quito.**

**Figura 6: Evolución de densidad poblacional en Quito según zonas**

Con estos números se vuelve claro que el problema del tráfico de las entradas a Quito desde los valles se debe principalmente al cuello de botella en la conexión entre Cumbayá y la Simón Bolívar hacia el HC de Quito. Este problema del tráfico que afecta a los valles de Quito y al Híper Centro y sus alrededores debido a la cantidad de autos que entran a la ciudad, puede ser disminuido evitando la entrada de vehículos. En la zona de Tumbaco y el aeropuerto en el año 2011, de acuerdo a los resultados de la Encuesta Domiciliaria de Movilidad, había 162.959 habitantes y 20.088 vehículos livianos, lo que significa que hay 0.12 vehículos/habitante. Las proyecciones al año 2015, tomando en cuenta un incremento poblacional anual del 5% y el crecimiento del TPDA de 10%, arrojan que en este año en la misma zona habrá 29.410 autos. Por lo tanto el factor de 0.12 vehículos/habitante sube a 0.15 vehículos/habitante, es decir un incremento del 3%.

Con un incremento del 4% anual en número de viajes aumenta la demanda en 10 años a aproximadamente 150.000 posibles usuarios del sistema Metroférico. En esta cifra se está tomando en cuenta usuarios de zonas más lejanas a Tumbaco como Puembo, Pifo, y demás zonas. Asumiendo que se mantiene la tendencia de que aproximadamente 75% de las personas se movilizan en transporte público como buses, furgonetas y taxi, son 120.000 usuarios que utilizarían el transporte público. De esta cifra, se estima que 80.000 usuarios se mueven directamente hacia el HC de Quito, las personas restantes se asume que van a diferentes partes de la ciudad dentro del área urbana. Las horas pico de movilidad en Quito son tres horas en la mañana, a partir de las 6.00 am hasta las 9.00 am; tres horas en la tarde desde la 1.00 pm hasta las 4.00 pm (hora de salida de clases) y dos horas en la noche de 6.00 pm a 8.00 pm. La figura 7

muestra un gráfico de viajes según la hora en Quito de acuerdo a datos de la EDM11. En este gráfico se aprecia fácilmente las horas a las cuales existen los mayores números de viajes, y por lo tanto son las horas de mayor tráfico en las calles. Esto resulta en una demanda aproximada de 4700 personas por hora en cada dirección, que proyectada al 2034 sería de un poco más de 12.000 personas por hora por dirección. La figura 8 y 9 muestran las horas donde hay mayor demanda de viajes de acuerdo al tipo de transporte ya sea público o privado.

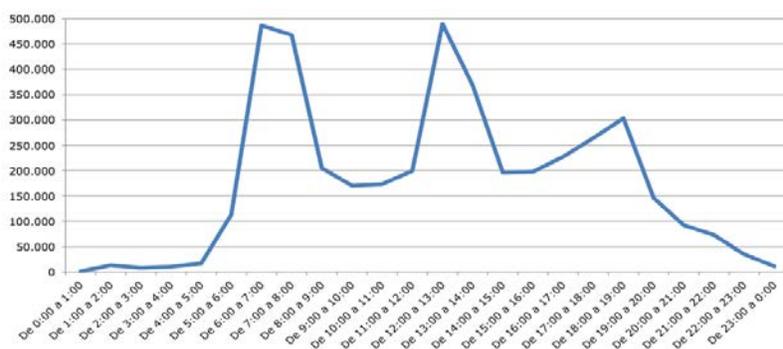


Figura 7: Viajes según hora de acuerdo a la EDM11 en el DMQ

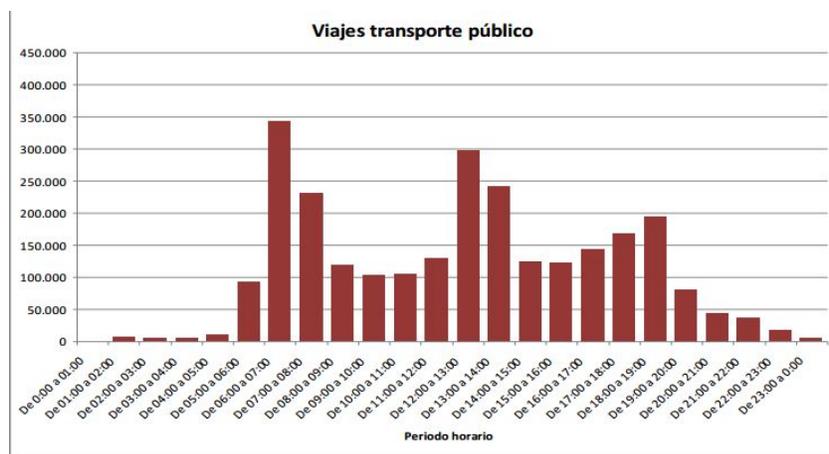
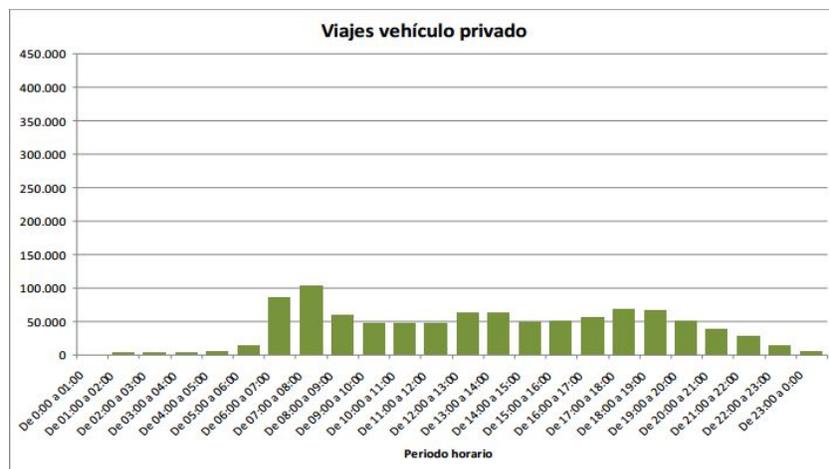


Figura 8: Viajes en transporte público según hora de acuerdo a la EDM11 en el DMQ



**Figura 9: Viajes en transporte privado según hora de acuerdo a la EDM11 en el DMQ**

En función de los estudios de origen-destino de transporte público y privado, se estimó que 1/3 de los usuarios de transporte individual utilizarían el Metroférico, así como 2/3 de los usuarios del transporte público. Es decir, de los 20,989 vehículos motorizados individuales que circulan entre Quito y el Valle de Tumbaco, que con un factor de 1,2 personas/auto se estima que viajan 76,325 personas al día, por lo cual los usuarios del Metroférico serían 25, 187; aparte se tiene que diariamente 81,450 personas utilizan el transporte público, por lo tanto los usuarios del Metroférico en este caso serían de 53,757 personas diarias. Sumando estas dos cifras se tiene que la demanda al año 2016 sería de 78,944 personas al día. En base a las figuras 8 y 9, se puede establecer que en promedio viajarían 2467 personas en cada dirección durante las horas pico. Diariamente utilizarían el Metroférico 77.000 personas y 1, 896.000 personas mensuales. Con estos datos no habría tiempos de esperas en las paradas ya que la oferta de espacio en el sistema será mucho mayor que la demanda.

Para el año 2026, tomando en cuenta los índices de crecimiento poblacional de Tumbaco, que es 5%, y de Tababela y sus alrededores que igualmente bordea el 5%, se estima que 5,545 personas utilicen el Metroférico en horas pico por dirección. Con esta cifra, al día viajarían 133.855 personas y mensualmente 3, 212.520. Con este escenario la oferta de transporte será superada

por la demanda, por lo que se estima que habría una espera de aproximadamente 5 a 8 minutos durante las horas pico ya que la demanda sería de 12,300 personas durante estas horas (figura 10).

A pesar de estos tiempos de espera futuros, el atractivo principal del Metroférico es el ahorro en tiempos de viaje de todos los usuarios, su ubicación central y de sus estaciones en lugares estratégicos con facilidades para llegar a las mismas, así como la oferta continua de transporte sin tiempos de espera durante 18 horas diarias. Esto crea confianza en el sistema ya que es un medio exacto de transporte, con tiempos fijos, accesible para todos y sin barreras para personas discapacitadas.



Figura 10: Oferta y Demanda de viajes en la ruta Metroférico al 2018

En la página oficial de noticias de la Alcaldía de Quito, informan que en total se transportan 6000 pasajeros diarios en los sistemas de transporte que son operados por buses que parten desde las terminales de Quitumbe (16 buses) y Rio Coca (14 buses) hacia el Nuevo Aeropuerto (E.P Metropolitana de Servicios Aeroportuarios, 2013). De estos 6.000 pasajeros diarios 3.600 son transportados desde la terminal de la Rio Coca diariamente de lunes a viernes. En la misma página indica que “Los fines de semana, esos números se incrementan a 4.000 más durante cada jornada. Esto da un total de 10.000 personas que se mueven cada día del fin de semana al nuevo

aeropuerto” (E.P Metropolitana de Servicios Aeroportuarios, 2013; Comunicación, 2015). En promedio se moverían 7.000 personas diarias. Las cifras que se manejan actualmente son alrededor de 5 millones de usuarios al año. Dentro de los siguientes diez a veinte años este número de usuarios del aeropuerto podría subir de 10 a 15 mil personas diariamente. El volumen de tráfico mayor se da durante la mañana y la tarde que es cuando normalmente el aeropuerto tiene más tráfico aéreo. Analizando estas cifras se puede concluir que, si 1/3 de las personas que utilizan transporte público para ir al aeropuerto, usarían el Metroférico hasta la estación de Tumbaco, y de aquí un alimentador al aeropuerto, la cifra de pasajeros sería alrededor de 1200 pasajeros. Debe notarse que la aceptación y uso del transporte público depende altamente de la calidad del transporte y su efectividad en tiempo de viaje. Debido a que existe una nueva vía al aeropuerto varios usuarios prefieren transportarse en taxi o en vehículos privados. Hay que destacar la importancia de que estos tipos de transportes aéreos con tiempos de viaje fijos se ubiquen cerca o relativamente cerca de estructuras importantes como es un aeropuerto. Esto podría transformarse en una fuente de usuarios fijos aparte de los usuarios que lo utilicen por cercanía al trabajo y al hogar, con lo cual se puede dar un mayor eje económico.

Al número total de usuarios se los dividió en cuatro grupos, cada uno del 25% del total de usuarios, y se los dividió para el número de horas durante cuatro etapas del día. La primera etapa es de las 6h00 am a las 9h00 am. La segunda etapa consta de 7 horas y empieza a las 9h00 am y termina a las 4h00 pm. La tercera etapa es de tres horas desde las 4h00 pm hasta las 7h00 pm. La última etapa es de cuatro horas desde las 7h00 pm hasta las 23h00; el sistema estaría en funcionamiento por 17 horas diarias. La tabla 11 muestra los datos obtenidos, y se puede ver cuales serías consideradas las horas pico.

% Diario	Horario	h	pers/dia/dir
25	06.00 -	3	

	09.00		2,346
25	09.00 -	7	
	16.00		1,005
25	16.00 -	3	
	19.00		2,346
25	19.00 -	4	
	23.00		1,760

**Tabla 11: Distribución horaria usuarios Metroférico**

## ii. Línea Pisulí y Roldós

Pisulí es un barrio alto del norte de Quito, que de acuerdo a los planes del municipio de la ciudad, será conectado con La Ofelia pasando por San Antonio y La Libertad. Según los datos de habitantes por zonas de la ciudad, obtenidos de la pagina de datos abiertos del municipio, se estimó al año 2011 que en Pisulí vivían alrededor de 19.000 personas, de las cuales un total de 17.000 utilizaría el transporte público para movilizarse (Municipio de Quito, 2015). Sumando los habitantes de los otros barrios se espera que esta línea brinde servicio a 21.000 pasajeros diarios con un tiempo de viaje de alrededor de 13 minutos. El desnivel de esta ruta es de aproximadamente 250 metros. Este sector está alejado y de difícil acceso ya que está separado por una quebrada, lo cual lo aleja de los corredores de transporte centrales de la ciudad como el Metrobus y la posible expansión del Trolebus.

El barrio Jaime Roldós se encuentra elevado de igual forma con respecto a los corredores centrales cercanos como el Metrobús. En el año 2011 se estimaba que vivían en el sector de Jaime Roldós aproximadamente 20.000 personas, de las cuales 18.000 utilizaban el transporte público como método de movilización. Para esta línea existen “tres quebradas muy pronunciadas que dificultan la accesibilidad al sitio” (Comunicación, 2015). El viaje estimado de esta línea es de 11 minutos, y contará con la estación en Jaime Roldós como estación garaje.

Para estas líneas se calcula que entre el 50% y 70% de los viajes realizados sean por transporte aéreo. Por lo tanto, de acuerdo al estudio preliminar realizado por Noel Blandon, sobre las líneas

Norte y Sur de la ciudad garantizan de 4.250 a 5.950 viajes diarios (Blandon, 2015). Sin embargo, en el mismo informe aclaran que: “Las mismas líneas de transporte por cable deberían igualmente asegurar la demanda de desplazamientos desde la zona Colinas del Norte, que corresponde aproximadamente a los mismo valores” (Blandon, 2015). Con esto se espera que cada línea opere con 7,000 a 10.600 viajes diarios y una capacidad de 1800 personas por hora. Para la línea Pisulí se estima una capacidad de 1.500 a 2.200 personas por hora. En la tabla 12 se muestra un resumen de las capacidades de transporte de cada línea y cuantas personas pueden ser beneficiadas por estos sistemas.

Línea	Usuarios 2015	Pasajeros Por Hora por dirección	Precio de Construcción \$
Metroférico	78,944	4.700	207, 555.050
Pisulí	19.000	1.800	58, 678.000
Jaime Roldós	20.000	1.800	49, 701.000

**Tabla 12: Capacidad de transporte de las diferentes líneas**

Si se divide el precio de construcción para el número de usuarios se tienen los siguientes factores: Metroférico 2.629; Pisulí 3.088 y Jaime Roldós 2.785. Es decir, la línea Metroférico es más conveniente ya que el precio de construcción en relación al número de usuarios desde el primer año es más bajo que las otras líneas, por lo tanto es un proyecto más rentable para la ciudad. Esto principalmente porque el número de usuarios que utilizarían esta línea es mucho mayor, por lo que la amortización de este proyecto es más rápida sin caer en subsidios por parte del estado o de la ciudad.

Se puede pronosticar que la congestión vehicular actual y la falta de transporte público de calidad enfrentarán cada vez mayores limitaciones para brindar un servicio adecuado, ya que cada vez hay más usuarios en las redes de caminos entre Tumbaco y Quito. De igual forma, los últimos kilómetros antes de entrar a las centralidades de Quito (Av. Granados y Túnel Guayasamín) cuentan cada vez con un número mayor de autos que afectan el flujo vehicular en estos puntos de destino. La figura 12 muestra un gráfico de cómo afecta un incremento del 1% en los motorizados y su efecto en la circulación y congestión.

Por los datos de flujos de pasajeros mostrados anteriormente, se están tomando cifras muy reservadas con un mínimo de 1/3 de los viajes actuales y futuros.

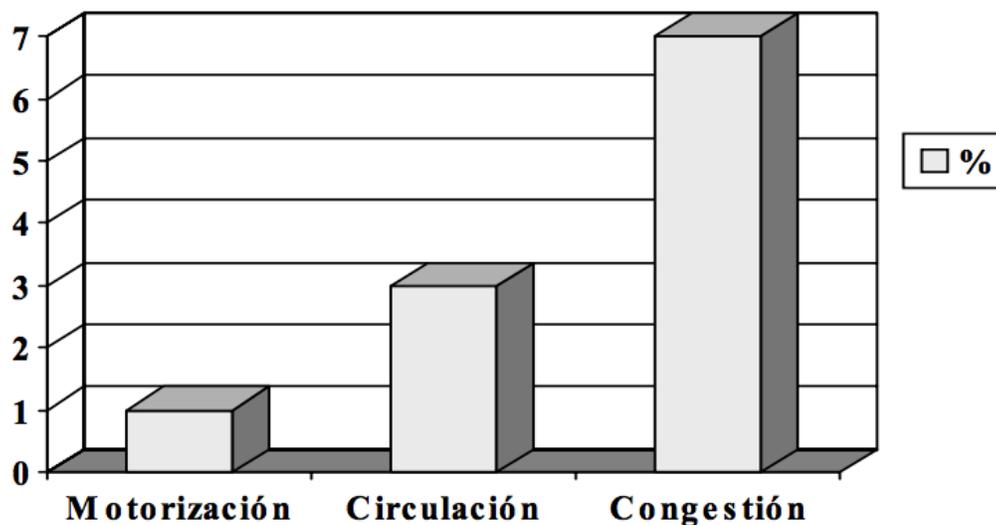


Figura 11: Efecto del crecimiento anual de motorizados, en la circulación y congestión (Bull, 2003)

### C. Amortización del Proyecto

La línea que une el valle de Tumbaco con el HC de Quito puede ser financiado con un costo de pasaje de \$0.75 centavos el trayecto completo y \$0.50 centavos si el trayecto es Cumbayá-Quito

pasando por la Av. Simón Bolívar. Considerando que el costo de pasaje de los buses alimentadores es de \$0.25 centavos, cualquier persona puede fácilmente viajar con \$1 dólar.

El costo total del Metroférico es de \$207, 555.050.00, se considera un capital propio de \$17, 555,050.00 con un préstamo total de \$190, 000,000. Al monto total del préstamo se lo divide en dos préstamos: el primero de \$100, 000,000 y el segundo de \$90, 000,000. La razón de dividir el préstamo total es porque el primer año a partir de la firma del contrato de construcción la mayoría del monto recibido iría al fabricante del sistema. El segundo préstamo sería un año después con lo cual se cubriría los gastos de la construcción de la infraestructura del sistema junto con el saldo del primer préstamo y el monto de capital propio. Es común en las entidades financieras como el Banco Mundial o CAF brinden estos tipos de préstamos donde facilitan tres años de gracia en los cuales sólo se paga los intereses. Cabe recalcar que los cálculos de amortización del proyecto se realizaron con una tasa de interés muy alta.

#### **i. Ingresos esperados por Tarifa**

La principal fuente de ingresos, como es de esperarse, es de la venta de boletos para brindar el servicio por el cual fue construido. En comparación a datos analizados de estudios de conteos de autos como el “Estudio Definitivo de Ingeniería Ruta Sur-Vía Aeropuerto”, realizado en el 2005 por ASTEC-F. ROMO Consultores, el “Estudio Origen Destino de Quito” como parte de los estudios para el Metro de Quito en el 2012 y el “Plan Maestro de Transporte Para el Distrito Metropolitano de Quito” de la Dirección de Transporte y Vialidad del 2003 y la proyección del crecimiento del parque automotor, los datos coinciden que actualmente se tiene alrededor de 80,000 viajes diarios de vehículos livianos por las rutas de los valles de Tumbaco (Metro de Madrid S.A, 2012) (Dirección Metropolitana de Transporte y Vialidad, 2003) (Consultores,

2005). La figura 12 muestra los números de pasajeros por día que se espera utilicen el Metroférico. Estas cifras se obtuvieron de conteos vehiculares y promedios de ocupación de motorizados. Se consideró que 1/3 de los viajes privados se realizarán en el sistema al igual que 2/3 de los viajes públicos. De esta forma, en el año 2017 se esperan 77,000 viajes aproximadamente que en cinco años aumentan a un poco más de 112,000. En el año 2035 se espera una demanda diaria de 187,000 que significa 65, 619,897 usuarios anuales



Figura 12: Demanda de pasajeros diaria en la ruta Tumbaco-Quito

Debido a la longitud del trayecto del Metroférico, es necesario establecer precios de acuerdo a la distancia recorrida. Es por esto que el viaje completo de Tumbaco a Quito y viceversa se fijó en \$0.75 centavos y un viaje menor ya sea de Cumbayá o desde la Av. Simón Bolívar a la estación en el Parque La Carolina costará \$0.50 centavos. De los viajes en el sistema calculados se estimó que un 40% pagaría la tarifa de \$0.75 y un 60% la tarifa de \$0.50. En el primer año se generarían ingresos por \$20, 280,000.00 tomando en cuenta el arriendo anual de locales comerciales (\$3,000.000) y el costo de parqueadero calculado con una tarifa de \$0.75 diarios (\$2, 280.000). En la figura 13 se muestra los ingresos anuales por transporte de pasajeros con diferentes tarifas.

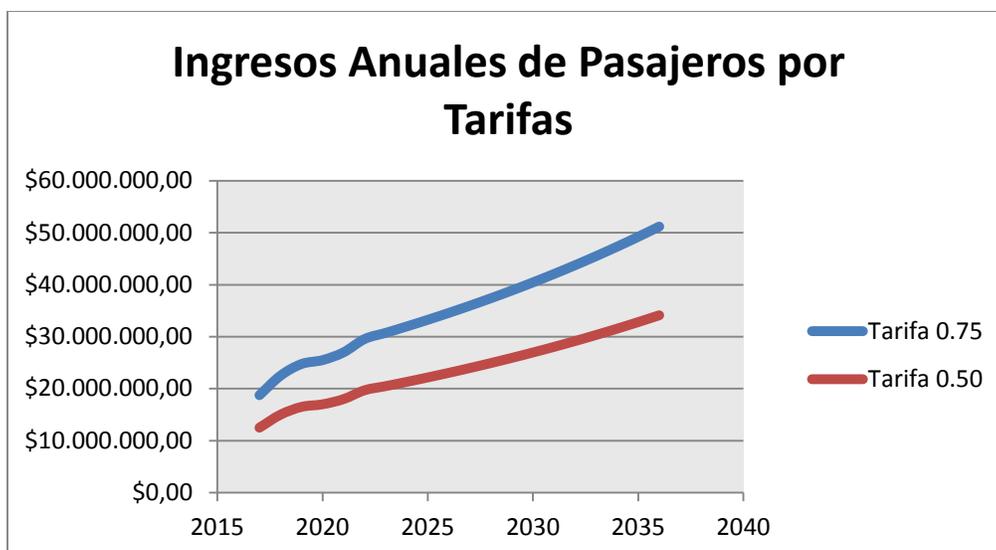


Figura 13: Ingresos anuales por transporte de pasajeros Metroférico con dos tarifas diferentes

Para el cálculo de los ingresos por parqueaderos que se encuentran en las estaciones del sistema, se tomó como referencia que desde el primer año solamente 9,500 automóviles utilizarían este servicio. Esta cifra tiene que ver con los posibles usuarios cuyo medio de transporte es el auto privado. Si se considera un valor muy reservado de 3.5% de crecimiento en el uso de los parqueaderos, cinco años más tarde del inicio de operación se estarían parqueando diariamente 12,000 autos. La figura 14 muestra los ingresos por parqueaderos con tarifas diferentes diarias.

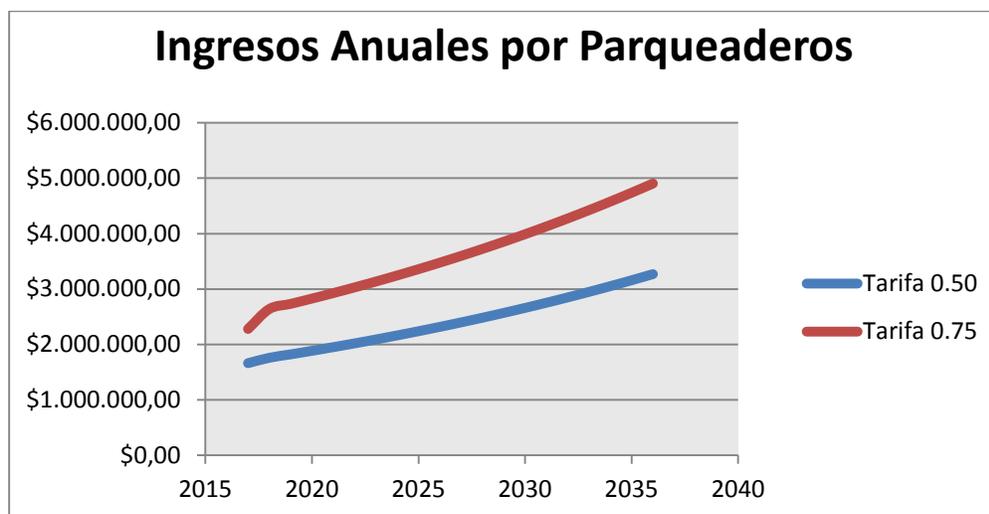


Figura 14: Ingresos anuales por parqueaderos con diferentes tarifas

En el primer año se obtendría una ganancia anual de \$2,280.000 con una tarifa de \$0.75 y \$1,662.500 si la tarifa es de \$0.50. En el año 2021 este valor subirá a aproximadamente \$3,000.000 con la mayor tarifa (0.75) y \$2,000.000 con la menor tarifa (0.50). En un tiempo de 20 años estos rubros generarían ingresos de 48 a 72 millones.

Como se menciona antes, una de las grandes ventajas de este sistema es que podría ser utilizado como conexión al aeropuerto. Esto ayuda a que existan ingresos de usuarios extras, que líneas ubicadas en espacios sin posible expansión, y alejados de infraestructuras importantes que no permitan un flujo de pasajeros extras más que los beneficiados por los sistemas. Con el sistema Metroférico desde el primer año se obtiene ingresos por \$20,280,000; cinco años después obtendrá ingresos por \$30,325,185 y a los 10 años se tendrá un ingreso anual de \$36,807,471. La figura 15 es un gráfico donde se muestra cómo conforme aumenta los ingresos anuales del sistema aumentan los números de viajes. En estas cifras se toma en cuenta el arriendo de locales comerciales, con su debida apreciación conforme el valor de la tierra aumenta, y una tarifa de \$0.75 centavos diarios el parqueadero.

En la tabla 13 se muestra un pequeño resumen de los ingresos anuales calculados.

	2017	2019	2021	2025	2030	2035
<b>Pasajeros/Dia</b>	77000	100100	108268	126658	154099	187485
<b>Ingreso Tarifa</b>	15000000	19800000	21600000	26598000	32360863	39371938
<b>Ingreso Parqueo</b>	2280000	2732400	2927015	3358817	3989221	4737943
<b>Comerciales</b>	3000000	3244800	3509575	4105707	4995220	6077449
<b>Total</b>	20280000	19800000	28036590	34062795	41345305	50187331

**Tabla 13: Resumen de Ingresos Anuales del Sistema Metroférico**

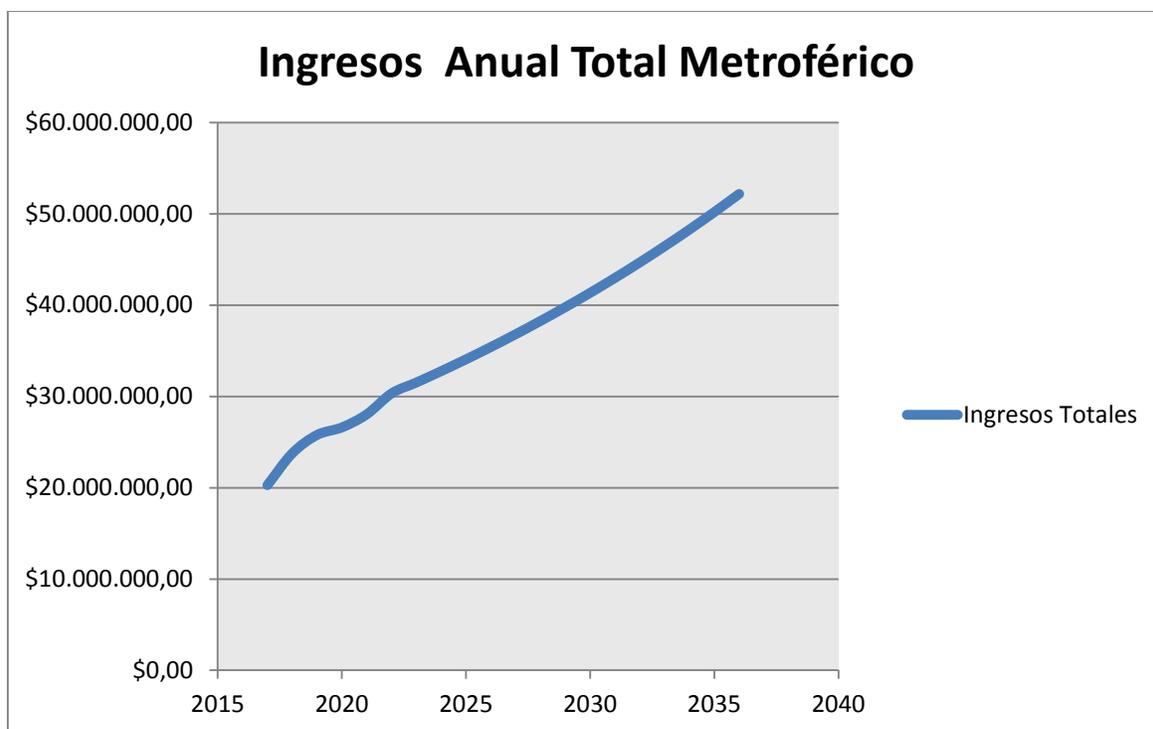


Figura 15: Ingresos Anuales Metroférico

## ii. Gastos Anuales

Para el análisis de los gastos anuales se tomó en cuenta que los primeros tres años a partir de recibir el préstamo sólo se pagará el valor del interés y a partir del cuarto año se pagarán los valores de las cuotas más el valor del interés. Para el primer préstamo que es de \$100, 000.000 la primera cuota se pagaría en el año 2019 partiendo desde el 2016; para el segundo préstamo de \$90 millones la primera cuota se pagaría en el año 2020. La última cuota del primer préstamo se pagaría en el año 2035 mientras que la misma cuota del segundo préstamo se pagaría en el año 2036. A los dos préstamos para el financiamiento del sistema se han calculado sus respectivas cuotas con un interés del 7%.

Los gastos anuales de operación también son tomados en cuenta y sumados al valor de las cuotas a pagar anualmente. Los gastos operacionales se estiman que ascienden con el pasar del tiempo.

Los factores que influyen para estos supuestos son varios: 1. Las remuneraciones anuales pueden

cambiar ya que son afectadas por la inflación y la apreciación o devaluación de la moneda. 2. A medida que aumente el número de pasajeros es probable que aumente el número de personal por estaciones (sin sobrepasar los 90 empleados máximo) 3. A medida que pasa el tiempo el cambio de repuestos y gastos de mantenimiento aumentan ya que las piezas mecánicas tienden a gastarse.

Igualmente se considera como parte de los gastos la depreciación de los elementos del sistema que pueden ser considerados como activos, ya que de acuerdo a las leyes del mercado los objetos mecánicos pierden su valor con el pasar del tiempo y del uso del mismo. Así mismo, esta depreciación estimada, que en el primer año es considerada de \$7.5 millones, asciende con el pasar del tiempo y su devaluación es mayor. En 15 años se estima que la devaluación anual es de \$12 millones. La figura 17 muestra los gastos por operación y cuotas, al igual que la sumatoria de las mismas, incluyendo la devaluación del sistema.

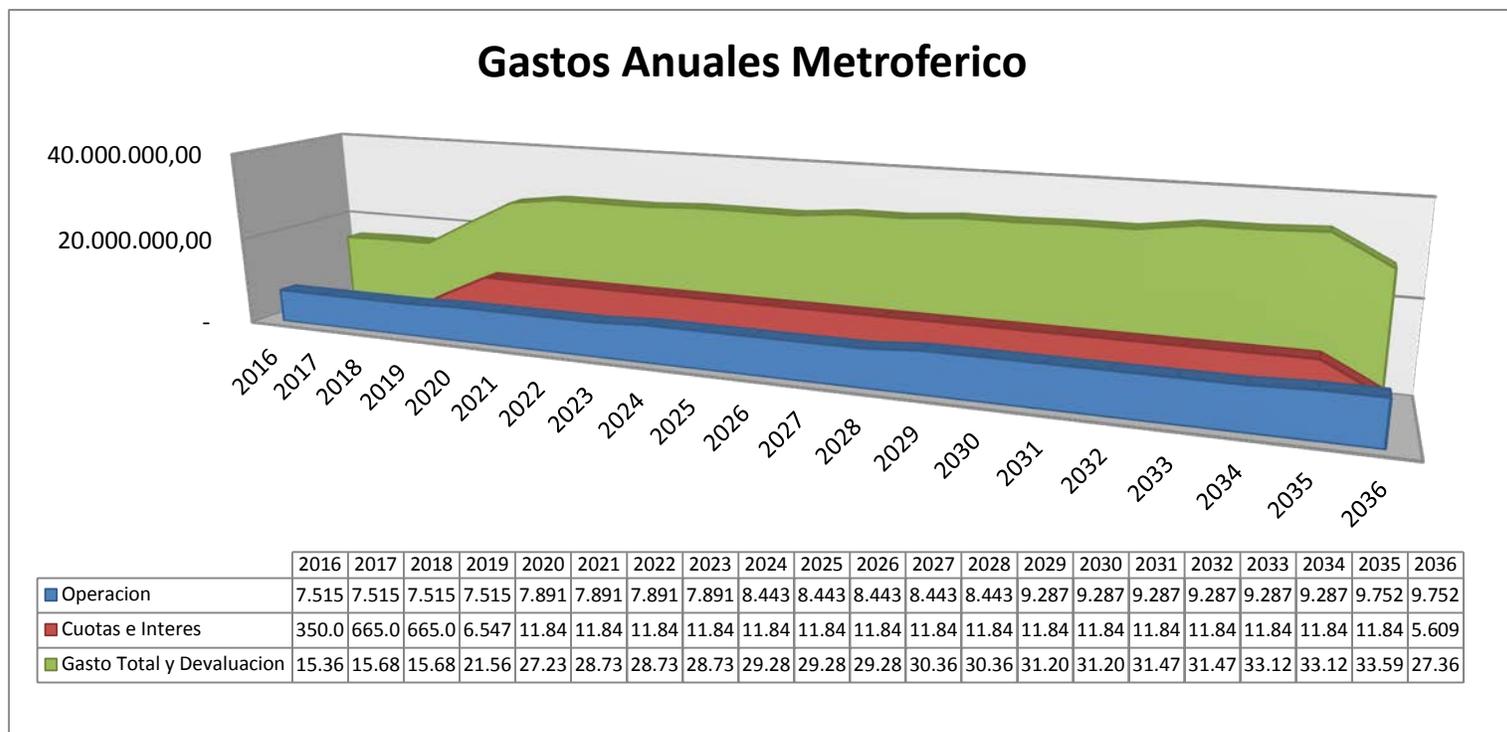


Figura 16: Gastos anuales Metroférico

Durante el primer año de operación se tendrá un gasto total de \$15,365,400, que en cinco años será de \$27,232,000. Este aumento se debe a que ya han pasado los años de gracia y ahora se contabiliza las cuotas establecidas del financiamiento. El mayor gasto sería en aproximadamente 15 años donde se alcanzaría un máximo de gastos de un poco más de \$33 millones. La tabla 14 presenta un pequeño resumen de los gastos a través de los años del sistema de transporte.

	2016	2017	2018	2020	2025	2030	2035
<b>Cuotas e interés</b>	350.000	665.000	665.000	11,841.470	11,841.470	11,841.470	5,609.117
<b>Operación</b>	7,515.400	7,515.400	7,515.400	7,891.170	8,443.551	9,287.907	9,752.302
<b>Depreciación</b>	7,500.000	7,500.000	7,500.000	7,500.000	9,000.000	10,075.000	12,000.000
<b>Total gastos</b>	15,365.400	15,680.400	15,680.400	27,232.640	29,285.022	31,204.377	33,593.773

**Tabla 14: Resumen gastos anuales Metroférico**

### **iii. Balance General**

Realizando un análisis de balance general, se observa que con los supuestos estimados anteriormente el sistema Metroférico tendrá ganancias desde el primer año, donde se generaran ahorros durante los años de gracia de los pagos del financiamiento, cuyas cuotas serán pagadas a partir del tercer y cuarto año de funcionamiento del sistema. En estos tres años, donde se paga sólo el interés generado por el financiamiento se podría generar un ahorro de aproximadamente \$23 millones. Tan solo durante el primer año se podría generar ganancias de aproximadamente \$5 millones. Como es de esperarse, con el pasar del tiempo y el número de viajes y usuarios aumente, las ganancias también aumentarán gradualmente. En 20 años de funcionamiento del sistema, este podría generar ingresos totales por \$780 millones, obteniendo utilidades que bordean los \$200 millones.

En el análisis realizado no se ha tomado en cuenta que parte del saldo de la deuda podría ser pagado con las ganancias generadas por el propio sistema, por lo tanto el costo para la ciudad de los intereses bajaría y el total de la deuda podría ser pagado en un plazo de 14 años. De igual forma, si el financiamiento es negociado para un interés menor el proyecto se pagaría más rápido obteniendo un mayor porcentaje de los ingresos totales generados durante la vida útil del proyecto. La tasa interna de retorno (TIR) del proyecto bordea el 10%.

La figura 17 muestra los gráficos del balance general del proyecto, donde la línea verde indica las ganancias totales anuales. La tabla 15 indica un resumen de las ganancias en diferentes años. Durante 20 años se estima que el monto total de gastos es de \$582 millones.

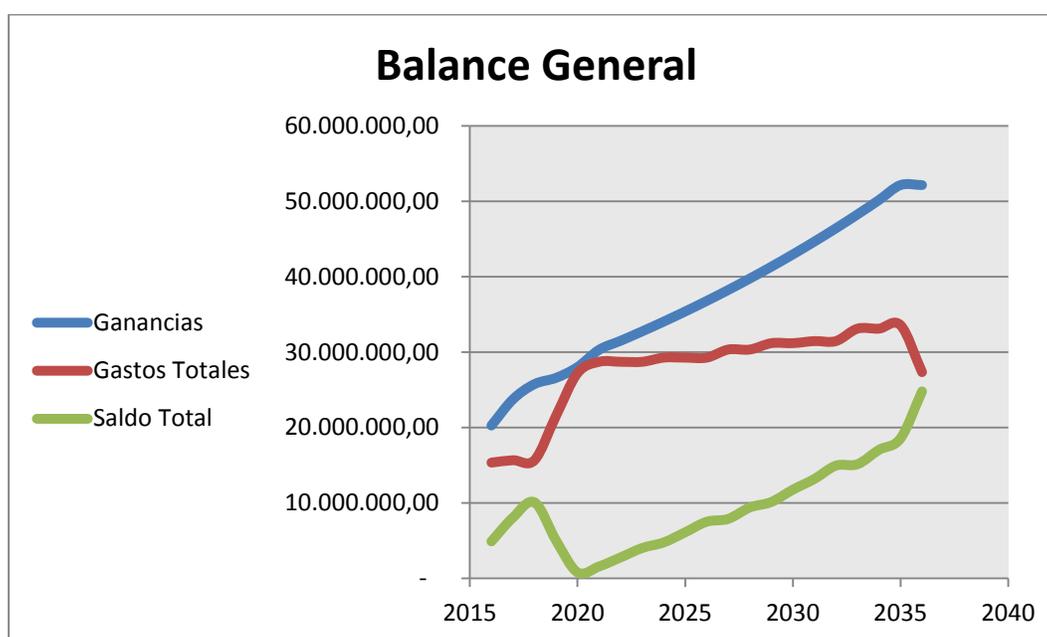


Figura 17: Gráficos de balance general del proyecto durante 20 años

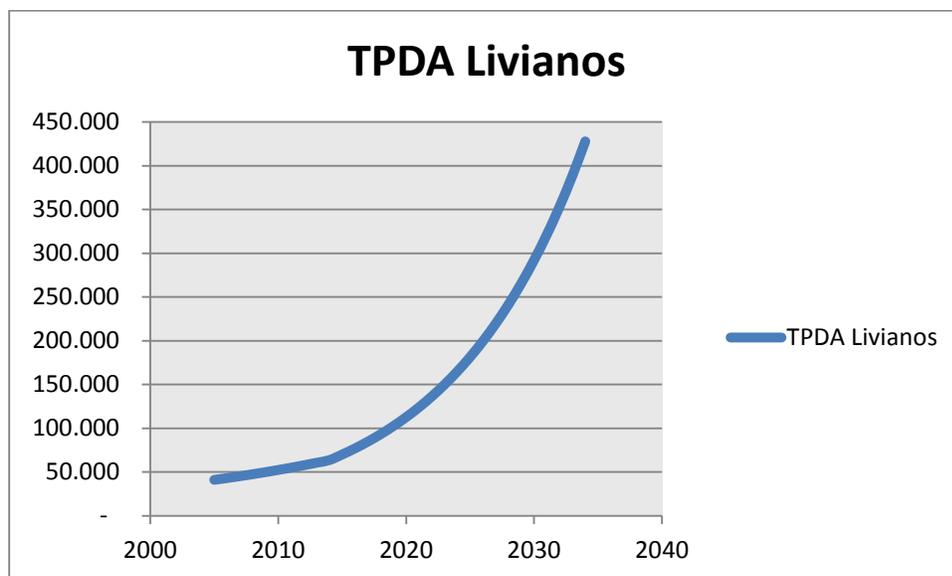
	2016	2019	2020	2025	2030	2035
Ingresos	20,280.000	26,602.626	28,036.590	35,408.513	42,979.171	52,171.135
Gastos	15,365.400	21,562.752	27,232.640	29,285.022	31,204.377	33,593.773
Saldo	4,914.600	5,039.873	803.950	6,123.490	11,774.793	18,577.632

**Tabla 15: Resumen de Ingresos, Gastos y Saldo del sistema Metroférico**

Con una tarifa de \$0.75 centavos se podría dotar a las cabinas y estaciones con WI-FI libre, donde los tiempos de ahorros durante el recorrido del sistema son de al menos 25 minutos. Con el fin de incentivar el uso del sistema la tarifa diaria de parqueo es de \$0.75 centavos diarios. Se podría establecer una tarifa por hora conveniente para los usuarios y para el sistema, y así aumentar las ganancias por los parqueaderos de las estaciones. Ingresos adicionales pueden ser esperados por disponibilidad de restaurantes en las estaciones, cajeros automáticos o publicidad.

#### **D. Ahorros Externos**

De acuerdo a conteos de autos realizados por firmas de ingeniería consultoras, el TPDA proyectado con un crecimiento del 5% anual se muestra en las figuras 18 y 19. La figura 18 es el TPDA de vehículos motorizados livianos, mientras que la figura 19 es el TPDA de buses (Consultores, 2005), (Metro de Madrid S.A, 2012).



**Figura 18: TPDA Livianos Cumbayá-Miravalle-Quito (Consultores, 2005) (Metro de Madrid S.A, 2012)**

En el año 2015 se proyectó un conteo de vehículos por día de 69,965, sin embargo esta cifra actualmente es mayor, debido al tráfico de vehículos que genera el nuevo aeropuerto de Quito. Tomando en cuenta un crecimiento anual del 5% en el parque automotor que circula por la zona

en la cual es sistema Metroférico tiene incidencia, se puede reducir en gran medida los TPDA de vehículos livianos y buses, lo cual tendría un impacto positivo en la congestión y circulación, ya que se eliminarían desde el primer día aproximadamente 12,000 autos y 137 buses no circularían en la ruta Cumbayá-Quito, pasando por Miravalle.

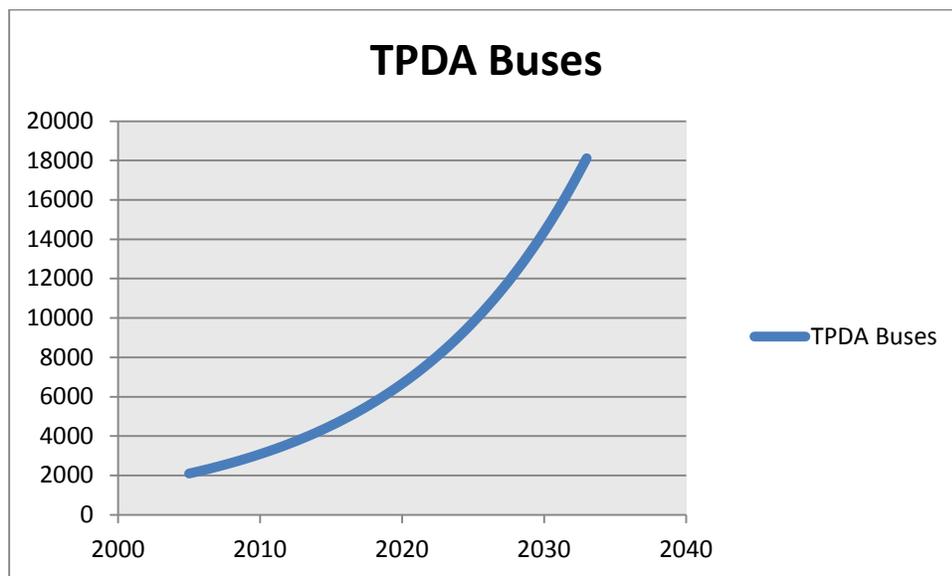


Figura 19: TPDA Buses ruta Cumbayá-Miravalle-Quito (Consultores, 2005) (Metro de Madrid S.A, 2012)

Si tomamos el 33% de los vehículos livianos que circulan por las vías que se piensa descongestionar con el Metroférico, se eliminarían inmediatamente 23,000 viajes diarios que es en promedio un poco más de 9000 vehículos privados. A esto hay que añadir los buses que ya no irían a la terminal Río Coca, sino más bien trabajarían de alimentadores del sistema a las 4 estaciones. La cifra de transporte público eliminado de las vías que unen el valle de Tumbaco con Quito, es de 137 buses.

La figura 19 y 20 muestra la relación de TPDA entre dos escenarios, el uno con el sistema Metroférico funcionando, y el segundo escenario sin el sistema de transporte. Claramente se puede apreciar los beneficios e impactos que este sistema puede tener en la movilidad de un

sector de la ciudad. En el primer caso se elimina el 33% de autos, y en la segunda figura se elimina el 66% de transporte público.

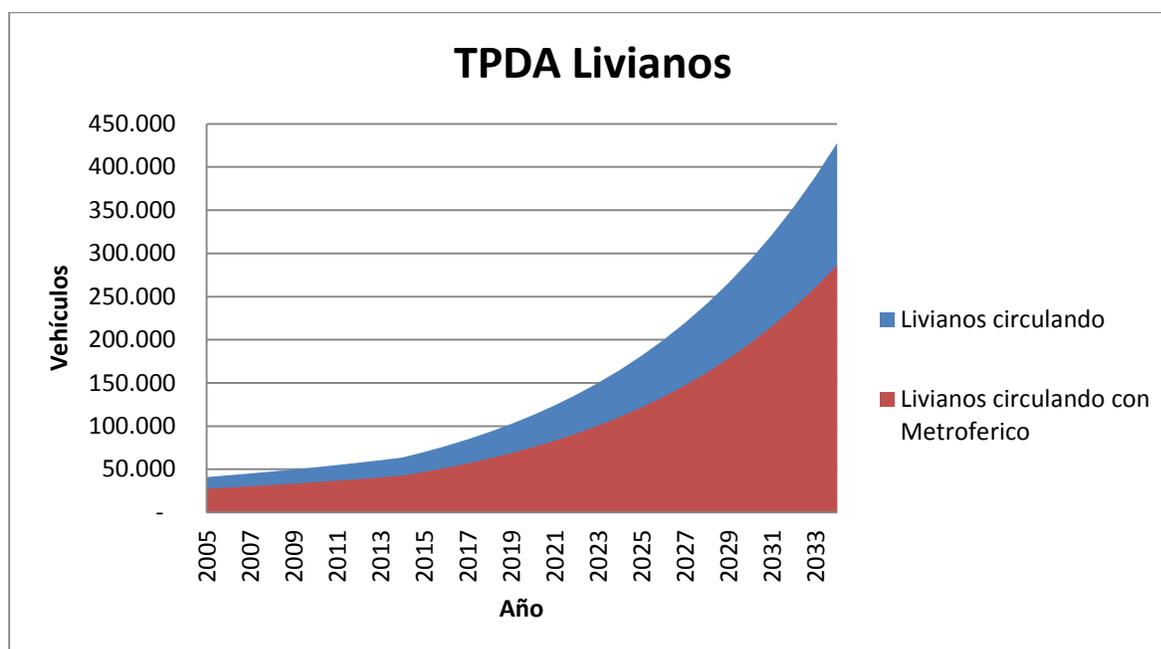


Figura 20: Comparación de TPDA Livianos con y sin sistema Metroférico

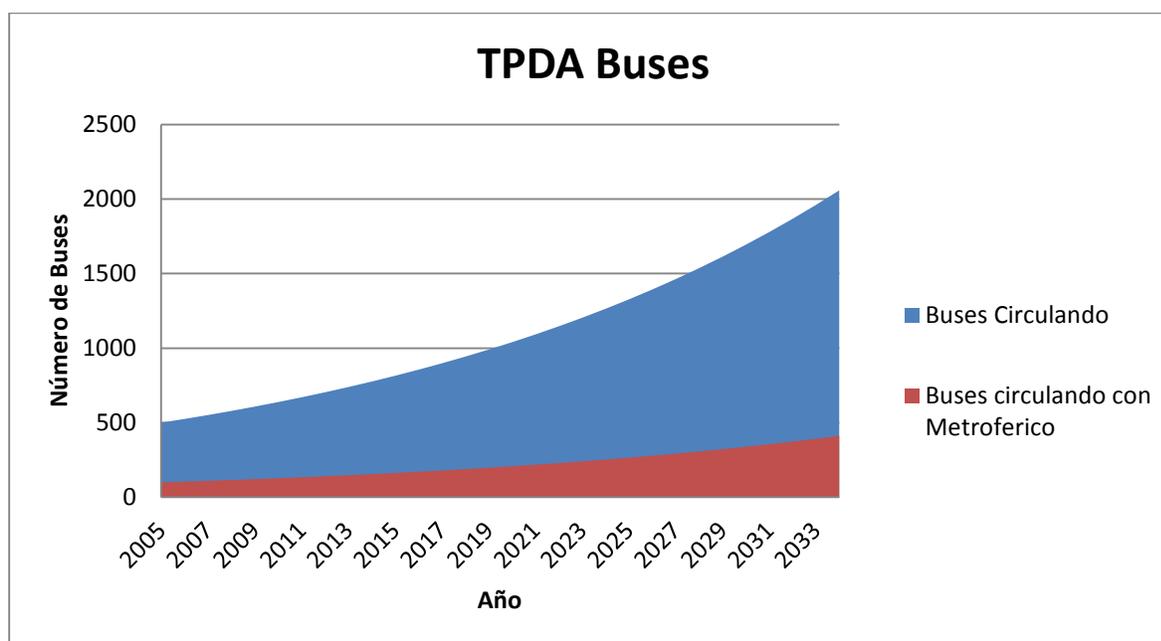


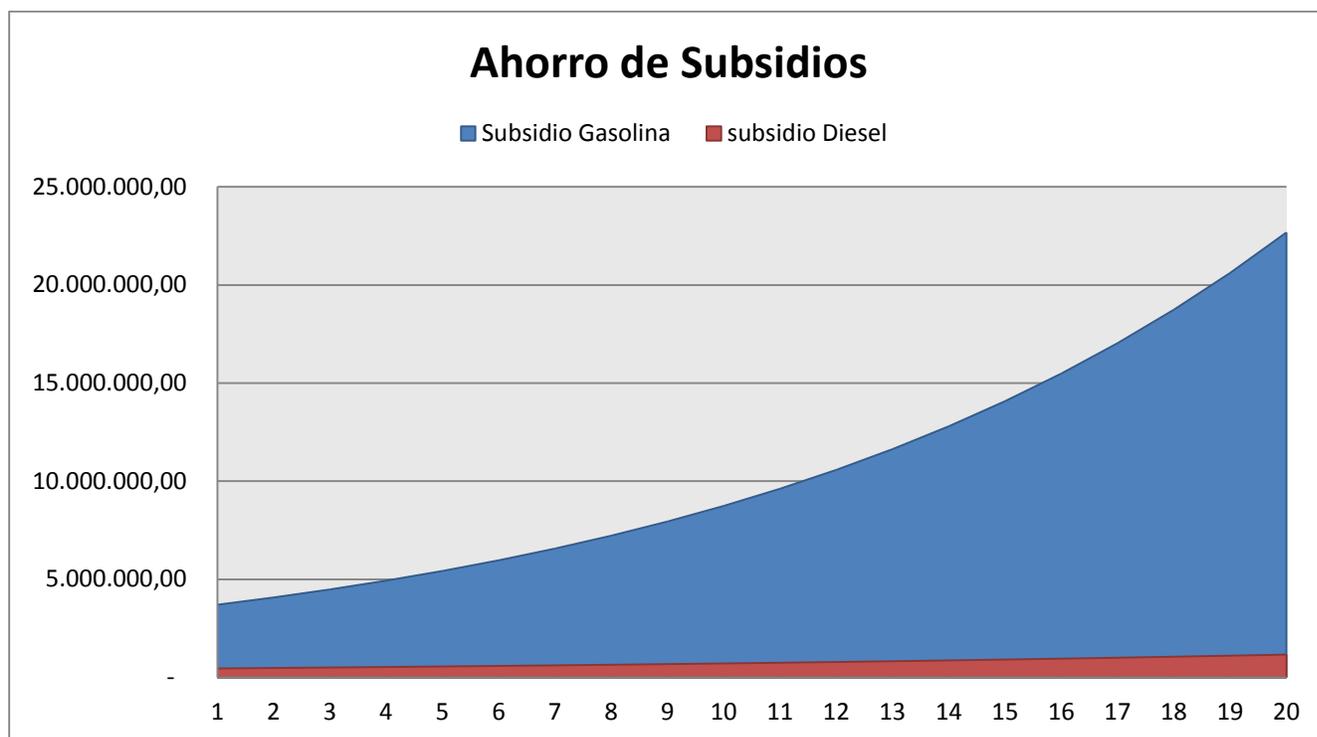
Figura 21: Comparación TPDA Buses con y sin sistema Metroférico

Un auto particular recorre en promedio desde Tumbaco a Quito 20 Km. Esta cifra varía ya que depende mucho del punto de salida, así como el punto de llegada a Quito que puede ser por la Av. De Los Granados o por el túnel Guayasamín. La distancia desde Cumbayá a Quito por el túnel es de 10 Km o 20 Km por recorrer en ambas direcciones. De Cumbayá a Quito por la Av. De Los Granados es de 15 Km, que recorrida dos veces son 30Km. Es decir el transporte de buses siempre recorre 30 km ya que los vehículos pesados están prohibidos la entrada por el túnel Guayasamín. Un automóvil consume en promedio 6 litros de gasolina por cada 100 Km recorridos, con lo cual si se multiplica esta cifra por los 20 Km que debe recorrer un auto, se obtiene el consumo de gasolina promedio de recorrer esa distancia. Lo mismo se aplica para los buses, sin embargo estos automotores recorren 30 Km y su consumo de Diesel por cada 100Km es de 15L/Km.

Con esto se puede calcular el consumo de gasolina anual de un auto, y considerando que en el país el combustible es subsidiado, se puede calcular cuánto ahorra el Estado en el subsidio del combustible que no es utilizado ya que el auto esta parqueado.

El subsidio por gasolina ahorrado para el Estado ya que el auto no se encuentra en circulación es un poco más de \$3.5 millones para el primer año, y en diesel es de \$461 mil, lo que da un total de \$4, 169.685. Esta cifra aumentará con el paso de los años ya que el sistema probará su fiabilidad y capacidad con tiempos de viajes fijos, con lo cual más gente lo utilizará y dejará sus autos en las casas o parqueaderos de las estaciones. Es necesario poner énfasis en este punto ya que el sistema Metroférico estaría generando ahorros multimillonarios en subsidios de gasolina. Un sistema auto sustentable es aquél que no genera gastos, su impacto el medio ambiente es mínimo o nulo y además debe ser económicamente viable. En 20 años los subsidios ahorrados por combustible serian de \$239 millones, generando un promedio de ahorro anual de casi \$8

millones. Los ahorros en cuanto a diesel son en un plazo de 20 años de \$18, 831.072, generando en promedio un ahorro anual de \$627,702.



**Figura 22: Ahorros en subsidios de Diesel y Gasolina por el sistema Metroférico**

En siete meses el Estado Ecuatoriano pagó \$1,218 millones en subsidios de combustibles. De esta cifra el diesel ocupa el mayor porcentaje en subsidio con más del 50%, gasolinas súper y extra ocupan el segundo rubro más caro en los subsidios de combustibles con un 35% y el gas doméstico tiene un subsidio de 14% (Redacción Negocios, 2015). Esto quiere decir que el Estado podrá reducir el gasto en subsidio de gasolina en un 1.09%. Esta cifra también significa un consumo menor de energía en la ciudad de aproximadamente 194 mil Mega Wats de energía.

### **E. Tiempos de Producción**

Las causas de las congestiones vehiculares en Quito están establecidas y no son nada nuevo para los habitantes de la ciudad. Mala infraestructura, accidentes, horas pico y velocidades de circulación variables en caminos congestionados son algunas de las razones. El tráfico reduce la productividad en horas de trabajo, ya que durante la movilización de personas no se realiza ninguna actividad productiva o que genere ingresos. A estos tiempos de espera en el tráfico se les puede asignar un valor monetario, que representaría la pérdida de producción por esperas durante la movilización. Cuando llueve los tiempos de viaje suben de 0.5% a 2.2% de acuerdo a un estudio realizado en Inglaterra, ya que el clima afecta las velocidades de circulación que en caso de lluvia la disminuye alargando el tiempo de viaje. Esto no sucede con el Metroférico ya que su tiempo de viaje es fijo y no es afectado por situaciones climáticas, excepto donde el viento sea superior a 60 km/h de velocidad (Ioannis Tsapakis, 2012).

Los usuarios del sistema Metroférico ahorran tiempo de viaje cuando se movilizan. El usuario promedio ahorra 20 minutos por sentido de viaje. El ministro de Trabajo, Carlos Marx Carrasco, dice que el valor por hora en Ecuador es de \$2.48 dólares (Agencia Pública de Noticias del Ecuador Andes, 2015). Las horas anuales ahorradas por los usuarios del Metroférico en conjunto suman al primer año un total de 7,356.590 horas; estas al multiplicarlas por el valor por hora del país se obtiene que hay una productividad de \$18 millones. Sumando la productividad anual por 20 años y obteniendo el promedio se calcula que en promedio hay una ganancia de \$30 millones anuales.

Resolver las congestiones de tráfico no es fácil. Construir más caminos o ampliar los existentes es promover el uso de los autos en los caminos que es una maniobra contra productiva. Es necesario identificar las externalidades para cuantificar y poder diferenciar los costos personales

como los sociales de utilizar un sistema u otro. Así se clarifica las razones del tráfico y apunta a ideas diferentes e interesantes que pueden solucionar el problema a menores costos.

### F. Amortización Línea Pisulí y Jaime Roldós

Según el estudio preliminar para la instalación de tres líneas de Quito Cables, se establecen los costos operativos de cada línea. Para la línea Pisulí son de \$4, 282.000 y para la línea que une el barrio Jaime Roldós con La Ofelia son de \$3, 414.000 (Blandon, 2015). Se asume que estas líneas no tienen incrementos en los costos operativos, a diferencia que para los cálculos del Metroférico sí se asumieron incrementos en los costos operativos con el pasar del tiempo. Para la proyección de usuarios futuros se asumió un crecimiento anual de 5%, aunque de acuerdo a un estudio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad SEK, estima el crecimiento tanto de Pisulí como de Jaime Roldós en 2.75% (Paéz, 2011). A esta proyección realizada hay que aclarar algunos puntos: 1. De acuerdo a fotografías satelitales y visitas a los sitios por dónde pasarán las líneas (figura 22 y 23), no se aprecian lugares visibles hacia dónde pueden crecer estos barrios, debido a la topografía de la zona que está rodeada de grandes quebradas. 2. Estos barrios son en su gran mayoría residenciales, donde negocios comerciales como tornos, cerrajerías y mecánicas son muy pocos.

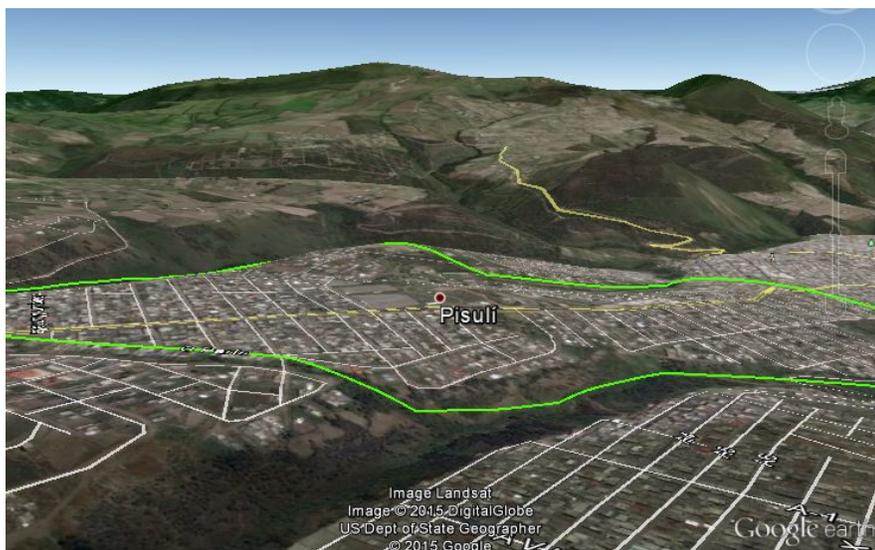


Figura 13: Fotografía Satelital Pisulí 2015



Figura24: Fotografías de posibles estaciones para las líneas Pisulí y Jaime Roldós

Estimando que el 70% de los habitantes que utilizan el transporte público que viven en Pisulí y en Jaime Roldós utilizan estas líneas de cables futuras, en el año 2015 habría una demanda estimada de 11,900 pasajeros para la línea Pisulí y de 12,950 para la línea Jaime Roldós. En la tabla 16 se muestra un estimado de los pasajeros anuales diarios asumiendo un crecimiento poblacional de 5%.

Año	2016	2017	2020	2025	2030
Pasajeros Pisulí	11,900	12,495	15,187	19,383	24,739
Pasajeros Roldós	12,950	13,597	16,527	21,094	26,922

Tabla 26: Pasajeros anuales líneas Quito Cables Pisulí y Jaime Roldós

Con estos flujos de pasajeros se puede calcular los ingresos anuales del sistema con diferentes tarifas. En la siguiente tabla se muestran las ganancias totales anuales de los dos sistemas Quito Cables; estos cálculos se realizaron para dos valores de tarifas, la primera de 0.25 centavos y la segunda de 0.50 centavos.

Año	2016	2017	2020	2025	2030
<b>Ganancias</b>					
<b>Totales (0.25 centavos)</b>	2,174.375	2,283.093	2,775.114	3,541.827	4,520.369
<b>Ganancias</b>					
<b>Totales (0.50 centavos)</b>	4,348.750	4,566.186	5,550.228	7,083.654	9,040.738

Tabla 17: Sumatoria ganancias anuales de Quito Cables líneas Pisulí y Roldós

Con estas ganancias anuales y tomando en cuenta los gastos operacionales y una depreciación del sistema baja de 2.5% anual por 20 años, se obtienen el balance general del sistema. En la siguiente tabla se muestra el balance con una tarifa de 0.25 centavos y el balance general con una tarifa de 0.50 centavos.

Año	2016	2017	2020	2025	2030
<b>Balance</b>	-10,940.575	-10,831.856	-10,339.825	-9,573,122	-8,594,580
<b>Total (0.25 cent)</b>					
<b>Balance</b>	-8,766.200	-8,548.762	-7,564.720	-6,031.294	-4,074.211
<b>Total (0.50 cent)</b>					

Tabla 18: Balance General anual de Quito Cables Pisulí y La Ofelia

Con una tarifa de 0.25 centavos se estiman de las dos líneas de Quito Cables ingresos anuales promedios de 3,805.671. Si esta tarifa aumenta un 50% a 0.50 centavos por viaje, el promedio de

los ingresos anuales es de 7,512.508. En el primer caso se tienen pérdidas promedio anuales por un poco más de 9 millones, y en el segundo caso de obtienen pérdidas por 5.5 millones anuales. Para pagar el costo estimado de construcción de las dos líneas, que es de 108, 379.000, se necesitaría cobrar una tarifa de 1.50 por pasajero para que el proyecto se pague en 15 años. Con tarifa de 0.50 centavos, las líneas Quito Cables de Pisulí y Jaime Roldós, en conjunto se pagarían en un total de 54 años. Cabe resaltar, que la vida útil de este tipo de sistemas de transporte masivo urbano de personas por cables es de 25 a 30 años.

Si la tarifa es de 0.25 centavos para estas líneas, cada 4 pasajeros que viajen, tres de ellos obtendrían un subsidio del total del pasaje. Comparando los balances generales de las líneas Pisulí, Roldós y el Metroférico, se observa claramente que el Metroférico es un proyecto más rentable para la ciudad porque no habría la necesidad de subsidiar los pasajes de los usuarios, y es un proyecto que se paga sólo, generando sus propias ganancias y creando ahorros para el Estado.

Es importante notar que en los escenarios presentados para las líneas Quito Cables, se asumió que estas líneas de transporte se construirán con fondos propios, sin necesidad de financiamiento, ahorrando en posibles intereses y cuotas anuales de pagos. De igual forma la depreciación del sistema se la calculó con un porcentaje muy bajo, más bajo de la realidad. En el anexo dos se encuentra más información sobre la amortización de las líneas Pisulí y Jaime Roldós.



## **IMPACTOS AMBIENTALES EN LA RUTA TUMBACO-QUITO**

### **a. Uso de Espacio**

El sistema Metroférico, al igual que todas las obras de infraestructura tiene una huella ambiental. Sin embargo, su estructura tiene un impacto ambiental menor en comparación al impacto ambiental que genera la construcción de una autopista. Igualmente, al ser un sistema de transporte que funciona con energía, se evita la quema de combustibles fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Tomando en cuenta, que en los últimos años se ha iniciado la construcción de centrales hidroeléctricas, algunas ya se encuentran en funcionamiento, es una ventaja para todos ya que con estas estructuras que ha invertido el Estado una gran cantidad de recursos serian utilizados para movilizar a miles de personas, dejando una huella ecológica casi nula.

La construcción del sistema de transporte urbano Metroférico es equivalente a 150 buses por hora en cada dirección, esto significa que en las paradas circularía un bus cada 24 segundos. Si se supone como alternativa al Metroférico la construcción de un carril exclusivo para buses, el impacto en el uso de suelo sería mucho mayor que el del sistema Metroférico, el cual ocupa tan sólo un 20% de espacio en lugares habitados, el 80% restante del trayecto de la línea pasa por quebradas y espacios no habitados, minimizando la expropiación del suelo. Este supuesto carril exclusivo, si se toma el ancho de carril de tres metros, por la longitud de la vía actual que es de 20 kilómetros, desde Tumbaco hasta el ciclista se tiene un uso de espacio de 60 mil metros cuadrados o 6 hectáreas. Comparando estos valores con el uso de suelo del Metroférico, se aprecia la ventaja de este sistema frente a la construcción de un carril exclusivo. Las torres del Metroférico, las cuales sujetan los tres cables del sistema utilizan apenas 20 metros cuadrados

cada una, que multiplicado por las once torres que conforman parte de la línea, se tiene que la estructura ocupa 220 metros cuadrados. A este valor hay que sumar la ocupación de las cuatro estaciones que conforman parte de la línea, donde cada estación ocupa en promedio 10 mil metros cuadrados. Por lo tanto el sistema Metroférico ocupa tan sólo un poco más de 40 mil metros cuadrados. La figura 25 muestra una comparación de uso de espacio entre un carril exclusivo para autobuses (rojo) y el espacio utilizado por el sistema Metroférico (verde).

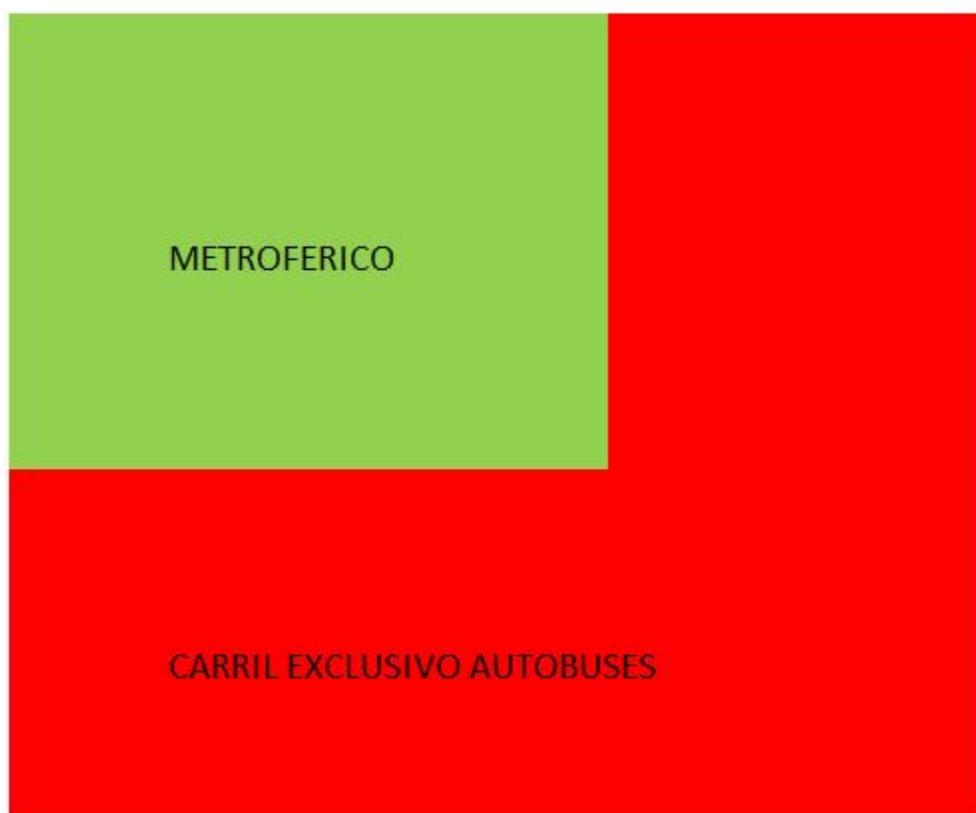


Figura 25: Uso de espacio de un carril exclusivo de buses vs Metroférico

### **b. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero**

Los gases de efecto invernadero son compuestos químicos gaseosos que se acumulan en la atmósfera y pueden absorber la radiación infrarroja del sol, con lo cual aumentan y retienen el calor en la atmósfera. Los tres principales gases que causan el efecto invernadero en la Tierra son

el CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono), CH<sub>4</sub> (Metano) y N<sub>2</sub>O (óxido Nítrico). El óxido de carbono es la referencia estándar para el calentamiento global, el resto de gases normalmente se refieren al tener un “efecto equivalente al CO<sub>2</sub>” (Boyle, 2012), lo cual consiste en un factor por el cual se debe multiplicar para obtener el potencial equivalente de CO<sub>2</sub> de cierto gas. Estos factores son comúnmente llamados Potencia de Calentamiento Equivalente (PCE), y se refiere a la capacidad del gas de retener calor. En el caso del CO<sub>2</sub> su PCE es 1, para el metano (CH<sub>4</sub>) es 21 y para el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) es de 310. Esto quiere decir que 1 tonelada métrica de metano equivale a 21 toneladas métricas de dióxido de carbono y 1 tonelada métrica de óxido nitroso equivale a 310 toneladas métricas de dióxido de carbono. La tabla 19 muestra los valores promedios de Kilogramos de gases emitidos por litro consumido de combustible y de diesel. Claramente se aprecia que el dióxido de carbono es el gas que mayor emisión tienen estos motores, sin embargo debido al potencial de calentamiento equivalente de los demás gases, aunque parezca pequeña su emisión, el efecto en la atmósfera es muy importante por su mayor capacidad de retener calor.

Kg/L	Gasolina	Diesel	Potencia de calentamiento equivalente
CO <sub>2</sub> (Dióxido de carbono)	2.3796	2.6648	1
CH <sub>4</sub> (Metano)	0.000629	0.000173	21
N <sub>2</sub> O (óxido nitroso)	0.0000189	0.0000208	310

**Tabla 19: Emisiones promedio por Kg/l de combustible consumido para motores a gasolina y diesel (World Bank Environment Department, 2011)**

El consumo de gasolina por vehículos livianos, de acuerdo al Environmental Engineers Handbook, en promedio bordea los 6 litros por cada 100 kilómetros, y el consumo de diesel de vehículos pesados es de 13.5 litros por cada 100 kilómetros. En base a estos datos se pueden obtener el consumo promedio de autos y buses que circulan actualmente por la Av. Simón Bolívar. En la tabla 20 se muestra los valores promedios de consumo de litros de combustible de

vehículos livianos en 20 kilómetros y el consumo promedio de litros de diesel en vehículos pesados por 30 kilómetros.

<b>Consumo de gasolina promedio de vehículos livianos en 20 Km</b>	<b>1.2</b>
<b>Consumo de diesel promedio de vehículos pesados en 20 Km</b>	<b>4.5</b>

Tabla 30: Consumo promedio de gasolina en litros por 20 y 30 Km (Liu, 1999)

Tomando en cuenta los valores de la tabla 19 y 20, junto con los valores de las figuras 18, 19, 20 y 21, se puede hacer el cálculo de las emisiones de gases por vehículos livianos a gasolina y por los vehículos pesados a diesel que circularían en dos diferentes escenarios: con el sistema Metroférico funcionando y sin el sistema Metroférico, es decir la situación actual y un posible futuro.

Las emisiones de dióxido de carbono anual de vehículos livianos que circulan por la Av. Simón Bolívar, cuyo recorrido es desde Tumbaco o Cumbayá hacia el hiper centro de Quito, para el año 2016 se estiman en 80,214 toneladas. En cinco años esta cifra aumentara a un estimado de 129,185 toneladas, es decir un aumento de 37% en la emisión de dióxido de carbono. La figura 26 es un gráfico que muestra las emisiones de dióxido de carbono en el escenario actual en comparación con las emisiones futuras si el sistema Metroférico fuera construido. La figura 27 muestra las emisiones de dióxido de carbono debido al consumo de diesel en los vehículos pesados de transporte público actual. En el 2016 se estiman que los buses que cubren las rutas desde Tumbaco y Cumbayá hacia la Av. de los Granados y la terminal Rio Coca, y que utilizan esta vía, son en total 855. Estos buses emiten actualmente un aproximado de 3,743 toneladas de CO<sub>2</sub> y para el año 2020 se pronostica que, en el escenario actual, se emitirán un total de 4,549 toneladas, lo que significa un aumento del 19% en emisiones solamente de dióxido de carbono por parte del transporte pesado colectivo.

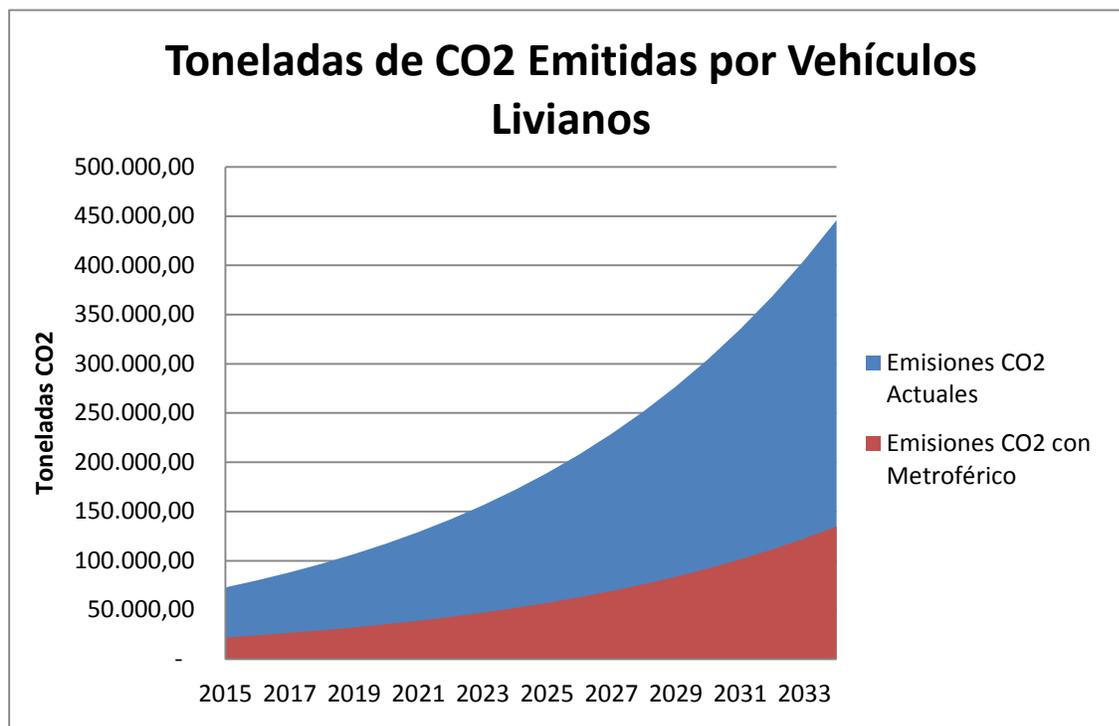


Figura 26: Toneladas de CO2 emitidas por vehículos livianos en el escenario actual y con el sistema Metroférico

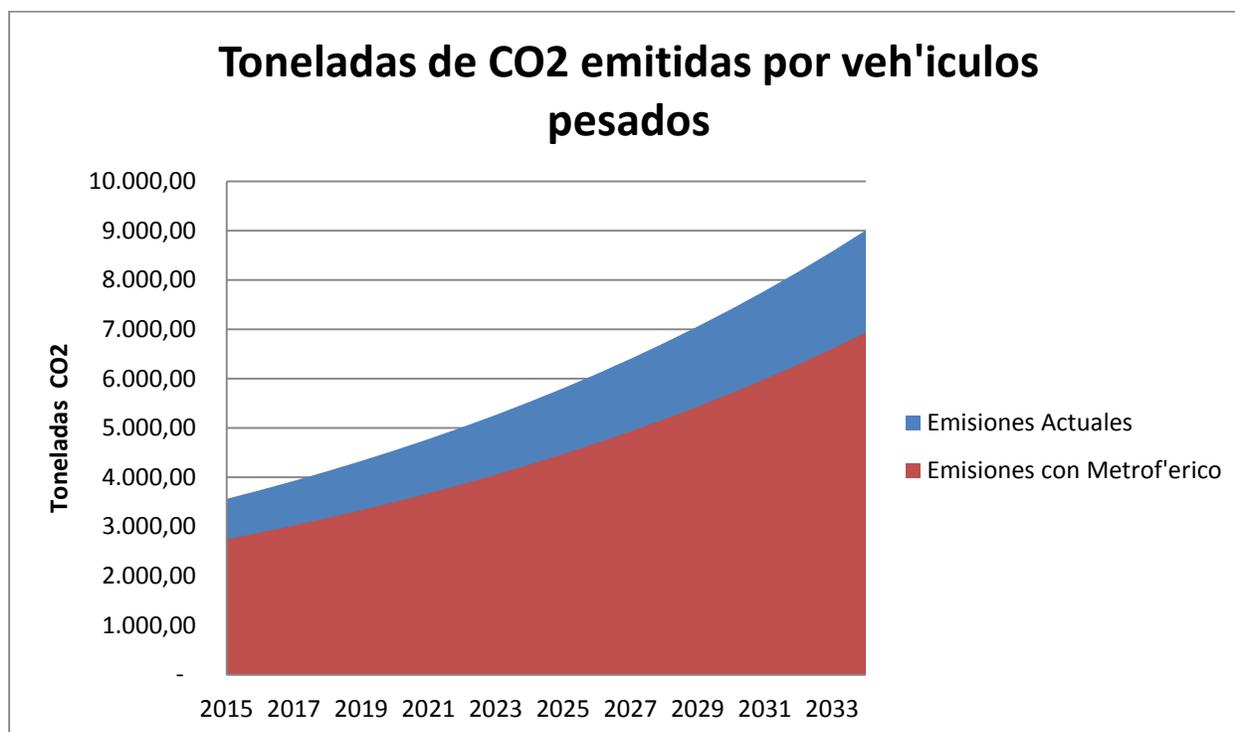


Figura 27: Toneladas de CO2 emitidas por vehículos pesados en el escenario actual y con el Metroférico

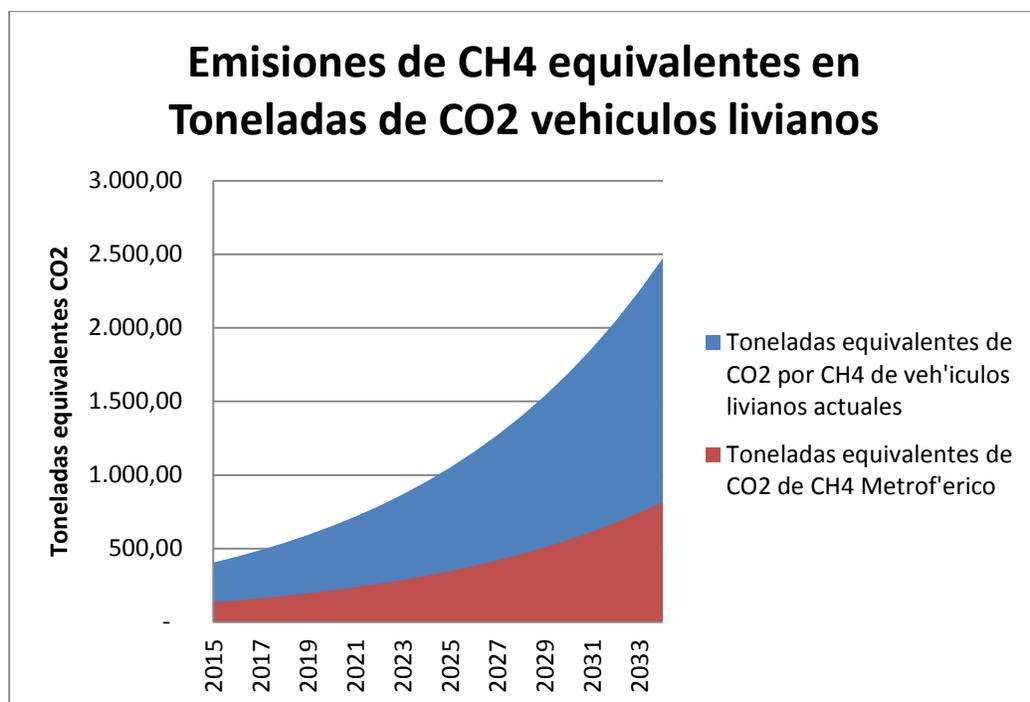


Figura 28: Emisiones de metano equivalentes en toneladas de CO2 de vehículos livianos

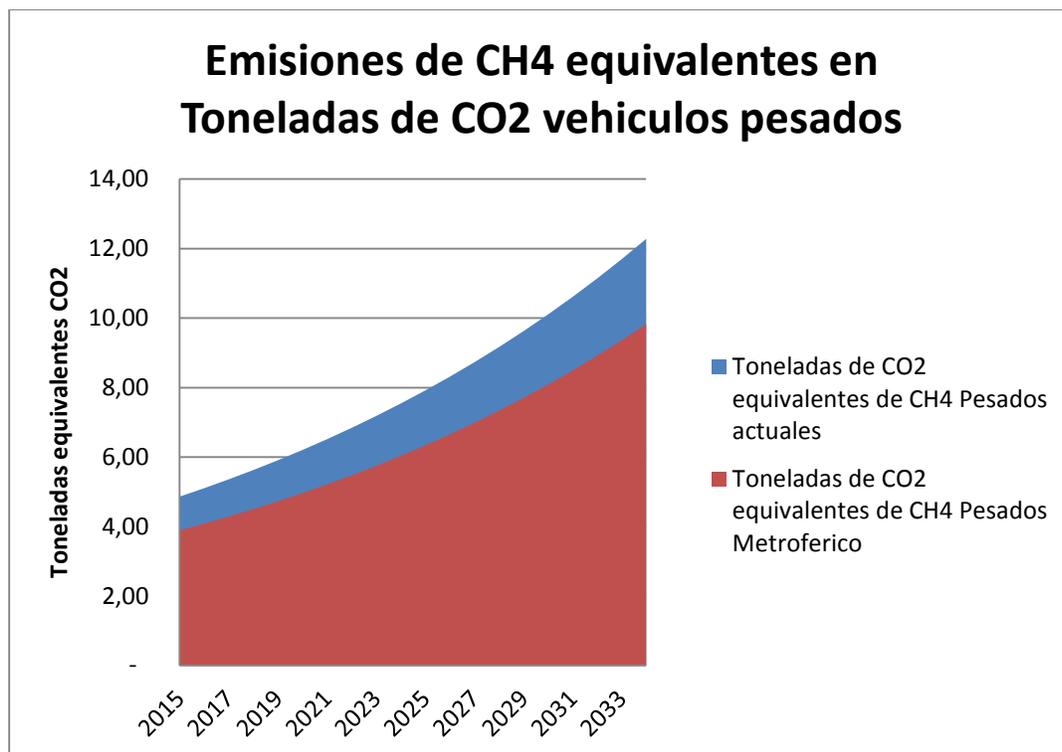


Figura 29: Emisiones de metano equivalentes en toneladas de CO2 de transporte pesado

Sin el sistema de transporte Metroférico se generaría en el año 2016 un poco más de 400 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> debido a las emisiones de metano. En cinco años esta cifra se elevaría a 651 toneladas equivalentes de dióxido de carbono. Para el transporte pesado se tiene que en el año 2016 se emitirán aproximadamente 4.86 toneladas equivalentes de dióxido de carbono por las emisiones de metano, y cinco años más tarde se pronostica que se emitirán a la atmosfera 6.21 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>. Con el óxido nitroso sucede lo mismo, donde a través de los años las cifras de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> solamente aumentan desde el año 2016 de 197 toneladas equivalentes de dióxido de carbono a 318 toneladas equivalentes.

Con la construcción del sistema Metroférico estas emisiones de gases de efecto invernadero disminuirán, ya que se evitará la quema de combustible de autos que normalmente recorren 20 Kilómetros diarios desde Tumbaco hasta Quito. Desde el primer año de funcionamiento se evitaría 50,880 toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por automóviles livianos, y cinco años más tarde esta cifra podría aumentar a aproximadamente 81,943 toneladas de dióxido de carbono menos en el medioambiente. Para el año 2034 se podrían evitar 311,179 toneladas menos de dióxido de carbono en el aire de Quito. Las emisiones de metano con el sistema Metroférico se reducen en más de 270 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> desde el primer año de funcionamiento sólo por vehículos livianos. La reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> debido al transporte público pesado actual puede alcanzar las 819 toneladas de dióxido de carbono. Igualmente se logran reducciones en las emisiones de metano y oxido nitroso, sin embargo están son muy pequeñas en comparación con las emisiones de CO<sub>2</sub> y afectan muy poco al resultado total de emisiones de gases de efecto invernadero ahorradas debido al sistema. En las figuras 28 y 29 se puede ver las reducciones de emisiones de metano tanto de vehículos livianos como de vehículos pesados si el sistema Metroférico se convertiría en realidad. Las figuras 30 y 31 muestran las reducciones en las

emisiones de oxido nitroso de vehículos livianos y pesados con el escenario actual y con el Metroférico.

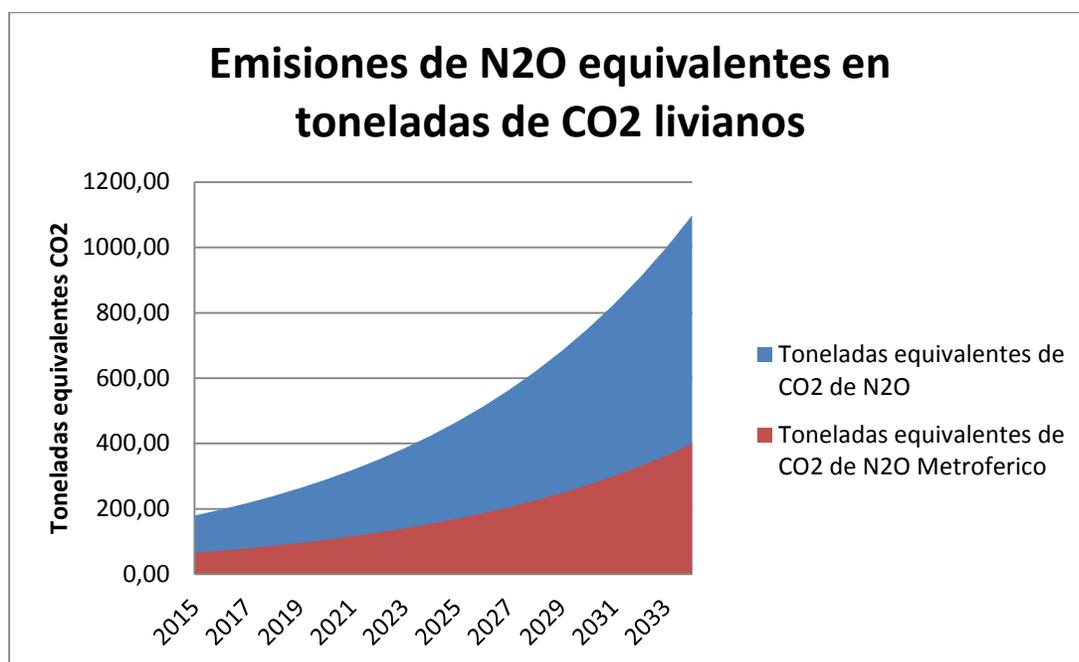


Figura 30: Emisiones de N2O equivalentes en toneladas de CO2 de vehículos livianos

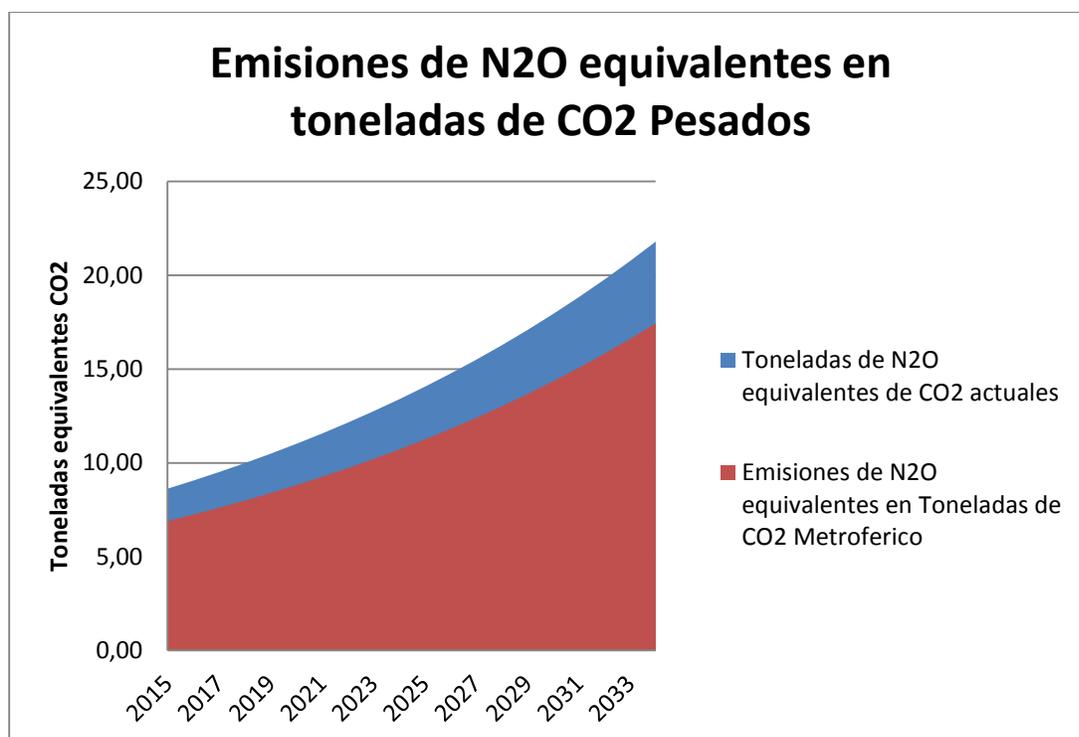


Figura 31: Emisiones de N2O equivalentes en toneladas de CO2 de vehículos pesados

La sumatoria de las toneladas equivalentes de dióxido de carbono emitidas por vehículos livianos sin el Metroférico es de 80,856; la sumatoria de las toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> con el Metroférico es de 22,240 para el año 2016. Un año más tarde se generarían 26,910 toneladas de dióxido de carbono en comparación con las 88,942 toneladas que se generarían sin el Metroférico. Con estos datos se estima un ahorro promedio anual de 146,812 toneladas de CO<sub>2</sub> en el medioambiente. En promedio se emitirían 47,925 toneladas anuales de dióxido de carbono con el Metroférico y sin el Metroférico se emitirían 158,395 toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que resulta en una disminución del 70% de emisiones de gases de efecto invernadero solamente por los vehículos livianos. La figura 32 muestra la sumatoria de las toneladas totales de CO<sub>2</sub> emitidas al medioambiente con el Metroférico y sin el Metroférico. La figura 33 muestra las toneladas de CO<sub>2</sub> ahorradas, es decir que no se emiten al medio ambiente.

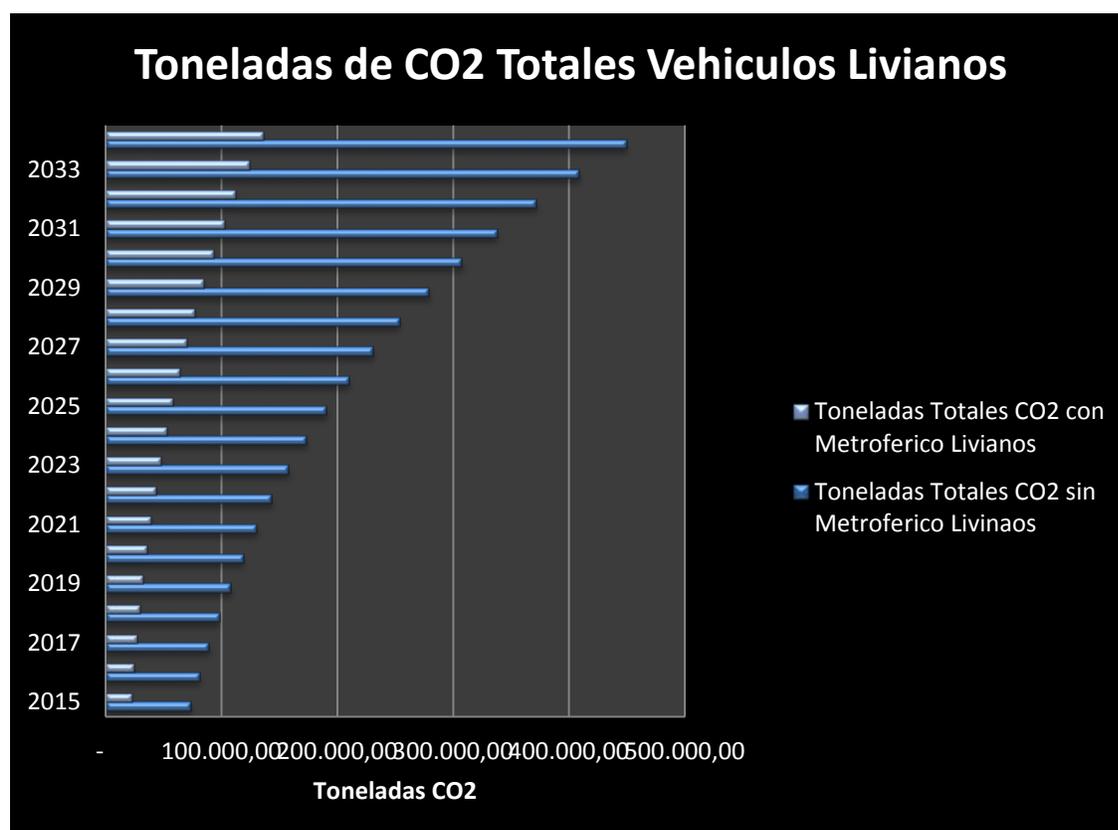
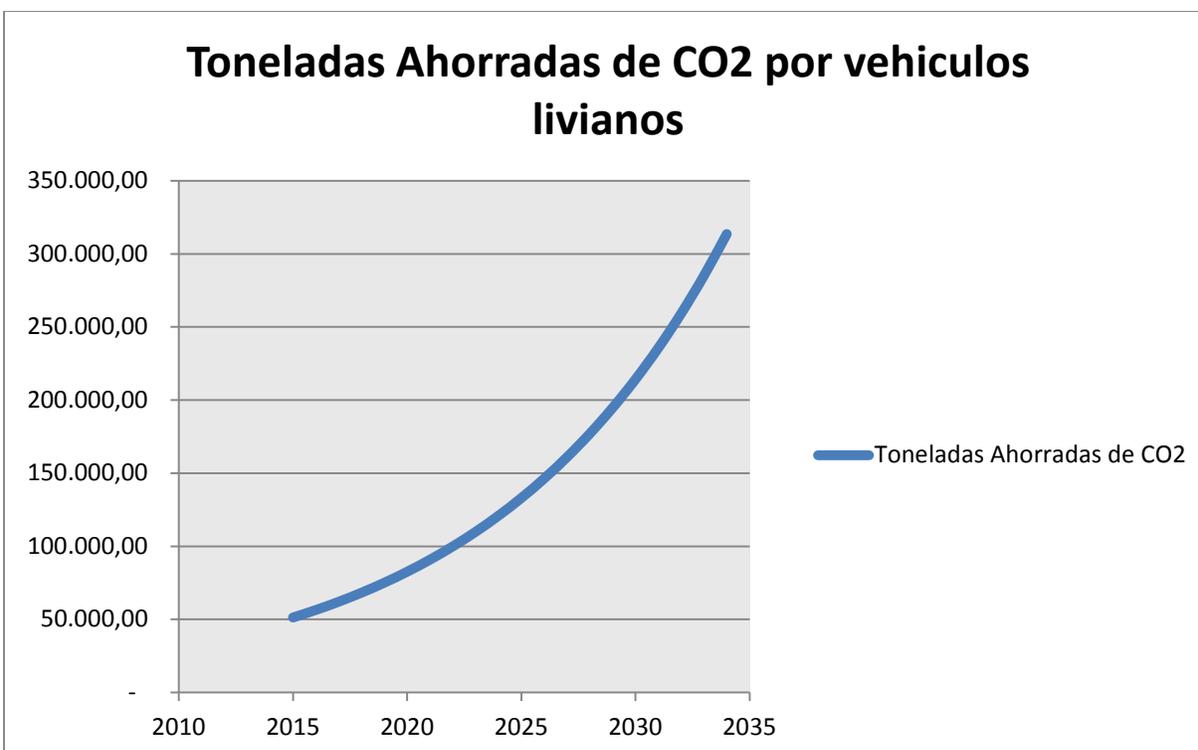


Figura 32: Emisiones de CO<sub>2</sub> totales con Metroférico y sin Metroférico debido a vehículos livianos



**Figura 33: Toneladas ahorradas de CO<sub>2</sub> por vehículos livianos fuera de circulación**

Las toneladas totales de CO<sub>2</sub> emitidas por el transporte pesado que dejaría de circular en la Av. Simón Bolívar y la Interoceánica suman un total de 3,757 toneladas equivalentes de dióxido de carbono al primer año; comparando este número con las 2,755 toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> se aprecia un ahorro aproximado de mil toneladas sólo en el primer año. Con un promedio anual de 4,864 toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas sin el sistema de transporte Metroférico en comparación con el promedio anual de 3,746 toneladas de CO<sub>2</sub> se aprecia el ahorro anual promedio de 1,360 toneladas en 25 años de funcionamiento del sistema. La figura 34 muestra un gráfico de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> de vehículos pesados sin el sistema Metroférico y las emisiones al medio ambiente de Quito de CO<sub>2</sub> con el sistema Metroférico. De igual forma, en la figura 35 se puede apreciar el ahorro de emisiones por vehículos pesados anuales durante 20 años que se generarían con la línea Tumbaco-Quito.

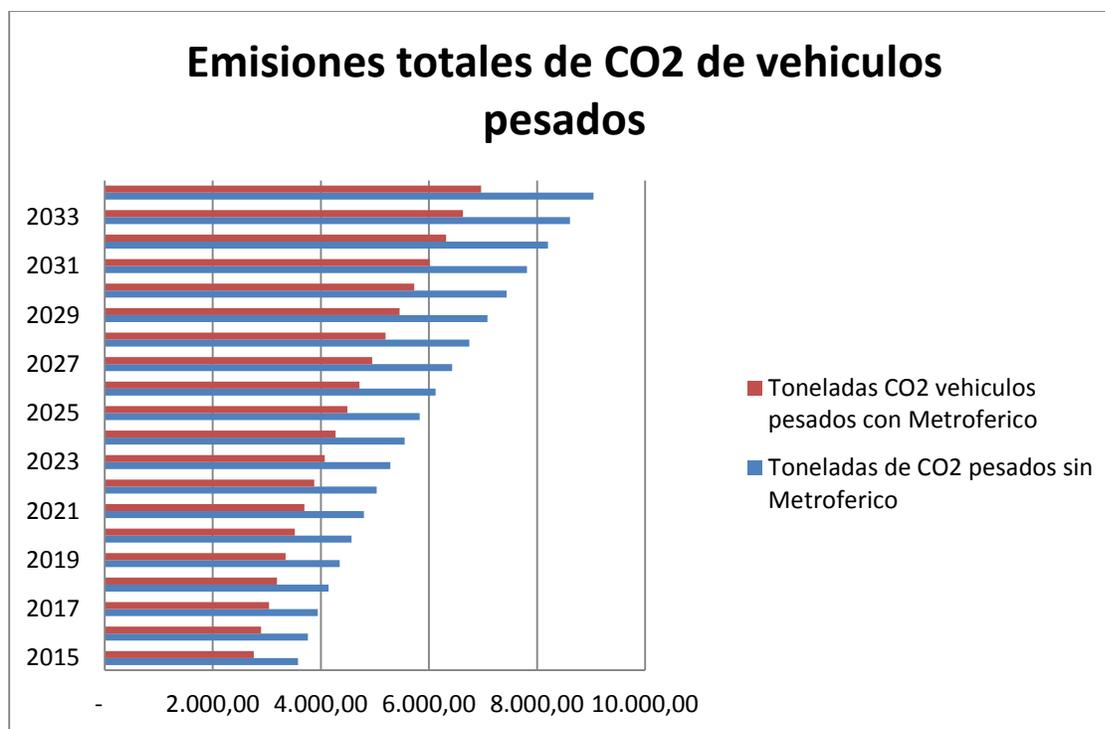


Figura 34: Emisiones totales de CO2 de vehículos pesados con y sin el sistema Metroférico

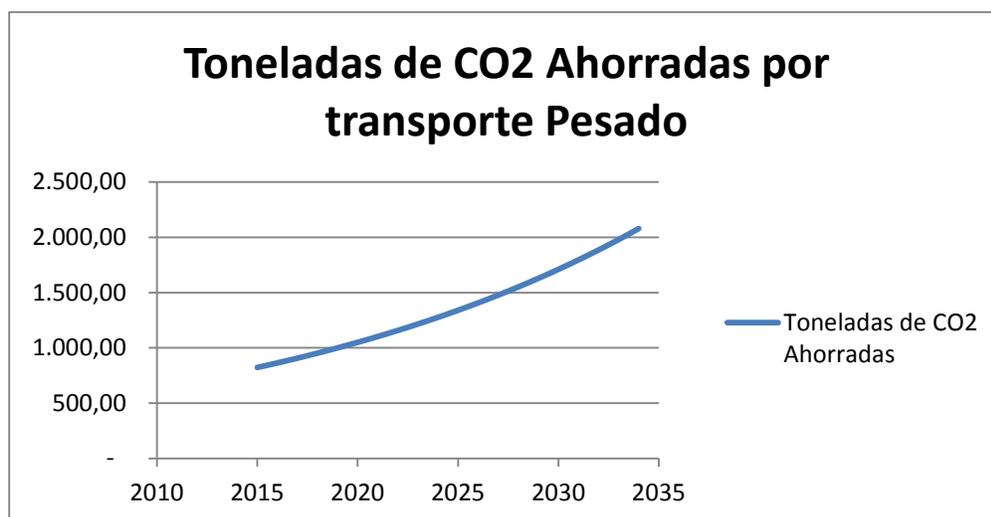


Figura 35: Emisiones ahorradas de CO2 debido a vehículos pesados

La figura 36 muestra la comparación de toneladas de dióxido de carbono totales emitidas tanto por autos y buses con y sin el sistema de transporte Metroférico. La figura 37 muestra un gráfico de cómo durante 20 años se dará ahorros en las emisiones de dióxido de carbono en el aire de Quito.

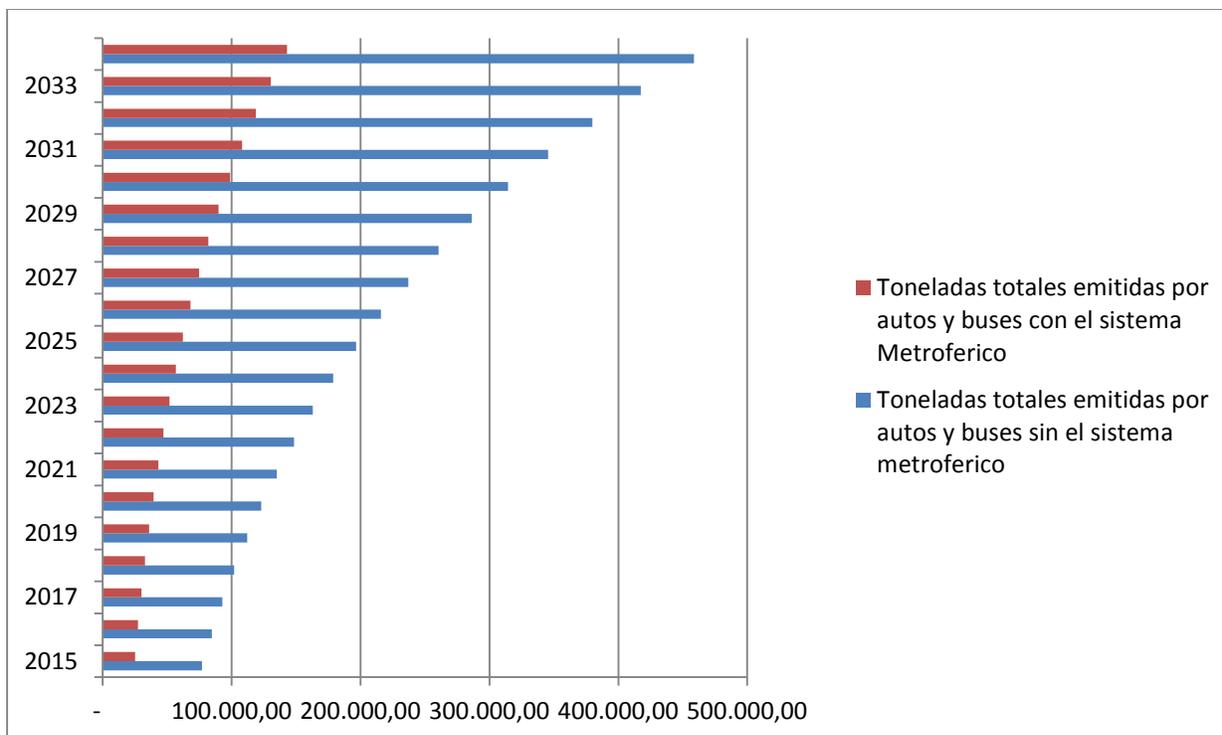


Figura 36: Emisiones totales por autos y buses con y sin el sistema Metroférico

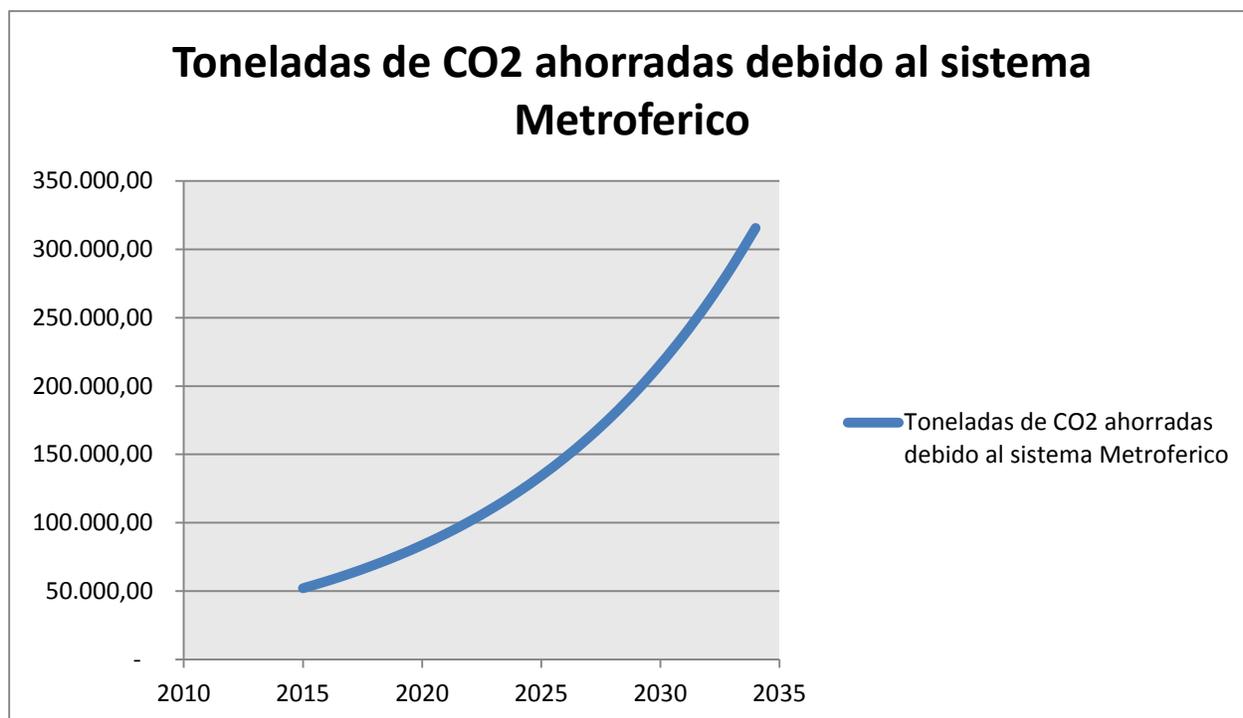


Figura 37: Ahorro en emisiones de toneladas de CO2 debido al sistema Metroférico

### c. Costos Energéticos y Ahorros

Se puede apreciar de la figura 37 que desde el primer año se evitarían un poco más de 52 mil toneladas de dióxido de carbono al medio ambiente. En cinco años esta cifra aumenta a 76,058 toneladas y en 20 años se tiene la enorme cifra de 315,615 toneladas de dióxido de carbono evitadas. Con estos datos se obtiene un promedio de 148 mil toneladas menos en el ambiente cada año que funciona el sistema Metroférico. Como medida para dar una cuantía de cuánto significa esta contaminación en el medio ambiente se creó el European Trading Scheme, institución que pone precio a las toneladas de CO<sub>2</sub> de acuerdo a las leyes de mercado. En el 2005 la tonelada de CO<sub>2</sub> alcanzó una cifra record de 30 euros (BBC, 2015). Actualmente el precio oscila entre los 5 y 6 euros. Si tomamos el precio de cinco euros por tonelada de dióxido de carbono, se tiene un ahorro de 740,862.80 euros anuales, que transformado a dólar con el precio actual (30 de Octubre del 2015) significa \$ 822,357.70 dólares anuales; esto es más de 16 millones de dólares en 20 años. Transformando estos números a Mega Watts anuales de energía se tiene que desde el primer año hay un ahorro de 113,000 MW, llegando en 20 años hasta un total de 648,533 MW ahorrados de energía. Todo esto significa un ahorro promedio anual en energía de casi 300,000 MW. Tomando en cuenta que para todo medio de transporte urbano masivo de personas el punto crítico es la eficiencia energética, se aprecia que el sistema Metroférico cumple con esta cualidad. El consumo de energía determina la sustentabilidad del sistema. Si bien es un sistema que utiliza 2.5 MWh, su consumo eléctrico es menor a otros sistemas de transportes como tranvías. Las características del sistema tranvía de la ciudad de Cuenca, este sistema consumirá 3.5MWh (Tiempo, 2013). Una alternativa para el futuro podría ser la generación eléctrica propia del sistema, mediante paneles solares ubicados en los techos de estaciones y parqueaderos. Según el Centro de Energías Renovables de Chile, el “costo promedio por

kilovatio-hora de producción de electricidad solar es alrededor de \$4.000.” (Renovables, 2013). Tomando este valor y los 2500 kW/h que necesita el Metroférico se necesitaría una inversión de \$10,000.000 de dólares para generar la electricidad que necesita el sistema para su funcionamiento. Como dato adicional se necesitaría la plantación de alrededor de 330 mil árboles anuales que ocuparían un área equivalente a 300 hectáreas, para absorber la cantidad similar de dióxido de carbono que se evitaría con el Metroférico.

Debido a que el 80% de su trayecto pasa por quebradas y espacios no habitados su impacto de contaminación acústica es mínimo, comparado al ruido causado por un tren o por los mismos autos en una autopista. El impacto visual que puede generar las torres y los cables que se elevan desde el valle y van hacia la ciudad podría parecer poco atractivo, pero esto podría sr mitigado mediante la plantación de árboles. Con un diseño estético y ecológico en las estaciones se podría lograr más ahorros de los ya expuestos; con esto se espera que el impacto generado de estas estructuras sea mitigado y atractivo para los usuarios y habitantes de los Valles. Existe un teleférico similar en la ciudad de Koblenz en Alemania donde las estaciones están rodeadas de espacios verdes y llegan a integrarse a estos espacios gracias a su arquitectura.



**Figura 38: Estación de teleférico Koblenz-Alemania (Koblenz, 2015)**

El anexo 3 muestra las tablas con las emisiones anuales de cada tipo de vehículo y tipo de gas, así como las emisiones totales.

## **Impacto Social ruta Metroférico Tumbaco-Quito**

### **d. Costo Social**

El costo social es una variable que debe ser tomada en cuenta, sobre todo en ciudades donde este factor tiene un gran peso en el análisis social de un proyecto o infraestructura de uso público. Como principal diferencia puede resaltar el hecho de que es un sistema masivo de transporte público que no requiere de subsidios por parte del Estado, como es el caso de los buses con servicios de transporte colectivo urbanos y parroquiales, los cuales se benefician del costo de combustible en el país ya que este cuenta con subsidios. Tampoco se invade propiedades privadas y causa demoliciones mínimas, tan sólo tres estructuras podrían ser demolidas. Igualmente su construcción generaría muy poco tráfico en las autopistas y calles, ya que al ser prefabricado genera ahorros en tiempos de construcción y su colocación es rápida y demoraría apenas seis meses.

La integración del sistema multimodal de transporte podría generar inconvenientes al principio de su funcionamiento, sin embargo esto puede ser mitigado mediante la socialización del proyecto. La figura 13 muestra los cálculos de gastos mensuales por viajes entre Tumbaco y Quito según el medio de transporte: Auto, Bus y Metroférico. Cabe aclarar que para los cálculos del gasto mensual en transporte colectivo se tomó una tarifa de 35 centavos, que es el costo de Tumbaco a la terminal Río Coca.



Figura 39: Gastos mensuales por viaje en transporte entre Tumbaco y Quito (Resl, Jungh, Mucarsel, & Witt, 2012)

En el “Estudio de Caracterización Social, Económica y Análisis de Evaluación de Medios de Transporte de La Población del Distrito Metropolitano de Quito”, que fue elaborado por Spectrum Opinión y Mercado, indican que “el 62,3% indico que el transporte público actual implica una demora para llegar al destino requerido. Adicionalmente el 44,3% estima que el trato recibido al ser usuarios del sistema público es malo e irrespetuoso” (MERCADO, 2012). Un elemento que es considerado importante por los usuarios del transporte público es la comodidad. El 57,5% de los usuarios de transporte público en el Distrito Metropolitano de Quito considera que el transporte es por lo menos incómodo.

En el caso de la seguridad vial, “usuarios de vehículos particulares, al igual que los conductores de taxis, consideran que los conductores de transporte colectivo son grandes infractores, de tal forma que el 40% afirma que se cometen infracciones graves de manera frecuente” (MERCADO, 2012).

Los usuarios del transporte público en Quito y en los Valles destinan aproximadamente un dólar diario en transporte, utilizando de 2 a 4 veces al día el transporte colectivo. Esta característica se mantiene en todos los usuarios del transporte público sin importar el nivel de sus ingresos. Los usuarios considerados en el estrato económico más bajo “que perciben un ingreso inferior a 300 dólares quienes si bien gastan 1 dólar diario se movilizan en promedio solamente 26 días” (MERCADO, 2012). Los usuarios del transporte público pueden ser clasificados en dos grupos, aquellos que deben tomar dos buses: uno de ida y otro de regreso para realizar su actividad principal; y aquellos que deben utilizar 4 buses para llegar y salir del destino de su actividad principal. En el caso de los habitantes del Valle de Tumbaco, Cumbayá, Pifó, Puembo, Yaruquiy El Quinche, entrarían en el primer grupo. Es por esta razón que los posibles usuarios del Metroférico deberán tomar un bus que permita llegar a las estaciones del sistema Metroférico. Así es como la interconexión entre buses y Metroférico es sumamente importante para el éxito del proyecto y la comodidad y bien estar de la población.

Considerando el precio de 50 centavos y 75 centavos dependiendo del lugar de origen y destino en la ruta Metroférico, el gasto diario en transporte colectivo pasaría de 1 dólar a 1.50 dólares, en algunos casos dependiendo del destino final; dentro de la ciudad de Quito este podría aumentar hasta 2 dólares. Esto incidirá en un aumento del costo de movilización en comparación con los ingresos familiares del hogar de los usuarios. En este caso los usuarios de estratos económicos bajos serían los más afectados, ya que el costo de transporte mensual pasaría de 44 dólares a aproximadamente 66 dólares, es decir un aumento del 30%, generando un impacto en el ingreso familiar de 18% a 27%. Este impacto económico sería justificado si el tiempo efectivo de movilización es reducido, utilizando este tiempo adicional ahorrado en actividades personales mejorando el bienestar de las personas.

### e. Riesgos de la línea Tumbaco- Quito

El riesgo de accidentes por este tipo de tecnología como es la del Metroférico es mínima. El diseño de las estaciones y cabinas, así como su espacio y la carga que este puede transportar garantizan la seguridad del usuario. La cabina cuenta con un área de 24 m<sup>2</sup>, teniendo en cuenta que las cabinas pueden transportar 38 personas, queda un espacio libre de 0.63 m<sup>2</sup> por persona. Además de las cámaras de seguridad que están colocadas en todas las cabinas en ellas también se instalan sistemas de comunicación con el cuarto de control del sistema. La figura 40 muestra un gráfico de la relación de accidentes por medio de transporte de acuerdo a estadísticas de suiza.

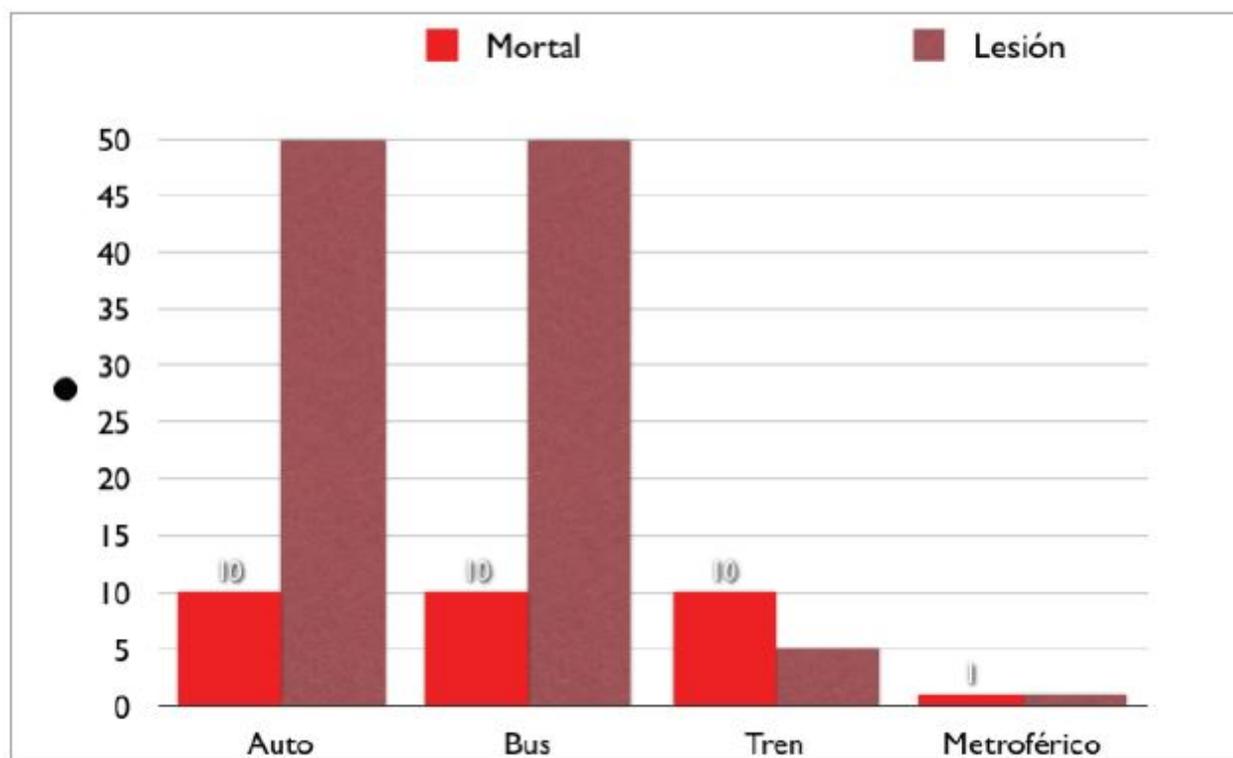


Figura 40: Relación de Accidentes por diferentes medios de transporte de acuerdo al Informe Estadístico de Suiza (2007-2011)

En este gráfico se aprecia que viajar en teleférico es más seguro que tres medios de transporte diferentes. Los accidentes han sido casi nulos, y esto se debe a su diseño e infraestructura, la cual

puede soportar vientos de hasta 70 Km/h (Koblenz, 2015). De acuerdo al Inamhi en Tumbaco se han registrado vientos de hasta 50 Km/h, los cuales son considerados “muy fuertes” para el sector, los cuales se presentan en épocas de verano y son muy raros (Comercio, 2014).

La tecnología 3S de cables en teleféricos crea un movimiento muy silencioso del sistema, con muy baja fricción, eliminando vibraciones y ruidos ha logrado que este tipo de infraestructuras sea aplicado en los Alpes, zona donde los estudios de impacto ambiental son muy rigurosos. Al emitir poco ruido crea efectos positivos en la salud mental de los pasajeros, como por ejemplo reduciendo el estrés y los movimientos bruscos que se sienten en los sistemas colectivos de transporte. Por un momento se oiría menos pitos y el rodar de las llantas.

Uno de los principales problemas del transporte motorizado son los accidentes y las consecuencias de los mismos para las personas. En Ecuador en el año 2012 “cada 24 horas se produjeron 65 accidentes de tránsito, que generaron 6 muertos y 50 heridos cada día” (Vial, 2012). La comodidad y seguridad que brinda el sistema Metroférico puede ayudar a disminuir estas cifras, ya que brindaría un servicio constante y estable, además de un tiempo de viaje seguro; esto ayudaría positivamente a las personas a tener un momento de descanso mientras viajan, el cual podría ser utilizado en actividades personales y ocio o también trabajando, ya que las cabinas podrían contar con internet inalámbrico.

## **f. Desarrollo Urbano**

La forma en la cual el desarrollo urbano ocurre en las ciudades trae un gran impacto en las condiciones de movilidad de los ciudadanos. Una de las más importantes es el asentamiento de los habitantes en relación a sus actividades y necesidades de trabajo, educación y tiempo libre. Las regiones periféricas de la ciudad, comúnmente son pobladas por personas de bajos recursos, donde el valor de la tierra es menor comparado con el de la ciudad en sí, y donde la posibilidad

de adquirir tierras es más fácil. Son en estas áreas donde se aprecia la falta de oferta de servicios públicos como son los centros de salud, escuelas y transporte público. Los servicios públicos en estas áreas por lo general son precarios y a esto se agrega las limitaciones en ofertas de trabajo (Moller R. , 2006). Con la oferta de servicios públicos, la accesibilidad a servicios o equipos que los habitantes necesiten mejoraría; esta es una situación que afecta a toda la población en general, tanto a los residentes de bajos recursos como a los habitantes de altos recursos. Con el pasar del tiempo las ciudades crecen, por lo tanto cada vez se recorren mayores distancias para llegar a los destinos finales de cada ciudadano. Estos viajes cada vez más largos provocan un aumento en los costos de transporte, con lo cual las tarifas aumentan gradualmente sin brindar mejoras en la comodidad o en los tiempos de viaje; principalmente por la baja calidad de transporte colectivo urbano. En los Valles de Quito está sucediendo que cada vez se movilizan más personas de todos los estratos que tienen acceso a un automóvil. El crecimiento poblacional de estos valles, que es de alrededor de 5% anual, ha llenado las vías de acceso a Quito con una gran cantidad de vehículos que inciden directamente en la congestión de la ciudad.

El Metroférico podría convertirse en un eje de desarrollo para el valle de Tumbaco y Cumbayá. Actualmente existe un Hospital entre Tumbaco y Cumbayá, sin embargo el número de clínicas cada vez es mayor. Lo mismo sucede con locales de servicios públicos y privados. Lo que falta es un medio de transporte que permita viajar a todos con comodidad y seguridad, servicio que actualmente no cumple las expectativas deseadas de la gran mayoría de usuarios de los valles. El sistema Metroférico incide directamente en este aspecto, brindando una solución para un problema que afecta a todos. Igualmente, acercaría el hiper centro de la ciudad con los Valles, generando bienestar en los usuarios y activando económicamente las zonas en las cuales están las estaciones. Gente que vive en los valles podría tomar o aceptar empleos generados en Quito, que

como es de esperar se ofrece una mayor oferta, variedad y cantidad de empleos, ya que la movilización hacia la ciudad ya no sería un problema.

Como parte del desarrollo urbano de un sitio o de una ciudad, debe ser tomado en cuenta la inclusión social de toda la población, ya que al ser un bien público o de utilización pública debe ser accesible para todos. Las personas con discapacidades físicas tienen menor movilidad por obvias razones. En países con mayor desarrollo y recursos las personas discapacitadas tienen prioridad y mejor trato con lo cual se puede garantizar y proveer sus desplazamientos en transporte público. El apoyo de este estilo es muy difícil encontrar en países que se encuentran en desarrollo, y por lo tanto las necesidades de movilización de personas discapacitadas son deficientes y estas son las personas más perjudicadas en sus necesidades de movilidad. Debido al diseño de las estaciones de los sistemas de teleféricos, estos están diseñados para que el acceso de personas discapacitadas y ancianas sea lo más fácil posible. Con esto el sistema Metroférico garantiza la inclusión social de todas las personas y todos los estratos para ofrecer movilidad a Quito desde los valles sin barreras y con la mayor comodidad.

#### **g. Impactos Positivos y Negativos**

##### **i. Impactos Positivos**

El sistema Metroférico inicio como una idea que poco a poco fue desarrollándose con la ayuda de Juntas Parroquiales, gremios y asociaciones. La participación de la comunidad de los Valles fue de gran ayuda, ya que el equipo de trabajo pudo escuchar directamente las necesidades de movilidad de los habitantes de los Valles de Quito. Con esto se logro un proyecto cuya gestión social toma en cuenta a la población como protagonista. En conversaciones con los gremios de transportistas que serían afectados por el servicio Metroférico, han manifestado su interés en el proyecto, ya que manifiestan obtener pérdidas en el tramo desde Miravalle hasta Quito, porque

la cantidad de clientes es casi nula. Con esto se podrían abrir nuevas rutas dentro de los Valles de transporte colectivo para alimentar las estaciones del Metroférico. De esta forma se podría minimizar el impacto en un actor importante a tomar en cuenta que son los buses que podrían ser afectados por el proyecto. Con este sistema se busca mejorar la calidad de vida de la población sin importar su estrato económico, con lo cual puede desarrollar un mejoramiento inmobiliario con la construcción de las estaciones y parques cercanos, además de bibliotecas o centros de arte y cultura. Como parte de la conexión intermodal sería ideal planificar una interconexión de servicios de transporte, con esto se quiere decir que se pueda viajar en el sistema Metroférico, y con el mismo ticket utilizar los servicios de la Eco vía, en la 6 de Diciembre, o el Metro de Quito cuando este entre en operación. Con esta conexión Intermodal se podría obtener una reducción de costos en el transporte de los usuarios. Se tiene accesibilidad a todos los usuarios del servicio permitiendo un mayor número de mano de obra disponible para la ciudad, o también podría suceder que se tendría mayor cantidad de mano de obra para los Valles, impulsando su economía y generación urbana. La eficiencia de movilidad junto al mejoramiento urbano del entorno, puede aumentar las obras de infraestructura para comunidades. Igualmente se tiene una disminución en el gasto de mantenimiento o construcción de vías.

## **ii. Impactos Negativos**

En los proyectos siempre existirá un margen de riesgo, que en el caso del Metroférico puede ser calculable. Sin embargo dependerá mucho de una planificación eficiente e inteligente por parte del Municipio de la Ciudad, donde se deba integrar este sistema de transporte a los demás sistemas de transporte en Quito. El desplazamiento de la población afectada por la adquisición de tierra que podría ser expropiada o afectada, se deben tener planes para mitigar el impacto que esto puede llevar a las pocas personas afectadas. En el caso de otros sistemas de transportes la

ocupación del suelo es mayor, generando gran cantidad de afectaciones y expropiaciones a una mayor cantidad de personas. Podría suceder que los usuarios del sistema sean muchos más de los calculados ya que se estimaron los cálculos con cifras muy reservadas, con esto se podrían generar tráficos de autos en los alrededores del sistema en hora pico, o podría ser que el tiempo de espera sea cercano al minuto, porque de acuerdo a las estimaciones la demanda en doce años generaría tiempos de espera de alrededor un minuto y treinta segundos.

#### **h. Rutas Alimentadoras**

Los alimentadores forman una parte clave del sistema Metroférico, ya que esto permitirá un mayor flujo de usuarios que viven alejados del sistema. Los buses interparroquiales como son las cooperativas Pifo, Puembo, Yaruquí y El Quinche mantendrían sus rutas, aunque esta vez su última parada sería el Metroférico en la estación de Tumbaco. Los buses de la cooperativa Tumbaco podría brindar algunas unidades la ruta que actualmente cumplen llevando a pasajeros desde la estación de El Nacional hacia Quito en la ruta que cumplen actualmente. Además pueden circular como transporte colectivo en Tumbaco, expandiendo su servicio hacia las comunas de El Tingo, Cunuyacu, Lumbisí, San Juan, Ilaló, Ilacril. La figura 41, 42 y 43 muestran las áreas que deberán ser cubiertas por las rutas alimentadoras para garantizar el acceso al sistema Metroférico a la mayoría de los habitantes del Valle de Tumbaco y valles aledaños.



Figura 41: Zona de rutas alimentadoras en Cumbayá



Figura 42: Zona de rutas alimentadoras en Lumbisí, San Juan, Ilaló y Tumbaco



**Figura 43: Zona de rutas alimentadoras Tumbaco**

En reuniones con los dirigentes de las cooperativas Sotranor, se han mostrado abiertos a la idea de cumplir funciones de alimentadores colectivos para el sistema Metroférico. Con sus buses de menor tamaño, pueden acceder a lugares un poco más lejanos dentro del Valle de Tumbaco y garantizar la inclusión al sistema de los habitantes.

## **CONCLUSIONES**

El sistema de transporte urbano masivo de pasajeros Metroférico elimina alrededor de 12,000 autos diarios desde el primer día del anillo vial de Quito y del híper centro de la ciudad. Este impacto será visible en los accesos de Quito en las horas picos del día con menores congestiones a su ingreso. Con un costo aproximado de 207 millones de dólares, el Metroférico es una alternativa que genera ganancias para la ciudad y afecta directamente a la descongestión del tráfico en Quito. Igualmente los costos operacionales son mucho menores que otras líneas propuestas por el cabildo de la ciudad, y resalta la capacidad de poder cumplir las demandas futuras de pasajeros con pocos tiempo de espera en las paradas. Su ubicación puede impulsar un desarrollo importante al Valle de Tumbaco, posiblemente reduciendo las necesidades de viajes a la ciudad de Quito, gastando menor energía para la movilización personal. Tomando en cuenta el alto crecimiento poblacional anual de Tumbaco y parroquias cercanas por el impulso que ha brindado el aeropuerto a esta zona, se nota la importancia de ofrecer un transporte seguro y confiable para los habitantes de los Valles, que se han visto invadidos por un mayor tráfico debido a los viajes generados por el aeropuerto. El número de posibles usuarios de la ruta Tumbaco- Quito demuestran la factibilidad económica del sistema, demostrando que su ubicación y trazado es óptimo para los Valles, generando ganancias que pueden ser reinsertadas en proyectos para Quito. El Metroférico es un sistema que puede ser pagado en pocos años, sin subsidios en los pasajes y utilizando energía limpia de las nuevas hidroeléctricas. Sin este sistema se puede pronosticar una mayor congestión vehicular de la que ya existe, que con el tiempo seguirá creciendo ya que no existe ningún esfuerzo por eliminar autos de las calles. El Metroférico reduce la dependencia del automóvil y evita la expansión de espacios para el automóvil, que afectan directamente a los espacios de vida de las personas. Como parte de la

movilidad sostenible que se busca con el sistema Metroférico está el reducir los impactos de los desplazamientos en vehículos así como aumentar y ser ejemplo de servicio de transporte público eficiente de la ciudad. Con esto se recupera el valor y la convivencia en el espacio urbano, brindando accesibilidad para todos incluidos los grupos especiales, con impactos mínimos en el medio ambiente y entorno de las personas.

Los problemas de movilidad en la ciudad no son solamente la congestión vehicular, sino también el impacto social y ambiental que es producido por el transporte motorizado, el cual incide directamente en la calidad de vida de las personas. Los problemas del tráfico se materializan en horas pérdidas durante el desplazamiento, que no son aprovechadas de forma que aumente la calidad de vida. Aparte se tiene las afectaciones a la salud debido al tráfico como es la contaminación acústica y del aire. El sistema Metroférico tiene como ventajas emitir poco ruido por parte del sistema mecánico y no emitir contaminantes al aire.

La energía que se usa para transportar a una persona una determinada distancia establece la eficiencia de los sistemas de transporte y los impactos que conlleva a la ciudad. Cuando se necesita mayor energía menor será la eficiencia del transporte, y su costo económico aumentará. Optimizando el uso de energía se limita y reduce los impactos ambientales, económicos y sociales. El Metroférico demuestra su sustentabilidad económica y ambiental con su poco uso de energía además de los ahorros en emisiones de gases de efecto invernadero, y en tiempo ahorrado para los usuarios. Con tasas de ocupación máximas el Metroférico utiliza mucho menos energía que buses y vehículos motorizados. Además el espacio utilizado por el Metroférico es mucho menor que el espacio utilizado por el transporte colectivo y privado. El espacio ocupado por tiempo de funcionamiento de un vehículo de transporte afecta en la circulación de las ciudades; el automóvil privado de nuevo utiliza un mayor espacio público, así este en circulación

o si se encuentra parado. Los viajes en coches utilizan 90 veces el espacio que utiliza el transporte colectivo como el bus. El Metroférico equivale a tener 150 buses circulando por cada dirección por hora.

El automóvil emite cuatro veces la cantidad de gases que emite un bus con el mismo número de ocupantes. Por lo tanto es el principal emisor y responsable de la contaminación en el aire, la cual es generada en su gran mayoría por el tráfico. Similarmente el 80% de la contaminación acústica en la ciudad se genera por el rodamiento de tráfico de los autos.

El proyecto Metroférico busca permitir redefinir el modo en el cual se accede a Quito desde los Valles de la ciudad, facilitando el acceso y brindando seguridad y comodidad para sus usuarios. Con una estructura de este estilo puede permitirse una mayor presencia de autoridades para desarrollar su enfoque territorial de los Valles y zonas cercanas al aeropuerto. Estas estructuras demandan integraciones cuidadosas a las redes espaciales y sociales para influenciar un incremento en movilidad y regeneración urbana de las zonas. Aparte de los beneficios sociales y económicos que surgen a partir de la construcción del sistema Metroférico, se puede agregar un valor simbólico. Este sistema de gran impacto visual para visitantes y residentes fomentaría la sensación de inclusión social e integración de la ciudad a lo moderno. Esta idea se ha desarrollado junto con varias personas que han expresado sus preocupaciones y necesidades en cuanto a la movilidad en el Valle, promoviendo un proyecto que ha contado con la participación de la ciudadanía. El sistema Metroférico debe contar con un soporte de crecimiento social y económico, con la ayuda de planes de inversión sustentable en los Valles incorporando a la ciudadanía en la vida urbana de forma sistemática y democrática. Se debe evitar en lo posible afectar los espacios de vida de las personas, fomentando prácticas que reduzcan la desigualdad espacial y social en una comunidad.

## Glosario

RW Tech: Rope Way Technology (Tecnología de teleférico)  
 EPC: Engineering Procurement Construction (Ingeniería de suministros y construcción)  
 MW-h: Mega vatio hora  
 kW-h: Kilo vatio hora  
 HC: Híper Centro de Quito  
 CAF: Bando de Desarrollo de América Latina  
 L/Km: Litro por Kilometro (consumo de gasolina)

## Bibliografía

- Agencia Pública de Noticias del Ecuador Andes. (2015, Abril 30). *ANDES*. Retrieved from Andes Noticias: <http://www.andes.info.ec/es/noticias/ecuador-aumento-salario-basico-unificado-2015-411.html>
- Barrera, A. (2014). Propuestas para la alcaldía Augusto Barrera. (E. USFQ, Interviewer)
- BBC. (2015, Abril 16). *BBC Mundo*. Retrieved from Una tonelada de CO2 sigue valiendo "menos que una hamburguesa": [http://www.bbc.com/mundo/ultimas\\_noticias/2013/04/130416\\_ultnot\\_cambio\\_climatico\\_ue\\_am](http://www.bbc.com/mundo/ultimas_noticias/2013/04/130416_ultnot_cambio_climatico_ue_am)
- Blandon, N. (2015). *Estudio Preliminar Para La Implementación de Tres Líneas de Transporte Por Cable en Barrios Altos del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: DCSA ingenieur consil.
- Boyle, G. (2012). *Renewable Energy Power for a Sustainable Future*. Londres: Oxford Press.
- Bull, A. (2003). *Congestión de Tránsito: El Problema y Como Solucionarlo*. Barcelona: United Nations Publications.
- CBS ING S.A, ILF Consulting Engineers. (2014). *Teleférico Quito: Technical Viability Study*. CBS ING S.A. Quito: Ing. Alexander Barahona D.
- Comercio, E. (2014, Julio 22). *El Comercio*. Retrieved from La velocidad de los vientos en Quito superó los 50 km/h: <http://www.elcomercio.com/actualidad/velocidad-vientos-quito-clima-verano-problemas.html>

- Comunicación, S. d. (2015, 05 14). *Prensa Quito Alcaldia*. Retrieved from Agencia Pública de Noticias Quito:  
[http://prensa.quito.gob.ec/Noticias/news\\_user\\_view/quito\\_cables\\_solucionara\\_la\\_movilidad\\_de\\_la\\_rollos\\_pisuli\\_y\\_barrios\\_aledanos--14121](http://prensa.quito.gob.ec/Noticias/news_user_view/quito_cables_solucionara_la_movilidad_de_la_rollos_pisuli_y_barrios_aledanos--14121)
- Consultores, A.-F. C. (2005). *Estudio Definitivo de Ingenieria del Proyecto Ruta Sur-via Aeropuerto*. Quito: ASTEC-F.ROMO Consultores y León&Godoy Consultores.
- Direccion Metropolitana de Transporte y Vialidad. (2003). *Plan Maestro de Transporte Para el Distrito Metropolitano de Quito: MDMQ*. Quito: Municipio de Quito.
- E.P Metropolitana de Servicios Aeroportuarios. (2013, 03 20). *Prensa Quito Alcaldia*. Retrieved from Agencia Pública de Noticias:  
[http://noticiasquito.gob.ec/Noticias/news\\_user\\_view/mas\\_de\\_342000\\_pasajeros\\_pasa\\_ron\\_por\\_el\\_nuevo\\_aeropuerto\\_en\\_30\\_dias--8554](http://noticiasquito.gob.ec/Noticias/news_user_view/mas_de_342000_pasajeros_pasa_ron_por_el_nuevo_aeropuerto_en_30_dias--8554)
- Ecuador, M. d. (2015, Enero 1). *Calendario 2015*. Retrieved from Calendario de Ecuador:  
<http://www.calendarioecuador.net/>
- Ecuador, M. d. (2015, Julio 12). *www.energia.gob.ec*. Retrieved from Ministerio de Electricidad y Energía Renovable de Ecuador: [www.energia.gob.ec/generacioneolica](http://www.energia.gob.ec/generacioneolica)
- INEC. (2015, Enero 8). *Ecuador cierra el 2014 con una inflación de 3,67%*. Retrieved Junio 20, 2015, from [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec): <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/ecuador-cierra-el-2014-con-una-inflacion-de-367/>
- Ioannis Tsapakis, T. C. (2012). Impact of Weather Conditions on Macroscopic urban Travel. *Journal of Transport Geography*, 204-211.
- Koblenz, S. (2015, 11 1). *Seilbahn Koblenz*. Retrieved from [www.seilbahn-koblenz.de](http://www.seilbahn-koblenz.de):  
<http://www.seilbahn-koblenz.de/home-page.html>
- Liu, D. H. (1999). Fossil fuel consumption. In B. G. Liptak, *Environmental Engineers Handbook* (p. 1215). Atlanta: Chapman and Hall.
- MERCADO, S. O. (2012). *ESTUDIO DE CARACTERIZACION SOCIAL, ECONOMICA Y ANALISIS DE EVALUACION DE MEDIOS DE TRANSPORTE DE LA POBLACION DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. QUITO: EKOS.
- Metro de Madrid S.A. (2012). *Estudio Origen Destino- Metro de Quito*. Quito: Metro de Quito.

- Metro de Quito EPM. (2015, 08 23). *Metro de Quito EPM*. Retrieved from Metro: <http://www.metrodequito.gov.ec/metro.php?c=1283>
- Moller, R. (2006). *Transporte urbano y desarrollo sostenible en America Latina*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Municipio de Quito. (2008). *Plan Maestro de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito 2009*. Quito: Municipio de Quito.
- Municipio de Quito. (2009). *Plan Maestro de Movilidad para el Distrito Metropolitano de Quito 2009*. Quito: Municipio de Quito.
- Municipio de Quito. (2015, 06 22). *Datos Abiertos Quito*. Retrieved from Datos abiertos de Quito: [www.datosabiertos.quito.ec](http://www.datosabiertos.quito.ec)
- Paéz, O. (2011). *Mercado Sectorial en Pisulí*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Redacción Negocios. (2015, Octubre 7). Los subsidios a los combustibles en Ecuador suman USD 1 218 millones en siete meses del 2015. *El Comercio*, p. 1.
- Renovables, C. d. (2013). *Energía Solar*. Santiago de Chile: Ministerio de Energías Gobierno de Chile.
- Resl, R., Jungh, T., Mucarsel, A. R., & Witt, J. A. (2012). *Technical Report: Resultados del Pre-Estudio Sistema Metroférico para Quito y el Valle de Tumbaco*. Quito: Iniciativa Metroférico.
- S.A, Metro de Madrid. (2011). *Estudio para el Diseño Conceptual del Sistema Integrado de Transporte Metropolitano de Quito y Factibilidad de la Línea 1 de Metro de Quito*. Quito: Municipio de Quito.
- Tiempo, P. E. (2013, November 07). *Diario El Tiempo*. Retrieved from Características del sistema tranvía: <http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/132252-caracteristicas-del-sistema-tranva-a/>
- Vial, E. (2012, Marzo 14). *Siniestralidad Vial en el Ecuador*. Retrieved from Ecuador Vial: <http://www.ecuador-vial.com/wp-content/uploads/2013/07/SINIESTRALIDAD-DE-TRANSITO-EN-EL-ECUADOR1.pdf>
- World Bank Environment Department. (2011). Greenhouse gases emissions. In W. B. Department, *Greenhouse Gas Assessment Handbook: A Practical Guidance Document*

*for the Assessment of Project-level Greenhouse Gas Emissions* (p. 168). Indiana: World Bank Environment Department.

## ANEXO 1

Tablas de amortización de proyecto Metroférico y cuotas de interés y financiamiento

Año		2017	2018	2019	2020
Pasajeros al día	Pasajeros al día, incremento 4%	77,000.00	96,250.00	100,100.00	104,104.00
pasajeros año	pasajeros año operando solo 310 días	25,000,000.00	30,000,000.00	33,000,000.00	34,000,000.00
Ingresos tarifa 0.75	Ingresos tarifa 0.75	18,750,000.00	22,500,000.00	24,750,000.00	25,500,000.00
Ingresos tarifa 0.50	Ingresos tarifa 0.50	12,500,000.00	15,000,000.00	16,500,000.00	17,000,000.00
autos/día	incremento 3.5%	9,500.00	11,000.00	11,385.000	11,783.475
Ingreso Autos	Tarifa 0.50 centavos diarios	1,662,500.00	1,760,000.00	1,821,600.00	1,885,356.00
	Tarifa 0.75 centavos diarios	2,280,000.00	2,640,000.00	2,732,400.00	2,828,034.00
Locales Comerciales		3000000	3120000	3244800	3374592

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
108,268.16	112,598.89	117,102.84	121,786.96	126,658.43	131,724.77	136,993.76	142,473.51
36,000,000.00	39,409,610.24	40,985,994.65	42,625,434.44	44,330,451.81	46,103,669.89	47,947,816.68	49,865,729.35
27,000,000.00	29,557,207.68	30,739,495.99	31,969,075.83	33,247,838.86	34,577,752.41	35,960,862.51	37,399,297.01
18,000,000.00	19,704,805.12	20,492,997.32	21,312,717.22	22,165,225.91	23,051,834.94	23,973,908.34	24,932,864.67
12,195.897	12,622.753	13,064.549	13,521.809	13,995.072	14,484.899	14,991.871	15,516.586
1,951,343.46	2,019,640.48	2,090,327.90	2,163,489.37	2,239,211.50	2,317,583.91	2,398,699.34	2,482,653.82
2,927,015.19	3,029,460.72	3,135,491.85	3,245,234.06	3,358,817.25	3,476,375.86	3,598,049.01	3,723,980.73
3509575.68	3649958.707	3795957.055	3947795.338	4105707.151	4269935.437	4440732.855	4618362.169

2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
148,172.45	154,099.35	160,263.33	166,673.86	173,340.81	180,274.44	187,485.42	194,984.84
51,860,358.52	53,934,772.86	56,092,163.78	58,335,850.33	60,669,284.34	63,096,055.72	65,619,897.94	68,244,693.86
38,895,268.89	40,451,079.65	42,069,122.83	43,751,887.75	45,501,963.26	47,322,041.79	49,214,923.46	51,183,520.40
25,930,179.26	26,967,386.43	28,046,081.89	29,167,925.16	30,334,642.17	31,548,027.86	32,809,948.97	34,122,346.93
16,059.667	16,621.755	17,203.517	17,805.640	18,428.837	19,073.846	19,741.431	20,432.381
2,569,546.70	2,659,480.84	2,752,562.67	2,848,902.36	2,948,613.94	3,051,815.43	3,158,628.97	3,269,180.98
3,854,320.05	3,989,221.26	4,128,844.00	4,273,353.54	4,422,920.91	4,577,723.15	4,737,943.46	4,903,771.48
4803096.656	4995220.522	5195029.343	5402830.517	5618943.737	5843701.487	6077449.546	6320547.528

		2016	2017	2018
cuotas interes		350,000.00	350,000.00	350,000.00
cuotas anuales		-	-	-
valor pagado acumulado		350,000.00	700,000.00	1,050,000.00
VALOR A PAGAR		350,000.00	350,000.00	350,000.00
		2016	2017	2018
cuotas interes		-	315,000.00	315,000.00
cuotas anuales		-	-	-
valor pagado acumulado		-	315,000.00	630,000.00
VALOR A PAGAR		0	315,000.00	315,000.00
Valor Interes Total		350,000.00	665,000.00	665,000.00
Cuota annual total		-	-	-
Valor Acumulado pagado		350,000.00	1,015,000.00	1,680,000.00
TOTAL A PAGAR		350,000.00	665,000.00	665,000.00
2019	2020	2021	2022	2023
350,000.00	350,000.00	350,000.00	350,000.00	350,000.00
5,882,352.94	5,882,352.94	5,882,352.94	5,882,352.94	5,882,352.94
7,282,352.94	13,514,705.88	19,747,058.82	25,979,411.76	32,211,764.70
6,232,352.94	6,232,352.94	6,232,352.94	6,232,352.94	6,232,352.94
2019	2020	2021	2022	2023
315,000.00	315,000.00	315,000.00	315,000.00	315,000.00
-	5,294,117.64	5,294,117.64	5,294,117.64	5,294,117.64
945,000.00	6,554,117.64	12,163,235.28	17,772,352.92	23,381,470.56
315,000.00	5,609,117.64	5,609,117.64	5,609,117.64	5,609,117.64
665,000.00	665,000.00	665,000.00	665,000.00	665,000.00
5,882,352.94	11,176,470.58	11,176,470.58	11,176,470.58	11,176,470.58
8,227,352.94	20,068,823.52	31,910,294.10	43,751,764.68	55,593,235.26
6,547,352.94	11,841,470.58	11,841,470.58	11,841,470.58	11,841,470.58

2024	2025	2026	2027	2028
350,000.00	350,000.00	350,000.00	350,000.00	350,000.00
5,882,352.94	5,882,352.94	5,882,352.94	5,882,352.94	5,882,352.94
38,444,117.64	44,676,470.58	50,908,823.52	57,141,176.46	63,373,529.40
6,232,352.94	6,232,352.94	6,232,352.94	6,232,352.94	6,232,352.94
2024	2025	2026	2027	2028
315,000.00	315,000.00	315,000.00	315,000.00	315,000.00
5,294,117.64	5,294,117.64	5,294,117.64	5,294,117.64	5,294,117.64
28,990,588.20	34,599,705.84	40,208,823.48	45,817,941.12	51,427,058.76
5,609,117.64	5,609,117.64	5,609,117.64	5,609,117.64	5,609,117.64
665,000.00	665,000.00	665,000.00	665,000.00	665,000.00
11,176,470.58	11,176,470.58	11,176,470.58	11,176,470.58	11,176,470.58
67,434,705.84	79,276,176.42	91,117,647.00	102,959,117.58	114,800,588.16
11,841,470.58	11,841,470.58	11,841,470.58	11,841,470.58	11,841,470.58

2029	2030	2031	2032	2033
350,000.00	350,000.00	350,000.00	350,000.00	350,000.00
5,882,352.94	5,882,352.94	5,882,352.94	5,882,352.94	5,882,352.94
69,605,882.34	75,838,235.28	82,070,588.22	88,302,941.16	94,535,294.10
6,232,352.94	6,232,352.94	6,232,352.94	6,232,352.94	6,232,352.94
2029	2030	2031	2032	2033
315,000.00	315,000.00	315,000.00	315,000.00	315,000.00
5,294,117.64	5,294,117.64	5,294,117.64	5,294,117.64	5,294,117.64
57,036,176.40	62,645,294.04	68,254,411.68	73,863,529.32	79,472,646.96
5,609,117.64	5,609,117.64	5,609,117.64	5,609,117.64	5,609,117.64
665,000.00	665,000.00	665,000.00	665,000.00	665,000.00
11,176,470.58	11,176,470.58	11,176,470.58	11,176,470.58	11,176,470.58
126,642,058.74	138,483,529.32	150,324,999.90	162,166,470.48	174,007,941.06
11,841,470.58	11,841,470.58	11,841,470.58	11,841,470.58	11,841,470.58

2034	2035	2036
350,000.00	350,000.00	-
5,882,352.94	5,882,352.94	-
100,767,647.06	107,000,000.00	-
6,232,352.94	6,232,352.94	
2034	2035	2036
315,000.00	315,000.00	315,000.00
5,294,117.76	5,294,117.64	5,294,117.64
85,081,764.72	90,690,882.36	96,300,000.00
5,609,117.76	5,609,117.64	5,609,117.64
665,000.00	665,000.00	315,000.00
11,176,470.70	11,176,470.58	5,294,117.64
185,849,411.78	197,690,882.36	203,300,000.00
11,841,470.70	11,841,470.58	5,609,117.64

interes compuesto	7%	
prestamo		100,000,000.00
prestamo final		386,968,446.25
cuotas anuales con interes		19,348,422.31
total interes		286,968,446.00
cuota interes		14,348,422.30
cuota sin interes		5,000,000.01

interes compuesto	5%	
prestamo		90,000,000.00
prestamo final		348,271,601.62
cuotas anuales con interes		17,413,580.08
total interes		258,271,601.62
cuota interes		12,913,580.08
cuota sin interes		4,500,000.00

## Anexo 2

Línea	Costo Construcción	Costo Operación	65% pasajeros tp Pasajeros Diarios	2 viajes diarios Ganancias Diarias	Ganancias Anuales	Tiempo Amortización
Pisuli	58,678,000.00	4,282,000.00	11,900.00	5,950.00	2,082,500.00	28.17671068
Jaime Roldos	49,701,000.00	3,414,000.00	12,950.00	6,475.00	2,266,250.00	21.93094319
	108,379,000.00				4,348,750.00	54 años

Tablas análisis Económico rutas Pisulí y Roldós con tarifa de 25 centavos

0.25	2015	2016	2017	2018
pasajeros	11,900.00	12,495.00	13,119.75	13,775.74
	12,950.00	13,597.50	14,277.38	14,991.24
ingresos	17,850.00	18,742.50	19,679.63	20,663.61
	19,425.00	20,396.25	21,416.06	22,486.87
sumatoria	37,275.00	39,138.75	41,095.69	43,150.47
Anuales	13,046,250.00	13,698,562.50	14,383,490.63	15,102,665.16
Operación Pisuli	4282000	4282000	4282000	4282000
Operación Roldos	3414000	3414000	3414000	3414000
Sumatoria Operación	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00
Depreciación Total (5%)	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00
Balance General	(68,700.00)	583,612.50	1,268,540.63	1,987,715.16
2019	2020	2021	2022	2023
14,464.52	15,187.75	15,947.14	16,744.50	17,581.72
15,740.81	16,527.85	17,354.24	18,221.95	19,133.05
21,696.79	22,781.63	23,920.71	25,116.74	26,372.58
23,611.21	24,791.77	26,031.36	27,332.93	28,699.57
45,308.00	47,573.40	49,952.07	52,449.67	55,072.15
15,857,798.41	16,650,688.33	17,483,222.75	18,357,383.89	19,275,253.08
4282000	4282000	4282000	4282000	4282000
3414000	3414000	3414000	3414000	3414000
7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00
5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00
2,742,848.41	3,535,738.33	4,368,272.75	5,242,433.89	6,160,303.08

	2024	2025	2026	2027	2028
	18,460.81	19,383.85	20,353.04	21,370.69	22,439.22
	20,089.70	21,094.19	22,148.89	23,256.34	24,419.16
	27,691.21	29,075.77	30,529.56	32,056.04	33,658.84
	30,134.55	31,641.28	33,223.34	34,884.51	36,628.73
	57,825.76	60,717.05	63,752.90	66,940.54	70,287.57
	20,239,015.74	21,250,966.52	22,313,514.85	23,429,190.59	24,600,650.12
	4282000	4282000	4282000	4282000	4282000
	3414000	3414000	3414000	3414000	3414000
	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00
	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00
	7,124,065.74	8,136,016.52	9,198,564.85	10,314,240.59	11,485,700.12
	2029	2030	2031	2032	2033
	23,561.19	24,739.25	25,976.21	27,275.02	28,638.77
	25,640.11	26,922.12	28,268.23	29,681.64	31,165.72
	35,341.78	16,080.51	16,884.53	17,728.76	18,615.20
	38,460.17	17,499.38	18,374.35	19,293.06	20,257.72
	73,801.95	33,579.89	35,258.88	37,021.83	38,872.92
	25,830,682.63	11,752,960.60	12,340,608.63	12,957,639.06	13,605,521.01
	4282000	4282000	4282000	4282000	4282000
	3414000	3414000	3414000	3414000	3414000
	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00
	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00
	12,715,732.63	(1,361,989.40)	(774,341.37)	(157,310.94)	490,571.01
	2034	2035	2036		
	30,070.71	31,574.24	33,152.95		
	32,724.01	34,360.21	36,078.22		
	19,545.96	20,523.26	21,549.42		
	21,270.60	22,334.13	23,450.84		
	40,816.56	42,857.39	45,000.26		
	14,285,797.06	15,000,086.91	15,750,091.26		
	4282000	4282000	4282000		
	3414000	3414000	3414000		
	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00		
	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00		
	1,170,847.06	1,885,136.91	2,635,141.26		

Tablas análisis Económico rutas Pisulí y Roldós con tarifa de 50 centavos

0.5					
	2015	2016	2017	2018	
pasajeros	11,900.00	12,495.00	13,119.75	13,775.74	
	12,950.00	13,597.50	14,277.38	14,991.24	
ingresos	5,950.00	6,247.50	6,559.88	6,887.87	
	6,475.00	6,798.75	7,138.69	7,495.62	
sumatoria	12,425.00	13,046.25	13,698.56	14,383.49	
Anuales	4,348,750.00	4,566,187.50	4,794,496.88	5,034,221.72	
Operación Pisuli	4282000	4282000	4282000	4282000	
Operación Roldos	3414000	3414000	3414000	3414000	
Sumatoria Operación	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	
Depreciacion Total (5%)	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	
Balance General	(8,766,200.00)	(8,548,762.50)	(8,320,453.13)	(8,080,728.28)	
	2019	2020	2021	2022	2023
	14,464.52	15,187.75	15,947.14	16,744.50	17,581.72
	15,740.81	16,527.85	17,354.24	18,221.95	19,133.05
	7,232.26	7,593.88	7,973.57	8,372.25	8,790.86
	7,870.40	8,263.92	8,677.12	9,110.98	9,566.52
	15,102.67	15,857.80	16,650.69	17,483.22	18,357.38
	5,285,932.80	5,550,229.44	5,827,740.92	6,119,127.96	6,425,084.36
	4282000	4282000	4282000	4282000	4282000
	3414000	3414000	3414000	3414000	3414000
	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00
	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00
	(7,829,017.20)	(7,564,720.56)	(7,287,209.08)	(6,995,822.04)	(6,689,865.64)
	2024	2025	2026	2027	2028
	18,460.81	19,383.85	20,353.04	21,370.69	22,439.22
	20,089.70	21,094.19	22,148.89	23,256.34	24,419.16
	9,230.40	9,691.92	10,176.52	10,685.35	11,219.61
	10,044.85	10,547.09	11,074.45	11,628.17	12,209.58
	19,275.25	20,239.02	21,250.97	22,313.51	23,429.19
	6,746,338.58	7,083,655.51	7,437,838.28	7,809,730.20	8,200,216.71
	4282000	4282000	4282000	4282000	4282000
	3414000	3414000	3414000	3414000	3414000
	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00
	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00
	(6,368,611.42)	(6,031,294.49)	(5,677,111.72)	(5,305,219.80)	(4,914,733.29)

2029	2030	2031	2032	2033
23,561.19	24,739.25	25,976.21	27,275.02	28,638.77
25,640.11	26,922.12	28,268.23	29,681.64	31,165.72
11,780.59	12,369.62	12,988.10	13,637.51	14,319.38
12,820.06	13,461.06	14,134.11	14,840.82	15,582.86
24,600.65	25,830.68	27,122.22	28,478.33	29,902.24
8,610,227.54	9,040,738.92	9,492,775.87	9,967,414.66	10,465,785.39
4282000	4282000	4282000	4282000	4282000
3414000	3414000	3414000	3414000	3414000
7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00
5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00
(4,504,722.46)	(4,074,211.08)	(3,622,174.13)	(3,147,535.34)	(2,649,164.61)
	2034	2035	2036	
	30,070.71	31,574.24	33,152.95	
	32,724.01	34,360.21	36,078.22	
	15,035.35	15,787.12	16,576.48	
	16,362.00	17,180.10	18,039.11	
	31,397.36	32,967.22	34,615.59	
	10,989,074.66	11,538,528.40	12,115,454.82	
	4282000	4282000	4282000	
	3414000	3414000	3414000	
	7,696,000.00	7,696,000.00	7,696,000.00	
	5,418,950.00	5,418,950.00	5,418,950.00	
	(2,125,875.34)	(1,576,421.60)	(999,495.18)	

**Anexo 3**  
Calculo emisiones de gases de efecto invernadero

<b>Año</b>	<b>Autos</b>	<b>Buses</b>
2005	41,000	500
2006	43,050	525
2007	45,203	551
2008	47,463	579
2009	49,836	608
2010	52,328	638
2011	54,944	670
2012	57,691	704
2013	60,576	739
2014	63,604	776
2015	69,965	814
2016	76,961	855
2017	84,658	898
2018	93,123	943
2019	102,436	990
2020	112,679	1,039
2021	123,947	1,091
2022	136,342	1,146
2023	149,976	1,203
2024	164,974	1,263
2025	181,471	1,327
2026	199,618	1,393
2027	219,580	1,463
2028	241,538	1,536
2029	265,692	1,613
2030	292,261	1,693
2031	321,487	1,778
2032	353,636	1,867
2033	388,999	1,960
2034	427,899	2,058

## Emisiones Vehículos Livianos sin Metroférico

Toneladas de CO2	Ton equivalentes CH4	Ton equivalentes N2O	Total Ton CO2
39,141.26	237.21	105.22	39,483.68
41,098.32	249.07	110.48	41,457.86
43,153.24	261.52	116.00	43,530.76
45,310.90	274.60	121.80	45,707.29
47,576.44	288.33	127.89	47,992.66
49,955.26	302.74	134.29	50,392.29
52,453.03	317.88	141.00	52,911.91
55,075.68	333.77	148.05	55,557.50
57,829.46	350.46	155.45	58,335.38
60,720.94	367.99	163.22	61,252.15
66,793.03	404.78	179.55	67,377.36
73,472.33	445.26	197.50	74,115.10
80,819.57	489.79	217.25	81,526.61
88,901.52	538.77	238.98	89,679.27
97,791.67	592.65	262.87	98,647.19
107,570.84	651.91	289.16	108,511.91
118,327.93	717.10	318.08	119,363.11
130,160.72	788.81	349.89	131,299.42
143,176.79	867.69	384.87	144,429.36
157,494.47	954.46	423.36	158,872.29
173,243.92	1,049.91	465.70	174,759.52
190,568.31	1,154.90	512.27	192,235.48
209,625.14	1,270.39	563.49	211,459.02
230,587.65	1,397.43	619.84	232,604.93
253,646.42	1,537.17	681.83	255,865.42
279,011.06	1,690.89	750.01	281,451.96
306,912.17	1,859.98	825.01	309,597.16
337,603.38	2,045.97	907.51	340,556.87
371,363.72	2,250.57	998.27	374,612.56
408,500.09	2,475.63	1098.09	412,073.81
		<b>Emisiones promedio anuales</b>	<b>145,188.66</b>

## Emisiones Vehículos Livianos con Metroférico

Toneladas de CO2	Toneladas equivalentes de CH4	Toneladas equivalentes de N2O	Total Ton CO2
12,916.61	78.28	38.21	13,033.10
13,562.45	82.19	40.12	13,684.76
14,240.57	86.30	42.13	14,369.00
14,952.60	90.62	44.23	15,087.45
15,700.23	95.15	46.45	15,841.82
16,485.24	99.91	48.77	16,633.91
17,309.50	104.90	51.21	17,465.61
18,174.97	110.15	53.77	18,338.89
19,083.72	115.65	56.46	19,255.83
20,037.91	121.44	59.28	20,218.62
22,041.70	133.58	65.21	22,240.49
24,245.87	146.94	71.73	24,464.53
26,670.46	161.63	78.90	26,910.99
29,337.50	177.79	86.79	29,602.09
32,271.25	195.57	95.47	32,562.30
35,498.38	215.13	105.02	35,818.52
39,048.22	236.64	115.52	39,400.38
42,953.04	260.31	127.07	43,340.41
47,248.34	286.34	139.78	47,674.46
51,973.18	314.97	153.75	52,441.90
57,170.49	346.47	169.13	57,686.09
62,887.54	381.12	186.04	63,454.70
69,176.30	419.23	204.65	69,800.17
76,093.93	461.15	225.11	76,780.19
83,703.32	507.27	247.62	84,458.21
92,073.65	557.99	272.39	92,904.03
101,281.02	613.79	299.62	102,194.43
111,409.12	675.17	329.59	112,413.87
122,550.03	742.69	362.54	123,655.26
134,805.03	816.96	398.80	136,020.79
		<b>Emisiones Promedio (toneladas)</b>	<b>47,925.09</b>

## Emisiones Pesados sin Metroférico

	Toneladas de CO2	Toneladas equivalentes de CH4	Toneladas equivalentes de N2O	Total Ton CO2
2005	2,106.34	2.98	5.30	2,114.62
2006	2,211.66	3.13	5.56	2,220.35
2007	2,322.24	3.29	5.84	2,331.37
2008	2,438.35	3.45	6.13	2,447.94
2009	2,560.27	3.63	6.44	2,570.34
2010	2,688.29	3.81	6.76	2,698.85
2011	2,822.70	4.00	7.10	2,833.79
2012	2,963.83	4.20	7.45	2,975.48
2013	3,112.03	4.41	7.82	3,124.26
2014	3,267.63	4.63	8.21	3,280.47
2015	3,431.01	4.86	8.63	3,444.49
2016	3,602.56	5.10	9.06	3,616.72
2017	3,782.69	5.36	9.51	3,797.56
2018	3,971.82	5.63	9.99	3,987.43
2019	4,170.41	5.91	10.48	4,186.80
2020	4,378.93	6.20	11.01	4,396.15
2021	4,597.88	6.51	11.56	4,615.95
2022	4,827.77	6.84	12.14	4,846.75
2023	5,069.16	7.18	12.74	5,089.09
2024	5,322.62	7.54	13.38	5,343.54
2025	5,588.75	7.92	14.05	5,610.72
2026	5,868.19	8.31	14.75	5,891.26
2027	6,161.60	8.73	15.49	6,185.82
2028	6,469.68	9.16	16.27	6,495.11
2029	6,793.16	9.62	17.08	6,819.86
2030	7,132.82	10.10	17.93	7,160.86
2031	7,489.46	10.61	18.83	7,518.90
2032	7,863.94	11.14	19.77	7,894.85
2033	8,257.13	11.70	20.76	8,289.59
2034	8,669.99	12.28	21.80	8,704.07
			<b>Emisiones promedio anuales</b>	<b>4,683.10</b>

## Emisiones Pesados con Metroférico

Toneladas de CO2	Toneladas equivalentes de CH4	Toneladas equivalentes de N2O	Total Ton CO2
1,685.07	2.39	4.24	1,691.70
1,769.33	2.51	4.45	1,776.28
1,857.79	2.63	4.67	1,865.10
1,950.68	2.76	4.90	1,958.35
2,048.22	2.90	5.15	2,056.27
2,150.63	3.05	5.41	2,159.08
2,258.16	3.20	5.68	2,267.04
2,371.07	3.36	5.96	2,380.39
2,489.62	3.53	6.26	2,499.41
2,614.10	3.70	6.57	2,624.38
2,744.81	3.89	6.90	2,755.60
2,882.05	4.08	7.25	2,893.38
3,026.15	4.29	7.61	3,038.04
3,177.46	4.50	7.99	3,189.95
3,336.33	4.73	8.39	3,349.44
3,503.15	4.96	8.81	3,516.92
3,678.30	5.21	9.25	3,692.76
3,862.22	5.47	9.71	3,877.40
4,055.33	5.74	10.20	4,071.27
4,258.10	6.03	10.71	4,274.83
4,471.00	6.33	11.24	4,488.58
4,694.55	6.65	11.80	4,713.00
4,929.28	6.98	12.39	4,948.65
5,175.74	7.33	13.01	5,196.09
5,434.53	7.70	13.66	5,455.89
5,706.26	8.08	14.35	5,728.69
5,991.57	8.49	15.06	6,015.12
6,291.15	8.91	15.82	6,315.88
6,605.71	9.36	16.61	6,631.67
6,935.99	9.82	17.44	6,963.25
		<b>Emisiones Promedio (toneladas)</b>	<b>3,746.48</b>

## Emisiones Totales de toneladas de CO2

	Emisiones Totales Sin Metroferico		Emisiones totales con Metroferico	
2005	41,598.30		14,724.80	
2006	43,678.22		15,461.04	
2007	45,862.13		16,234.09	
2008	48,155.23		17,045.80	
2009	50,562.99		17,898.09	
2010	53,091.14		18,792.99	
2011	55,745.70		19,732.64	
2012	58,532.99		20,719.27	
2013	61,459.64		21,755.24	
2014	64,532.62		22,843.00	
2015	70,821.86		24,996.08	
2016	77,731.82		27,357.91	
2017	85,324.16		29,949.03	
2018	93,666.70		32,792.03	
2019	102,834.00		35,911.74	
2020	112,908.06		39,335.44	
2021	123,979.06		43,093.14	
2022	136,146.17		47,217.81	
2023	149,518.45		51,745.73	
2024	164,215.84		56,716.74	
2025	180,370.24		62,174.67	
2026	198,126.73		68,167.71	
2027	217,644.84		74,748.83	
2028	239,100.03		81,976.28	
2029	262,685.28		89,914.10	
2030	288,612.82		98,632.71	
2031	317,116.06		108,209.55	
2032	348,451.72		118,729.75	
2033	382,902.15		130,286.93	
2034	420,777.88		142,984.04	

## Ahorro tiempo y Energía

MW /año			ahorro promedio por viaje 20 minutos	
consumo_carros	consumo_buses	total MW	personas/día	tiempo_horas/año
91,934	11,325	103,259	56,305	6,850,497
101,127	11,891	113,018	59,121	7,356,590
111,240	12,485	123,725	62,077	7,724,419
122,364	13,110	135,474	65,181	8,110,640
134,600	13,765	148,366	68,440	8,516,172
148,060	14,454	162,514	71,862	8,941,981
162,866	15,176	178,043	75,455	9,389,080
179,153	15,935	195,088	79,227	9,858,534
197,068	16,732	213,800	83,189	10,351,460
216,775	17,568	234,344	87,348	10,869,033
238,453	18,447	256,900	91,716	11,412,485
262,298	19,369	281,667	96,301	11,983,109
288,528	20,338	308,865	101,117	12,582,265
317,381	21,354	338,735	106,172	13,211,378
349,119	22,422	371,541	111,481	13,871,947
384,031	23,543	407,574	117,055	14,565,544
422,434	24,720	447,154	122,908	15,293,821
464,677	25,956	490,633	129,053	16,058,512
511,145	27,254	538,399	135,506	16,861,438
562,259	28,617	590,876	142,281	17,704,510
618,485	30,048	648,533	149,395	18,589,735
		EVITAMOS	AHORRAMOS	
		299,453	11,909,674	
ño		MW / año	horas / año	