

2011-2012

METROBÚS

REPORTE DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por el séptimo año de operación del Corredor Metrobús Insurgentes

Reporte de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero durante el séptimo año de operación del Corredor Metrobús Insurgentes

País

México

Titular del Proyecto

Organismo Público Descentralizado Metrobús

Proyecto

“Mexico Insurgentes Avenue Bus Rapid Transit Pilot Project.”

Periodo de Acreditación

Periodo de Acreditación de 7 (siete) años, el cual podrá ser renovado dos veces para un total máximo de 21 (veintiún) años

Comprador de la reducción de emisiones

International Bank for Reconstruction and Development (“IBRD”) en su calidad de fiduciario del Fondo Español de Carbono

Duración del Acuerdo de compra de Reducción de Emisiones (ERPA)

Por un periodo de 10 (diez) años a partir de 2005-11-1

Reporte número

7

Periodo de Monitoreo

Desde: **2011-11-01**

Hasta: **2012-10-31**

Reducción de Emisiones Reportado

Reducción de emisiones de gases invernadero expresada en toneladas de dióxido de carbono equivalente:	41,968
Incertidumbre expandida con un nivel de confianza del 95% expresada en toneladas de dióxido de carbono equivalente: (El factor de cobertura (k) que corresponde al intervalo de confianza inferior de 95% = 1.645)	6,758
Límite inferior de la reducción de emisiones de gases invernaderos en toneladas de dióxido de carbono equivalente con un nivel de confianza del 95%:	35,210

Contenido

INTRODUCCIÓN	4
DESCRIPCION DEL PROYECTO	5
PERIODO DE MONITOREO	8
PLAN DE MONITOREO	8
COMPONENTES DEL PROYECTO	9
Resultados por componente	10
Componente 1. <i>Mejoras en las condiciones de operación y/o la sustitución de una cantidad de autobuses que operaban sobre el Metrobús Corredor Insurgentes</i>	10
Componente 2. <i>Mejorar las condiciones de funcionamiento para todos los vehículos en Insurgentes</i>	18
Componente 5. <i>Efecto del cambio modal de automóviles en la ruta a los autobuses</i>	18
Componente 6. <i>Autobuses adicionales debido al cambio modal, efecto rebote y creación de viajes</i>	20
EMISIONES REDUCIDAS POR EL SEXTO AÑO DE OPERACIÓN	23
BENEFICIOS ADICIONALES	24
ANEXOS	25
1. KILÓMETROS RECORRIDOS POR LA FLOTA DE METROBÚS	25
2. COMPARACIÓN MENSUAL DE KILÓMETROS RECORRIDOS	26
3. CONSUMO DE COMBUSTIBLE	27
4. PASAJEROS TRANSPORTADOS	28
5. ESTACIONES RECORRIDAS POR LOS PASAJEROS DE METROBÚS	30
6. CAMBIO MODAL	31

INTRODUCCIÓN

El proyecto de Metrobús en el Corredor Insurgentes fue diseñado e implantado por el gobierno de la Ciudad de México para mejorar los servicios de transporte masivo de pasajeros de superficie, coadyuvar con la calidad del aire en el Distrito Federal y mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Inició operaciones en junio de 2005, constituyendo el primer corredor de transporte ordenado en la ciudad, que, además de suplir al transporte concesionado, ha desincentivado la utilización del automóvil privado y motivado el viaje en transporte público derivado de su eficiencia y experiencia de viaje, además de lograr un beneficio para los conductores mediante la creación de empresas operadoras. Metrobús es un sistema de transporte flexible y de vanguardia que combina estaciones, vehículos, servicios, corredores y tecnología en un sistema integral con una identidad positiva que evoca una imagen única, gracias a sus componentes distintivos.

El éxito de Metrobús ha llevado a que del año 2005 al año 2012 los 20 kilómetros de corredor hayan aumentado a 95 kilómetros de carril confinado, también es evidente el aumento en el número de pasajeros transportados, de 74 millones de personas en el año 2006 a 187 millones de pasajeros en 2011, además de haber transportado a más de 700 millones de personas desde el inicio de operaciones. Este crecimiento es el resultado de un sistema de transporte que brinda movilidad urbana de manera rápida, segura, cómoda y eficiente por medio de la integración de una infraestructura preferente, operaciones rápidas y frecuentes y excelencia de calidad en el servicio.

Desde su implementación, el Corredor Insurgentes de Metrobús ha evolucionado, modificando su extensión, flota y modo de operación. Una de las modificaciones más importantes fue la ampliación en dirección sur, extendiendo el corredor 10 kilómetros, con 9 estaciones adicionales. Esta segunda etapa inició operaciones en marzo de 2008; los dos tramos operaron como líneas independientes hasta el mes de noviembre de ese mismo año, siendo la estación Dr. Gálvez el sitio de transferencia de pasajeros de una línea a la otra. La flota también se ha modificado, aumentando a 146 el número de autobuses e incorporando al sistema autobuses biarticulados con capacidad para 240 pasajeros, los primeros en México, con certificación EURO IV y también los primeros en el país en utilizar Diésel Ultra Bajo en Azufre (UBA 15 ppm), entraron en operación a finales de 2008, mejorando así los beneficios ambientales.

Adicional a las mejoras en el Corredor Insurgentes, el Sistema Metrobús también ha evolucionado. En diciembre de 2008 inició operaciones la Línea 2 de Metrobús: Corredor Eje 4, conformada por 34 estaciones y dos terminales, circulando por el Eje 4 Sur, avenida que conecta a lo largo de 20 kilómetros el poniente con el oriente de la ciudad y permite la transferencia entre corredores Metrobús, facilitando así los desplazamientos de los usuarios y la conectividad con otros medios de transporte público, su demanda es actualmente de 155,000 pasajeros al día. En febrero de 2011 fue inaugurada la Línea 3, que circula lo largo de 17 kilómetros, consta de 31 estaciones y cuatro terminales, recorriendo el Eje 1 Poniente de Tenayuca a Etiopía con una demanda de 125,000 pasajeros al día. En abril de 2012 inició operaciones la Línea 4, que circula por el Centro Histórico de la Ciudad y cuenta con un servicio dedicado al Aeropuerto Internacional, circula a lo largo de 28 kilómetros, consta de 36 estaciones y cuatro terminales, tiene una demanda de 55,000 pasajeros al día y para su operación se incorporaron a la flota vehicular de Metrobús 54 autobuses de 12 metros EURO V EEV, de los cuales 8 son híbridos diesel-eléctrico, la primera flota híbrida en Latinoamérica, incrementándose así los beneficios ambientales e incorporando nuevas tecnologías al servicio.

Este informe contiene lo establecido en el *Spanish Carbon Fund Clean Development Mechanism Emission Reductions Purchase Agreement Mexico City Insurgentes BRT Carbon Finance Project* firmado en octubre de 2005. En el periodo que se reporta, en el Corredor Insurgentes fueron transportados más de noventa y ocho millones de pasajeros, realizando en promedio 271 mil viajes por día, de los cuales más de 43 mil corresponden a cambio modal, es decir, personas que dejaron el vehículo particular estacionado para viajar en transporte público.

DESCRIPCION DEL PROYECTO

Una contribución para lograr movilidad sustentable es la generación de sistemas de transporte público accesibles, eficientes y de calidad. El sistema *BRT (Bus Rapid Transit, por sus siglas en inglés)* es un ejemplo de éstos y en Latinoamérica este sistema ha obtenido muy buena repuesta al otorgar un servicio rápido, eficiente, cómodo, seguro y de bajo costo. Entre sus características más generales se encuentran la asignación de un carril exclusivo para la circulación de los autobuses articulados de alta capacidad, estaciones en puntos definidos con distancia promedio entre estación y estación de 550 metros, sistema de peaje y control de acceso automatizado a través de tarjetas de prepago sin contacto, así como accesibilidad para personas con

discapacidad y un sistema de flota centralizado. Lo anterior conjuga características muy distintivas, lo cual ha logrado que el sistema tenga gran aceptación.

Carril exclusivo. Es la característica principal y una de las que genera los principales beneficios, ya que permite tener velocidades homogéneas mayores a las del flujo mixto, control sobre los tiempos de ciclo, programación de servicios en la línea, ahorros considerables de tiempo y ordenamiento vial, además de desestimular el transporte en vehículos privados.

Autobuses de alta capacidad. Los autobuses que se utilizan en Metrobús son, vehículos cortos con capacidad de 90 pasajeros y vehículos articulados con capacidad para 160 y 240 pasajeros, con certificación ambiental EURO III, EURO IV y EURO V, éstos emiten menos de 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los vehículos de transporte público de la Ciudad de México y menos de 90% de las emisiones emitidas por pasajero que un vehículo particular.

Estaciones. La distancia entre las estaciones permite mantener velocidades y tiempos de recorrido mayores a los de un vehículo particular, además de contribuir a la imagen urbana de la ciudad, creando espacios públicos seguros en la vía pública, son un elemento clave en lo que a accesibilidad se refiere, contando con rampas de acceso y plataforma elevada.

Sistema de peaje y control de accesos. En Metrobús el sistema de peaje y control de accesos está basado en la tarjeta de prepago sin contacto, la cual se puede adquirir y recargar en todas las estaciones a través de máquinas expendedoras, este sistema permite conocer los valores asociados a los pasajeros en el sistema con referencias geográficas y temporales y permite a los usuarios, en términos de velocidad de paso, realizar la entrada al medio de transporte en segundos y mantener niveles de eficiencia de ingreso mayores a 95%. Asimismo cuenta con un sistema de video vigilancia en todas las estaciones.

Accesibilidad para personas con discapacidad. Metrobús es el sistema de transporte más accesible en la Ciudad de México ya que la mayoría de las estaciones cuenta con rampas o elevadores, así como con puertas de cortesía que cumplen con las normas internacionales en cuanto especificaciones para sillas de ruedas, botones de aviso a los conductores y espacios exclusivos en los autobuses. El servicio para las personas con

discapacidad en Metrobús es gratuito. Anualmente se transportan más de 5 millones de personas con discapacidad o adultos mayores.

Sistema centralizado de flota. Metrobús cuenta con un sistema de control centralizado desde el cual se controla la flota en operación y se verifica el cumplimiento de la programación de los servicios por parte de las empresas operadoras, esta herramienta permite conocer los kilómetros en operación ofrecidos por la flota de Metrobús.

El Corredor Metrobús Insurgentes inició operaciones en junio de 2005 a lo largo de 19.06 kilómetros de la Av. Insurgentes, conectando el norte de la ciudad (colindante con el Estado de México) con el sur, a la altura de la Ciudad Universitaria (Fig. 1). Debido al éxito y a la demanda ciudadana, fue expandido 10 kilómetros en dirección sur, hasta el inicio de la carretera con rumbo al Estado de Morelos (Fig. 2), esta ampliación inició operaciones en marzo de 2008. La ruta del Corredor Insurgentes inicia en la terminal Indios Verdes en el norte, y termina en la estación Doctor Gálvez en el sur. El corredor mejora las condiciones del transporte para quienes quieren llegar a las áreas comerciales y de servicios a lo largo de la Av. Insurgentes.



Figura 1. Mapa del Corredor Insurgentes Etapa I

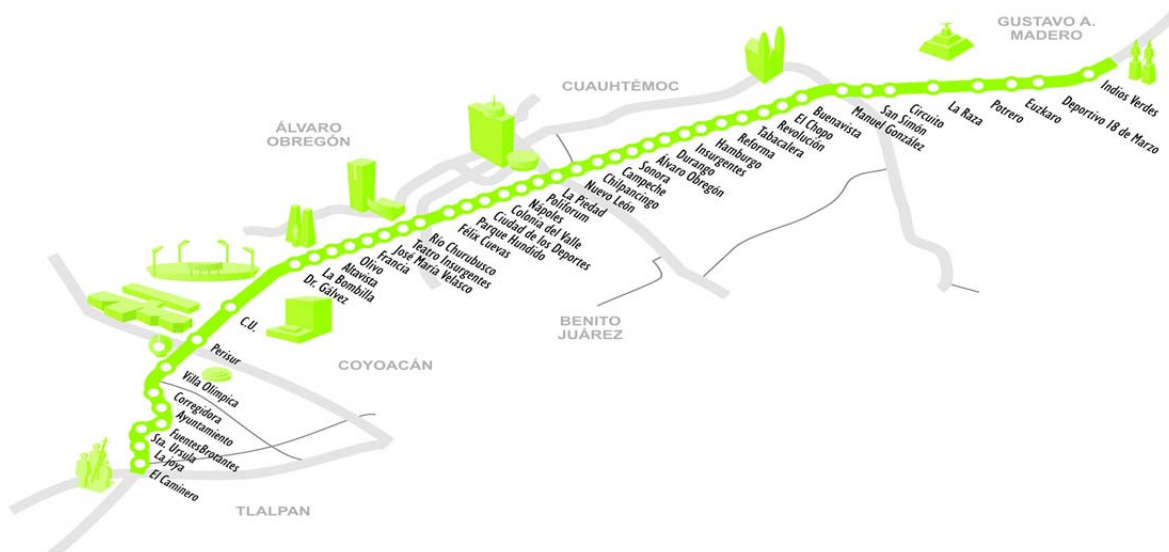


Figura 2. Mapa del Corredor Insurgentes en su longitud actual

PERIODO DE MONITOREO

El periodo reportado en este documento comprende desde el 1° de noviembre de 2011 hasta el 31 de octubre de 2012.

PLAN DE MONITOREO

El sector transporte genera cerca de 25% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel planetario, sin embargo las herramientas para demostrar la reducción de emisiones han sido insuficientes, generado una desvalorización del sector en cuanto a reducción de emisiones se refiere dentro del mercado del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Por séptimo año consecutivo, Metrobús muestra que es posible implementar un Plan de Monitoreo de Reducción de Emisiones debido al cambio tecnológico de vehículos altamente contaminantes a vehículos que cuentan con una estricta certificación ambiental y operación regulada, asimismo el método de aproximación de las encuestas permite tener información confiable sobre la reducción de emisiones asociadas al cambio modal.

El plan de monitoreo está basado en la metodología de línea base (NMB) y la metodología de monitoreo (NMM) 0158 titulados “GHG emissions in urban transportation projects that affect specific routes or bus

corridors or fleets of buses including where fuel usage is changed". Su aplicación deriva directamente del PDD denominado "Mexico, Insurgentes Avenue Bus Rapid Transit Pilot Project". En el caso de alguna duda sobre el contenido o interpretación de este sistema de monitoreo, se dará razón al contenido del PDD citado. Los procedimientos aplicables son los contenidos en los Manual de Procedimientos para la Reducción de Emisiones de Carbono de Metrobús código MPDG01, MPDG02 y sus derivados.

Procedimiento 01 - MPDG01(00). Integración de información para el cálculo de reducción de emisiones por el Corredor Insurgentes.

- Anexo 1. Componentes aplicables dentro del proyecto Corredor Insurgentes.
- Anexo 2. Fugas que afectan la reducción de emisiones dentro del proyecto Corredor Insurgentes.

Procedimiento 02 - MPDG02(01). Cálculo de reducción de emisiones de carbono del Corredor Insurgentes.

- Anexo 1. Cálculo de la reducción de emisiones generadas por los componentes relacionados con la operación del Corredor Insurgentes.
- Anexo 4. Cálculo de la generación de emisiones por las fugas relacionadas con los autobuses en operación en el Corredor Insurgentes.

Procedimiento 03 - Código: MPD001(00). Registro de kilometrajes en operación de la flota de Metrobús.

Procedimiento 04 - Código: MPDPE01(00). Control y registro de pasajeros anuales transportados.

Procedimiento 05 - Código: MPDPE02(00). Cuantificación de pasajeros que cambiaron de vehículos particulares a Metrobús.

Procedimiento 10- Código: MPDG07(01). Cálculo de las emisiones generadas por los kilómetros recorridos en vacío por la flota de Metrobús.

COMPONENTES DEL PROYECTO

De acuerdo con la metodología aplicable al periodo que se reporta, los componentes y las fugas que deben monitorearse y ser evaluados para este reporte se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Componentes aplicables a las mediciones 2011-2012

Componente/Fuga	¿Afecta Insurgentes?	Actividad	Vehículos Afectados
C1	Sí		Autobuses (consumo de combustible)
C2	Sí	Vehículos en cada ruta principal dentro del límite del proyecto	Resto de vehículos (cambio en consumo de combustible por diferencia en tiempos de recorrido)
C5	Sí	Cambio modal a los autobuses de coches privados y otras formas de transporte	Disminución en el uso de coches privados
C6	Sí		Incremento de autobuses para cubrir la demanda adicional
F4	Sí	Kilómetros en vacío	Autobuses

Resultados por componente

Componente 1. *Mejoras en las condiciones de operación y/o la sustitución de una cantidad de autobuses que operaban sobre el Metrobús Corredor Insurgentes*

Actividad del proyecto

Se monitorean los kilómetros recorridos por la flota que opera sobre el Corredor Insurgentes y se obtiene el rendimiento de combustible de los autobuses. Una vez que se obtiene el consumo anual de combustible (Diésel Ultra Bajo en Azufre) por los autobuses del proyecto, se hace la conversión a dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) considerando los Factores de Emisión, proporcionados por la Secretaría del Medio Ambiente (SMA), que se basan en los valores caloríficos más bajos reportados por el IPCC y adecuados a las condiciones de la Ciudad de México.

El combustible consumido por el servicio de los autobuses de la actividad del proyecto sobre la ruta, expresado en litros por año es dado por ecuación:

$$NNVAn * AKTNn / FENn$$

Donde:

NNVAn = Número de vehículos en el servicio

El proyecto BRT de Metrobús Insurgentes en el periodo 2011-2012 operó con una flota media de 119 autobuses, utilizando en promedio 110 autobuses en día hábil, 71 en sábado y 43 en domingo y días festivos (Cuadro 2). Se asignan 110 autobuses a este componente con un promedio ponderado de kilómetros diarios calculado de 246.85 Km por autobus.

Cuadro 2. Programación mensual de autobuses en operación por día tipo

Mes	Día Hábil	Sábado	Domingo
Nov-11	106	72	41
Dec-11	106	72	41
Jan-12	106	72	41
Feb-12	106	73	41
Mar-12	106	73	41
Apr-12	106	73	41
May-12	107	73	46
Jun-12	110	73	46
Jul-12	117	67	46
Aug-12	117	67	46
Sep-12	117	67	46
Oct-12	119	67	46
Promedio	110	71	43

AKTNn = Kilómetros anuales recorridos por cada autobús

Los kilómetros totales operados por los autobuses durante el periodo reportado son 9,910,950.51, de los cuales 9,612,900.89 corresponden a operación en la ruta y la diferencia (298,049.62 kilómetros) se debe al mantenimiento y los recorridos de los patios al inicio de la ruta, al inicio de la jornada, y el retorno a sus patios, al terminar la jornada. Estos datos se obtienen de los expedientes operacionales de Metrobús, basados en las lecturas de odómetro de cada unidad y los kilómetros en operación en ruta pagados a las empresas operadoras. Los kilómetros anuales recorridos por la flota de Metrobús se presentan en el Anexo 1. El promedio ponderado de kilómetros en servicio para los autobuses en el Metrobús Corredor Insurgentes por día basado en 110 autobuses es de 246.85 Km/día. La desviación estándar asociada con los kilómetros diarios por vehículo se estima en 1.

FENn = Eficiencia de combustible en autobuses del proyecto

El consumo de combustible de los vehículos fue determinado por los kilómetros totales de operación y los litros totales de combustible consumidos, de acuerdo con la economía de combustible mostrada por las computadoras de los vehículos que es de 1.173 km/L. El consumo de combustible fue de 8,449,299 litros.

La actividad del proyecto genera un consumo anual de:

8,449,299 litros de Diésel Ultra Bajo en Azufre con un error estándar de **83,008** litros.

Línea base

Para la determinación de emisiones generadas en la línea base, que son las condiciones en las que se hubiera mantenido Av. Insurgentes en caso de no construir y operar el Corredor de Metrobús, se considera únicamente el componente tecnológico. Para ello se determinan los kilómetros que recorren en promedio autobuses, microbuses y minibuses anualmente; estos datos son obtenidos del Inventario de Emisiones de la Secretaría de Medio Ambiente (SMA). Con los datos de nueva flota, kilómetros anuales recorridos y rendimientos de combustible por tipo de vehículo se obtiene el consumo anual total de combustible por tipo de vehículo y posteriormente los litros de combustible se convierten a toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq).

El combustible consumido por los vehículos asociados a la línea base, en litros por año es dado por la ecuación:

$$AKTO_n * NOVR_n / FEOn$$

Donde:

AKTO_n = **Kilómetros anuales por autobús de la línea base sobre la ruta**

Para este informe fueron utilizados los datos del Inventario de Emisiones 2006 en su tabla 4.3.10 “Actividad de la flota vehicular de la ZMVM”, publicado la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA).

Cuadro 3. Kilometraje diario por el transporte público en la Ciudad de México

Tipo	Km/día
Autobús	229
Minibús	223
Microbús	200

NOVR_n = **Número de autobuses removidos del servicio en 2011-2012**

El número anualizado de autobuses en la línea base habría cambiado en el tiempo debido a los cambios en pasajeros-kilómetro dentro de la ciudad. También habría evolucionado de acuerdo con las consideraciones de reparación, reemplazo y conversión determinadas. Por lo anterior, el número de vehículos debe ser ajustado durante el transcurso del proyecto para tomar en cuenta estos cambios. El número de unidades removidas de Insurgentes (NOVR₀) en el arranque del proyecto fue medido ex-post directamente de los expedientes de la flota y registros oficiales. Un total de 368 unidades fueron removidas de servicio en Insurgentes como se muestra en cuadro 4. Este cuadro no incluye los efectos de las consideraciones de reparación, reemplazo o conversión. Debe ser modificado para incluir el efecto del reemplazo de 10% de vehículos por año. El cuadro 5 demuestra cómo esta sustitución de vehículos en la línea base modifica el número de los vehículos que habrían funcionado en Insurgentes y cuantos se habrían desechado.

Cuadro 4. Número de autobuses removidos de servicio en año 0 (NOVR₀)

Tipo de Vehículo	Total removidos NOVR ₀	Número chatarrizados	Número desensamblados
RTP – Autobús Diésel	106	0	106
Ruta 2 – Autobús Diésel	29	29	
Ruta 2 – Microbús Gasolina	174	174	
Ruta 2 - Microbús LPG	52	52	
Ruta 2 - Microbús CNG	7	7	
Total	368	262	106

Cuadro 5. Número de autobuses removidos de servicio en el año 7 (NOVR₇) con RRC

Tipo de Vehículo	Flota original	Flota original (remanente)	Flota nueva
RTP – Autobús Diésel	106	51	55
Ruta 2 – Autobús Diésel	29	15	14
Ruta 2- Minibús Diésel	0	0	54
Ruta 2 – Microbús Gasolina	174	65	0
Ruta 2 - Microbús LPG	52	52	0
Ruta 2 - Microbús CNG	7	7	0
Total	368	190	123

Consideraciones de reparación, reemplazo y conversión (RRC):

Autobuses: el 10% de los autobuses de Ruta 2 y RTP se retirarán de servicio y serán sustituidos con el mismo número de la nueva especificación de autobuses.

Microbuses: el 10% de Microbuses de Ruta 2 se retirarán de servicio y serán sustituidos con la mitad de ese número de minibuses a diésel de la nueva especificación y con el doble de capacidad. Los Microbuses a retirarse de servicio serán aquellos que presenten más altas emisiones de gases de efecto invernadero.

FEO_n = **Eficiencia de combustible de los autobuses removidos del servicio (km/L)**

Las consideraciones de reparación, reemplazo o conversión requieren modificar el rendimiento del combustible de la línea base para tomar en cuenta la introducción de los vehículos nuevos y más eficientes en el consumo de combustible. El promedio combinado de consumo de combustible de los autobuses de la línea base se debe calcular para la ruta por tipo de combustible durante la vida del proyecto. Los valores que deben ser utilizados para determinar el parámetro FEO de los autobuses viejos están contenidos en el cuadro 6; los datos en este cuadro son tomados de la Tabla 7.2 del informe titulado “*Assessment of the Comparative Environmental Performance of Alternative Bus Technologies – Mexico City*”, preparado para el Banco Mundial por SENES Consultants Limited y el Environmental Technology Centre, en septiembre de 2005 y son publicados en la tabla 14 del informe final de SENES “*Baseline Measurements for the Insurgentes Corridor, Mexico City*” preparada para el Banco Mundial, febrero 2006.

Cuadro 6. Resumen del uso de combustible por tipo de vehículo

VEHICULOS ESTUDIADOS	VEH 1	VEH 2	VEH 3	VEH 4	VEH 5	VEH 6	VEH 7	VEH 8	VEH 9	AVG	Max	Min	SD	n	StdErr	AVG	Max	Min	SD	n	StdErr	
AUTOS (00 -04) Km/Lt (gasolina)	11.99	9.70	5.42	12.41	12.16					10.34	12.41	5.42	2.96	5	1.32	7.87	12.41	3.64	2.85	14	0.76	
AUTOS (96 -00) Km/Lt (gasolina)	6.54	5.80	7.65	3.64	6.54	5.80	9.19	5.05	8.30	6.50	9.19	3.64	1.70	9	0.57							
TAXIS (96 -04) Km/Lt (Gasolina)	6.39	12.64	12.75	10.12						10.48	12.75	6.39	2.98	4	1.49							
VEHICULOS MENORES A 3 TONELADAS A DIESEL	5.76	6.29	4.69	4.86	4.79					5.28	6.29	4.69	0.71	5	0.32							
AUTOBUSES DEL TRANSPORTE PÚBLICO (DIESEL)	1.00	1.76	1.51	1.19	1.64	1.74				1.47	1.76	1.00	0.31	6	0.13							
COMBIS TIPO EUROVAN PARA TRANSPORTE PÚBLICO (GASOLINA)	7.40	7.10	7.16	5.27	8.67					7.12	8.67	5.27	1.22	5	0.54							
MICROBUSES DEL TRANSPORTE PÚBLICO (A GAS LP)	1.16	1.92	1.11	1.92	0.89					1.40	1.92	0.89	0.48	5	0.22							
MICROBUSES DEL TRANSPORTE PÚBLICO (A GASOLINA)	2.34	2.28	2.06	1.03	2.06					1.95	2.34	1.03	0.53	5	0.24							
MOTOCICLETAS (Gasolina)	16.98	33.47	16.40	8.93	29.16					20.99	33.47	8.93	10.06	5	4.50							
CAMIONES DE CARGA 2 EJES A GASOLINA	2.71	3.67	1.98	2.20	2.14					2.54	3.67	1.98	0.69	5	0.31							
CAMIONES DE 5 Y 6 EJES A DIESEL	1.96	1.83	2.13	1.35	1.20					1.69	2.13	1.20	0.40	5	0.18							
AUTOBUSES DEL TRANSPORTE PÚBLICO (GAS LICUADO DEL PETROLEO)	2.04	1.50	3.68	1.13	2.79					2.23	3.68	1.13	1.03	5	0.46							
CAMIONETAS TIPO PICK UP A GASOLINA	5.19	2.96	9.24	6.66	2.84					5.38	9.24	2.84	2.69	5	1.20							
CAMIONETAS TIPO PICK UP A GAS LICUADO DEL PETROLEO	6.30	3.91	6.60	4.71	6.36					5.58	6.60	3.91	1.19	5	0.53							

	Part 1
	Part 2

Las consideraciones por reparación, reemplazo o conversión de la línea base modifican el consumo de combustible de la flota de autobuses como sigue:

Cuadro 7. Economía de combustible modificado de los autobuses en km/L

Tipo de Vehículo	Combustible	Promedio km/L	Error estándar
Autobús	Diésel	1.47	0.13
Microbús	Gasolina	1.95	0.24
Microbús	LPG	1.40	0.22

La economía de combustible medida sobre la ruta de Insurgentes en km/L, es dada en el informe “*Componente III Pruebas de tecnología de Autobuses*” publicado por la SMA en 2006 en la tabla 5.7. En esta tabla, el consumo de combustible se expresa en g/km y la densidad del combustible para el combustible diésel normal D2 tiene un valor de 0.8376 g/ml.

Cuadro 8. Economía de combustible para los autobuses nuevos de reemplazo en km/L

Tipo de Vehículo	Designación de prueba	Combustible	Ruta	Promedio g/km	Error estándar	Promedio km/L	Error estándar
OMC1626/51LA	MB12	Diésel	Corredor	368	13	2.276	0.080
MBO1219/52	MB10	Diésel	Corredor	206	4	4.066	0.079

El impacto de este reemplazo de unidades de la línea base se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. Economía combinada de combustible con RRC para 2011-2012

Tipo de Vehículo	Especificación Original	Especificación de Reemplazo 2005-2010	Economía combinada (km/L)
RTP – Autobús Diésel	51 x 1.47	55 x 2.276	1.888
Ruta 2 – Autobús Diésel	15 x 1.47	14 x 2.276	1.859
Ruta 2 – Minibús Diésel		54 x 4.066	4.066
Ruta 2 – Microbús Gasolina	65 x 1.95		1.95
Ruta 2 - Microbús LPG	52 x 1.40		1.40
Ruta 2 - Microbús CNG	7 x 1.40		1.40

De esta forma, el combustible consumido por los vehículos asociados a la línea base, en litros por año es:

La actividad de línea base generaría un consumo anual de:

7,084,587	litros de Diésel con un error estándar de 500,146 litros.
2,433,333	litros de Gasolina con un error estándar de 310,880 litros.
2,711,429	litros de LPG con un error estándar de 437,217 litros.
365,000	litros de CNG con un error estándar de 78,318 litros.

Reducción de emisiones por componente 1

El cálculo de las emisiones reducidas por el Componente 1 se da por la siguiente fórmula:

$$(\text{NOVRn} * \text{AKTON} / \text{FEOn}) - (\text{NNVAn} * \text{AKTNn} / \text{FENn})$$

Parámetro	Descripción	Unidades
NOVRn	Número de autobuses removidos del servicio	Autobuses
NNVAn	Número de vehículos en el servicio del proyecto	Autobuses
AKTON	Kilómetros anuales por autobús de la línea base	Kilómetros
AKTNn	Kilómetros anuales recorridos por autobús del proyecto	Kilómetros
FEOn	Eficiencia de combustible de los autobuses removidos	Km/lt
FENn	Eficiencia de combustible en autobuses del proyecto	Km/lt

Conversión de combustible consumido a toneladas equivalentes de CO₂

Los factores de emisiones utilizados son tomados de los valores caloríficos más bajos del IPCC, 1996 ajustados según los valores caloríficos de los combustibles disponibles en México, según información de la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA) y los procedimientos y referencias contenidos en el NMB. Los factores en el cuadro 10 corresponden al combustible disponible en la Ciudad de México y han sido elaborados tomando en cuenta los valores caloríficos locales más bajos y cualquier requisito legal sobre mezcla de combustible junto con la mezcla en la Ciudad de México por los tipos de motor y la distribución de tecnologías de control de emisiones instalada en la flota vehicular.

Cuadro 10. Factores de emisión para el combustible utilizado en la Ciudad de México

Emisiones por litro	Kg CO ₂ /l	Kg CH ₄ /l	Kg N ₂ O/l
Combustible	F _{CO2}	F _{CH4}	F _{N2O}
Gasolina	2.1796	6.29E-04	1.89E-05
Diesel	2.5648	1.73E-04	2.08E-05
CNG (gases a condiciones atmosféricas)	0.0019	1.72E-06	3.44E-09
CNG (gases a 2000 psig)	0.2604	2.36E-04	4.71E-07
LPG (líquido)	1.4738		
Equivalente a CO ₂ (100 year Global Warming Potential)	1	21	310

Usando estos parámetros se calculan las emisiones de CO_{2eqiv} considerando el combustible consumido haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$CO_{2eqiv} = FC \times [(F_{CO_2} \times 1) + (F_{CH_4} \times 21) + (F_{N_2O} \times 310)] / 1000$$

Emisiones línea base:	27,702	ton CO _{2eq}
Emisiones por el proyecto:	21,726	ton CO _{2eq}
Emisiones reducidas	5,976	ton CO _{2eq}

Componente 2. *Mejorar las condiciones de funcionamiento para todos los vehículos en Insurgentes*

Durante el periodo comprendido en este reporte no hubo posibilidad de medir el flujo de vehículos particulares y su tiempo de viaje, ya que la construcción de la línea 12 del metro de la Ciudad de México afectó la ruta, al ser cerradas importantes vialidades como Av. Félix Cuevas (Eje 7 Sur), ortogonal a la Avenida Insurgentes, así como cambiando temporalmente el sentido de algunas otras calles, como Parroquia. Lo anterior deriva en la modificación de ruta de los particulares y afecta la circulación, por esta razón Metrobús, en el periodo 2011-2012 no contará con los beneficios de los créditos generados por el Componente 2 en Avenida Insurgentes.

Componente 5. *Efecto del cambio modal de automóviles en la ruta a los autobuses*

El cambio modal crea una reducción de emisiones cuando los pasajeros cambian el uso de vehículos privados al de autobuses y estos vehículos privados no circulan; esto ocasiona que se deje de consumir una importante cantidad de combustible. Para determinar el número de vehículos particulares que dejan de circular es necesario monitorear, a través de encuestas a bordo de los autobuses, la cantidad de usuarios que manifiestan tener automóvil particular y haberlo dejado estacionado para realizar su traslado en Metrobús.

La reducción en litros de combustible consumido debido al cambio modal de esos vehículos privados se obtiene por la ecuación:

$$(NPSVn / APPVn) * AKAVn / VFCUn$$

Donde:

APPVn = Número promedio de pasajeros en vehículo privado

Con base en estudios de flujo y aforo vehicular es posible determinar el grado de ocupación para vehículos particulares. Para este reporte se emplearon datos de los estudios realizados en el cruce de Av. Insurgentes y Eje 4 Sur. Se registró una ocupación de 1.62 personas por vehículo.

NPSV = Número de personas que cambian de vehículos privados a autobuses

Este parámetro es determinado mediante encuestas a bordo de los autobuses de Metrobús y en las estaciones del mismo sistema. Para el periodo que se reporta, se realizaron dos encuestas de opinión sobre la percepción del servicio y equidad de género. Los resultados de estas encuestas arrojaron un valor de 24%, al ser muy superior al valor registrado históricamente se decidió aplicar el valor de las últimas encuestas siendo así un cálculo conservador. De esta forma se considera que 16.2% de los usuarios tiene auto particular y lo dejó estacionado para realizar su recorrido en Metrobús. Considerando que en el periodo que se reporta se realizaron 98,926,969 de viajes, que equivalen a 271,033 viajes por día, a este porcentaje le corresponden 43,907 viajes al día.

AKAVn = Kilómetros anuales evitados cambio modal

Este dato es la longitud del corredor de Insurgentes (19.058 kilómetros) multiplicado por los 365 días por año. El error estándar estimado para la longitud es de 0.028 km.

VFCUn = Eficiencia de combustible de los vehículo privados en (km/L)

El consumo de combustible para estos automóviles de pasajeros será considerado igual al promedio de la actividad de flujo-libre del proyecto de Insurgentes calculada como 9.98 km/l para los automóviles.

Reducción de emisiones por componente 5

Debido al cambio modal de autos particulares se obtiene un ahorro anual de:

18,891,150 litros de Gasolina con un error estándar de **1,711,509** litros.

Haciendo uso de los parámetros para la gasolina, presentados en el cuadro 10, se convierten estos litros de combustible a toneladas de CO_{2eq}, obteniéndose así las reducciones por cambio modal de vehículos particulares a automóviles o componente 5.

Emisiones reducidas componente 5	41,719	ton CO _{2eq}
----------------------------------	---------------	-----------------------

Componente 6. Autobuses adicionales debido al cambio modal, efecto rebote y creación de viajes

Es posible que exista un efecto rebote, debido al cambio modal de automóviles, metro u otra forma de transporte. Debido a los usuarios que viajaban en los medios de transporte sustituidos y la nueva creación de viajes en autobuses, será necesario incrementar el número de unidades en operación. Si el cambio modal es significativo, el proyecto de Insurgentes tendría que ampliar el servicio de autobuses para cubrir esta demanda adicional. El cálculo asume que el nivel de ocupación de los autobuses no debe aumentar debido al cambio modal, al rebote o a la nueva creación de viajes y que el aumento en pasajeros requerirá un aumento en el número de autobuses en operación.

Rebote y creación de viajes

Es causado por pasajeros que cambian de otra ruta o modo de transporte (con excepción de automóviles privados) a los autobuses nuevos; y los nuevos viajes creados en los autobuses por ser un medio de transporte más favorable, se incluyen directamente en el cálculo de la operación del autobús. El número de pasajeros en los autobuses asociado a estas causas es dado por:

$$MSN_n = PKD_n * (Mm_n + N_n)$$

Parámetro	Descripción	Unidades
MSN _n	Número de pasajeros adicionales	Pasajeros
PKD _n	Número anualizado de pasajeros-km	Pas-km
Mmn	Cambio modal de modo de transporte menos contaminante	%
N _n	Porcentaje de viajes adicionales	%

Donde:

PKD_n = Número anualizado de pasajeros-km en los autobuses

El número anualizado ex-post de pasajeros en los autobuses en el Corredor Insurgentes determinado a través de los expedientes de la flota. En el periodo que se reporta se realizaron 98,926,969 viajes, que equivalen a 271,033 viajes por día.

(Mm_n + N_n) = Cambio modal de un modo de transporte menos contaminante + viajes adicionales

Los porcentajes de cambio modal de una forma de transporte menos contaminante, tal como no motorizado o metro y el correspondiente a creación de nuevos viajes, fueron determinados manteniendo los porcentajes de pasajeros de encuestas a bordo de los autobuses para el tercer año de operación. Una vez que el Corredor Metrobús Insurgentes tiene más de tres años en operación, el incluir este reactivo en la encuesta le hace perder validez. Se asigna un valor de 10.5%. De esta forma, considerando los pasajeros transportados en este periodo equivalen a 271,033 viajes al día este valor corresponde a 28,458 viajes al día.

El aumento en el consumo de combustible asociado a este efecto se calcula mediante:

$$\frac{((NPSV_n + MSN_n) * TLSV_n)}{PKD_n} * ANNB_n * AKTN_n \div FEN_n$$

Parámetro	Descripción	Unidades
MSN _n	Número de pasajeros adicionales	Pasajeros
NPSV _n	Número de pasajeros cambio modal	Pasajeros
TLSV _n	Longitud media de viaje	kilómetros

PKDn	Número anualizado de pasajeros-km	Pas-km
ANNBn	Número promedio anualizado de autobuses en servicio	Autobuses
AKTNn	Kilómetros anuales recorridos por autobús del proyecto	Kilómetros
FENn	Eficiencia de combustible en autobuses del proyecto	Km/lt

TLSVn = Longitud media de viaje de pasajeros que cambiaron de vehículos privados a autobuses

La longitud promedio ex-post del viaje para las personas que cambian de los vehículos privados a los autobuses determinada de los controles operacionales de Metrobús es 6.49 kilómetros.

Pasajeros transportados	98,926,969
Total pasajero - kilómetro	642,926,372
Longitud media de viaje (Km)	6.499

ANNBn = número promedio anualizado de autobuses en servicio

Se calcularon los kilómetros promedio diarios con base en una flota total de 110 autobuses en, por lo cual se opera con 29 autobuses adicionales.

De acuerdo a la ecuación, se genera un aumento en consumo de combustible de:

2,255,954 litros por año con error estándar de **11,280** litros.

Se requieren 29 autobuses para manejar estos pasajeros adicionales

Para cubrir el crecimiento de la demanda se requieren 29 autobuses adicionales, estos autobuses se asignan al componente 6. Al igual que en el componente 1, los kilómetros recorridos al día por autobús son 246.58 Km/día, con un rendimiento de 1.173 Km/L, la desviación estándar asociada al kilometraje diario por vehículo se estima en 1.

Haciendo uso de los parámetros para diésel, presentados en el cuadro 10, se convierten los litros de combustible a toneladas de CO_{2eq}, obteniéndose las emisiones generadas por el componente 6.

Emisiones generadas componente 6 **5,728** ton CO_{2eq}

Fuga 4. Los autobuses tienen que viajar vacíos de su resguardo hasta la ruta

Los autobuses desplazados o introducidos por la actividad del proyecto tienen que viajar vacíos de su base o resguardo para llegar a la ruta de operación por lo que el combustible adicional consumido se toma en cuenta en los cálculos y ha sido incluido en el kilometraje total por año (AKTN), por lo que este componente no debe ser incluido en la sección de “fuga” ya que ha sido considerado dentro de los cálculos de la actividad del proyecto.

Emisiones reducidas por el séptimo año de operación

El total de emisiones reducidas se obtiene del balance entre emisiones reducidas y emisiones generadas, en este caso se sigue el siguiente esquema:

$$\text{Reducción de Emisiones} = \text{Línea Base} - \text{Proyecto} + \text{Cambio Modal} - \text{Efecto Rebote}$$

Línea base	27,702 ± 1,595	ton CO _{2eq}
Proyecto	21,726 ± 217	ton CO _{2eq}
Cambio Modal	41,719 ± 3,780	ton CO _{2eq}
Efecto Rebote	5,728 ± 29	ton CO _{2eq}

Reducción Total	41,968	ton CO_{2eq}
Incertidumbre expandida 95%	6,758	ton CO_{2eq}
Nivel Inferior con 95% de incertidumbre	35,210	ton CO_{2eq}

BENEFICIOS ADICIONALES

Durante siete años de operación Metrobús ha demostrado sus beneficios en la movilidad, transportando a más de 700 millones de pasajeros, quienes, en las diferentes encuestas de opinión realizadas cada año, han manifestado que con Metrobús el tiempo de viaje se reduce en más de 40%, también consideran que la infraestructura de las estaciones y los autobuses son de buena calidad, y han evaluado al sistema con una calificación de 8 sobre 10.

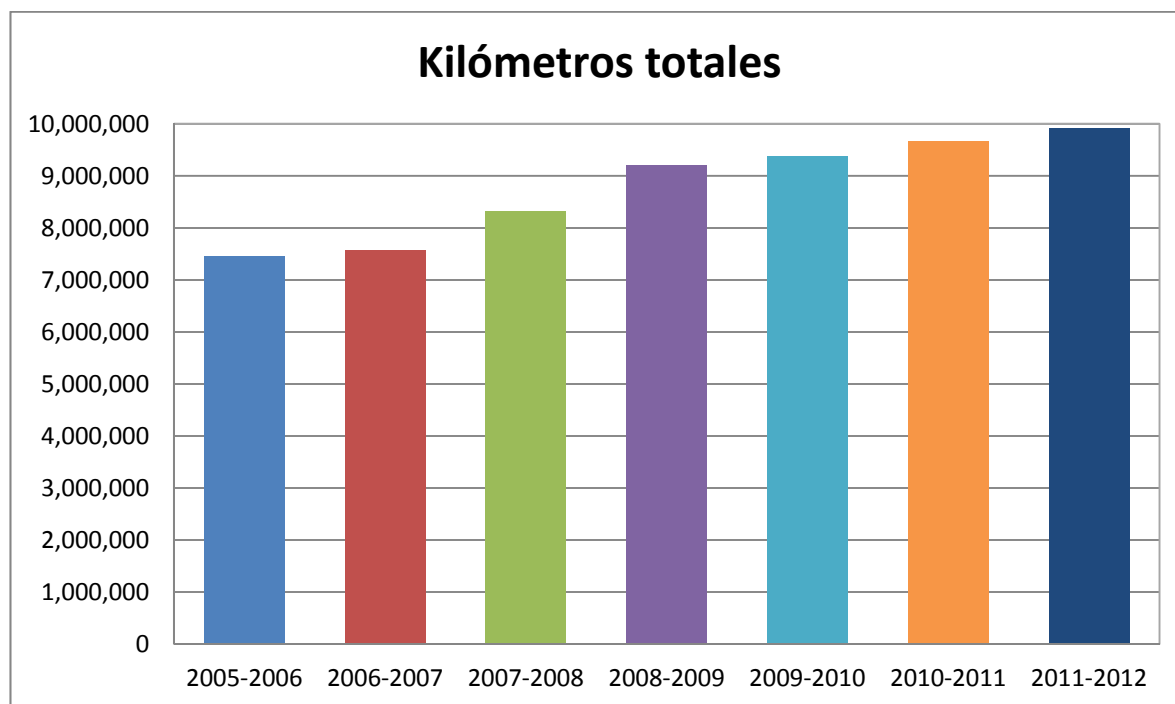
También ha demostrado que se generan beneficios sociales al incorporar en las empresas operadoras del servicio de transporte a los concesionarios originales. Es importante mencionar la atención a adultos mayores y personas con discapacidad, que tienen derecho de gratuidad y acceso preferencial. Actualmente la mayoría de las estaciones incluyen rampas de acceso y guía táctil, beneficiando a más de 5 millones de usuarios al año mediante estos programas. Otro de los beneficios es la mejora urbana y creación de zonas seguras en la vía pública ya que todas las estaciones de Metrobús cuentan con elementos de seguridad y sistemas de video vigilancia, además de la gran ayuda derivada de la semaforización en los cruces de cada estación. También se ha mejorado la iluminación en las calles y el tránsito en general.

En materia ambiental los beneficios también han sido demostrados, no sólo los generados por el cambio tecnológico que representa la sustitución de vehículos con más de 15 años de antigüedad por vehículos con tecnología que cumple con las normas EURO III, EURO IV y EURO V, sino también por el número de personas que ha dejado de utilizar su vehículo privado para transportarse en Metrobús. En el periodo 2011-2012 estos pasajeros corresponden a 16.2% de los pasajeros totales, siendo ésta la mayor contribución a la reducción total de emisiones.

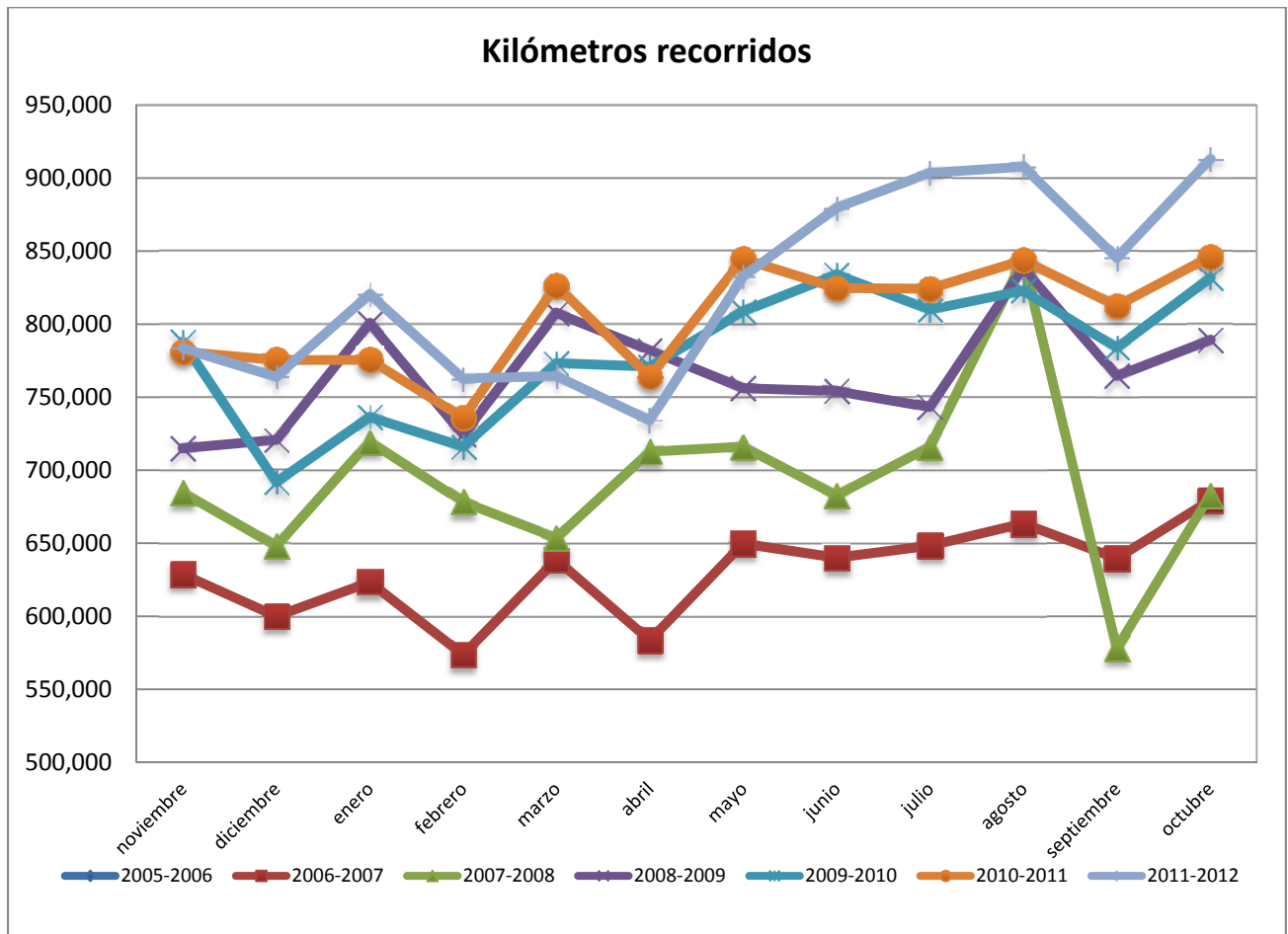
ANEXOS

1. KILÓMETROS RECORRIDOS POR LA FLOTA DE METROBÚS

	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
noviembre		628,779	684,679	715,018	787,734	781,155	783,419
diciembre		599,966	648,141	720,775	691,826	775,402	763,972
enero		623,383	719,547	800,677	736,521	775,468	820,372
febrero		573,692	678,334	724,317	716,184	735,979	762,841
marzo		638,844	653,723	807,506	773,380	826,499	764,498
abril		583,497	712,685	782,157	771,027	763,943	734,146
mayo		649,728	716,144	756,158	808,584	844,584	832,468
junio		640,049	682,724	754,070	833,884	824,690	879,653
julio		648,354	715,978	743,212	809,893	824,285	903,542
agosto		663,526	844,250	838,397	823,040	843,819	907,844
septiembre		639,571	578,053	764,347	783,825	812,356	845,348
octubre		679,311	682,834	789,193	831,678	846,100	912,848

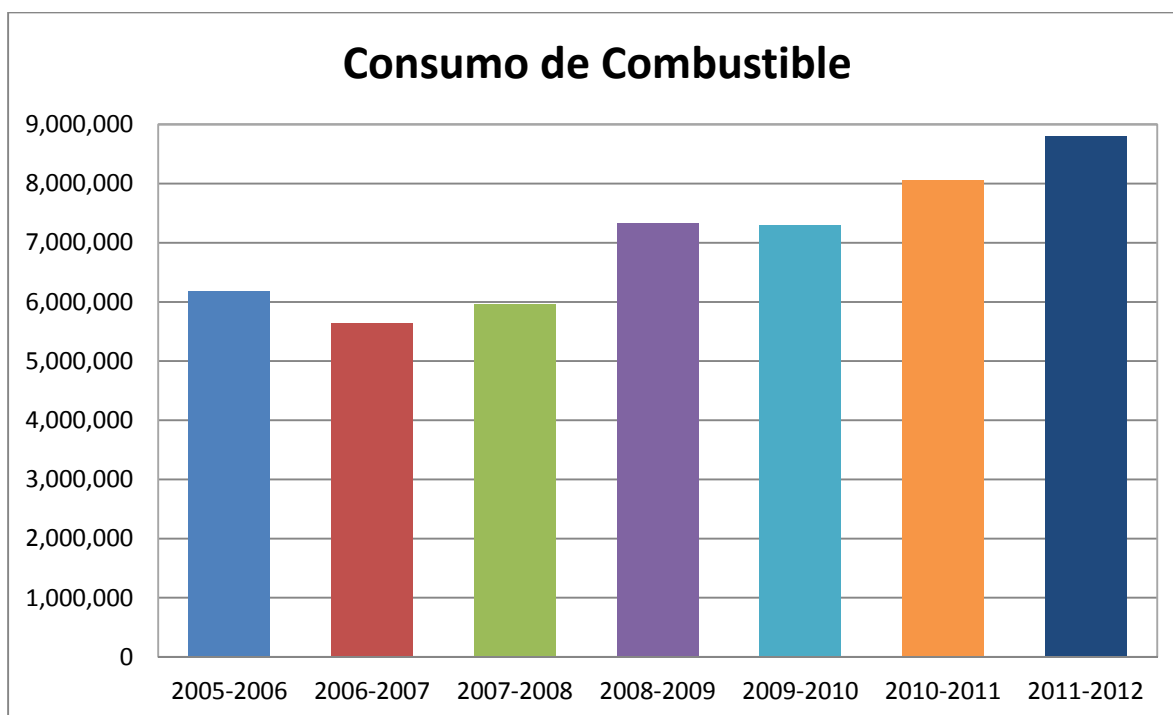


2. COMPARACIÓN MENSUAL DE KILÓMETROS RECORRIDOS

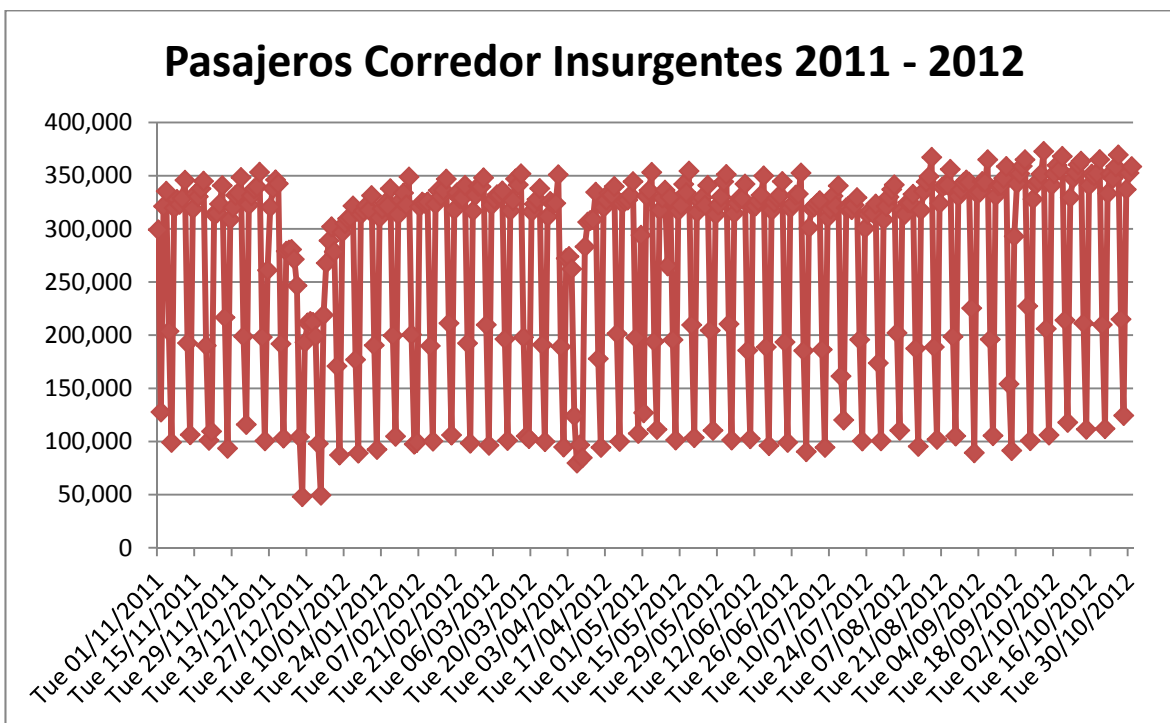
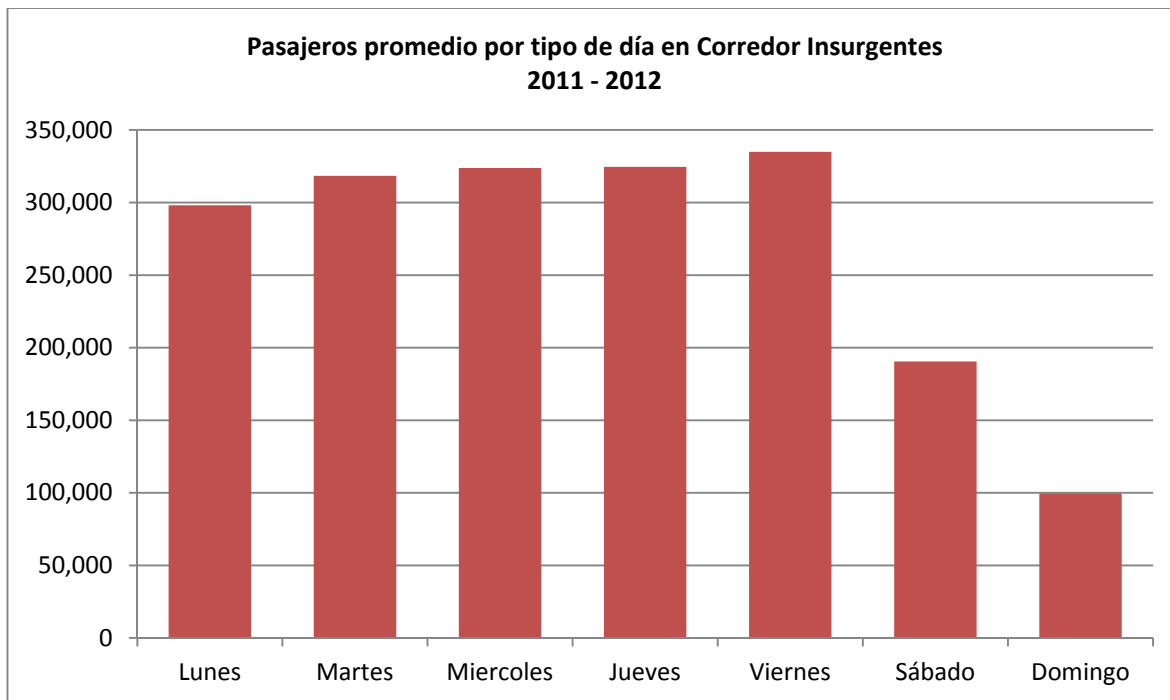


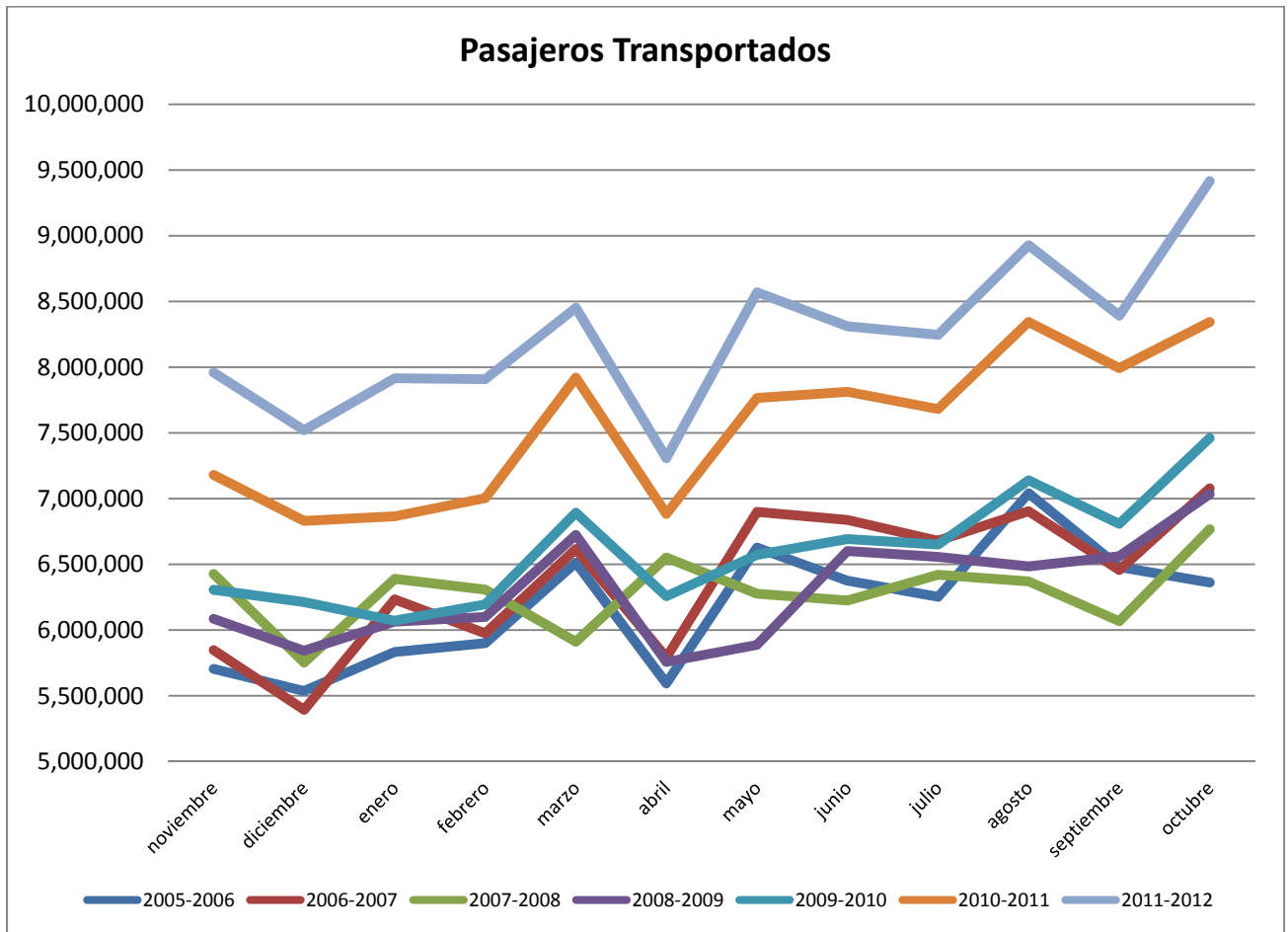
3. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
noviembre				575,240	607,746	634,653	688,655
diciembre				578,888	550,688	592,929	690,854
enero				631,057	581,639	664,422	690,235
febrero				579,710	572,102	624,583	655,414
marzo				663,286	640,432	696,321	657,274
abril				596,548	567,248	633,079	637,666
mayo				604,182	659,471	709,243	741,161
junio				661,986	583,734	692,607	778,729
julio				631,085	598,421	700,617	804,647
agosto				579,407	710,132	714,778	798,744
septiembre				596,743	572,755	684,302	807,684
octubre				626,588	653,321	708,432	846,649



4. PASAJEROS TRANSPORTADOS

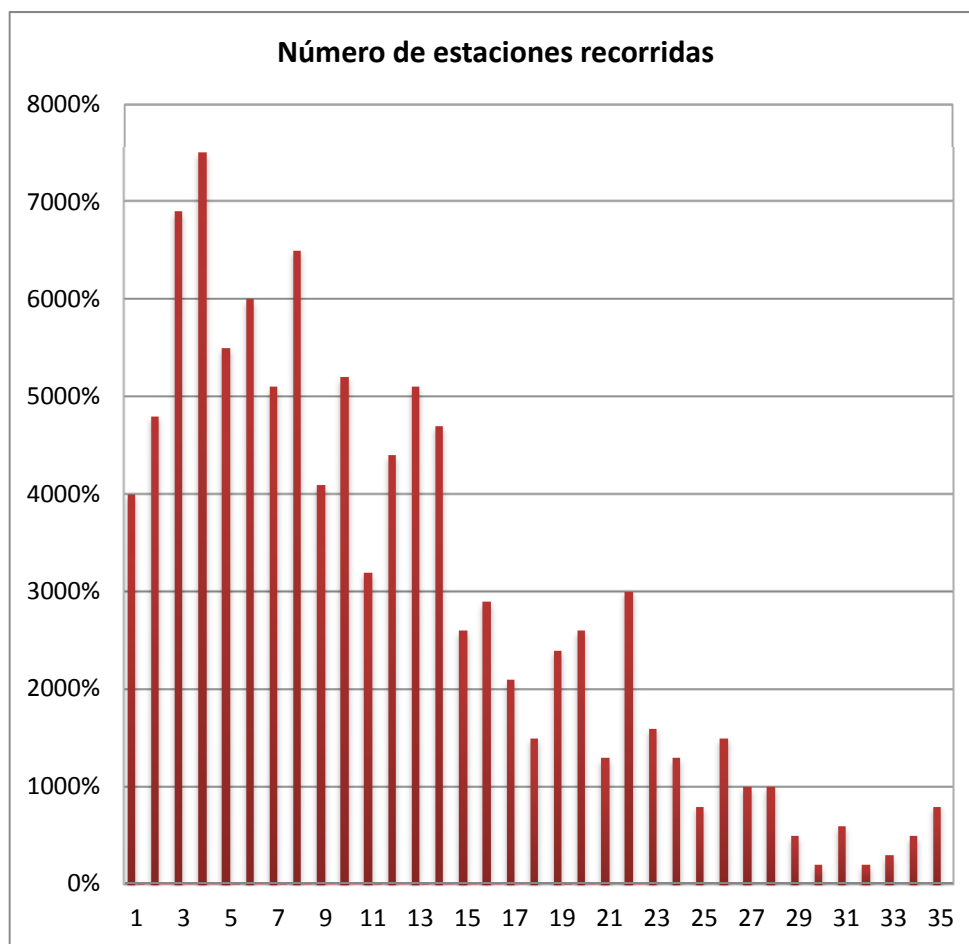




5. ESTACIONES RECORRIDAS POR LOS PASAJEROS DE METROBÚS

Estaciones	%
1	4.15%
2	5.38%
3	5.90%
4	6.03%
5	4.15%
6	4.09%
7	4.60%
8	6.16%
9	5.06%
10	5.25%
11	3.76%
12	4.67%
13	4.15%
14	3.18%
15	3.96%
16	4.28%
17	3.37%
18	2.01%
19	2.01%
20	2.46%
21	2.59%
22	1.69%
23	1.95%
24	1.62%
25	1.30%
26	0.78%
27	1.17%
28	0.91%
29	0.45%
30	0.97%
31	0.58%
32	0.52%
33	0.39%
34	0.39%
35	0.06%

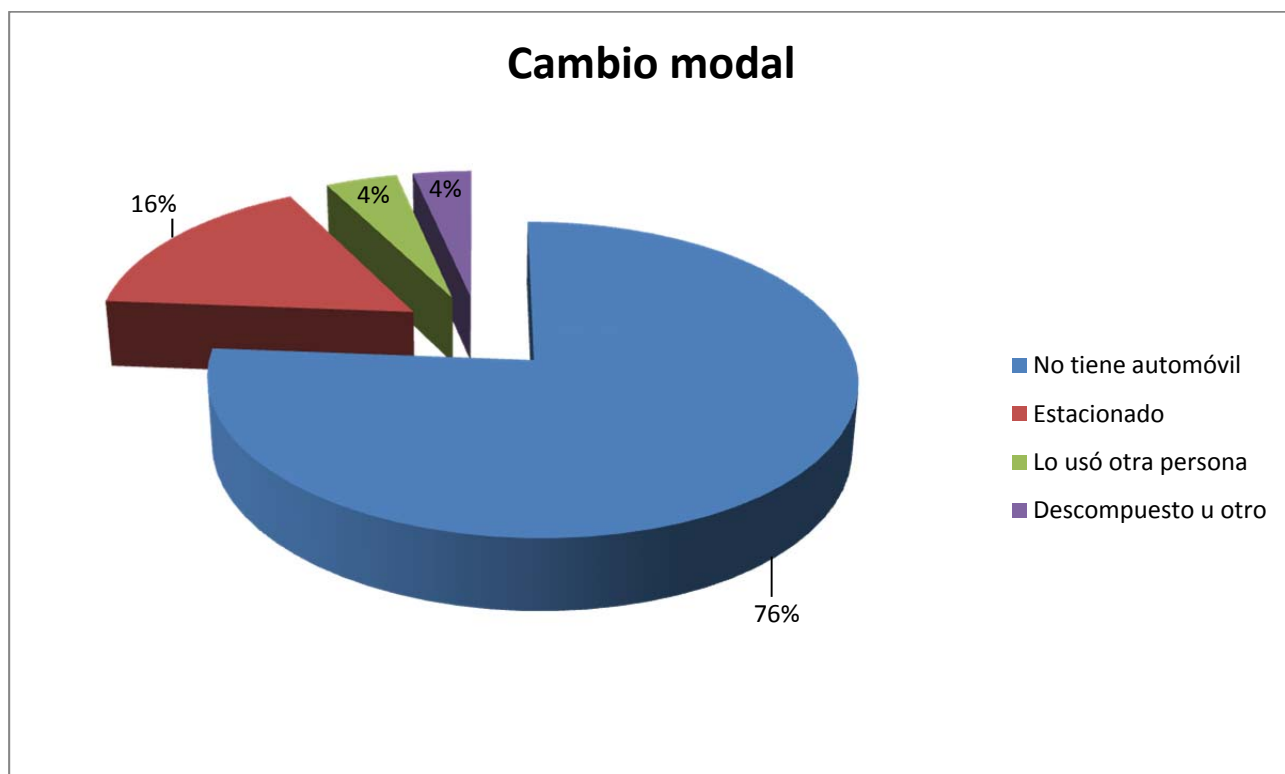
Máximo	7.25%
Número estaciones	4
Promedio estaciones	11.53
Promedio distancia	6.34 km



6. CAMBIO MODAL

Con base en las encuestas de opinión del servicio y de equidad de género realizadas a los usuarios, se determina el número de viajes que se realizan en Metrobús en lugar de efectuarse en vehículo particular. Para el periodo reportado se obtuvieron los siguientes resultados:

Concepto	%
No tiene automóvil	76.3
Estacionado	16.2
Lo usa otra persona	4.2
Descompuesto u otro	3.4
TOTAL	100



Tomando en cuenta los 98,926,969 de viajes realizados al año se obtiene que, al día se llevan a cabo, en promedio 271,033 viajes, de los cuales **43,907** ocurren por cambio modal.