

PROYECTO DE INVERSIÓN DE MANTENIMIENTO, RENOVACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL MATERIAL RODANTE DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (STC) METRO*

MIRIAM SOSA CASTRO**

<https://orcid.org/0000-0002-6597-5293>

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa,
Ciudad de México, México

Recibido: 27 de agosto del 2021 / Aprobado: 21 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5389>

RESUMEN: El presente artículo formula un proyecto de inversión en mantenimiento, renovación y modernización del material rodante del Sistema de Transporte Colectivo (STC) Metro. El desarrollo de la investigación responde al problema creciente de precariedad, mala calidad e insuficiencia del transporte público en la Zona Metropolitana del Valle de México. Los resultados demuestran que la realización del proyecto tendría beneficios sociales: reducción de costos generalizados de viaje, disminución de tiempos de traslado para los pasajeros del transporte público, menores costos de mantenimiento, disminución de emisiones contaminantes y reducción de riesgo catastrófico. Mientras que, en términos económico-financieros, el valor del VPN sería positivo, la relación beneficio/costo estaría por encima de 6. La realización de este tipo de proyectos cobra especial relevancia en el contexto actual en el que recientemente se han presentado eventos catastróficos en la Línea 12 del STC.

PALABRAS CLAVE: proyecto de inversión / mantenimiento / renovación / modernización de material rodante / Sistema de Transporte Colectivo

* Todos autores han contribuido con la misma intensidad en el diseño, obtención de datos, análisis, revisión crítica de su contenido y aprobación final de la versión publicada.

** Correo electrónico: msosac87@hotmail.com

INVESTMENT PROJECT FOR THE MAINTENANCE, RENOVATION AND MODERNIZATION OF THE ROLLING STOCK OF THE METRO COLLECTIVE TRANSPORT SYSTEM (STC)

ABSTRACT: This article presents an investment project to maintain, renovate and modernize the Metro STC rolling stock. This research is focused on alleviating public transportation precariousness, poor quality, and inadequacy in the Mexico City Metropolitan Area. The results suggest that the project is feasible in terms of economic and social impact. Socially, the following variables will be reduced: generalized travel and maintenance costs, CO₂ emissions, and catastrophic risk. In financial terms, the net present value is positive, and the benefit/cost ratio is greater than 6. This project is of utmost importance in the present context and considering the recent tragic incident on line 12 of the Mexico City subway.

KEYWORDS: investment Project / maintain / renewal and modernization of the rolling stock / Public Transportation

1. INTRODUCCIÓN

El transporte público urbano se ha convertido en uno de los problemas más complejos e importantes que enfrentan los gobiernos. Dicho problema surge a partir de una deficiente planeación urbana, crecimiento demográfico mayor al estimado, aumento del parque vehicular y cambios en el uso de suelo, distinto al originalmente pensado, lo que origina que se polaricen y diversifiquen las actividades laborales, educativas, recreativas, etc., en una zona cada vez más grande en donde los individuos tengan que trasladarse hacia ciertos "puntos de atracción", generando problemas debido a que dichas zonas no fueron planeadas para satisfacer ese alto nivel de demanda.

Hernández (2017) señala que el transporte público es de suma importancia en términos sociales, ya que permite a las personas acceder a bienes, servicios y oportunidades que le ofrece la ciudad, impactando así en la calidad de vida de las personas. El transporte público es tan importante como otras políticas sociales, por ejemplo, la salud y la educación.

La Zona Metropolitana del Valle de México (en adelante, ZMVM) es la quinta área urbana más grande del mundo (Barría, 2018), para el año 2017 contaba con alrededor de 21 millones de habitantes (Organización de las Naciones Unidas-Hábitat [ONU-Hábitat], 2018) y con un 17 % de los habitantes y el 18 % de los empleados de México, quienes producen el 23 % del PIB nacional (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico [OECD], 2015). Así, el metro transporta el 28,7 % de las personas que se trasladan empleando el transporte público (Instituto Nacional de Geografía y Estadística [INEGI], 2017) y cerca del 16 % de las personas que se trasladan en general (transporte público y privado), 5.5 millones de personas (Sistema de Transporte Colectivo [STC Metro] y Gobierno de la Ciudad de México [Gobierno CDMX], 2018b).

Con base en el STC Metro y el Gobierno CDMX (2018b), el STC Metro es el más barato a nivel mundial, el segundo con mayor extensión en América, el cuarto con más usuarios por kilómetro cuadrado de red, el séptimo con más pasajeros transportados al año, el noveno con más estaciones y el mayor de América Latina en tres aspectos: extensión, pasajeros y trenes. El metro transporta al año a 1616 millones de pasajeros (4.9 millones al día), recorre 44.2 millones de kilómetros. De tal forma que, para destacar de esa manera y otorgar esa cantidad de servicio, la infraestructura e inversión es enorme; se estima que el valor de construcción es de 410 000 millones de pesos mexicanos (cifras al año 2017) (STC Metro y Gobierno CDMX, 2018b).

Con base en lo anteriormente, se resalta la importancia que tiene el STC Metro como: a) servicio clave para acceder a las distintas oportunidades, bienes y servicios que otorga la Ciudad de México, b) herramienta fundamental de política económica que garantiza el acceso a un derecho básico, c) la suma de activos que representan una enorme inversión

para el país, d) generador de empleos, e) espacio de desarrollo tecnológico y confluencia institucional y f) como una alternativa de movilidad con múltiples ventajas: no contamina ni entorpece la circulación vial, cuenta con un alto índice de ahorro de energía y transporta a tres veces más pasajeros con dos veces menos de energía que cualquier otro medio de combustión (STC Metro y Gobierno CDMX, 2018a).

Con todo lo que representa el STC Metro para la ciudad y el país, parecería evidente que debe ser una prioridad para las autoridades; sin embargo, no es así. El mantenimiento que se realiza, en términos específicos, el material rodante, el 75 % es de tipo correctivo, lo que ha tenido como consecuencia un envejecimiento en las instalaciones y equipo, provocando que la capacidad de transportación sea insuficiente por la falta de trenes, debido a que solamente el 73 % de los trenes funciona y el resto se encuentran incompletos, ya que de ellos se extraen las refacciones para los otros trenes (STC Metro y Gobierno CDMX, 2018b).

Por otro lado, la vida útil de un tren es de 30 años, con opción de prolongarla 25 años más, siempre y cuando se cambie, se repare o se refuercen los principales equipos mecánicos, eléctricos, neumáticos y electrónicos del tren. Los trenes con los que cuenta el STC Metro, dependiendo la línea, cuentan con hasta 48 años de antigüedad (líneas 1, 5, 7 y B) y no reciben el mantenimiento preventivo ni las reparaciones necesarias (STC Metro y Gobierno CDMX, 2017 y 2018a).

Lo anterior ha dado como resultado menor capacidad en el servicio e incremento sustancial en las fallas, generando constantes retrasos en la línea y en el sistema completo, aumento del tiempo de espera para abordar y saturación de los usuarios por carro, provocando nuevas fallas por saturación y lesiones en los usuarios que sufren aplastamiento y sofoco. Otra cuestión de suma importancia es que también se ha elevado de manera importante la probabilidad de un accidente grave (STC Metro y Gobierno CDMX, 2017).

El presente proyecto de inversión tiene por objetivo cumplir con las condiciones de fiabilidad, seguridad y confort, como también la conformidad con las normas y las especificaciones técnicas de calidad establecidas para un servicio de metro¹.

En el ámbito ferroviario, el material rodante es aquel que está dotado de ruedas para circular por una vía férrea. Así, se propone realizar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, como la rehabilitación y sustitución de trenes, mejorando el servicio en las líneas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, "A" y "B".

1 Para mayor información sobre las normas y especificaciones técnicas, véase: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/organismo/marco-normativo>

El documento se encuentra estructurado en cuatro secciones, la primera, la parte introductoria; en la segunda, se detalla la metodología implementada; en la tercera, se muestran los resultados y, finalmente, en la cuarta se concluye el trabajo.

2. METODOLOGÍA

Para evaluar el impacto y la viabilidad del proyecto se analizan los aspectos del mercado a través de un minucioso análisis de la oferta y demanda del transporte en el área de estudio, en términos de calidad y cantidad. Se analizan los aspectos técnicos y técnico-económicos de la propuesta y se evalúan cualitativa y cuantitativamente los beneficios del proyecto.

Dentro de los beneficios del proyecto hay algunos cuantificables y directos, como es el caso de la reducción de costos generalizados de viaje (CGV), es decir, derivado del mantenimiento, el servicio incrementará su capacidad actual, será más eficiente y las fallas se reducirán de manera considerable. Así, todos estos aspectos son considerados para realizar una estimación de estos beneficios, partiendo del cálculo del valor social del tiempo (VST) realizado por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) (2018).

Otro de los beneficios directos del proyecto es la disminución del costo de mantenimiento, dicho beneficio es también considerado en la evaluación. Dentro de los beneficios no cuantificables y directos se encuentra aquel derivado de la disminución de emisiones contaminantes, así como la reducción de riesgo catastrófico.

Sobre la metodología empleada para la evaluación económica, se estima el valor presente neto social, contemplando la tasa de descuento social publicada por el CEPEP (10 %) (CEPEP, 2018) y la relación beneficio-costos; ambos se detallan a continuación. Por las características de este proyecto (inversión en más de un periodo de tiempo), no se estima la tasa interna de retorno (TIR) ni la tasa de rentabilidad inmediata. Es importante señalar que para las estimaciones se emplean cifras y datos del año 2018 y la metodología sugerida por Vázquez Corte y Morín Maya (2018), dada la disponibilidad de la información.

Valor presente neto social (VPNS)

Es uno de los indicadores más representativos que permite comparar los beneficios y costos sociales dentro de un proyecto de desarrollo. Es la suma de los valores presentes de los flujos netos de efectivo, menos las inversiones realizadas en el año cero (Jiménez Boulanger et al., 2007).

$$VPNS = -I_0 \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t + BI_t - CI_t \pm \varepsilon}{(1 + d^*)^t} \quad (1)$$

Donde I es la inversión inicial, B_t beneficios directos, C_t costos directos, BI_t beneficios indirectos, CI_t costos indirectos, ε externalidades, d^* tasa social de descuento (TSD) y t es la unidad de tiempo, generalmente un año.

El criterio de decisión tomando en cuenta el valor presente neto social (VPNS) es que, de ser positivo, el proyecto debería aceptarse; si es igual o menor a cero, debería de rechazarse.

Análisis costo/beneficio

Puede ser visto como un sistema de información relevante para la eficiencia en el sector público, sirviendo de apoyo para la toma de decisiones. El análisis costo/beneficio (en adelante, ACB) proporciona información relacionada con la eficiencia distributiva de las alternativas de inversión (Villarreal, 2014).

El ACB compara los costos con los beneficios económicos del proyecto:

$$ACB = \frac{\text{Beneficios del proyecto}}{\text{Costos del proyecto}} \quad (2)$$

Si los beneficios son mayores que los costos, es un primer indicador para la aprobación del proyecto. Los costos y los beneficios se establecen en unidades monetarias, por lo que, generalmente, se emplea dicha metodología para proyectos productivos.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Aspectos de mercado

3.1.1 Análisis de la oferta

a. Infraestructura vial relevante

Con base en el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP, 2012) México, la longitud total vial de la ZMVM es de 10,182 km, es decir, de manera lineal, se encuentran construidos más de diez mil kilómetros donde transitan tanto vehículos particulares como transporte público; lo que es considerado como la oferta física.

La cual es definida a continuación, diferenciando el tipo de vialidades y servicios.

Oferta física

En el caso de la oferta física, se define para distinguir el tipo de vía empleado en la ZMVM (ITDP, 2012).

- Red secundaria
- Línea genérica de metro
- Rieles suburbanos
- Elevado 2.º piso
- Elevado 2.º piso de cuota
- Carriles exclusivos de Metrobús y Mexibús
- Autopistas de cuota
- Carreteras
- Vías rápidas
- Laterales de vías rápidas
- Eje vial
- Vías en contrasentido
- Red primaria

Los resultados muestran que si se toman en cuenta los automóviles que circulan diariamente en el D. F., utilizan el 85 % del espacio vial ocupado y el transporte público el restante 15 % (ITDP, 2015). De acuerdo con cifras reportadas por el INEGI (2019), el número de automóviles que hay en la ZMVM son 5 millones 800 mil, lo que representa alrededor del doble de los vehículos existentes en 2007.

b. Red de transporte público

Oferta operativa

Sobre la oferta física, las diversas vialidades, se ofrecen una gran cantidad de servicios de transporte público que coexisten y se complementan. Así, la oferta operativa en la ZMVM se divide en los siguientes tipos, conformando un sistema multimodal:

- Trolebús
- Microbús D. F.
- Autobús D. F.
- RTP Servicio Expreso

- Trolebús cero emisiones
- Autobuses extraurbanos
- Microbuses EDOMEX
- Combis EDOMEX
- Autobuses EDOMEX
- Urvan EDOMEX
- Autobuses articulados
- Autobuses padrón
- Peatón
- Automóvil privado
- Autobuses de RTP
- Metro de llantas
- Metro férreo
- Tren ligero
- Tren suburbano
- Combis D. F.

La capacidad y estructura de la antes mencionada red de transporte público, oferta operativa, se muestra en la tabla 1.

Calidad de la oferta de transporte público de pasajeros

Con base en información de la Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México, el transporte público que se ofrece en dicha localidad es deficiente e insuficiente para la población. Se encuentra integrado por los servicios de metro, tren ligero, trolebuses y el servicio de la Red de Transporte de Pasajeros (RTP) y, en general, se estima que presentan fallas que afectan el 29 % de los viajes que se realizan en la ZMVM (Secretaría de Movilidad, 2019).

Tabla 1

Estructura y capacidad de la red de transporte público

Modo	Parque	Capacidad	Velocidad
Metro	Total: 390 Trenes	Trenes	Comercial:
	Neumáticos: 321	Férreos: 69	36 km/h
	9 carros: 292	9 carros: 12	Máxima: 80
	6 carros: 9	7 carros: 30	km/h
		Sentados Parados Total	
		6 vagones 240 780 1020	
		9 vagones 360 1170 1530	
RTP	1400 vehículos	RTP ordinario: 80 personas	Promedio:
	Unidades en circulación: 595	RTP Express: 85 personas	12 km/h
	Unidades en circulación para servicio ordinario: 265		
STE	Trolebuses en operación: 290	Trolebuses: 80 personas	Trolebus
	Trenes en operación: 12-15	Tren ligero: 220 personas	Com.: 40km/h
			Max.: 50 km/h
			Tren ligero
			Com.: 20 km/h
			Máx.: 80 km/h
			Com.: 65 km/h
Tren subterráneo	20 vehículos Serie 447 de Renfe	Trenes de 8 coches en hora pico: 460 sentadas + 1816 de pie = 2276 personas	Com: 65 km/h (paradas en estaciones)
Ecobici	4000 bicicletas conectadas a un sistema central vía GPRS (General Pace Radio Service)	1 persona /bici	15 km/h
Mexibús	Total: 117 autobuses	Volvo 7300: 110 personas	Com.: 40 km/h
	59 autobuses por la línea I (Volvo 7300, Euro IV)	Mercedes Benz (articulado): 160 personas	Máx.: 60 km/h
	58 autobuses articulados por la línea III (Mercedes Benz, Euro V)		
Concesionados baja capacidad del D.F.	1197 unidades	Combi: 12 personas	10 km/h

Nota. "Transporte público masivo en la Zona Metropolitana del Valle de México. Proyecciones de demanda y soluciones al 2024" [Reporte para Hewlett & Flora Foundation Grant 2], por Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo, 2015, p. 37 (<http://mexico.itdp.org/download/19346/>).

Del total de la capacidad del metro, alrededor de 107 trenes (23 % del total) no funciona, presentando fallas cada vez más agudas. El sistema de trolebuses presenta una problemática más aguda, los 300 trolebuses con los que cuenta la red superan los 20 años de antigüedad, su capacidad se ha reducido en 12 % desde el año 2017 y solamente el 63 % se encuentra en operación. En cuanto al tren ligero, un tercio de los trenes

se hallan fuera de operación. En el sistema RTP, a pesar de que se adquirieron unidades nuevas de 2017 a 2019, el 27 % de sus unidades no se encuentra en operación. El único transporte que escapa a dicha situación es el metrobús, debido a la inversión reciente para su crecimiento, solamente presenta problemas de saturación que impactan el tiempo de espera y reducen el confort, la calidad y la seguridad en los viajes (Secretaría de Movilidad, 2019).

Así, la ineficiencia e insuficiencia del transporte público en la ZMVM ha derivado en un incremento de los niveles de saturación vial, calificándola como una de las zonas urbanas con mayor saturación a nivel mundial (TomTom, 2017). La saturación genera que haya una disminución de la velocidad promedio de traslado, siendo esta para el año 2018 de 11 km/hora (López-Ghio et al., 2018), ocasionando problemas de saturación y empeorando la calidad del aire.

Cabe señalar que la crisis del sistema de movilidad de la Ciudad de México tiene de manera intrínseca un componente de desigualdad, ya que impacta en los tiempos y en las condiciones de traslado de los sectores de estratos menores; por ejemplo, realizar un viaje en metro implica 39 % más que en un auto particular, en transporte colectivo son 54 % mayores y en autobús suburbano y RTP 33 % y 22 %, respectivamente más extensos (ITDP, 2015).

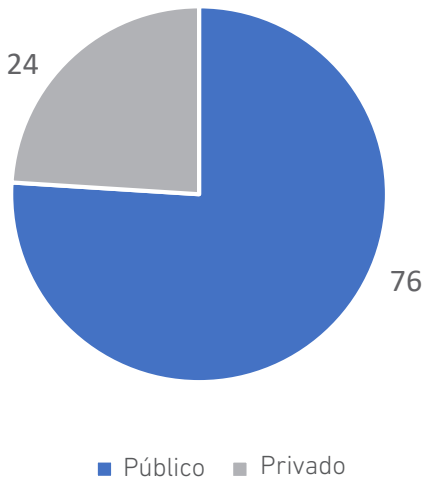
3.1.2 Análisis de la demanda

En la ZMVM se transportan 34.5 millones de personas al día, de las cuales el 76 % utiliza algún tipo de transporte público, de ese total, el 16 % son transportados por el STC Metro, como se observa en las figuras 1 y 2. Al año, el STC Metro atiende a 1,616 millones de usuarios (5.5 millones de usuarios en día promedio), recorre 44.2 millones de kilómetros, da 1.2 millones de vueltas, traslada 36.55 pasajeros por kilómetro recorrido y traslada 7.2 millones de pasajeros por kilómetro de línea (STC Metro y Gobierno CDMX, 2018b).

Como se observa en la figura 2, el tipo del transporte que más se utiliza en la ZMVM es el de tipo colectivo (microbús, combi, entre otros), seguido por el automóvil, el cual ha presentado una tendencia creciente en su uso; entre otras cosas, por la mala calidad del servicio de transporte público, el tipo de transporte público que ocupa el segundo lugar en participación es el metro con casi 16 % de la población; en tercer lugar, el autobús suburbano (7,2 %); cuarto, el taxi en calle o por aplicación (6,4 %); luego el metrobús (3,4 %) y el RTP en el quinto lugar (2,3 %); finalmente, el trolebús y otros con una participación menor al 1 %.

Figura 1

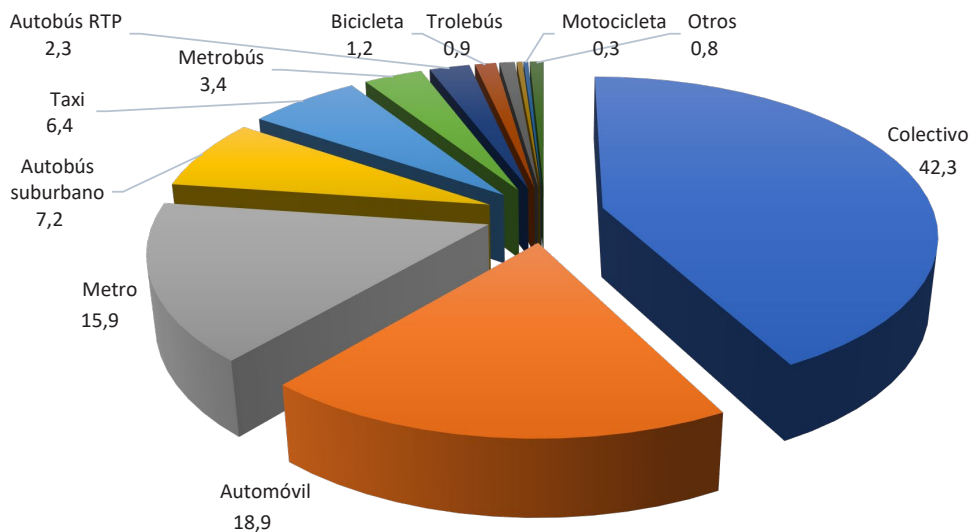
Modo de transporte ZMVM (en porcentaje)



Nota. Elaboración con datos de Sistema de Transporte Colectivo Metro y Gobierno de la Ciudad de México. (2018b). Ingeniería y metro [Presentación] (http://cicm.org.mx/wp-content/files_mf/dgccm4.pdf).

Figura 2

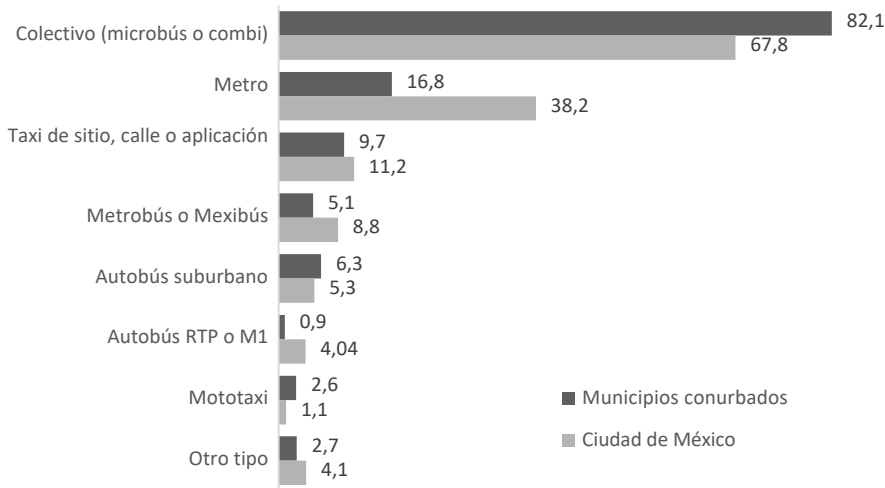
Tipo de transporte ZMVM (en porcentaje)



Nota. Elaboración con datos de Sistema de Transporte Colectivo Metro y Gobierno de la Ciudad de México. (2018b). Ingeniería y metro [Presentación] (http://cicm.org.mx/wp-content/files_mf/dgccm4.pdf).

Figura 3

Demanda de transporte en el Estado de México y CDMX



Nota. Elaboración basada en datos del "Plan estratégico de movilidad de la Ciudad de México. Una ciudad, un sistema", por la Secretaría de Movilidad, 2019, Gobierno de la Ciudad de México, p. 10 (<https://www.movilidad-integrada.tianguisdigital.cdmx.gob.mx/docs/plan-estrategico-de-movilidad-2019.pdf>).

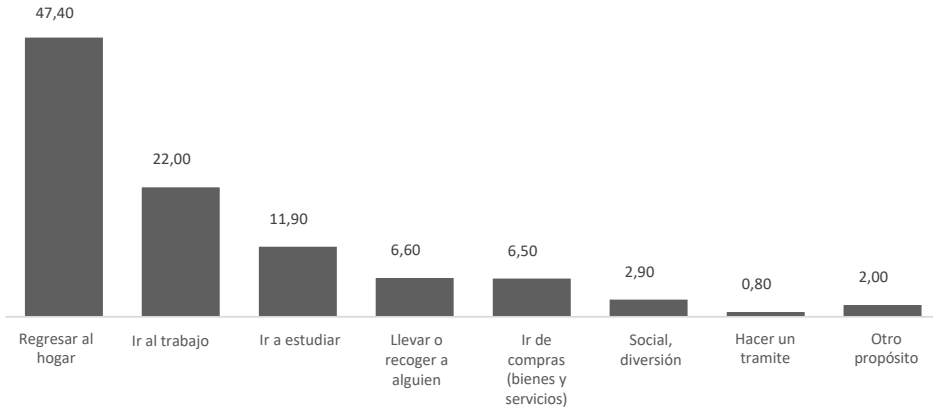
La demanda de transporte del ZMVM se encuentra distribuida como se presenta en la figura 3. Las cifras se presentan para la Ciudad de México y el Estado de México, el 67,8 % de las personas que emplean el transporte público en la capital mexicana se traslada en transporte colectivo, mientras que en el Estado de México es el 82,1 %; el metro ocupa el segundo lugar con el 38,2 % para los capitalinos y 16,8 % para los mexiquenses; en cuanto al taxi, 11,2 % y 9,7 %; el metrobús y Mexibús 8,8 % y 5,1 %; autobús suburbano, 5,3 % y 6,3 %; mototaxi, 2,6 % y 1,1 %, y otros 4,1 %, y 2,6 %, respectivamente.

Se estima que en promedio cada individuo realiza 2,4 viajes al día. Como se observa en la figura 4, la mayoría de ellos (más de 16 mmdv [millones de viajes]) son para regresar al hogar, 7,6 mmdv para ir al trabajo, 4,1 mmdv para ir a estudiar 2,2 mmdv para ir a recoger o llevar a alguien, por mencionar los propósitos más frecuentes.

En cuanto a la duración del viaje, la mayoría de los viajes duran entre 0 y 30 minutos (14,5 mmdv), 8,5 duran entre media hora y una hora, 4,8 mmdv entre una hora y hora y media. En relación con lo mencionado en la justificación, el servicio de transporte público, con base en las estadísticas de propósitos de viaje, posibilita el acceso a un gran número de personas a oportunidades laborales y servicios de educación, revelando la importancia del mismo en términos sociales.

Figura 4

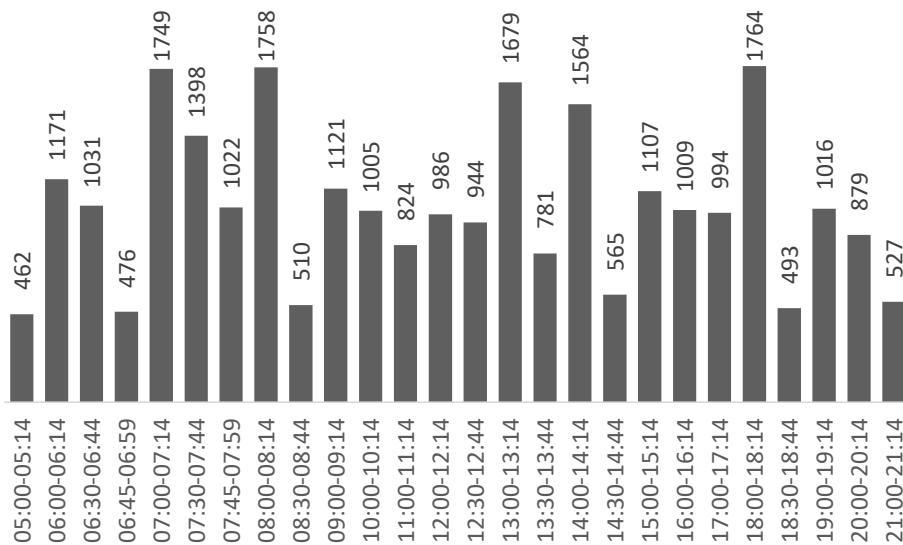
Viaje por propósito millones de viajes (mmdv) (en porcentaje)



Nota. De la "Encuesta Origen-Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México [EOD 2017]", por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2017, p. 34 (https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/eod/2017/doc/resultados_eod_2017.pdf).

Figura 5

Viajes realizados un día entre semana (miles)



Nota. De la "Encuesta Origen-Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México [EOD 2017]", por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2017, p. 41 (https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/eod/2017/doc/resultados_eod_2017.pdf).

Las horas de congestión son, según la hora de inicio, en los periodos de 7:00 a 7:59 de la mañana y de las 13-14:14 horas en donde se realizan más de 4 millones de viajes, por lapso. Por la tarde, entre las 18:00 y 18:59 horas es cuando un mayor número de personas regresan al hogar, 2.3 millones de viajes (véase figura 5).

3.1.3 Oferta y demanda

A manera de resumen, la oferta de transporte público en la ZMVM es insuficiente y la demanda es creciente y ha generado externalidades negativas: aumento del parque vehicular y de motocicletas, mayor número de accidentes que vinculan ese tipo de vehículos y crecimiento en la contaminación. La atención de esta situación es urgente, por lo que la puesta en marcha del proyecto de mantenimiento, renovación y modernización ayudaría a incrementar la disponibilidad, calidad, confort y seguridad en la oferta del servicio, aliviando la situación actual y mejorando la calidad de vida de los usuarios.

3.2 Aspectos técnicos

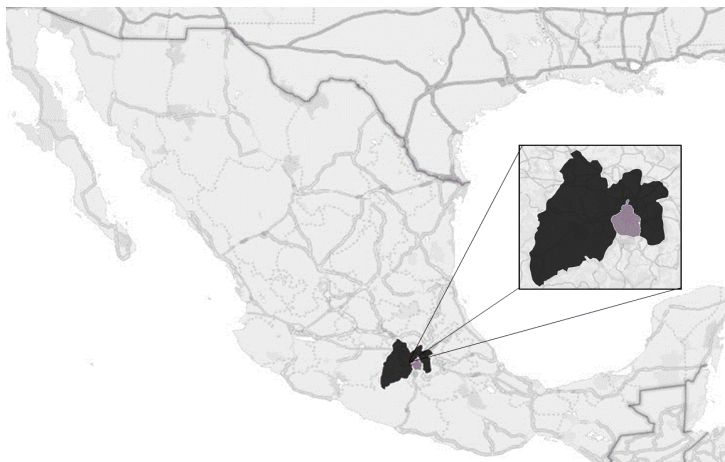
3.2.1 Localización

a. Macrolocalización

Con base en INEGI (2017), en la ZMVM se tiene una población de más de 20 millones de personas, 8.8 millones en la Ciudad de México y más de 12 millones en los 59 municipios conurbados del Estado de México y Tizayuca Hidalgo. El metro se encuentra localizado en la ZMVM, la cual se encuentra en la región centro de México, como se aprecia en la figura 6.

Figura 6

Mapa de la ZMVM y México



Nota. De "OECD Territorial Reviews: Valle de México, Mexico", por Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, 2015, OECD Publishing (<http://dx.doi.org/10.1787/9789264245174-en>).

El STC no solo abarca territorio de la ZMVM². Las 12 líneas con las que cuenta este sistema de transporte tienen una extensión de 226 km distribuidas en alcaldías y municipios. Cuajimalpa de Morelos, Magdalena Contreras, Tlalpan, Milpa Alta y Xochimilco son alcaldías que no cuentan con el servicio de metro, a pesar de que en su conjunto representan el 18 % de la población.

Las estaciones del STC se concentran en la zona centro de la ciudad, que corresponde a la alcaldía Cuauhtémoc, la cual cuenta con 42 de las 195 estaciones, le sigue la Venustiano Carranza con 30 estaciones, luego la Gustavo A. Madero, Benito Juárez e Iztapalapa con 23, 22 y 21 estaciones, respectivamente.

Los municipios de la ZMVM que se ven beneficiados con el STC son Naucalpan de Juárez, Los Reyes, La Paz, Nezahualcóyotl y Ecatepec de Morelos, pues las líneas 2, A y B abarcan fronteras fuera de Ciudad de México.

3.2.2 Aspectos técnicos de la propuesta

Es importante recordar que, para la elaboración de una propuesta de gran magnitud, como la que se presenta, es necesaria la participación de especialistas.

A continuación, se cita la descripción técnica y las fases del proyecto del Plan Maestro del STC Metro 2018-2030 (STC Metro y Gobierno CDMX, 2018a).

- a) Obsolescencia tecnológica y modernización de sistemas
 - Sustitución de motoalternadores por convertidores estáticos de corriente en trenes modelos MP68 y NM73, 41 trenes. Corto Plazo (CP)
 - Sustitución de registradores electrónicos de eventos a todos los modelos de tren, excepto FE07 y FE10, 326 trenes. (CP)
 - Modernización del sistema de control de los motoventiladores de carros de pasajeros, 281 trenes. (CP)
 - Modernizar el sistema de pantógrafos de trenes modelo FM86, 13 trenes. (CP)
 - Modernización del sistema de información al viajero (interfono y voceo, sonorización, ayuda a personas con capacidades diferentes y pantallas) del lote de trenes MP68, NM73, NM79, NM83 A y B, NC82, NE92, MP68 R96, FM86 y FM95. (CP)
 - Modernización del sistema tracción-frenado modelos MP68 R96, NM79, NM83 A y B, NC82, FM86, NE92, 166 trenes. Mediano Plazo (MP)
 - Modernización del sistema de tracción e informática embarcada trenes modelo FM95, 8 trenes. (MP)

2 Si se toma en cuenta la Ciudad de México y Zona Metropolitana del Valle de México, la población asciende alrededor de 22 millones de habitantes según datos de INEGI.

b) Implementación

- Instalación en todo el lote de trenes del sistema de detección de incendios. (CP)
- Adecuación de espacios exclusivos y acondicionados en los carros tipo "M" para personas con capacidades diferentes en todo el lote de trenes (excepto en el FE10 y NM16). (CP)
- Instalación de pasamanos horizontales en cada una de las puertas de acceso a carros de pasajeros. (CP)
- Instalación del sistema de videovigilancia a todos los modelos de tren, 335 trenes. (CP)

c) Ahorro de energía

- Sustitución del sistema de iluminación de lámparas fluorescentes a tipo Led, 211 trenes. (CP)

d) Ampliación y modernización a la infraestructura

- Construcción de una nave de taller para la revisión general de trenes del modelo FM86 de la línea A. (CP)
- Instalación de puente transbordador en taller de mantenimiento Tláhuac.
- Ampliación de la nave de mantenimiento sistemático Tláhuac y de la nave del taller para la revisión general de trenes de la línea 12. (CP)
- Modernización de 8 vías de lavado de carrocerías en talleres de mantenimiento sistemático. (CP)
- Modernización de 7 vías de sopleteado en todos los talleres de mantenimiento Zaragoza. (CP)
- Construcción de vía de sopleteado en el taller de mantenimiento sistemático Zaragoza. (CP)
- Construcción de fosa en taller de mantenimiento mayor Ticomán. (CP)
- Rehabilitación general de sistemas de iluminación, neumático, eléctrico, grúas, fosas, obra civil, baterías de gatos en 10 talleres y locales técnicos y fosas de visita de mantenimiento sistemático mayor (excepto Tláhuac). (CP)
- Construcción de una línea de repintado de carrocería para trenes de modelo FE10. (MP)

e) Rehabilitación

- Rehabilitación de cristales con película protectora de 4 capas en ventanas y puertas de acceso a pasajeros a todos los modelos de tren, 335 trenes. (CP)
- Rehabilitación y modernización del sistema de pilotaje automático 135 khz, 254 trenes. (MP)

f) Parque vehicular

- Compra de 10 trenes para la ampliación de la línea 12. (CP)
- Puesta a punto de 10 trenes detenidos por falta de refacciones. (MP) (pp. 30-31)

3.3 Aspectos técnico-económicos

3.3.1 Impacto físico espacial

Sobre la población beneficiada y sus características, de los 21 millones de habitantes (ONU-Hábitat, 2018) que se estima viven en la ZMVM, el 58 % habita en los municipios conurbados del Estado de México y Tizayuca, mientras que el 42 % vive en la Ciudad de México. Los estratos socioeconómicos a los que pertenecen se encuentran en la tabla 2, como se puede observar existe un mayor porcentaje de la población de estratos bajos en el Estado de México (40 %), en relación con la de la Ciudad de México (21 %), igualmente, se puede notar que la proporción de personas en estrato socioeconómico alto es mayor en la Ciudad de México (20 %) que en el Estado de México (13 %).

Tabla 2

Distribución de la población por estrato y localidad (número de habitantes y porcentaje)

	Localidad	Población	Porcentaje	Estrato	Población	Porcentaje
ZMVM 20,886,703 habitantes	Estado de México y Tizayuca	12 085 106	58	Bajo	4 834 042	40
				Medio	5 680 000	47
				Alto	1 571 064	13
	CDMX	8 801 597	42	Bajo	1 848 335	21
				Medio	5 192 942	59
				Alto	1 760 319	20

Nota. Variable población total y por localidad tomada de la "Encuesta Origen-Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México [EOD 2017]", por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2017, (https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/eod/2017/doc/resultados_eod_2017.pdf). La estimación de la población por estrato se realizó con base en "Transformando la movilidad urbana en México. Hacia ciudades accesibles con menor uso del automóvil", por el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo, 2012 (<http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Transformando-la-movilidad-urbana-en-Mexico.pdf>).

Dado el tipo de servicio y el espacio físico de impacto, la mayoría de las personas beneficiadas se encuentran en un nivel socioeconómico medio y bajo (17.5 millones de personas).

Las variables utilizadas para medir el impacto económico del proyecto vienen dadas por los costos y beneficios del mismo, tomando en consideración la situación "sin proyecto"

y un escenario “con proyecto”. Las variables consideradas son: impacto técnico-económico, beneficios e impacto financiero, los cuales se desarrollan a continuación.

3.3.2 Impacto técnico-económico

Cabe señalar que, sobre la formulación del presente proyecto, tendrá beneficios de largo plazo. La inversión se realiza en dos periodos. La primera inversión es aquella con mayor monto y es con base en la cual se realizará el mantenimiento y renovación de tipo inmediato, así como la compra de los 10 trenes. La segunda parte de la inversión garantizará que se siga realizando el mantenimiento sobre los trenes y que se dé el proceso de modernización del STC Metro.

Dentro del Plan Maestro del STC Metro 2018-2030, se consideraron los montos de inversión para el proyecto de mantenimiento, renovación y modernización al año 2018 que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3

Montos de inversión del proyecto en millones de pesos mexicanos

Corto plazo (año 1)	
Obsolescencia tecnológica y modernización de sistemas	4087
Implementación	1789
Ahorro de energía	100
Ampliación y modernización a la infraestructura	721
Rehabilitación	170
Parque vehicular	3300
Subtotal	10 167
Mediano plazo (años 3 a 7)	
Obsolescencia tecnológica y modernización de sistemas	7360
Ampliación y modernización a la infraestructura	25
Rehabilitación	250
Parque vehicular	400
Subtotal	8035
Total	18 202

Nota. De Plan maestro del metro 2018-2030, por el Sistema de Transporte Colectivo Metro y Gobierno de la Ciudad de México, 2018a, p. 32 (https://metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Metro%20Acerca%20de%20Mas%20informacion/planmaestro18_30.pdf).

3.3.3 Beneficios

- a. **Beneficio por reducción de costos generalizados de viaje (CGV) (tiempo de traslado y costos de operación vehicular) de vehículos particulares**

El incremento en la capacidad del metro por los 10 trenes nuevos y el aumento en su eficiencia por el mantenimiento y renovación de componentes de los trenes existentes permitirá que la población cambie sus preferencias de transporte, sustituyendo el uso del automóvil por el viaje en metro, liberando una cantidad importante de espacio en la red vial, generando menor congestión vial, mayor velocidad y menores tiempos de viaje, lo cual beneficiará al transporte colectivo y a los usuarios de vehículos motorizados privados.

- b. Beneficio por la disminución de tiempos de traslado para los pasajeros del transporte público

El proyecto incrementará la capacidad del metro: i) al poner en circulación 105 trenes que se encuentran fuera de circulación (27 % más de su capacidad actual) y ii) se comprarán 10 nuevos trenes.

Asimismo, incrementará su eficiencia en dos sentidos: i) disminuyendo el número de fallas en un 90 % (aliviando 19 976 fallas de 22 195 que se presentan anualmente) y ii) optimizando el servicio, el cual actualmente toma 39 % más del tiempo para realizar un traslado en relación al mismo recorrido empleando un automóvil, se asume que en gran parte por dichas fallas.

Tomando en cuenta la antigüedad promedio de cada tren del metro (34 años) y que podría ser de hasta 55, en promedio se tendrían 105 trenes más funcionando otros 21 años. El beneficio se calcula con base en que, actualmente, se transportan 1616 millones de usuarios al año, con el 73 % de la capacidad. Empleando una regla de tres, 27 % más de la capacidad se vería reflejada en 597.7 millones más de usuarios al año. Eso multiplicado por precio sin subsidio, 13,24 pesos mexicanos, sería igual a 7913 millones de pesos mexicanos al año.

El cálculo se realizó considerando que los nuevos trenes tendrán una vida útil de, por lo menos, 30 años. Tomando como referencia el número promedio que transporta cada tren al día, 8955 personas (usuarios promedio por línea / 42 trenes que hay en servicio en una línea en promedio, es decir, $376\ 136/42 = 8955$), por 365 días, dará como resultado que cada tren transportará en promedio 3 268 800 de personas, siendo un total de 326,8 millones de personas más al año las que serán transportadas. Para obtener el beneficio en términos monetarios, se multiplica por el costo sin subsidio 13,24 pesos mexicanos y el beneficio monetario por año es 4326.8 millones de pesos mexicanos al año.

Para estimar el impacto por falla, se tomó la afluencia diaria promedio por línea, obtenida a través del sitio web del metro, para lo cual en promedio un tren tarda en dar una hora y media la vuelta a la línea y que ese mismo lapso es el que le toma a la línea que el impacto de la avería desaparezca, por lo que, a los usuarios durante

dicho lapso les toma cinco minutos más transportarse. Así, la afluencia promedio por línea es 376 136 personas por día, distribuidas en 15 periodos de 1,5 horas (21 horas de servicio/1,5 horas, que es la duración de cada vuelta). Así, por cada falla, 25 075 personas pierden 5 minutos, en agregado 125 378 minutos (2090 horas) que, multiplicados el VST (50,25 pesos mexicanos/hora) dan igual a una pérdida de más de 105 004 pesos mexicanos por falla. Si al año se reduce el 90 % de las fallas (19 976), se ahorrarían más 41 millones de pesos mexicanos al año.

Para la estimación del ahorro de tiempo por mayor eficiencia en el servicio se toman como referencia los datos de afluencia anual de pasajeros al año 2018, se considera que el tiempo promedio de viaje es de 45 minutos y que disminuirá en 39 % el tiempo de traslado para dichos usuarios. Igualmente, para la realización de dicha estimación, se toma en cuenta el valor del tiempo social, fijado por la CEPEP (2018), el cual es de 50,25 pesos mexicanos por hora.

c. Beneficio por ahorro de costos de operación y mantenimiento

Con base en lo previamente mencionado en los aspectos técnicos, el ahorro de esta categoría provendrá de la renovación y modernización material de mantenimiento del material rodante, por lo que, con herramientas más modernas, habrá mayor eficiencia en el mantenimiento. Además del ahorro de energía por cambio de equipo eléctrico.

d. Beneficio por la disminución de emisiones contaminantes al medio ambiente, a causa de utilizar tecnologías que emiten menos gases

El incremento de la capacidad y mayor eficiencia del transporte provocará un efecto sustitución entre el servicio de metro y el uso del automóvil, por lo que redundará en una emisión de gases contaminantes. Dicho efecto sustitución también ocasionará que la red vial esté más libre, por lo que la congestión se aliviará, redundando en menor contaminación por parte del transporte colectivo y otros automóviles.

e. Beneficio por reducción de probabilidad de evento catastrófico

El mantenimiento, renovación y modernización del material rodante permitirán reducir la probabilidad de que haya un accidente (descarrilamiento) con costos humanos y materiales muy elevado.

Este tipo de proyectos sirven para mantener en buen estado y cuidar una inversión que al país le ha costado muchos recursos y que su valor de reposición actual, como se menciona en la justificación, es cercano a 400 000 millones de pesos mexicanos.

La evaluación económica se realiza con base en los indicadores valor presente neto, contemplando la tasa de descuento social publicada por el CEPEP

(10 %) (CEPEP, 2018) y la relación beneficio-costo. Por las características de este proyecto (inversión en más de un periodo de tiempo), no se estima la tasa interna de retorno (TIR), ni la tasa de rentabilidad inmediata. Es importante señalar que para las estimaciones se emplean cifras y datos del año 2018 y la metodología sugerida por Vázquez Corte y Morín Maya (2018), por la disponibilidad de la información.

3.3.4 Impacto financiero

Tabla 4

Beneficio valor presente neto (VPN) en millones de pesos mexicanos

Acción	Efecto	Beneficio
Mantenimiento	Disminuir fallas en 90 %	2519,27
	Mayor eficiencia, 39 % ahorro tiempo	145,95
Modernización	Incrementar la vida útil de 105 trenes en 21 años	68 441,86
Diez trenes nuevos	Incrementar la capacidad	40 788,37
Total beneficios		111 895,45
Inversión		-18 202
Valor presente neto		93 693,45

Nota. Elaboración con datos de la estimación.

El valor presente neto del proyecto, como se observa en la tabla 4, no solamente es positivo, sino que es superior a la inversión inicial (más de 6 veces, como indica la relación beneficio/costo). Los beneficios que tiene este proyecto por disminución del CGV y disminución de tiempos de traslado para los pasajeros del transporte público son enormes. Lo anterior significa que, día a día, millones de personas tienen costos por la ineficiencia del proyecto que son importantes y que impactan su situación socioeconómica, pero que no se visualizan porque se reparten y se normalizan.

Para la sociedad mexicana tiene un gran costo social, ya que existe un detrimento de la calidad de vida, de las horas disponibles para el descanso, labores en el hogar, recreación y actividades culturales complementarias, actividades necesarias para la reproducción y mantenimiento del capital humano.

Tabla 5

Estimación beneficio/costo en millones de pesos mexicanos

Beneficio	111 895,45
Costo	18 202
Beneficio/costo	6,15

Nota. Elaboración con datos de la estimación.

El impacto del proyecto es tan significativo que, como se observa en tabla 5, en términos de la relación beneficio/costo, los beneficios son 6 veces mayores que el costo de dicho proyecto.

3.3.5 Impacto fiscal y opciones de financiamiento

Cabe destacar que el proyecto imprime una importante carga fiscal, ya que es un servicio subsidiado y, para la realización de este proyecto, se deben usar recursos públicos. Sin embargo, como se menciona en la justificación, este tipo de servicios deben ser provistos por el Gobierno para garantizar el acceso a oportunidades laborales y servicios que, de otra manera, sería mucho más caro y difícil acceder y pondrían en desventaja a la población de estratos socioeconómicos más bajos, promoviendo la desigualdad y la ampliación de la brecha ya existente. La situación actual, "sin el proyecto", imprime un gran costo social que, al ser dividido (socializado), se pierde la magnitud de la problemática y sus efectos agregados.

Para el financiamiento, con base en el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el esquema más común de financiamiento para proyectos de transporte es de colaboración público-privada. Las recomendaciones que dicta dicho organismo para que el esquema tenga un buen funcionamiento son las siguientes: existencia de fuerte regulación por parte del Estado, financiar los servicios cuya operación esté debidamente delimitada en los contratos de concesión y exigir a los operadores rigurosidad de los criterios, claridad y transparencia en la fijación de tarifas (Cáceres, 2016).

4. CONCLUSIONES

En el presente documento se evidencia la importancia que tiene el proyecto de renovación, mantenimiento y modernización del material rodante del STC Metro para la población de la ZMVM. En los últimos años, las condiciones en términos de calidad en el servicio han empeorado drásticamente, incrementando los tiempos de viaje, generando incomodidad entre los pasajeros y aumentando las probabilidades de incidentes catastróficos.

Algunas cuestiones que esta situación ha generado son: insuficiente presupuesto asignado, liberación tardía de recursos (a medio año en el que serán ejercidos), largos periodos de tiempo para contratar servicios o realizar adquisiciones. Dichas circunstancias provocan que se pospongan los mantenimientos sistemático y mayor, como también el programa de rehabilitación, incrementando el kilometraje especificado para el mantenimiento de los trenes, generando costos adicionales por cambio de componentes que se deterioran por falta de atención oportuna. Además, el número de averías se incrementa por no realizarse el mantenimiento en el tiempo estipulado en los manuales (STC Metro y Gobierno CDMX, 2017).

Con base en lo anterior, es de suma importancia implementar programas en el corto y mediano plazo para mejorar los activos que han sido afectados, incrementando la calidad, cantidad, confort, fiabilidad y seguridad en el servicio. Todos esos aspectos son de relevancia, tanto para trabajadores como para los usuarios, de manera particular, para aquellos que tienen alguna discapacidad o condición que limite su movilidad.

Igualmente, una motivación más para realizar este proyecto son las consecuencias catastróficas que podrían presentarse de no llevarse a cabo, tales como que, las fallas que está presentando el sistema, consideradas fisuras, se conviertan en fracturas lo que provocaría que el equipo se caiga del tren en las vías, provocando que se descarrile (De la Teja, 2011).

Es importante señalar que la lamentable situación que enfrenta el STC Metro tiene altos costos para la población, los cuales no son visibilizados directamente por que son socializados, es decir, repartidos entre los millones de usuarios y miles de trabajadores. Lo anterior redundaría en un menor rendimiento, productividad y aprovechamiento de los recursos de la Zona Metropolitana y, por ende, del país. Así, una de las contribuciones del presente es cuantificar y visibilizar los beneficios sociales directos e indirectos que tendría el proyecto.

El análisis de los beneficios muestra que el proyecto impactará multidimensionalmente, por un lado, los beneficios directos para los usuarios del STC Metro, mejorando su confort, seguridad y disminuyendo los costos en tiempos de viaje, expandiendo sus posibilidades de optimización en el uso del tiempo. Igualmente, la propia institución, el STC, se verá beneficiada en cuanto a la disminución del costo de mantenimiento subsecuente a este proyecto. Dada la naturaleza del STC y la energía que emplea para su operación, el impacto que tiene en las emisiones directas de gases contaminantes es nulo, por lo que su correcta operación genera que se elija, como primera opción, y también como un sustituto de otro tipo de transportes que son más costosos, que emiten CO² y que colapsan otras vías de comunicación, impidiendo el tráfico vehicular.

En cuanto al análisis financiero, el cálculo del valor presente neto social indica que la viabilidad financiera del proyecto se garantiza en términos de los beneficios sociales, medidos en términos monetarios. La relación beneficio/costo indica que, por cada unidad monetaria que se invierte, se obtienen beneficios equivalentes a más de 6 unidades monetarias.

REFERENCIAS

- Barría, C. (2018, 13 de agosto). *Cuáles serán las 7 ciudades más pobladas del mundo en 2100 (y qué pasará en América Latina)*. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45119874>
- Cáceres, A. (2016, 19 de septiembre). *Oportunidades de financiamiento para operadores privados de transporte público en América Latina*. BID Transporte. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://blogs.iadb.org/transporte/es/oportunidades-de-financiamiento-para-operadores-privados-de-transporte-publico-en-america-latina/>
- Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos. (2018). *Valor social del tiempo a nivel nacional en México para 2018*. <https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/VST2018.pdf>
- De la Teja, S. (2011). *Sistematización del mantenimiento de material rodante para aumentar su disponibilidad* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Tesiunam. <http://132.248.9.195/ptb2011/marzo/0667223/Index.html>
- Hernández, D. (2017). Transporte público, bienestar y desigualdad: cobertura y capacidad de pago en la ciudad de Montevideo. *Revista CEPAL*, (122), 165-185.
- Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (2012). *Transformando la movilidad urbana en México*. Hacia ciudades accesibles con menor uso del automóvil. <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Transformando-la-movilidad-urbana-en-Mexico.pdf>
- Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (2015). *Transporte público masivo en la Zona Metropolitana del Valle de México. Proyecciones de demanda y soluciones al 2024* [Reporte para Hewlett & Flora Foundation Grant 2]. <http://mexico.itdp.org/download/19346/>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (2017). Encuesta Origen-Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México [EOD 2017]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/eod/2017/doc/resultados_eod_2017.pdf
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (2019). *Parque vehicular*. <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>

- Jiménez Boulanger, F., Espinoza Gutiérrez, C. L., & Fonseca Retana, L. (2007). *Ingeniería Económica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- López-Ghio, R. L., Bocarejo, J. P., & Blanco Blanco, A. (2018). *Políticas de tarificación por congestión: efectos potenciales y consideraciones para su implementación en Bogotá, Ciudad de México y Santiago*. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0001116>
- Organización de las Naciones Unidas-Hábitat. (2018, 7 de septiembre). *Superficie de CDMX crece a ritmo tres veces superior al de su población*. Recuperado el 25 de octubre de 2019 de <https://www.onuhabitat.org.mx/index.php/superficie-de-cdmx-crece-a-ritmo-tres-veces-superior-al-de-su-poblacion>
- Organización para la Cooperación & Desarrollo Económicos. (2015). *OECD Territorial Reviews: Valle de México, Mexico*. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264245174-en>
- Secretaría de Movilidad. (2019). *Plan estratégico de movilidad de la Ciudad de México. Una ciudad, un sistema*. Gobierno de la Ciudad de México. <https://www.movilidad-integrada.tianguisdigital.cdmx.gob.mx/docs/plan-estrategico-de-movilidad-2019.pdf>
- Sistema de Transporte Colectivo Metro & Gobierno de la Ciudad de México. (2018a). *Plan maestro del metro 2018-2030*. https://metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Metro%20Acerca%20de%20Mas%20informacion/planmaestro18_30.pdf
- Sistema de Transporte Colectivo Metro & Gobierno de la Ciudad de México. (2018b). *Ingeniería y metro [Presentación]*. http://cicm.org.mx/wp-content/files_mf/dgccm4.pdf
- Sistema de Transporte Colectivo Metro & Gobierno de la Ciudad de México. (2017). *Diagnóstico sobre el servicio y las instalaciones del sistema de transporte colectivo 2013-2018. Atención a recomendación 14/2016 de la Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal*. <https://www.metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Banners/diagnostico.pdf>
- Sistema de Transporte Colectivo & Gobierno de la Ciudad de México. (2008). *Características generales del material rodante*. <https://metro.cdmx.gob.mx/operacion/mas-informacion/material-rodante>.
- TomTom. (2017, 21 de febrero). *TomTom Traffic Index 2017: Mexico City retains crown of "most traffic congested city" in world*. <https://corporate.tomtom.com/static-files/7b98ada1-ec2c-4da0-8579-f83ac0f31d88>
- Vázquez Corte, C. & Morín Maya, E. (2018). *Metodología para la evaluación socioeconómica de proyectos de transporte masivo*. Centro de Estudios para la Preparación

y Evaluación Socioeconómica de Proyectos. <https://www.cepep.gob.mx/es/CEPEP/Materiales>

Villarreal, A. (2014). *El análisis costo beneficio y la viabilidad de los proyectos en el sector público*. http://www.educoea.org/Portal/bdigital/contenido/interamer/BkIACD/Interamer/Interamerhtml/Riverahtml/riv_zav_villa.htm