

02-007

ECONOMIC AND FINANCIAL FEASIBILITY OF THE MEXICO - TOLUCA PASSENGER TRAIN

Rocha Chiu, Luis⁽¹⁾; Jimenez Arguelles, Victor⁽²⁾

⁽¹⁾UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA, ⁽²⁾sector educacion

In the 1990s, the railways needed to modernize its facilities and make more efficient their operations in an environment of scarce public budget, to remedy this situation the Mexican Government transferred through three-quarters of the country railroad to support mainly cargo transportation at the expense of passenger transport which decreased significantly after the granting process.

Suburban trains in the metropolitan area of the city of Mexico is planned to support the movement of passengers by rail at the beginning of this century, of which only is in operation since 2008 a 27 km stretch of the line one of the system. In addition, in the present administration is raised the construction with public resources of three lines of intercity railway passenger that only is in building process the train México-Toluca, 58 km long and medium speed.

In this work is carried out the evaluation of economic and financial feasibility of the interurban train México-Toluca, whereas the construction difficulties, technological system, operation safety, costs and expected benefits of the project.

Keywords: *Construction; railways; concessions; public works*

FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL TREN DE PASAJEROS MÉXICO - TOLUCA

En la década de 1990, los ferrocarriles necesitaban modernizar sus instalaciones y hacer más eficiente sus operaciones en un entorno de escaso presupuesto público, para solucionar esta situación el gobierno mexicano transfirió mediante concesión tres cuartas partes de las vías férreas del país para apoyar principalmente el transporte de carga en detrimento del transporte de pasajeros que disminuyó notablemente después de este proceso,

Para apoyar el movimiento de pasajeros por ferrocarril a principios de este siglo se planificaron líneas de tren suburbano en el área metropolitana de la Ciudad de México, de las cuales solo está en operación desde 2008 un tramo de 27 km de la línea uno del sistema. Además, en la presente administración se planteó la construcción con recursos públicos de tres líneas de ferrocarril interurbano para pasajeros, de las que solamente está en proceso de construcción el tren México-Toluca, de mediana velocidad y con 58 km de longitud.

En este trabajo se realiza la evaluación de la factibilidad económica y financiera del tren interurbano México-Toluca, considerando las dificultades constructivas, el sistema tecnológico, la seguridad de operación, los costos y los beneficios esperados del proyecto.

Palabras clave: *Construcción; ferrocarriles; concesiones; obra pública*

Correspondencia: Luis Rocha Chiu; rcla@correo.azc.uam.mx



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Los ferrocarriles son un medio eficiente y económico para transportar grandes volúmenes de pasajeros y de carga en un rango amplio de distancias, la eficiencia económica de los ferrocarriles aumenta a medida que los volúmenes o la distancia aumentan. Los ferrocarriles permiten economías de costo, de medio ambiente, de energía y del uso del derecho de vía de manera más importante que el transporte carretero, aunque en ciertos casos el transporte ferroviario es más lento. El mercado del transporte ferroviario se divide en dos categorías: pasajeros y carga; sin embargo, el modelo de negocios de estos dos servicios es radicalmente distinto pese a que en muchos países los ferrocarriles de carga y los de pasajeros utilizan las mismas vías, pero el tipo de transporte, el equipamiento y los detalles de las infraestructuras son con frecuencia diferentes (World Bank, 2011).

Los trenes de pasajeros constituyen una modalidad del transporte de personas entre ciudades y al interior de las mismas, los segmentos típicos del mercado de pasajeros en las ciudades comprenden los sistemas de transporte tipo metro, tren ligero y tranvía, así como los servicios suburbanos o de cercanías; mientras que los servicios de pasajeros entre ciudades son usualmente de tipo regional y de larga distancia en trenes convencionales de baja y mediana velocidad y en modernos trenes de alta velocidad.

Por su parte los servicios ferroviarios de carga son importantes para el crecimiento económico en muchos países, ya que transportan grandes volúmenes de carga a largas distancias de manera eficaz y a bajo costo. Los trenes de carga usualmente transportan mercancías a granel como carbón, minerales, granos, madera y materiales de construcción, también productos industriales pesados, maquinaria, automóviles y contenedores.

Los ferrocarriles tuvieron su época de crecimiento y dominio como medio de transporte durante más de cien años, desde la inauguración de la primera línea de pasajeros en 1830 hasta el advenimiento de uso masivo del automóvil y del transporte por carretera; a partir de entonces en la mayoría de los países los servicios ferroviarios pasaron al control de los gobiernos, quienes tuvieron que asumir los costos de inversión, operación y mantenimiento en un entorno de bajas tarifas que obligaron al empleo de subsidios públicos.

De este modo, en la década de 1980 un informe (World Bank, 1982) concluía que durante los años posteriores a la segunda guerra mundial los ferrocarriles se habían vuelto administraciones públicas ineficientes y obsoletas, por lo cual necesitaban un cambio estructural profundo en el que los gobiernos deberían: suprimir las restricciones a la competencia en la operación de los ferrocarriles, limitar los subsidios, reducir el personal, introducir nuevas formas de gestión y asegurar que las inversiones se destinen a mejorar los servicios a los usuarios.

Un estudio (Huff y Thompson, 1990) definió las etapas alrededor de las cuales el esfuerzo de reestructuración de la empresa ferroviaria en manos del gobierno debería organizarse: elaboración de un plan estratégico vinculado al contexto político, social y económico del país, diseño de una estructura organizacional como empresa ferroviaria comercial y creación de una propuesta de cambios legislativos, jurídicos y administrativos. Otro documento (Moyer y Thompson, 1992) planteó aspectos relacionados con la eliminación del monopolio estatal ferroviario a través de la creación de empresas operadoras pagando el acceso a la infraestructura gestionada por una compañía independiente.

Así, la Comisión Europea inició un largo proceso para separar la infraestructura de ferrocarriles de las operaciones y requirió que todos los operadores pagaran cargos de acceso no discriminatorios, el objetivo fue abrir el mercado de los transportes a la competencia en los servicios de carga y de pasajeros en sus diferentes modalidades. Otra vertiente fue la expansión de la participación del sector privado en los servicios ferroviarios

principalmente en el continente americano, en Canadá en la forma de privatización y en Argentina, Chile, Brasil, México, Perú, Bolivia, Guatemala mediante concesiones.

Antecedentes

Después de más de dos décadas de construcción, en enero de 1873 comenzó a operar el primer tren en territorio mexicano de 423 kilómetros de longitud entre la Ciudad de México y Veracruz. Inicialmente las inversiones en la construcción de los ferrocarriles fueron financiadas con capital privado, primordialmente extranjero, y a través de importantes subsidios del Gobierno Federal (Medina, 2013).

Para 1908, cuando se crea Ferrocarriles Nacionales de México (FNM), empresa estatal administradora de las concesiones y operadora de algunas líneas de ferrocarril, había en el país una red ferroviaria de cerca de 20 mil kilómetros, similar en extensión a la actual y que cubrían casi todo el territorio nacional. La Revolución Mexicana frenó el desarrollo de los ferrocarriles y ocasionó una enorme destrucción del patrimonio en infraestructura y equipos. En las siguientes décadas, fue necesario reconstruir la red y enfrentar la deuda acumulada, forzando en 1937 la expropiación de los ferrocarriles operados por compañías privadas.

Entre 1940 y 1980 tiene lugar una prolongada e importante etapa. Los ferrocarriles mexicanos se modernizan y crecen aceleradamente, en apoyo al modelo de industrialización del país. Sin embargo, en ese lapso se sientan las bases de su deterioro progresivo debido al empleo de tarifas subsidiadas en los servicios de carga y pasajeros, al aumento de personal, a la baja productividad y a la deficiente gestión administrativa de la empresa por parte del gobierno.

En la década de 1980 inicia la crisis de los FNM, se acumula un enorme endeudamiento, el déficit financiero aumenta y los subsidios son permanentes; en promedio, los FNM recibieron un subsidio de 400 millones de dólares al año durante los 20 años previos a la concesión (Andalón y López-Calva, 2003). Por esas fechas a nivel internacional se realizaban diversos esfuerzos por mejorar los ferrocarriles, para adaptarlos a las nuevas necesidades del mercado. La apertura en la economía mundial exigía mayor flexibilidad, eficiencia y calidad en los servicios ferroviarios.

En este contexto, el gobierno estableció entre 1990 y 1994 el programa de cambio estructural de los FNM con el objetivo de racionalizar el uso de los recursos y externalizar al sector privado, dentro del marco legal vigente, algunas actividades conexas y complementarias a la operación ferroviaria. Estas medidas permitieron reducir sustancialmente el personal activo de los FNM, modificar el contrato colectivo de los trabajadores, realizar el mantenimiento de las vías por contrato, externalizar el servicio de talleres, suprimir los servicios más improductivos y modernizar las operaciones ferroviarias (Gorostiza, 2011).

A pesar de estas medidas, a principios de 1995 se destacaba la necesidad de continuar mejorando la eficiencia del sistema ferroviario mexicano, para convertirlo en la columna vertebral del transporte terrestre de carga en el país, por lo que en marzo de 1995 se publicó el decreto que reformó la Constitución para que los ferrocarriles dejaran de ser área estratégica monopólica en manos exclusivas del Estado y permitir en lo sucesivo la participación del sector privado en dicha actividad.

El proceso de licitación pública se abrió en 1996 y concluyó tres años más tarde con el otorgamiento de siete concesiones a un plazo de 50 años por una longitud total de 17,010 kilómetros por las que el gobierno mexicano recibió un pago total de 2,343.3 millones de dólares. La Terminal del Valle de México se repartió en partes iguales entre los tres principales concesionarios (KCSM, Ferromex y Ferrosur) y el gobierno federal (Tabla 1).

Tabla 1. Concesiones de los ferrocarriles en México

Vía concesionada	Longitud (Km)	Concesionario	Fecha	Importe (mdd)
Ferrocarril del Noreste	4,283	KCSM	2-Dic-1996	1,457.0
Terminal del Valle de México	297	Ferrocarril del Valle de México	2-Dic-1996	0.0
Ferrocarril del Pacífico	8,107	Ferromex	22-Jun-1997	530.1
Línea Coahuila-Durango	974	Línea Coahuila-Durango	14-Nov-1997	22.7
Ferrocarril del Sureste	1,479	Ferrosur	29-Jun-1998	316.6
Ferrocarril Chiapas-Mayab	1,550	Compañía Chiapas-Mayab	26-Ago-1999	14.8
Línea Corta Nacozari	320	Ferromex	27-Ago-1999	2.1
Totales	17,010			2,343.3

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Los procesos de privatización originaron dos modelos ferroviarios distintos: el americano, en el que se mantuvo el sector integrado verticalmente donde se le otorgó a una empresa el control de la infraestructura, las vías y la operación de los trenes; y, el europeo, en el que se introdujo algún tipo de separación horizontal que se basa en la competencia entre diferentes empresas operadoras sobre la infraestructura gestionada por una compañía independiente.

En el caso de México, en la concesión de los ferrocarriles se utilizó una variante del modelo americano de integración. El elemento distintivo del modelo mexicano es el de competencia de origen geográfico. En este tipo de competencia, aunque los concesionarios del servicio son monopolios sobre las rutas que les corresponden, es posible pagar derechos de paso para enviar mercancías con origen o destino diferentes a los señalados en la concesión.

El transporte de carga por ferrocarril bajo la gestión de los FNM tuvo su punto culminante en el año 1980, en el que movilizó 64.119 millones de toneladas; no obstante, en la década siguiente tuvo una caída del 20.5% por lo que en 1990 sólo transportó 50.960 millones de toneladas. Con la implantación del programa de cambio estructural se mejoró nuevamente el movimiento de carga con lo que el sector privado recibió durante el proceso de concesión en 1996 una empresa parcialmente saneada, ya que en ese año se transportaron 58.831 millones de toneladas (Tabla 2).

Tabla 2. Evolución del transporte por ferrocarril 1950-2015

Año	Transporte de carga (Millones)		Transporte de pasajeros (Millones)	
	Toneladas	Toneladas-km	Pasajeros	Pasajeros-km
1950	22.907	8,391	32.419	3,025
1960	34.358	14,004	32.587	4,128
1970	41.379	22,595	37.348	4,529
1980	60.592	41,330	23.680	5,295
1990	50.960	36,417	17.149	5,336
1996	58.831	41,723	6.727	1,799
2000	77.164	48,333	0.334	82
2010	104.564	78,770	0.213	64
2017	126.185	86,140	0.292	73

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

A partir de la concesión de los ferrocarriles al sector privado se detonó el movimiento de mercancías por este medio de transporte; en veinte años de administración privada se han duplicado las toneladas de carga transportadas al igual que las toneladas-kilómetro movilizadas por este medio.

Por otra parte, el transporte interurbano de pasajeros presentó su nivel máximo en 1970, cuando se trasladaron más de 37 millones de pasajeros; sin embargo, a partir de ese año el movimiento de pasajeros por ferrocarril comenzó a disminuir significativamente a una tasa media anual del 6.8% en el período 1970-1996. Con la concesión, el transporte de pasajeros entre ciudades prácticamente se acabó, tan sólo en el período 1996-2000 el número de pasajeros movilizadas por ferrocarril se redujo en veinte veces al pasar de 6.717 millones de pasajeros transportados en 1996 a sólo 334 mil pasajeros en el año 2000 (Tabla 2).

Para lograr una mejor movilidad de pasajeros retomando el transporte ferroviario las autoridades mexicanas proyectaron en 2012 la construcción con recursos públicos de tres líneas de ferrocarril interurbano para pasajeros: el tren México-Toluca de 58 km, el tren Transpeninsular de 336 km y el tren de alta velocidad México-Querétaro de 210 km.

El tren México-Toluca se encuentra en proceso de construcción y está programado para iniciar operaciones a finales de 2018 o principios de 2019, el tren Transpeninsular se canceló por falta de presupuesto público y el tren México-Querétaro también fue cancelado por recortes presupuestales después de haberse licitado y adjudicado para su construcción en 2015.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es estudiar la factibilidad económica y financiera de la línea de tren de mediana velocidad entre las ciudades de México y Toluca de 58 km de longitud con cuatro estaciones intermedias. Los costos de construcción, mantenimiento y operación, así como las características técnicas del material rodante se han recopilado a partir de la información publicada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), al igual que la demanda potencial del proyecto para las tres secciones principales en que está dividido el esquema de tarifas propuesto.

Metodología y marco de referencia

El gobierno mexicano tiene establecido un marco institucional para el desarrollo de proyectos de inversión en infraestructura cuya finalidad es mejorar la calidad de la inversión pública a través de una conceptualización y definición más adecuada de los proyectos, incorporación del análisis de riesgos y determinación del mejor esquema de financiamiento. Los participantes principales en el proceso son: el ministerio responsable del sector, en este caso la SCT que elabora la carpeta técnica del proyecto y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) que lleva el registro, control y aprobación del proyecto.

El marco institucional se compone de una herramienta principal para desarrollar proyectos de inversión denominada Metodología global de las etapas que componen el ciclo de inversiones (SHCP, 2012), que se aplica siguiendo las seis etapas siguientes: planeación estratégica, análisis y evaluación, priorización, presupuestación, seguimiento y evaluación ex-post de los proyectos de inversión.

En la etapa de “Análisis y evaluación” se identifican, cuantifican y valoran los principales costos y beneficios para establecer la rentabilidad desde un punto de vista socioeconómico; de acuerdo con su monto, los proyectos de inversión se categorizan en tres grupos: hasta 4.0 millones de dólares, se justifican con una ficha técnica que implica un análisis de conceptualización; de 4 a 40 millones de dólares, se realiza un análisis costo-beneficio

simplificado; y, mayores a 40 millones de dólares, se presenta un análisis costo-beneficio detallado. Los indicadores de rentabilidad para definir la conveniencia de realizar el proyecto son: el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR), valorados a una tasa social de descuento establecida por la SHCP, actualmente del 10%.

La SCT elabora el análisis de factibilidad de los proyectos de transporte en cuatro apartados: técnico, económico, legal y ambiental. El análisis costo-beneficio o evaluación económica de los proyectos se realiza calculando los costos generalizados de viaje (CGV) para las situaciones con proyecto y sin proyecto, los beneficios se obtienen de la diferencia entre las dos situaciones, la evaluación se complementa tomando en cuenta los costos de construcción, equipo, operación y mantenimiento. Los costos generalizados de viaje están integrados por los costos de operación vehicular (COV) y los costos del tiempo de viaje (TV) de los usuarios calculados a lo largo del horizonte del proyecto (CEPEP, 2015).

Los costos de operación vehicular (COV) se calcularon con el modelo Highway Development and Management (HDM4) desarrollado por el Banco Mundial, tomando en cuenta las especificaciones técnicas de los vehículos que circulan en México, las condiciones del pavimento y las diferentes condiciones orográficas (Arroyo y Aguerrebere, 2016). El costo de operación vehicular considera el volumen de vehículos diario de automóviles y autobuses que se benefician por la puesta en operación del proyecto de acuerdo a la demanda estimada para el transporte privado y público. Los ahorros en tiempos de viaje (TV) se calculan con la demanda estimada para los usuarios provenientes del transporte privado (automóviles) y público (autobuses) en función del valor social del tiempo (Arroyo et al, 2018).

La factibilidad financiera del tren interurbano México-Toluca se realiza estrictamente en función de los costos e ingresos monetarios del proyecto. Se estiman los ingresos del proyecto a partir de la demanda potencial determinada por la SCT y de las tarifas por usuario para el servicio de transporte del tren interurbano en sus diferentes segmentos. Los costos del proyecto son los mismos que se contemplan en la evaluación económica, es decir, costos de inversión, mantenimiento, operación y adquisición de material rodante.

Estudio del proyecto Tren México-Toluca

Antecedentes. La población de las zonas metropolitanas de la Ciudad de México y de Toluca ha crecido de manera acelerada en las últimas décadas, ocasionando que el número de traslados al interior de las zonas y entre las dos ciudades se haya incrementado ante la presencia de un sistema de transporte público obsoleto y con la infraestructura vial saturada. Hoy en día los límites urbanos de ambas ciudades se han expandido, invadiendo los bosques de la Sierra de las Cruces. Así, por el lado de Toluca, se ha consolidado su zona metropolitana absorbiendo al pueblo de Lerma y en la parte poniente de la Ciudad de México se ha extendido a las inmediaciones de La Venta.

Actualmente, la zona de desarrollo inmobiliario más importante de la Ciudad de México (Santa Fe e Interlomas) se encuentra colapsada ante la falta de alternativas para acceder a la zona debido al deficiente transporte público y la insuficiente infraestructura vial, limitada básicamente a cuatro vialidades: Constituyentes, Reforma, Vasco de Quiroga y la recientemente abierta Autopista del Poniente. Esta situación limita el traslado eficiente, en términos de costo y tiempo, de los más de 60 mil viajes diarios que se generan entre Santa Fe y Observatorio.

Por su parte, la Zona Metropolitana de Toluca integrada por 22 municipios cuenta con una población cercana a los 2 millones de habitantes y presenta un problema de expansión urbana con una baja densidad poblacional (INEGI, 2014), lo que incrementa sus necesidades de transporte especialmente hacia el aeropuerto de la ciudad y la zona

industrial de Lerma. La zona oriente de la Ciudad de Toluca cuenta con dos salidas hacia la Ciudad de México: el Paseo Tollocan y la Avenida de las Torres, vialidades que se unen en San Mateo Atenco para iniciar la carretera México-Toluca. El transporte público en estas zonas se realiza con servicio colectivo de baja capacidad y líneas de autobuses de servicio foráneo entre Toluca y la Ciudad de México.

La problemática se puede sintetizar en que cada día miles de personas realizan traslados entre Toluca y la Ciudad de México, pero la congestión tanto en la salida de Toluca como en la zona de Santa Fe y Observatorio en la Ciudad de México, provocan que un recorrido de 60 kilómetros se realice en condiciones desfavorables de costo y de tiempo. Actualmente, en hora de máxima demanda, un viaje que inicia en el Municipio de Zinacantepec al poniente de Toluca y que tiene como destino final el Anillo Periférico en la Ciudad de México entrando por Constituyentes se realiza en un tiempo promedio superior a dos horas.

Para solucionar esta situación se propone un tren regional de pasajeros de mediana velocidad que conecte la Zona Metropolitana de Toluca con el poniente de la Ciudad de México de una forma segura, rápida, accesible en precio y sustentable. Entre los beneficios de un proyecto de este tipo se encuentran: reducción de tiempos de viaje, aumento gradual de la capacidad conforme a las necesidades de la demanda, disminución de los impactos en el medio ambiente, contención de la expansión urbana, incremento de la proporción de transporte público en el reparto modal y certidumbre de los costos de transporte regional,

Estimación de la demanda del proyecto. El estudio costo-beneficio del tren interurbano México-Toluca (SCT, 2013) destaca el diagnóstico de la operación actual del transporte público y privado entre la zona oriente de Toluca y la zona poniente de la Ciudad de México. Determina la oferta de transporte en el corredor del tren y cuantifica por medio de encuestas y modelos la demanda potencial del proyecto. La Tabla 3 ejemplifica la complejidad del transporte público dentro y entre ambas ciudades, como: el elevado número de rutas, la longitud de la red, los altos tiempos de recorrido y la baja velocidad de operación del servicio.

Tabla 3. Indicadores de la red de transporte público estudiada (72 rutas)

Concepto	Transporte Urbano		Transporte foráneo
	Ciudad de México	Toluca	Cd. de México-Toluca
Número de unidades	1,147	947	457
Longitud de la red (km)	1,363	1,559	1,174
Tiempo promedio del ciclo (minutos)	151	182	219
Velocidad de operación (km/h)	21	20	38
Recorrido diario por unidad (km/veh)	111	195	457

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes

El estudio de la demanda del proyecto considera las características y los volúmenes de usuarios que se mueven en el corredor en transporte público y privado y los resultados de la encuesta, esta información se utilizó para construir la matriz de origen y destino. Asimismo, los modelos de repartición modal y de asignación de viajes se usaron para estimar la demanda por modos de transporte entre las zonas del proyecto.

La demanda potencial a lo largo de la línea del tren interurbano fue dividida en tres segmentos: el transporte de pasajeros dentro de la Zona Metropolitana de Toluca, de Zinacantepec a Lerma, los traslados de Toluca a la Ciudad de México y el movimiento de usuarios dentro de la Ciudad de México, de Observatorio a Santa Fe; también, se cuantifica

la demanda captada del transporte público y privado, así como el número de usuarios por sentido en cada segmento (Tabla 4).

Tabla 4. Demanda de pasajeros diarios del tren interurbano México-Toluca

Concepto \ Segmento	ZM Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - Ciudad de México	Total	%
Transporte público	7,038	62,474	143,177	212,689	92.5%
Transporte privado	573	5,085	11,654	17,312	7.5%
Demanda total	7,611	67,559	154,830	230,000	100.0%
Total de pasajeros diarios durante el primer año (2018)				230,000	
Total de pasajeros diarios al horizonte de evaluación (2048)				540,000	

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Descripción del proyecto. El proyecto del Tren interurbano México-Toluca consiste en la construcción de un sistema ferroviario de mediana velocidad, ocupa 16 m de derecho de vía y tiene 57.7 km de longitud total, de los cuales 37.0 km se localizan dentro del Estado de México y 20.7 km en la Ciudad de México. El recorrido inicia en Zinacantepec, en la región poniente del Valle de Toluca y termina en Observatorio, dentro de la Ciudad de México, pasa por las estaciones intermedias Pino Suárez, Tecnológico Aeropuerto (Shuttle), Lerma y Santa Fe (Figura 1).

Figura 1. Línea del tren interurbano México-Toluca



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Se calcula que el proyecto permitirá reducir casi 28 mil toneladas anuales de emisiones de CO₂, ahorrar hasta 39.2 millones de dólares al año en mantenimiento de carreteras y vialidades, crear 17 mil empleos directos, dejar fuera de la circulación hasta 200 mil vehículos por día, gastar de 1.5 a 3.0 veces menos en transporte y ahorrar 90 minutos diarios por usuario. El servicio se realizará con 30 trenes de 5 vagones cada uno con capacidad de 700 pasajeros en horario normal y con trenes acoplados de 10 vagones para 1,400 pasajeros en horas punta, la demanda diaria atendida será de 230 mil en 2018 y de 540 mil en el año 2048. El tren está diseñado para viajar a 160 km/h, la velocidad de operación será de 90 km/h con tiempo de viaje de 39 minutos (Tabla 5).

Tabla 5. Distancias y tiempos de recorrido del tren interurbano México-Toluca

No.	Estación	Distancia en kilómetros	Tiempo en minutos
1	Zinacantepec	0.0	0'00"
2	Pino Suárez (Terminal de autobuses)	6.1	3'30"
3	Tecnológico (Aeropuerto de Toluca)	7.0	5'15"
4	Lerma	8.2	4'20"
5	Santa Fe	28.6	18'15"
6	Observatorio	7.8	7'40"
Total		57.7	39'00"

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Entre 2012 y 2017 se otorgaron 18 contratos para la ejecución de las etapas de estudios, proyectos, liberación del derecho de vía, construcción y supervisión del proyecto. La obra civil fue presupuestada en 1,408.5 millones de dólares, incluye tres tramos de línea y los talleres, mientras que el equipo, la vía y las instalaciones electromecánicas suman 706.6 millones de dólares; la obra civil, las instalaciones y el equipo representan 82.8% de la inversión total del proyecto (Tabla 6).

Tabla 6. Costo del tren interurbano México-Toluca (Millones de dólares)

Concepto	Original	Ajustes	Total	%
Estudios, proyectos y gerencia de proyecto	194.8	35.0	229.7	9.0%
Liberación derecho de vía	68.1	114.8	182.9	7.2%
Construcción tramo I (0-36.1 km)	504.5	121.9	626.4	24.5%
Construcción tramo II 36.1-40.8 km	142.0	0.0	142.0	5.6%
Construcción tramo III 40.8-57.7 km	518.3	67.5	585.8	22.9%
Construcción de talleres	54.3	0.0	54.3	2.1%
Vía e instalaciones electromecánicas	478.1	0.0	478.1	18.7%
Material rodante	228.5	0.0	228.5	8.9%
Obras inducidas	26.6	0.8	27.5	1.1%
Total	2,215.2	339.9	2,555.2	100.0%

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes

La construcción de la línea se dividió en tres partes: Tramo I, de la terminal Zinacantepec (km 0.0) a la entrada del portal poniente del túnel bajo la Sierra de las Cruces (km 36.1), los primeros 6.6 km son en tramo superficial y los siguientes 29.5 km son en tramo elevado; Tramo II, construcción del túnel bajo La Sierra de las Cruces del portal poniente (km 36.1) al portal oriente (km 40.8); y, el Tramo III, del portal oriente (km 40.8) a la terminal Observatorio (km 57.7) en solución elevada.

Resultados

Factibilidad económica. El análisis costo-beneficio se realizó calculando los beneficios y costos sociales que genera el proyecto, evaluando la modificación de la situación actual en caso de ejecutarse la construcción del tren interurbano. La evaluación socioeconómica se realizó bajo los lineamientos establecidos por la SHCP, siendo los más relevantes los

siguientes: se utilizaron precios constantes de 2018; horizonte de evaluación de 34 años, considerando 4 años de construcción y 30 años de operación, tasa social de descuento del 10%, tasa de crecimiento para la proyección de la demanda del 2.88% anual, los Tiempos de Viaje (TV) se consideran constantes a lo largo del horizonte de evaluación, se utilizó el valor social del tiempo y los Costos de Operación Vehicular (COV) establecidos por el Instituto Mexicano del Transporte. Los costos de ejecución del proyecto son: costos de inversión, mantenimiento, operación y adquisición de material rodante. No se consideran en la evaluación económica el incremento en el valor de los predios en zonas adyacentes a la línea del tren y a las terminales, la reducción de accidentes y la disminución de emisiones contaminantes como el CO₂.

La evaluación socioeconómica del proyecto realizada por la SCT demuestra su viabilidad en términos de los beneficios sociales y económicos, ya que se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) de 791.95 millones de dólares y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 12.9%, superior a la tasa social de descuento establecida por la SHCP. La Tabla 7 presenta un resumen del flujo de efectivo del proyecto donde se muestran solamente los costos y beneficios del primero y del último año, así como los resultados de rentabilidad.

Tabla 7. Análisis costo-beneficio del tren interurbano México-Toluca (Millones de dólares)

Año	Costos (mdd)			Beneficios (mdd)					Flujo de efectivo (mdd)
	Inversión	Operación y mtto.	Total	Ahorros COV		Ahorros TV		Total	
				T. privado	T. público	T. privado	T. público		
0	-2,555.17	-	-2,555.17	-	-	-	-	-	-2,555.17
1		-46.13	-46.13	40.37	66.49	7.50	250.86	365.21	319.08
30		-62.18	-62.18	94.78	156.11	17.60	588.97	857.46	795.27
Valor presente neto (VPN)									791.95
Tasa interna de retorno (TIR)									12.9%

Factibilidad financiera. En la valoración financiera del tren interurbano México-Toluca se estiman los ingresos monetarios del proyecto a partir de la demanda potencial determinada en el análisis costo-beneficio de la SCT y de las tarifas por usuario para el servicio anunciadas por la propia dependencia para los diferentes segmentos. En principio se tiene establecida una tarifa de 4.61 dólares por el viaje completo de Zinacantepec a Observatorio, de 0.69 dólares de Santa Fe a Observatorio y 1.15 dólares por viaje dentro de las Zona Metropolitana de Toluca (Tabla 8).

Tabla 8. Estimación de ingresos del tren interurbano México-Toluca

Concepto \ Segmento	ZM Toluca	Santa Fe - Observatorio	Toluca - Ciudad de México	Total
Pasajeros diarios	7,611	67,559	154,830	230,000
Costo por viaje (dólares)	1.15	0.69	4.61	-
Ingresos diarios (dólares)	8,778	46,752	714,302	769,832
Porcentaje por segmento	1.1%	6.1%	92.8%	100.0%
Ingresos anuales en el primer año (millones de dólares)				280.99

A partir de la estructura de ingresos y tarifas por segmentos de transporte se calcula el ingreso de 280.99 millones de dólares para el primer año de servicio del tren interurbano,

manteniendo la tasa de crecimiento anual de 2.88% para la demanda del proyecto a lo largo del horizonte de evaluación, se alcanza un ingreso de 659.71 millones de dólares en el año 30 de operaciones del tren interurbano. Con estos ingresos y con el empleo de los costos de inversión, operación y mantenimiento utilizados previamente en la evaluación económica, se construye el flujo de efectivo de la evaluación financiera del proyecto. La evaluación financiera demuestra la factibilidad del proyecto, ya que el VPN obtenido es de 14.42 millones de dólares y la TIR de 10.1% (Tabla 9).

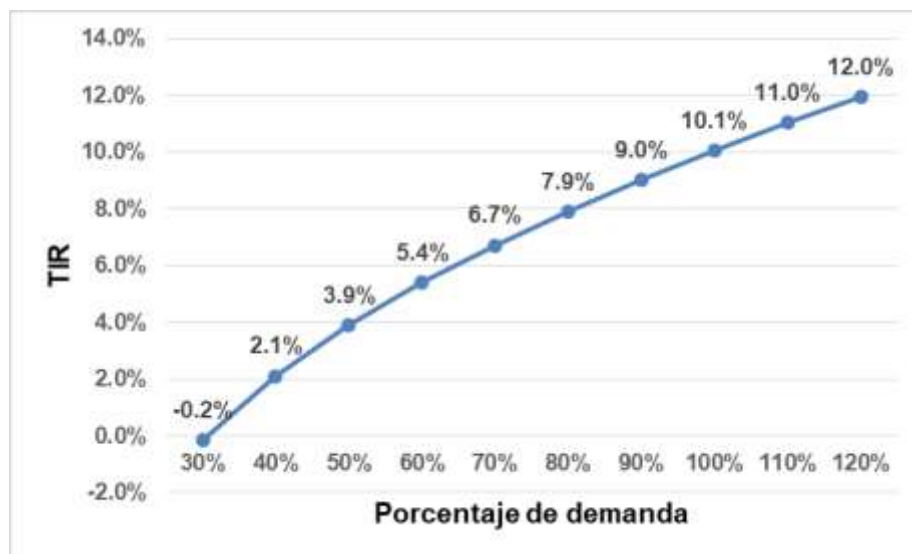
Tabla 9. Evaluación financiera del tren interurbano México-Toluca

Año	Costos (mdd)			Ingresos (mdd)	Flujo de efectivo (mdd)
	Inversión	Operación y mtto.	Total		
0	-2,555.17	-	-2,555.17	-	-2,555.17
1		-46.13	-46.13	280.99	234.85
30		-62.18	-62.18	659.71	597.53
Valor presente neto (VPN)					14.42 mdd
Tasa interna de retorno (TIR)					10.1%

Es conveniente resaltar que tanto la evaluación económica como la financiera se realizaron con el costo del proyecto actualizado por la SCT en diciembre de 2017 en 2,555.2 millones de dólares, cuando originalmente se había presupuestado 2,215.2 millones de dólares. Además, la demanda estimada del proyecto se revisó a la baja de 273,850 pasajeros diarios a 230 mil usuarios por día. Es decir, ambas evaluaciones se hicieron con un costo actualizado que supera en 15.3% al original y con una demanda inferior en 19.1% con respecto a la inicialmente pronosticada. A pesar de estas circunstancias, en los dos tipos de evaluación se determinaron rentabilidades positivas para la línea de tren interurbano.

Finalmente, la Figura 2 muestra para la evaluación financiera los resultados de la TIR utilizando diferentes porcentajes de la demanda diaria de 230 mil pasajeros. Por ejemplo, se obtiene una TIR negativa de -0.2% solamente para una demanda diaria de 69 mil pasajeros, es decir, el 30% de la demanda pronosticada y para la mitad de la demanda (115 mil pasajeros diarios) se obtiene una TIR del 3.9%.

Figura 2. TIR vs Porcentaje de demanda del tren interurbano México-Toluca



Conclusiones

La concesión de los ferrocarriles en México adoptó el patrón americano de operación ferroviaria para integrar principalmente el servicio de carga con Estados Unidos y Canadá, veinte años después del proceso de concesión el movimiento de carga se ha duplicado, tanto en toneladas como en toneladas-kilómetro transportadas. Sin embargo, en la actualidad las líneas dedicadas al transporte de pasajeros representan un porcentaje muy pequeño de la red nacional de ferrocarriles.

En la actual administración, las autoridades mexicanas planificaron varias líneas de ferrocarril para pasajeros en un contexto de escaso presupuesto público, lo que ha ocasionado que se privilegie la ejecución de proyectos de mayor rentabilidad en términos sociales y económicos, eliminando en la medida de lo posible el empleo de subsidios.

Los resultados de la evaluación económica muestran una adecuada rentabilidad socioeconómica de la construcción del tren interurbano México-Toluca en función de los ahorros en tiempos de viaje y de los costos de operación vehicular de los usuarios potenciales del proyecto, aun cuando la valoración se realizó con un costo mayor al previsto y con una menor demanda de la pronosticada inicialmente.

En caso de que se cumplan los pronósticos de demanda de pasajeros los resultados de la evaluación financiera del tren interurbano México-Toluca demuestran la viabilidad a largo plazo del proyecto, lo que indica que será autofinanciable en un horizonte de 30 años. Sin embargo, el análisis de sensibilidad solamente muestra baja rentabilidad en caso de que la demanda real sea inferior al 30% de los pasajeros pronosticados, a partir de esta demanda no será necesario utilizar subsidios públicos.

Referencias

- Andalón, M., López-Calva, L., (2003), Los trabajadores y la privatización de los ferrocarriles mexicanos, Gestión y Política Pública vol. XII no. 2, CIDE, México
- Arroyo, J., Aguerrebere, R., (2016). Estado superficial y costos de operación en carreteras, Publicación Técnica No. 471, Instituto Mexicano del Transporte, México
- Gorostiza, F., (2011), Renacimiento de los ferrocarriles mexicanos de carga, Asociación Mexicana de Ferrocarriles, México
- Huff, L.W., Thompson, L.S. (1990), Techniques for Railway Restructuring, Banco Mundial.
- Medina, S. (2013), El transporte ferroviario en México, Comercio Exterior vol. 63 no. 4, julio-agosto, México.
- Moyer, N. M., Thompson, L.S: (1992), Options for Reshaping the Railways, Banco Mundial.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes, (2013), Análisis costo-beneficio del tren interurbano México-Toluca, México
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes, (2017), Anuario estadístico ferroviario, México
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público, (2012), Metodología global de las etapas que componen el ciclo de inversiones, México
- Torres, G., Hernández, S., González, A., Arroyo, J., (2018). Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, Notas No. 170 ene-feb 2018 Instituto Mexicano del Transporte, pp. 1-3, México
- World Bank, (1982), The Railway Problem. Estados Unidos de América