

01-053

COST-BENEFIT ANALYSIS AND APPLICATION OF REAL OPTIONS IN THE MAYA TRAIN PROJECT.

Rocha Chiu, Luis ⁽¹⁾; Jimenez Arguelles, Victor ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Universidad Autónoma Metropolitana

The Maya Train is the most important infrastructure project currently carried out by the government of Mexico, it is a rail freight and passenger transport service that will communicate the main cities and tourist areas of country's southeast, with a length of 1525 kilometers of track, of which in 972 kilometers there is no right of track. The maximum passenger speed will be 160 km/h and the loading speed will be 120 km/h. The project estimated cost is 7500 million dollars, which considers: land, track structure, signage, communication systems, station construction and train acquisition. This work presents the cost benefit study of Maya Train according to the potential demand for passengers and cargo proposed by the Mexican authorities. The results show the socio-economic profitability of the project based on travel time savings and vehicle operating costs; in contrast, the financial assessment highlights the unviability of Maya Train in its integral conception. The analysis of project reconfiguring only to the most in-demand sections clearly shows the financial profitability for the Cancun-Tulum transport corridor.

Keywords: Maya train; cost benefit analysis; real options; rail transport

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO Y APLICACIÓN DE OPCIONES REALES EN EL PROYECTO DEL TREN MAYA.

El Tren Maya es el proyecto de infraestructura más importante que actualmente realiza el gobierno de México, es un servicio de transporte ferroviario de carga y pasajeros que comunicará las principales ciudades y zonas turísticas del sureste del país, con una longitud de 1525 kilómetros de vía, de los cuales en 972 kilómetros no existe derecho de vía. La velocidad máxima de pasajeros será de 160 km/h y la de carga de 120 km/h. El costo estimado del proyecto es de 7500 millones de dólares, que considera: terrenos, estructura de la vía, señalización, sistemas de comunicación, construcción de estaciones y adquisición de trenes. En este trabajo se presenta el estudio costo beneficio del Tren Maya de acuerdo con la demanda potencial de pasajeros y carga propuesta por las autoridades mexicanas. Los resultados muestran la rentabilidad socioeconómica del proyecto en función de los ahorros en tiempos de viaje y de los costos de operación vehicular; en contraste, la evaluación financiera destaca la inviabilidad del Tren Maya en su concepción integral. El análisis de reconfigurar el proyecto solamente a los tramos con mayor demanda, muestra claramente la rentabilidad financiera para el corredor de transporte Cancún-Tulum.

Palabras claves: Tren Maya; análisis costo beneficio; opciones reales; transporte ferroviario.

Correspondencia: Victor Jiménez Arguelles jjav68@yahoo.com.



©2021 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/>).

1. 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. El mercado del transporte ferroviario se divide en dos categorías: pasajeros y carga, aunque 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 las características 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.

En los años que siguieron a la segunda guerra mundial los ferrocarriles se convirtieron en administraciones públicas ineficientes y obsoletas, por lo que 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 fueran destinadas a mejorar los servicios a los usuarios (World Bank, 1982). También, se plantearon 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 (Moyer y Thompson, 1992).

En este contexto, 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.

En México, las administraciones establecieron en la década de 1990 el programa de cambio estructural de los Ferrocarriles Nacionales de México (FNM) con el objetivo de racionalizar el uso de los recursos y externalizar al sector privado actividades complementarias a la operación ferroviaria, lo que permitió reducir el personal activo, realizar el mantenimiento de las vías por contrato, externalizar el servicio de talleres y modernizar las operaciones ferroviarias (Gorostiza, 2011). A pesar de estas medidas, 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 modificó la legislación para permitir en lo sucesivo la participación del sector privado en dicha actividad.

La reforma de los ferrocarriles de 1995 en México privilegió la desregulación del sistema, se concesionó el servicio de carga a empresas que tienen la propiedad sobre los trenes, locomotoras y carros, se otorgó la libertad de determinar los precios de los servicios y se crearon los derechos de paso para un concesionario en las vías de otro. De esta forma, se decidió dividir el sistema ferroviario mexicano en tres grandes líneas (noreste, pacífico-norte y sureste), en pequeñas empresas de líneas cortas con bajos niveles de tráfico y una compañía para una terminal de interconexiones entre líneas situada en el Valle de México. Esta división conseguiría una mejor integración entre los países en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte ya que los sistemas ferroviarios de Estados Unidos y Canadá operan en condiciones semejantes.

Entre 1996 y 1999 se concesionaron tres cuartas partes de la red ferroviaria del país dividida en tres grandes zonas geográficas y diversas líneas regionales a un plazo de 50 años, lo que equivale a una longitud 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 y el gobierno federal (ITF, 2014).

La concesión de los ferrocarriles al sector privado tuvo como consecuencia inmediata el aumento sostenido del movimiento de carga y la disminución del transporte de pasajeros. En veinte años de administración privada se han duplicado las toneladas de carga transportadas al igual que las toneladas-kilómetro movilizadas por este medio. En sentido opuesto, con la concesión el transporte de pasajeros entre ciudades disminuyó notablemente, tan sólo en cuatro años el número de pasajeros se redujo veinte veces al pasar de 6.7 millones de pasajeros transportados en 1996 a sólo 334 mil pasajeros en el año 2000.

En la actualidad el servicio de carga es el transporte dominante en los ferrocarriles del país, las estadísticas indican que en 2020 se transportaron 120.4 millones de toneladas de mercancías por este medio, de las cuales el 70% están vinculadas con el movimiento de carga internacional. En contraste, por ferrocarril solamente se transportaron 182 mil pasajeros entre ciudades en el mismo año (SCT, 2021).

El anterior gobierno federal se planteó la construcción de tres líneas de ferrocarril interurbano para pasajeros, pero solamente inició la construcción del tren México-Toluca de 58 km. La actual administración tiene en proceso de modernización dos líneas mixtas ferroviarias: el tren transistmico de 310 km y el Tren Maya de 1525 km, motivo de este trabajo.

2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es estudiar la factibilidad económica y financiera de la línea del Tren Maya de mediana velocidad de 1525 km de longitud con 18 estaciones, de acuerdo con la demanda potencial de pasajeros y carga propuesta por las autoridades mexicanas. Además, teniendo en cuenta la teoría de opciones reales, se analiza la opción de cambio en el alcance del proyecto.

3. Metodología

El gobierno mexicano tiene establecido un marco institucional para el desarrollo de proyectos de inversión en infraestructura, el cual 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). Los indicadores de rentabilidad para definir

la conveniencia de realizar los proyectos son: el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR), valorados a la tasa social de descuento establecida actualmente en el 10% por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

El estudio de factibilidad de los proyectos de transporte comprenden cuatro apartados: técnico, económico, legal y ambiental. El análisis costo-beneficio 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.

La factibilidad financiera del Tren Maya se determina con el flujo de efectivo que resulta de la diferencia entre los costos y los ingresos del proyecto, calculando los indicadores de rentabilidad a un horizonte de 30 años. Los principales costos del proyecto son: derecho de vía, construcción, sistemas electromecánicos, señalización, adquisición de trenes, operación y mantenimiento de la línea. Los ingresos son los obtenidos por las tarifas de los pasajeros de acuerdo con la demanda estimada del proyecto.

Se hace un estudio comparativo de los resultados de rentabilidad obtenidos por la autoridad responsable de la construcción del Tren Maya y los obtenidos en el estudio costo beneficio de este trabajo, adicionalmente se analiza la posibilidad de aplicar alguna de las alternativas que plantea la teoría de opciones reales para mejorar la rentabilidad del proyecto.

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto del Tren Maya está diseñado para proporcionar el servicio de transporte entre las principales ciudades y zonas turísticas de la Península de Yucatán, tiene como objetivos impulsar el desarrollo socioeconómico de la región y las comunidades locales, fortalecer a la industria turística en México, fomentar la inclusión social y la creación de empleo. Es un proyecto de infraestructura ferroviario para el servicio de transporte de pasajeros a una velocidad máxima de 160 km/h (tiempo estimado del recorrido completo será de 8 horas) y para el transporte de carga de 120 km/h. El tren atraviesa 5 estados en el sureste del país aunque el recorrido se realiza principalmente por Campeche, Yucatán y Quintana Roo cuya población es de 5.1 millones de habitantes con una población urbana de 85.5% (Tabla 1).

Tabla 1. Población en la zona de influencia del Tren Maya

Estado	Población rural		Población urbana		Total
Campeche	231,776	25.0%	696,587	75.0%	928,363
Quintana Roo	180,727	9.7%	1,677,258	90.3%	1,857,985
Yucatán	326,047	14.0%	1,994,851	86.0%	2,320,898
Total zona Tren Maya	738,550	14.5%	4,368,696	85.5%	5,107,246
% / total México	2.7%		4.4%		4.1%
Total México	26,983,528	21.4%	99,030,496	78.6%	126,014,024

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

El proyecto original planteaba construir 15 estaciones con un recorrido total de 1,525 km, pero en las últimas revisiones al trazo se han agregado más estaciones y se ha recortado el la longitud del trayecto. Además, se aprovecha el trazo de la vía existente de 723 kilómetros que opera el Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec y el derecho de vía de otras

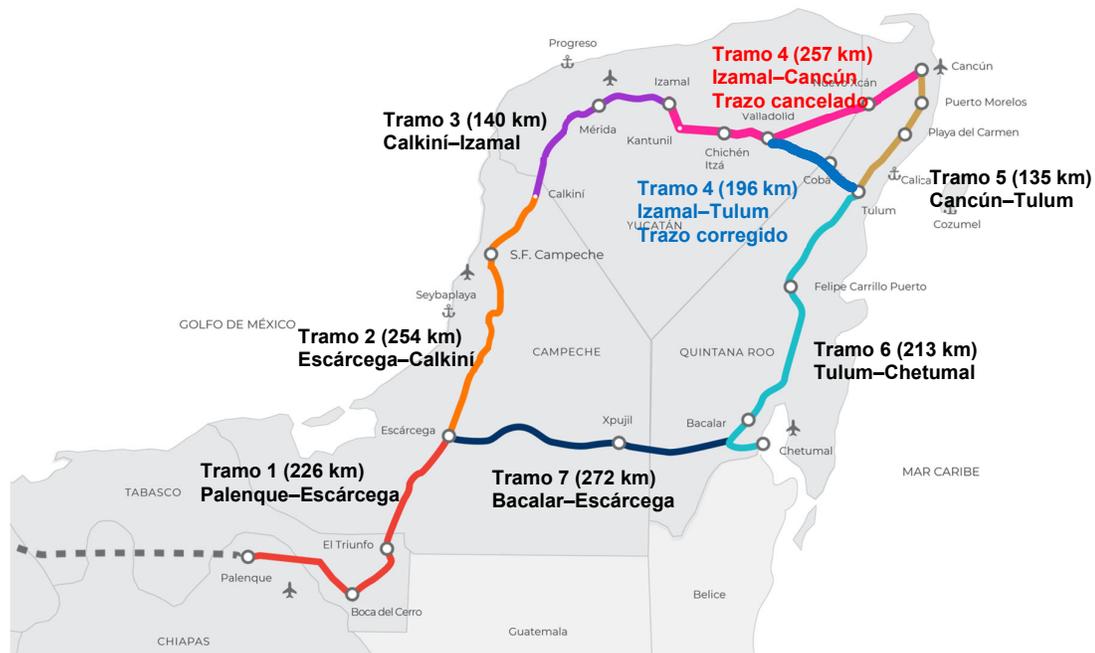
infraestructuras como carreteras y líneas eléctricas con 393 km, por lo que el trazo pendiente donde no existe derecho de vía alguno es de 320 km.

La última revisión del proyecto contempla 18 estaciones repartidas en dos tramos en la zona de selva con 498 km de longitud, tres tramos en la zona de golfo de 590 km de longitud y dos tramos en la zona del caribe con 348 km de longitud, lo que hace un recorrido total de 1,436 km. Un tercio de la longitud total está diseñada con tramos de vía doble vía y el resto es vía sencilla con laderos cada 25 km (Tabla 2 y Figura 1).

Tabla 2. Zonas, tramos y estaciones del Tren Maya

Zona	Tramo	Longitud de vía (km)		Estaciones
		Sencilla	Doble	
Selva	1 Palenque-Escárcega	226	-	Palenque - Tenosique - El Triunfo
Golfo	2 Escárcega-Calkini	254	-	Escárcega-Campeche
Golfo	3 Calkini-Izamal	77	63	Mérida-Izamal
Golfo	4 Izamal-Tulum	-	196	Chichén Itzá-Valladolid-Cobá
Caribe	5 Cancún-Tulum	-	135	Playa del Carmen - Puerto Morelos - Cancún
Caribe	6 Tulum-Chetumal	213	-	Bacalar - Felipe Carrillo Puerto - Tulum
Selva	7 Bacalar-Escárcega	272	-	Xpujil - Chetumal
Suma		1.042	394	Longitud total = 1,436 km

Figura 1. Ubicación de los tramos y estaciones del Tren Maya



Fuente: Elaboración propia con datos de Fonatur

3.2. Demanda potencial y rentabilidad del proyecto

El organismo público encargado del proyecto Fondo Nacional de Fomento al Turismo (Fonatur) realizó las mediciones de movilidad de la región para identificar los viajes de

personas con origen y destino cercano a las estaciones del Tren Maya, se caracterizaron cuatro segmentos de demanda: turistas nacionales, turistas internacionales, locales de trabajo o estudio y locales con otro propósito de viaje. Los estudios de movilidad en la zona de influencia del Tren Maya indican que en 2019 se realizaron alrededor de 325,000 viajes diarios entre ciudades, de los cuales los pasajeros locales que se desplazan por motivos de trabajo y estudio u otro representan alrededor del 70% de dicha demanda y el modo de transporte más utilizado es el automóvil, seguido del transporte colectivo.

Destaca el servicio turístico prestado por más de 10,000 unidades en la región, el estado de Quintana Roo cuenta con alrededor del 75% del total de unidades y los servicios tienen como principales destinos las zonas arqueológicas de Chichen Itzá y Tulum.

La demanda diaria estimada en el primer año de operación del Tren Maya es de 50,700 pasajeros (Fonatur, 2020), de los cuales los viajes locales de trabajo o estudio (32.5%) representan la mayor proporción respecto al total, seguidos de los viajes relacionados con el turismo internacional (25.4%), otros motivos de viajes (24.5%) y los del turismo nacional (17.6%); mientras que los porcentajes de crecimiento de la demanda varían para cada segmento, siendo las tasas más altas en la primera década de operación del tren en alrededor del 10%, en el total la demanda aumenta 10.7% en promedio los primeros diez años, 2.5% en la segunda década y 2.2% en la última década (Tabla 3).

Tabla 3. Demanda de pasajeros del Tren Maya

Segmento	Demanda diaria				TCMA		
	2023	2033	2043	2053	2023-33	2033-43	2043-53
Turismo nacional	8,900	25,700	34,400	44,300	11.2%	3.0%	2.6%
Turismo internacional	12,900	41,400	59,900	82,600	12.4%	3.8%	3.3%
Local trabajo/estudio	16,500	43,300	51,300	58,500	10.1%	1.7%	1.3%
Otro	12,400	29,200	32,800	35,600	8.9%	1.2%	0.8%
Total	50,700	139,600	178,400	221,000	10.7%	2.5%	2.2%

Fuente: Elaboración propia con datos de Fonatur

Por otra parte, el transporte de mercancías se realiza en la región principalmente por carretera en vehículos de autotransporte de carga, con una flota integrada por 12,400 unidades motrices y 12,100 unidades de arrastre, aunque también circulan unidades con origen fuera de la península. La infraestructura ferroviaria en la región del proyecto es de 723 km de vías existentes, las cuales forman parte del Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec que en total cuenta con 2,031 km y transportó en 2019 un total de 649 mil toneladas con 8,595 carros de carga (ARTF, 2020)

Se tiene documentado que las vías de este ferrocarril tienen restricciones de velocidad debido al mal estado por corrosión y desuso, robo de material de fijación, presencia de curvas e intersección con carreteras y poblados que impiden la circulación a mayor velocidad, condiciones inadecuadas de seguridad en muchos cruces urbanos e Invasiones por vegetación en algunas zonas (Fonatur, 2021).

La entrada en operación permitirá atraer una proporción importante de la que actualmente se mueve por autotransporte de carga, así como un aumento significativo de la que se realiza hoy en día por ferrocarril. Se estima un movimiento anual de 981 mil toneladas anuales de carga, considerando la misma distancia promedio de 563 km que se mueve en la actualidad la carga por ferrocarril. Los principales productos que serán transportados son: materiales

de construcción (48%), combustibles (14%), materiales inorgánicos (17%) y productos forestales (8%).

Los principales componentes del proyecto son: construcción de vías férreas, equipamiento de material rodante, instalación de sistemas de señalización, telecomunicaciones y seguridad, construcción de estaciones y operación del servicio de pasajeros y carga. La última revisión del costo del proyecto arroja un total de 9 mil millones de dólares (El Economista, 2021). En tanto, el costo anual de operación será de 95.3 millones de dólares, el de mantenimiento de 129.2 millones de dólares y una reinversión en trenes por 355 millones de dólares para los años de 2033 y 2043 (Tabla 4).

Tabla 4. Costos del Tren Maya

Concepto	Costo (mdd)	Período
Costo de construcción (Vías, estaciones, trenes, derecho de vía)	9,000.0	2019-2023
Costo anual de operación (millones de dólares)	95.3	2023-2053
Costo anual de mantenimiento (millones de dólares)	129.2	2023-2053
Inversión en trenes (millones de dólares)	355.0	2033 y 2043

Fuente: Elaboración propia con datos de Fonatur

Las autoridades mexicanas realizaron el estudio costo beneficio del proyecto tomando en cuenta los ahorros en los costos generalizados de viaje, que 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. Los costos de operación vehicular (COV) se calculan de acuerdo a 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), público (autobuses) y carga (camiones) en función del valor social del tiempo (Torres et al, 2018).

El análisis costo-beneficio del proyecto del Tren Maya se realiza calculando los costos generalizados de viaje 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.

El gobierno federal determinó la rentabilidad social del Tren Maya al obtener un valor presente neto (VPN) equivalente a 9,495 millones de dólares y una tasa interna de retorno (TIR) de 19.6%. La rentabilidad social se refiere a que el proyecto genera beneficios para la sociedad en su conjunto, de tal forma que el proyecto coadyuve al crecimiento y desarrollo económico del país. Los beneficios descritos incluyen únicamente aquellos que han sido cuantificados, aunque existen otros beneficios de difícil valoración que no fueron utilizados en el cálculo como: los rendimientos por el incremento de las exportaciones, la reducción en los costos de transporte de carga, la redistribución del ingreso a las poblaciones en situación vulnerable y la inclusión de las comunidades indígenas, entre otras (Fonatur, 2020).

4. Resultados

En este apartado se hace una evaluación financiera del Tren Maya considerando los parámetros del proyecto anunciados por el gobierno mexicano en términos de costos de inversión, operación y mantenimiento del proyecto, así como los ingresos del mismo según

la demanda del transporte de pasajeros y de carga. Además, se hace una valoración de los segmentos que tienen mayor potencial de rentabilidad para proponer alternativas que mejoren el proyecto siguiendo la metodología de opciones reales.

4.1. Evaluación financiera

El análisis costo-beneficio del Fonatur contiene la participación de la demanda por tramo y la tarifa propuesta por tipo usuario para el servicio de pasajeros en dos segmentos: turistas de 8.5 centavos de dólar/km y usuarios locales de 4.5 centavos de dólar/km (Tabla 5).

Tabla 5. Participación de la demanda y tarifas por tramo del Tren Maya

Concepto / Tramo	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Tramo 6	Tramo 7
% de la demanda total por tramo	3.0%	7.0%	8.0%	20.0%	44.0%	15.0%	3.0%
Distancia del tramo (km)	226	254	140	196	135	213	272
Tarifa turista (dólares)	19.21	21.59	11.90	16.66	11.48	18.11	23.12
Tarifa usuario local (dólares)	10.17	11.43	6.30	8.82	6.08	9.59	12.24

Fuente: Elaboración propia con datos de Fonatur

En la valoración financiera del Tren Maya se estiman los ingresos monetarios del proyecto a partir de la demanda potencial determinada en el análisis costo-beneficio del Fonatur y de las tarifas por usuario para el servicio de pasajeros calculadas para los dos tipos de servicio. También, se han calculado los ingresos del transporte de carga de acuerdo con la estimación de la demanda al inicio de operaciones del tren en 2023 de 981 mil toneladas anuales con una tasa de crecimiento anual de 2.5% durante el horizonte de evaluación del proyecto.

A partir de la estructura de ingresos y tarifas por segmentos de transporte se calcula el ingreso de 200.8 millones de dólares para el primer año en el servicio de pasajeros y de 45.4 en el de carga, lo que arroja un total de ingresos de 246.2 millones de dólares, con las tasas de incremento de la demanda de pasajeros y carga enunciadas con anterioridad, se alcanza un ingreso de 1,051.8 millones de dólares en el año 30 de operaciones del tren. Con estos ingresos y con el empleo de los costos de inversión, operación y mantenimiento se construye el flujo de efectivo de la evaluación financiera del proyecto (Tabla 6).

Tabla 6. Evaluación financiera del Tren Maya (millones de dólares)

Año	Costos				Ingresos			Flujo de efectivo
	Inversión	Operación	Mantenimiento	Total	Pasajeros	Carga	Total	
2019-23	-9,000.0	-	-	-9,000.0	-	-	-	-9,000.0
2023		-95.3	-129.2	-224.5	200.8	45.4	246.2	21.7
2033	-177.5	-95.3	-129.2	-402.0	571.0	58.1	629.1	227.1
2043	-177.5	-95.3	-129.2	-402.0	751.4	74.4	825.9	423.9
2053		-95.3	-129.2	-224.5	956.6	95.3	1,051.8	827.3
Valor presente neto (VPN)								-5,744.2
Tasa interna de retorno (TIR)								2.1%

La evaluación financiera muestra la inviabilidad en términos financieros del proyecto, ya que el VPN obtenido es de -5,744.2 millones de dólares y la TIR de 2.1% es menor que la tasa de 10% para los proyectos del transporte del país, aunque dicha tasa indica que no es necesario subsidiar el servicio siempre que se cumplan los costos de construcción y la demanda estimada de pasajeros y de carga. Además, cabe destacar que los costos de operación y de

mantenimiento permanecen sin cambio en los 30 años de evaluación del proyecto, situación que no corresponde con el incremento de la demanda que sin duda tiene una repercusión en la intensidad de uso de la infraestructura y en los recursos operativos de la línea ferroviaria. Al realizar una corrida financiera aumentando los costos de operación y mantenimiento en la misma proporción que la demanda, resulta un VPN de -7,555.6 millones de dólares y una TIR de -9.4%, lo que revela la fragilidad de la rentabilidad financiera del proyecto.

4.2. Opción de reconfigurar el proyecto del Tren Maya

Durante la etapa de evaluación financiera se toman varios supuestos en el flujo de efectivo tales como costos de construcción, operación y mantenimiento, demanda de pasajeros y de carga y tiempo para recuperar la inversión. Tomar la decisión de inversión desde este punto de vista motiva el inicio del proyecto sin considerar los cambios que pueden ocurrir por fenómenos climáticos, decisiones políticas, retrasos en el programa de obra y otros factores que causen que el recurso económico sea empleado de forma distinta a lo planeado.

De este modo, resulta arriesgado asumir que los valores del cálculo con el VPN y la TIR son indicadores determinantes de la rentabilidad de un proyecto. Entonces el valor del VPN se entiende como aquel que no considera las opciones de decisión que se pueden ejercer, si las circunstancias cambian.

Para tratar de cubrir la debilidad de los métodos tradicionales, primero se debe reconocer que la rentabilidad de un proyecto depende además del entorno económico, del entorno social, político y ambiental. Además, la evaluación debe ser continua durante todo el ciclo de vida del proyecto. Para reducir la subjetividad en las decisiones se incorpora el modelo de opciones reales, el cual incluye una variable de riesgo en la evaluación, abriendo un nuevo abanico de posibilidades económicas, indicando el momento oportuno para: continuar, cambiar, esperar o cancelar un proyecto de acuerdo con las tendencias del entorno (Climent, 2017).

Las opciones reales se valoran empleando métodos de fijación de precios de opciones financieras. Sin embargo, la valoración de opciones reales puede ser sumamente compleja, de modo que cualquier técnica que se utilice sólo dará una evaluación aproximada. En este trabajo se realiza una de tipo cualitativo tomando las partes del Tren Maya que en principio tienen valores más altos de la demanda de transporte.

En este sentido, se realiza el análisis financiero de los tramos que se proponen con doble vía: tramo 3 Mérida-Izamal de 63 km, tramo 4 Izamal-Tulum de 135 km y tramo 5 de Cancún-Tulum de 135 km para un total de 394 km de vía doble. En conjunto estos tramos tienen estimada una demanda conjunta de 72% del transporte de pasajeros, para propósitos de la comparación se estima el mismo porcentaje para el transporte de carga (Tabla 7).

Tabla 7. Evaluación financiera de la opción de reconfigurar el Tren Maya (millones de dólares)

Año	Costos				Ingresos			Flujo de efectivo
	Inversión	Operación	Mantenimiento	Total	Pasajeros	Carga	Total	
2019-23	-3,875.4	-		-3,875.4	-	-		-3,875.4
2023		-41.0	-55.6	-96.6	144.6	32.7	177.3	80.6
2033	-76.4	-41.0	-55.6	-173.0	411.1	41.9	453.0	279.9
2043	-76.4	-41.0	-55.6	-173.0	541.0	53.6	594.6	421.5
2053		-41.0	-55.6	-96.6	688.7	68.6	757.3	660.6
Valor presente neto (VPN)								-1,442.2
Tasa interna de retorno (TIR)								6.1%

La evaluación financiera muestra para esta sección un aumento de la rentabilidad comparada con el proyecto completo del Tren Maya, el VPN obtenido es de -1,442.2 millones de dólares y la TIR de 6.1%. Finalmente, se realizó un análisis para el tramo 5 de Cancún-Tulum de 135 km, que tiene el 44% de la demanda de pasajeros con respecto al proyecto completo, los resultados muestran una clara viabilidad financiera del tramo 5 con un VPN de 16.9 millones de dólares y una TIR de 10.1%.

5. Conclusiones

Los sistemas ferroviarios de mediana y de alta velocidad generan diversos beneficios a la sociedad, entre ellos: proporcionan menores tiempos de viaje, contribuyen a mitigar la congestión de las carreteras, reducen la contaminación ambiental, tienen mayor capacidad de transporte, disminuyen los costos de operación vehicular, promueven un mejor uso del espacio público y son más seguros que otros modos de transporte.

Por sus características, el Tren Maya es un proyecto complejo que trasciende los límites de la Península de Yucatán que es necesario estudiar en varios ámbitos, por ejemplo: el ordenamiento territorial en las estaciones ferroviarias, la vinculación con otros proyectos como el tren transistmico y el desarrollo de plataformas logísticas de carga en la región.

Los resultados del estudio costo beneficio muestran la rentabilidad socioeconómica de la construcción del Tren Maya en función de los ahorros en tiempos de viaje y de los costos de operación vehicular de los usuarios potenciales del proyecto, aunque queda la impresión de que las cifras de demanda de pasajeros y de carga están sobrevaloradas como es usual en los proyectos de transporte en todo el mundo.

En contraste, con los mismos costos de inversión, operación y mantenimiento, así como las estimaciones de la demanda de pasajeros y de carga del proyecto elaboradas por el gobierno mexicano, los resultados de la evaluación en términos financieros muestran la inviabilidad del Tren Maya en su concepción integral e incluso considerando los tres tramos más atractivos desde el punto de vista de la demanda de pasajeros.

Los resultados muestran que solamente el corredor de transporte Cancún-Tulum reúne las condiciones técnicas y económicas para justificar la introducción de una nueva línea de tren de mediana velocidad para pasajeros, debido a que es el tramo más densamente poblado y el que tiene el mayor movimiento de turistas nacionales y extranjeros.

Referencias

- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario, (2020). Dirección de Estadística Ferroviaria. Anuario Estadístico Ferroviario 2019. Ciudad de México.
- Arroyo, J., Aguerrebere, R., (2016). Estado superficial y costos de operación en carreteras, Publicación Técnica No. 471, Instituto Mexicano del Transporte, México
- Climet Hernández, J. A. (2017). Valuación de opciones. Universidad Autónoma Metropolitana
- Gorostiza, F., (2011), Renacimiento de los ferrocarriles mexicanos de carga, Asociación Mexicana de Ferrocarriles, México
- Fondo Nacional de Fomento al Turismo, (2020), Tren Maya - Análisis costo beneficio, versión pública, México
- Instituto Nacional, de Estadística, Geografía e Informática, (2021), Censo de población y vivienda 2020, México

International Transport Forum-OECD, (2014), Freight railway development in Mexico, France
Moyer, N. M., Thompson, L.S: (1992), Options for Reshaping the Railways, Banco Mundial.

Secretaria de Comunicaciones y Transportes, (2021), Estadística mensual del sector comunicaciones y transportes, 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

World Bank, (2011), La reforma de los ferrocarriles. Estados Unidos de América

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

