

Evaluación costo-beneficio ex-ante y ex-post de la Línea 1 del metrobús en Puebla

Ex-ante and ex-post cost-benefit evaluation of Line 1 of the metrobus in Puebla

Edilberto Cocolletzi Conde

Yves Daniel Bussière

Correspondencia: ecofreek2@hotmail.com
Consultor. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Correspondencia: yves.bussiere@correo.buap.mx
Profesor Titular de la Facultad de Economía. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Fecha de recepción:

13-agosto-2021

Fecha de aceptación:

25-abril-2022

Resumen

El 15 enero del año 2013 inició la operación del primer corredor de transporte masivo (Bus Rapid Transit o Metrobús) denominado Red Urbana de Transporte Articulado en la Zona Metropolitana de Puebla (RUTA), cuyo origen-destino es Chachapa-Tlaxcalancingo. La autorización de este tipo de proyectos necesita un análisis costo-beneficio aprobando su factibilidad económica y social. Sin embargo, es raro contar con evaluaciones ex-post para determinar el grado de impacto del proyecto en la población beneficiada, y así validar a posteriori su realización. Este artículo tiene como objetivo hacer esta evaluación comparando los resultados de un análisis costo-beneficio ex-ante con un análisis ex-post, a partir del estudio de caso de la Línea uno del sistema RUTA. Los resultados de esta comparación muestran varias debilidades del análisis ex-ante, en particular una fuerte sobrevaloración de la demanda que tiene dos consecuencias importantes: una sobreestimación del ahorro social en tiempo de traslado y una subestimación de los costos. Finalmente, los dos análisis ex-ante y ex-post justifican el proyecto, pero la segunda evaluación solo con subsidios significativos.

Palabras clave: costo-beneficio, ex -ante, ex -post, metrobus, Puebla.

Abstract

On January 15, 2013, the first mass transit corridor (Bus Rapid Transit or Metrobus) called the Urban Network of Articulated Transportation in the Metropolitan Area of Puebla (RUTA) started operating, whose origin-destination is Chachapa-Tlaxcalancingo. The authorization of this type of project requires a cost-benefit analysis approving the economic and social feasibility of the project. However, it is rare to have ex-post evaluations to subsequently validate the completion of a project. This article aims to make this evaluation by comparing the results of an initial ex-ante cost-benefit analysis with an ex-post analysis based on the Puebla RUTA case study. We compared an ex-post evaluation from 2019, after six years of operation, to the initial ex-ante evaluation. The results of this comparison show us several weaknesses of the ex-ante analysis, in particular a strong overestimation of demand that has two important consequences: an overestimation of the total social savings in travel time and an underestimation of costs. Finally, the two ex-ante and ex-post analyzes would justify the project, but the second evaluation only with significant subsidies.

Key words: cost-benefit, ex -ante, ex -post, BRT, Puebla.

Introducción

El 15 enero del año 2013 inició la operación del primer corredor de transporte masivo del sistema denominado Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA) en la Zona Metropolitana de Puebla (ZMP), cuyo origen-destino es Chachapa-Tlaxcalancingo.¹ Con base en el estudio técnico, este primer corredor se concibe como un sistema tronco-alimentado; es decir, su diseño funcional y operacional considera la operación de una ruta troncal y once rutas alimentadoras. A diferencia de las rutas alimentadoras, la ruta troncal cuenta con infraestructura especializada para prestar el servicio de transporte público de pasajeros, carriles exclusivos, uno por sentido de circulación con 18.50 kilómetros; 36 estaciones centrales y 2 terminales ubicadas en los extremos del corredor troncal, una en Chachapa y otra en Tlaxcalancingo.

Después de seis años de su operación, la presente investigación² se enfoca en evaluar el impacto que este primer corredor de transporte masivo ha generado en la población beneficiada mediante una evaluación costo-beneficio ex-post. Esta evaluación permite mostrar en qué medida se produjo el cambio deseable y debido a qué factores, así como qué cambios, se recomiendan introducir en la forma de evaluar.

La pertinencia de la evaluación ex-post del primer corredor atiende a las siguientes consideraciones: desde la puesta en marcha del corredor se han generado protestas por parte de los usuarios y personas afectadas por este servicio (Vázquez, 2014). El trabajo de Hernández y Bussière (2017) concluye que “existen varias áreas de mejora para la Línea uno de RUTA, que principalmente son la falta de unidades y la poca frecuencia en la línea troncal y servicio alimentador, provocando que los tiempos de espera sean muy largos” (p. 147). Zamudío y Alvarado (2015) señalan que “los sistemas BRT implementados en México aún no alcanzan su nivel de cumplimiento óptimo, debido a deficiencias que van desde el diseño y la construcción de las líneas hasta la operación y mantenimiento de las mismas” (p. 5). Además, el Gobierno del Estado de Puebla subsidia su operación, poniendo en duda su sostenibilidad financiera. Las restricciones impuestas por el Gobierno Federal, y sobre todo el Gobierno del Estado de Puebla, para contener la pandemia generada por el COVID-19

¹ Información tomada del Convenio de Apoyo Financiero (CAF) que celebró el Gobierno del Estado de Puebla y el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C.

² Basada en el trabajo de Edilberto Cocoltzi Conde (2020). *Evaluación ex post del sistema RUTA: Línea Chachapa-Tlaxcalancingo*. Tesis de Maestría, Facultad de Economía, BUAP.

redujeron drásticamente la movilidad de las personas; los desplazamientos, por motivo trabajo y estudio, cayeron considerablemente en 2020 y 2021 afectando la rentabilidad y eficiencia de este sector.

Para fines de la presente investigación, la evaluación social (ex-post y ex-ante) considera como beneficios: el ahorro en tiempo de traslado de los usuarios, siendo el principal beneficio para proyectos de transporte público urbano de pasajeros, el ahorro en costo de operación vehicular, la liberación de recursos y el valor de rescate; y, como beneficios cualitativos: la reducción en la contaminación sonora y ambiental de la zona, la reducción de accidentes y la mejora de la imagen urbana. Con relación a los costos, se incluyen los gastos de capital (CAPEX), los gastos de operación (OPEX) y los de reinversión de los principales activos del proyecto. La evaluación privada (ex-post y ex-ante), por el lado de los ingresos, contempla el cobro de la tarifa a los usuarios (como principal ingreso), diferenciando el pago preferencial para personas de la tercera edad y con capacidades diferentes, el ingreso por publicidad a bordo de las unidades y la publicidad en estaciones y terminales. Por el lado de los costos, los relativos al CAPEX, OPEX y reinversiones de los principales activos del proyecto de inversión.

Las evaluaciones ex-post y ex-ante se alimentaron de la información contenida en el estudio de LOGIT (Logística, Informática y Transporte, S.A. de C.V [LOGIT], 2011), datos de Carreteras de Cuota Puebla (CCP), como órgano gestor del sistema RUTA, e información de la empresa que opera esta Línea (Sistema de Transporte Metropolitano de Puebla, S.A. de C.V.). El horizonte de evaluación del proyecto abarcó el periodo comprendido entre el año 2011 y 2041, donde los primeros seis años de su operación son con datos “reales” y el resto mediante proyecciones. Cabe señalar que los datos “reales” y los proyectados para la realización de la evaluación ex-post fueron obtenidos antes de la pandemia COVID-19 y no capturan sus consecuencias negativas sobre la movilidad.

1. Metodología

A diferencia del sistema de transporte público convencional, que opera sin infraestructura especializada y bajo el modelo “hombre-camión”, Hidalgo (2015) señala que “los sistemas BRT además de contar con carriles exclusivos, combinan elementos de los metros, como son:

las estaciones con acceso a nivel para los autobuses, sistema de prepago, múltiples puertas de acceso a los autobuses, y control central” (p. 95). Zamudio y Alvarado (2015) determinan que los sistemas BRT están destinados a ofrecer al usuario un servicio de alta calidad como: la disminución de hasta un 40% en los tiempos de recorridos, mayor certidumbre en la operación, tiempos de espera mínimos para abordar el autobús, conectividad con otras modalidades de transporte, seguridad y accesibilidad. (p. 3)

Además, los sistemas BRT que operan en México, y en otros países, lo hacen bajo un esquema empresarial. Una amplia literatura llega a la conclusión de que el sistema de BRT permite un transporte masivo de calidad con un costo accesible y que a menudo es la opción preferida en países emergentes o en desarrollo. Fue el caso en América Latina con su primer BRT en Curitiba, Brasil (1974) y varias implementaciones como en Bogotá, Colombia, con el Transmilenio (2001).

Hidalgo (2015), mediante un análisis costo-beneficio, resalta que los sistemas BRT presentan los mayores beneficios socioeconómicos para un amplio rango de parámetros de costos y beneficios, evaluados mediante simulación de Montecarlo. No obstante, el investigador advierte que el éxito de estos sistemas de transporte masivo requiere de algo más que la simple construcción de carriles exclusivos y adquisición de autobuses nuevos, como un ente gestor con personalidad jurídica y recursos propios para fiscalizar, controlar y supervisar a los agentes del sistema, lo que permitirá reducir o eliminar la corrupción. Frente a múltiples necesidades y problemáticas que enfrenta una sociedad, el Análisis Costo-Beneficio (ACB), basado en el criterio de eficiencia económica y social, es el instrumento que utiliza el gobierno para la toma de decisiones (Just, Hueth y Schmitz, 2005). Este contiene el conjunto de metodologías y procedimientos que se usan para la evaluación social de proyectos, la cual se respalda, teóricamente, de la economía del bienestar aplicado (Mendieta, 2007).

El ACB se basa en la comparación de costos y beneficios asociados a un proyecto específico. La identificación de costos y beneficios se relaciona con determinar de manera cualitativa los impactos positivos y negativos que genera el proyecto. La medición de ellos se refiere a la cuantificación en unidades físicas y, finalmente, la valoración consiste en transformar las unidades físicas en unidades monetarias mediante los precios de los bienes producidos y los recursos utilizados. De la comparación de los costos y beneficios se obtiene el flujo de efectivo, y de él se estiman los indicadores de rentabilidad clásicos: el Valor

Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la relación Beneficio-Costo (B/C) y la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI), de los cuales se origina una recomendación positiva o negativa para la realización del proyecto de inversión.

El ACB se ha aplicado con éxito en la evaluación de proyectos de transporte. Esto se atribuye, por un lado, a que el principal beneficio es el ahorro en tiempo de traslado, el cual es relativamente fácil de medir y no genera tanta polémica; y, por otro, a que en transporte público hay muchos proyectos similares facilitando su comparación y clasificación (De Rus, Campos y Nombela, 2003). En el Reino Unido, el ahorro en tiempo de traslado registra alrededor del 80% de los beneficios monetizados dentro del ACB de la mayoría de los esquemas viales (Mackie, Jara-Díaz y Fowkes, 2001). El tamaño de la inversión pública en programas y proyectos carreteros y de transporte dependen críticamente de la evaluación social del tiempo de traslado.

En la literatura sobre evaluación social de proyectos se distinguen dos corrientes de pensamiento, los cuales se traducen en dos metodologías diferentes para llevar a cabo la evaluación. La primera se denomina evaluación económica o de eficiencia, y la segunda incorpora explícitamente el problema distributivo en la evaluación (Cohen y Franco, 2000). El ACB se sustenta en el criterio de compensación de Kaldor-Hicks, donde se establece que, si el beneficio obtenido por los “ganadores” permite a estos compensar a los “perdedores” y todavía salir ganando, el proyecto debe ejecutarse (*Ibid.*, 2009). Este criterio es equivalente a decir que el Valor Presente Neto (VPN) de un proyecto debe ser positivo para sugerir su ejecución y operación. De Rus, Campos y Nombela (2003) señalan que en la práctica del ACB la equidad no se trata como en la teoría se explica, ya que no se ponderan los costos y beneficios en función de los ganadores y perdedores con la ejecución de un programa o proyecto de inversión. Por lo tanto, si se asume que la movilidad y el transporte tienen un impacto sobre la pobreza y la exclusión social, el criterio de eficiencia no debe ser el único que sirva de guía para determinar qué programas o proyectos debe emprender el gobierno para mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos, y más bien, considerar otros criterios como la equidad.

En México, la utilización del análisis costo-beneficio para evaluar los proyectos se inició entre 1980 y 1983, y desde entonces siguen vigentes en los “Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos

de inversión”, emitidos por la unidad de inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP, 2013). En palabras de Cortázar (1993):

se pretende que la formulación y evaluación de proyectos de inversión contemple los lineamientos que requiere el proceso de planeación mexicano, con el fin de que promueva la utilización racional de los recursos en niveles y sectores políticos, sociales y económicos. (p. 25)

Para el caso mexicano, en particular en el sector transporte, se cuenta con experiencias de proyectos de infraestructura carretera donde los objetivos y escenarios pronosticados distan mucho de los resultados obtenidos en costos de construcción, costos de operación, volúmenes de tránsito, entre otros. La mayoría de las intervenciones presentan un sesgo optimista hacia la subestimación de los costos. Flyvberg, Skamris y M. (2002) concluyen que nueve de cada diez proyectos presentan costos superiores a los presupuestados; También, se comprueban errores sistemáticos hacia la sobreestimación de la demanda en proyectos ferroviarios, y errores de predicción significativos en el caso de inversiones en carreteras (Campos y Betancor, 2007).

Los beneficios atribuibles al proyecto y, por ende, la rentabilidad económica de un proyecto de transporte, dependen en gran medida de la demanda y su proyección, por eso es importante hacer una buena estimación de ella a lo largo de la vida útil del proyecto. Predecir la demanda es un ejercicio complejo que requiere conocer bien el mercado analizado y las consecuencias de la intervención que se plantean en el proyecto “en nueve de cada diez proyectos la demanda está sobreestimada, con un valor promedio del 106%” (González et al., 2009). Además, en el caso particular de los mercados de transporte, los problemas de falta de capacidad de las infraestructuras se traducen en la aparición de congestión, sea desde el comienzo o a lo largo de la vida útil del proyecto. De aquí la importancia de disponer de modelos que simulen cómo se va congestionando la infraestructura a medida que transcurre la vida útil del proyecto y cambian los niveles de demanda y, por lo tanto, estimar qué ocurre con los distintos componentes del tiempo de traslado (De Rus, Campos y Nombela, 2002).

La evaluación ex-post forma parte del ciclo del proyecto. Este ciclo inicia con la preevaluación, factibilidad y diseño; enseguida, la ejecución y operación; finalmente, la revisión. En la fase de revisión del proyecto, una vez que este ya está operando, se distingue la revisión y el seguimiento sobre el desempeño del proyecto. Molinero y Sánchez (2003)

resaltan la importancia de la etapa de revisión del proyecto, ya que esta ofrece información sobre la eficacia del proyecto y del cumplimiento de los objetivos trazados en su diseño; además, la verificación del proyecto intenta determinar los motivos de su éxito o su fracaso con la alternativa de reproducir las experiencias exitosas en el futuro y evitar las dificultades que se hayan presentado. La evaluación ex-post se apoya en los mismos principios y metodología que sustentan la evaluación ex-ante, con la diferencia de que en la evaluación ex-post se utilizan los flujos “reales” del proyecto para calcular los indicadores de rentabilidad socioeconómica.

Como señalan Cohen y Franco (2000), la evaluación ex-post puede ser de procesos o impacto, cuya diferencia se centra en su finalidad. La primera tiene como propósito mejorar la eficiencia operacional del proyecto; la segunda, determinar los cambios que el proyecto ha producido en la población beneficiaria. Además, la evaluación de impacto no requiere que el proyecto haya terminado su vida útil. Los requisitos necesarios para la evaluación de impacto están determinados por el modelo que se utilice para su realización. A pesar de que en México existen regulaciones oficiales como son los “Lineamientos para el seguimiento de la rentabilidad de los programas y proyectos de inversión de la Administración Pública Federal” (SHCP, 2008), donde se establecen normas para dar seguimiento a los proyectos con inversión pública, no se ha generalizado la aplicación de medidas de control para mejorar los procesos de evaluación ex-ante de proyectos similares a futuro.

Con relación a la viabilidad financiera del proyecto, es necesario definir el ciclo de vida y la distribución de los ingresos y gastos en el periodo relevante, esto permitirá utilizar el método de descuento del flujo monetario, empleando la tasa de descuento financiero para expresar los flujos futuros en valores monetarios actuales, con el propósito de calcular el Valor Presente Neto financiero (VPNF) del proyecto. Si el VPN financiero es negativo, o incluso si para un solo año el flujo de caja generado es negativo, la viabilidad financiera del proyecto no está garantizada. En este caso, es necesario modificar la estructura financiera del proyecto mediante la utilización de tarifas a los usuarios o la búsqueda de fuentes de financiamiento adicionales. La evaluación privada de un proyecto se hace desde el punto de vista de un inversionista en particular. En este sentido, los costos y beneficios que se deben identificar, medir y valorar son aquellos que resulten relevantes desde el punto de vista del inversionista privado (Contreras, 2001).

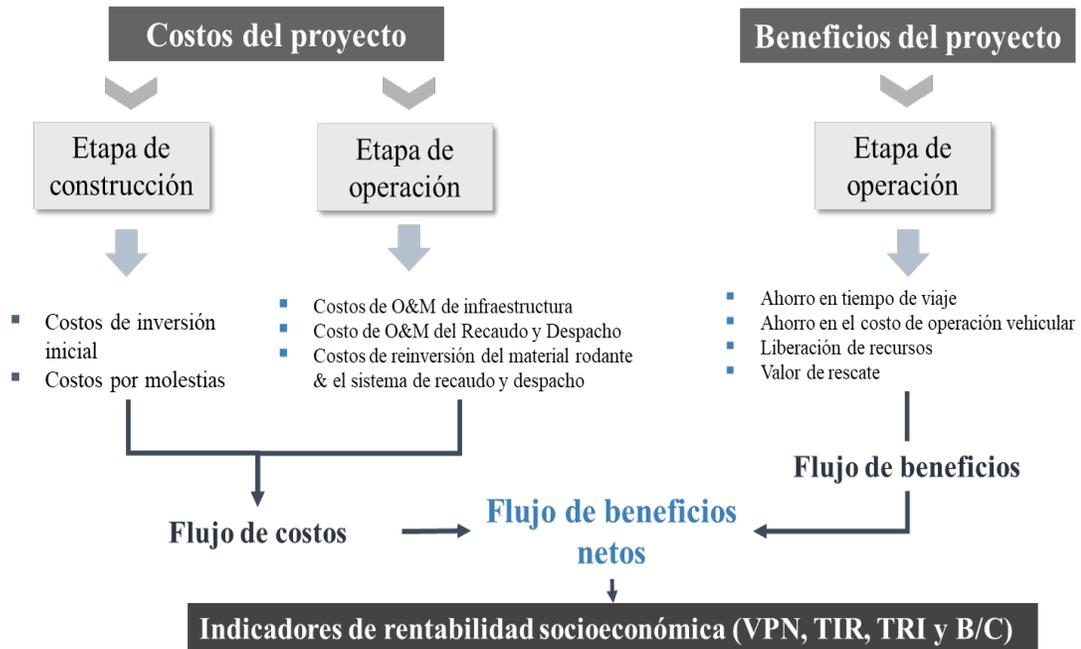
1.1 Evaluación social

Del mismo modo que el método utilizado en la evaluación ex-ante, la evaluación ex-post implicó identificar, cuantificar y valorar los “verdaderos” costos y beneficios asociados a la operación de la Línea Chachapa-Tlaxcalancingo. Se definió la situación con proyecto, cuyas características se tradujeron a costos y beneficios sociales, para ser comparados con la situación sin proyecto optimizado. De esta manera, se identificaron los flujos sociales de impactos netos atribuibles a la operación del proyecto; y, a partir de dichos flujos, se obtuvieron los indicadores de rentabilidad socioeconómica.

Los costos se dividieron en dos etapas: la etapa de construcción y la etapa de operación. En la etapa de construcción, se contemplaron los costos de inversión inicial y el costo por molestias (como una externalidad negativa) cuantificada y valorada durante la ejecución de las obras de proyecto; mientras que en la etapa de operación, se contempla el costo asociado a la operación y mantenimiento de la infraestructura y el material rodante, por un lado, y del sistema de control y recaudo, por el otro; así como la reinversión del material rodante y del sistema de control y recaudo, al término de su vida útil.

Con relación a los beneficios, se consideran el ahorro en tiempo de traslado, el ahorro en costo de operación vehicular, la liberación de recursos por mejor eficiencia de vehículos, y el valor de rescate, los cuales se definen con claridad en el trabajo del Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP, 2018). Además, en dicho trabajo se exponen otros beneficios, aunque de manera cualitativa, como son: reducción en gases efecto invernadero, mejora en la imagen urbana, entre otros.

Figura 1. Método del análisis costo-beneficio



Fuente: elaboración propia, con base en CEPEP (2018).

Las dos evaluaciones (ex-post y ex-ante) de la Línea 1 de RUTA se realizaron mediante un análisis costo-beneficio clásico, estimando los indicadores de rentabilidad como: el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la relación Beneficio-Costo (B/C) y la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI), que son la base para determinar la factibilidad del proyecto.³ Los indicadores de rentabilidad se estimaron con base en las siguientes fórmulas.

Ecuación 1

$$VPN_s = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

Ecuación 2

$$VPN_s = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+TIR)^t} = 0$$

³ El análisis costo-beneficio ex-post se utiliza para cuantificar el valor social neto de un proyecto previamente ejecutado.

Ecuación 3

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum B_t}{(1+i)^t} \bigg/ \frac{\sum C_t}{(1+i)^t}$$

Ecuación 4

$$TRI_s = \frac{B_{t+1} - C_{t+1}}{I_t}$$

Donde:

- I_0 : Inversión realizada en el periodo t, normalmente en t=0, periodo inicial.
- B_t : beneficios en el periodo t.
- C_t : costos en el periodo t.
- T: vida útil del proyecto.
- i: tasa de descuento.
- t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones.

El VPN de una serie temporal de flujos de efectivo es el valor actual de los flujos proyectados menos el costo de implementación del proyecto (inversión inicial). En términos absolutos, indica el potencial esperado del proyecto para generar riqueza para el país. La TIR, técnicamente, es la tasa que hace que el VPN sea igual a cero (VPN=0). A diferencia del VPN, la TIR es sensible al flujo de efectivo del proyecto de inversión; es decir, si el flujo de efectivo de un determinado proyecto no sigue un patrón estricto de una inversión, generando en ciertos años flujos de efectivo negativos, se tiene que utilizar la TIR modificada. Otro indicador es la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI).

La TRI es un indicador que nos permite identificar el momento óptimo para la puesta en marcha del proyecto cuando su flujo de beneficios netos es creciente en el tiempo. El momento óptimo de la puesta en marcha del proyecto se presenta cuando la relación entre el beneficio neto en el periodo t+1 y la inversión llevada al año previo a la operación (t) es mayor a la Tasa Social de Descuento de 10%. (CEPEP, 2018)⁴

⁴ La tasa de descuento social en términos reales vigente en México es de 10%, como se establece en los Lineamientos emitidos por la Unidad de Inversiones (SHCP, 2013). Esta tasa refleja la preferencia social por los beneficios y costos de hoy en comparación con los que enfrentará mañana. En general, la tasa social de descuento difiere de la tasa de descuento privada. Además, se espera que las tasas sociales de descuento sean distintas en los países

1.1.1 Situación sin proyecto optimizada

Con base en la evaluación ex-ante realizada por LOGIT (2011), la situación sin proyecto optimizada se determinó a partir de considerar ciertas medidas de optimización a la situación actual que presentó el proyecto de inversión. Para el caso de la Línea 1, las medidas de optimización que se propusieron fueron:

- Sincronización de semáforos.
- Definición de puntos de ascenso y descenso de viajes (paradas fijas).
- Adecuación en las frecuencias operacionales.
- Sistema de cobro a bordo.

A partir de estas medidas de optimización, se estimó que la velocidad de operación del transporte público se mejora, pasando de 18 a 19 km/h en promedio, sobre todo en las horas pico donde se presenta el mayor grado de congestión vehicular. Esta mejora, en la velocidad de operación, se traduce en un ahorro de tiempo de traslado para los usuarios de las rutas con incidencia en el proyecto de hasta cinco minutos en promedio al día (LOGIT, 2011).

Análisis de la oferta para la situación base

La oferta de transporte público incluye la cantidad y recorrido de rutas, horarios de servicio, frecuencia de paso, velocidad comercial, estado físico de las unidades, entre otros (Molinero y Sánchez, 2003). En la situación sin proyecto se consideraron 29 rutas: 6 foráneas y 23 urbanas; de estas, solo 12 tuvieron incidencia directa en la cuenca Chachapa-Tlaxcalancingo, según criterios definidos (ver Tabla 1).

Los criterios que se consideraron para elegir 12 de las 29 rutas son de índole físico, afectación y demanda. Desde el punto de vista físico, se consideró el tramo que recorrían las rutas sobre las vialidades principales, las cuales incluyen el inicio del periférico y boulevard Atlixco hasta la 10 Poniente, y de esta avenida hasta la diagonal Defensores de la República y, finalmente, hasta llegar a la terminal de Chachapa. Con relación a la afectación, se consideró

desarrollados y en desarrollo. Una mayor tasa de descuento para estos últimos refleja la necesidad de invertir en proyectos que sean más útiles socialmente (Nirenberg, Brawerman y Ruiz, 2000).

que, si más del 25% de sus ascensos/descensos ocurrían sobre el eje del corredor, la ruta sufriría una afectación importante en su demanda.

Tabla 1. Rutas con incidencia en el proyecto y sus datos operacionales ex-ante

Nombre de la ruta	Flota (núm.)	Autobús (núm.)	Microbús (núm.)	Longitud de la ruta dos sentidos (k/m2s)	Velocidad (km/h)
C-5.1-RUTA LUSAC-SAN ANTONIO, SANTA CLARA	15	13	2	34	19
C-5.2-RUTA LUSAC-ACATEPEC, TONANZINTLA	17	13	4	30	19
C-5-RUTA LUSAC-SAN ANTONIO POR ADOQUIN	16	6	10	36	21
C-7-RUTA TLAXCALANCINGO, NACUZARI	14	14		32	19
X-17-RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALA	37	20	17	48	18
X-16-RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	35	22	13	27	18
D-16-RUTA 36 - MEGA	14	14		41	18
D16.1-RUTA 36 - AUCHAN	16	16		41	18
S/C-RUTA TPT ATLIXCO	18	18		70	20
S/C-RUTA ACAPETLAHUACAN	28	28		70	20
S/C-RUTA MALACATEPEC, OCUYUCAN, PUEBLA	17	17		54	20
S/C-RUTA OCUYUCAN, PUEBLA	10	10		54	23
Total	237	191	46	290	19

Fuente: elaboración propia, con base en LOGIT (2011).

Análisis de la demanda para la situación base

- Demanda convertida a Troncal con 71,704 viajes diarios. Esta demanda era distribuida por las rutas eliminadas y reducidas en la longitud de su recorrido, convirtiéndose en demanda exclusiva en el corredor.
- Demanda compartida de 36,054, proveniente de las rutas alimentadoras derivadas de los mismos concesionarios que integran la troncal, más las rutas reestructuradas de otros concesionarios y rutas transversales que alimentan indirectamente al corredor.

1.1.2 Situación con proyecto

Análisis de la oferta para la situación con proyecto

La Línea 1 está conformado por una ruta troncal y 11 rutas alimentadoras, cuyo recorrido abarca los municipios de Amozoc, Puebla y San Andrés Cholula (ver Tabla 2). La ruta troncal cuenta con 36 estaciones a lo largo de su recorrido. La distancia promedio entre ellas es de 489 metros, su ubicación responde, por un lado, a los puntos principales de ascenso/descenso de viaje y, por el otro, a la distancia recomendada en la literatura especializada: 500 metros. La flota vehicular comprende seis vehículos articulados con capacidad de 160 pasajeros, 16 vehículos padrón con capacidad de 100 pasajeros y 97 vehículos alimentadores con capacidad de 50 pasajeros. La ruta troncal opera 18 horas de lunes a sábado, en un horario de 05:00 a 23:00 horas, y los domingos y días festivos 17 horas. Las rutas alimentadoras ofrecen su servicio en un horario de 16 horas.

Tabla 2. Rutas de la Línea 1 y sus datos operacionales

	Rutas	Unidades programadas (núm.)	Unidades real (núm.)	Intervalo programado	Intervalo real	Longitud de recorrido (km/sentido)	Longitud de recorrido del usuario (km/sentido)
Troncal	Chachapa-Tlaxcalancingo (troncal)	22	20	5 a 6	7 a 8	17.5	8.75
A1	Tlaxcalancingo-Malacatpec/Coltzingo	22	21	15	20	10	5
A2a	Tlaxcalancingo-Santa Clara Ocoyucan-Centro (Ramal)					20.01	10
A3	Tlaxcalancingo-Santa María Tonantzintla					7.4	3.7
A3a	Tlaxcalancingo-Santa María Tonantzintla-Centro						
A4	Tlaxcalancingo-Adoquin-Tlaxcalancingo						
A6	Estadios-Auchan	21	16	7 a 8	10 a 14	21.85	10.93
A6-A	Estadios Mega					21.85	10.93
A8	Bosques-CAPU	21	16	8 a 8	10 a 14	23.7	11.85
A9	Bosques-Suburbia					16	8
A Centro	Chachapa-Centro	7	7	15	15	16	8
A Centro	Tlaxcalancingo-Centro	7	7	15	15	16	8

Fuente: elaboración propia, con base en LOGIT (2011).

Análisis de la demanda para la situación con proyecto

Para no sobreestimar los beneficios atribuibles al proyecto, se consideró un nivel de demanda de 107,758 pasajeros diarios, similar al de la situación sin proyecto optimizado, a pesar de asumir una caída en el Costo Generalizado de Viaje (LOGIT, 2011).⁵

⁵ “La demanda se compone por todos aquellos pasajeros que utilicen, en algún punto, la ruta que esté en estudio” (Meixueiro, Pérez y Mascle, 2009, p. 5).

Demanda ex-post

Con relación a la demanda, la Línea 1 registró 48,499 viajes diario promedio entre los años 2014 y 2018 (ver Tabla 3). Se excluye la demanda registrada en el año 2013 debido a que se comportó de manera atípica. Es decir, los primeros seis meses de su operación, el gobierno del estado de Puebla decidió ofrecer el servicio sin cobro de tarifa, lo que se tradujo en un nivel de demanda relativamente alto comparado con la demanda registrada una vez que se inició con el cobro.

Tabla 3. Demanda de viajes realizados al día entre los años 2013 y 2018

Año	Viajes diarios (viajes/d)		
	Ruta troncal	Rutas alimentadoras	Total (viajes/d)
2013	45,500	-	45,500
2014	24,510	7,826	32,336
2015	33,107	8,349	41,456
2016	37,552	15,316	52,868
2017	40,182	15,216	55,399
2018	45,618	14,818	60,436
		Promedio	48,499

Fuente: elaboración propia, con base en LOGIT (2018).

La demanda registrada por la Línea 1 hasta el año 2018 no alcanzó el nivel estimado de 107,758 viajes al día para el año de inicio de operación del proyecto, como se indica en la evaluación ex-ante (ver Tabla 3). Es claro que la Línea 1 de RUTA presenta una sobreestimación de la demanda. Si bien la proyección de la demanda es un ejercicio complejo, con la hipótesis de que la variación de la movilidad está ligada a la evolución de la población ocupada, la proyección de la demanda (ver Tabla 4) de la Línea 1 fue basada en las proyecciones realizadas por la CONAPO para la Población Económicamente Activa (PEA) en el estado de Puebla, en el periodo 2015-2030.

Tabla 4. Proyección de la demanda ex-ante

Año	Viajes diarios (pax/d)		Año	Viajes diarios (pax/d)
2020	45,500		2036	66,189
2021	32,336		2037	66,738
2022	41,456		2038	67,292
2023	52,868		2039	67,851
2024	55,399		2040	68,414
2025	60,436		2041	68,982
2026	60,938		2042	69,554
2027	61,444		2043	70,132
2028	61,954		2044	70,714
2029	62,468		2045	71,301
2030	62,986		2046	71,893
2031	63,509		2047	72,489
2032	64,036		2048	73,091
2033	64,568		2049	73,698
2034	65,104		2050	74,309
2035	65,644		2051	74,926

Fuente: elaboración propia, con base en la CONAPO (2008).

Costos de inversión y operación del proyecto de inversión

El costo de inversión inicial del proyecto actualizado a 2020 fue de 1,586.97 millones de pesos sin el Impuesto al Valor Agregado (IVA) con la mayor parte en infraestructura (\$1,323.48 millones de pesos) (ver Tabla 5).⁶

⁶ Para actualizar el costo de inversión inicial se utilizó el factor de indexación de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP 2019).

Tabla 5. Estructura de costos de inversión inicial actualizado a precios de 2020

Resumen de la inversión actualizada	Cifras en miles de pesos			
	2020	2021	2022	Total (sin IVA)
Concepto/año				
Infraestructura	\$370,306	\$589,532	\$363,641	\$1,323,479
Sistema de recaudo y despacho			\$72,061	\$72,061
Material rodante			\$191,431	\$191,431
Sub-total (sin IVA)	\$370,306	\$589,532	\$627,133	\$1,586,971
Total (sin IVA)	\$1,586,971			
IVA	\$246,706			
Monto con IVA	\$1,833,676			

Fuente: elaboración propia, con base en los contratos (2011-2013).

Costo por molestias

Durante la construcción de los carriles exclusivos de la Línea 1, llevada a cabo durante 14 meses (3 meses en el año 2011 y 11 meses en el año 2012), se generaron cierres totales o parciales de las avenidas y calles dentro de la zona de influencia, lo que generó un aumento en el costo generalizado de viaje de los usuarios del transporte público y privado. El costo estimado por dichas molestias fue de 77.64 millones de pesos (ver Tabla 6).

Tabla 6. Estimación del costo por molestias para el año 1 y el año 2, actualizado a precios del año 2020

Año 1	21.43%	16,637
Año 2	78.57%	61,002
	100.00%	77,639

Fuente: elaboración propia, con base en LOGIT (2011).

Ahorro de tiempo de traslado

A diferencia de otros bienes y servicios, los usuarios del servicio de transporte público deben cubrir el costo de la tarifa y aportar su tiempo, por lo que asumen un mayor costo al momento de consumir el servicio. El tiempo que el usuario consume para cubrir su origen y destino puede dedicarlo al trabajo o al ocio. De aquí la importancia de que el usuario dedique el menor tiempo posible a cada uno de los viajes que realiza.

Para determinar el tiempo de traslado que un usuario emplea en cada uno de los viajes que realiza, resulta importante determinar la cadena de viaje.⁷ Para ver el ahorro de tiempo es necesario comparar los tiempos ex-ante sin proyecto optimizada (ver Tabla 7) con la situación con proyecto (ver Tabla 8).

Tabla 7. Cadena de viaje y tiempo estimado de traslado para la situación sin proyecto

Rutas	Tiempo de espera (min)	Transbordo (min)	Tiempo de recorrido (min)	Tiempo de traslado total (min)
C-5.1-RUTA LUSAC-SAN ANTONIO, SANTA CLARA	12	3	25	40
C-5.2-RUTA LUSAC-ACATEPEC, TONANZINTLA	11	3	25	40
C-5-RUTA LUSAC-SAN ANTONIO POR ADOQUIN	12	3	23	38
C-7-RUTA TLAXCALANCINGO, NACUZARI	9	3	25	37
X-17-RUTA 32 "A" BOSQUES, ZAVALA	6	3	27	36
X-16-RUTA 32 BOSQUES, PASEO BRAVO	5	3	27	35
D-16-RUTA 36 - MEGA	8	3	27	38
D16.1-RUTA 36 - AUCHAN	7	3	24	37
S/C-RUTA TPT ATLIXCO	15	3	24	42
S/C-RUTA ACAPETLAHUACAN	10	3	24	37
S/C-RUTA MALACATEPEC, OCUYUCAN, PUEBLA	9	3	24	36
S/C-RUTA OCUYUCAN, PUEBLA	20	3	21	43
Total	10.44	3	24.91	38.35

Fuente: elaboración propia, con base en LOGIT (2011).

⁷ A diferencia del transporte público, en el coche normalmente coinciden el tiempo de traslado y el tiempo de recorrido. Es decir, el total de la cadena de viaje y el tiempo de recorrido a bordo de la unidad (una parte de dicha cadena), normalmente coinciden.

Tabla 8. Cadena de viaje y tiempo estimado de traslado para la situación con proyecto

Rutas	Tiempo de espera (min)	Tiempo de recorrido (min)	Trasbordo (min)	Tiempo de traslado (min)
Chachapa-Tlaxcalancingo (troncal)	7	24	1	31.86
Tlaxcalancingo-Malacatpec/Coltzingo	20	8	1	28.5
Tlaxcalancingo-Santa Clara Ocoyucan-Centro (Ramal)	20	40	1	61.01
Tlaxcalancingo-Santa María Tonantzintla	20	6	1	26.55
Tlaxcalancingo-Santa María Tonantzintla-Centro	20	34	1	54.54
Tlaxcalancingo-Adoquin-Tlaxcalancingo	20	11	1	31.85
Estadios-Auchan	10	31	1	42.21
Estadios Mega	10	33	1	43.78
Bosques-CAPU	10	37	1	48.42
Bosques-Suburbia	10	32	1	43
Chachapa-Centro	15	32	1	48
Tlaxcalancingo-Centro	15	32	1	48
Promedio	14.75	1	26.56	42.31

Fuente: elaboración propia, con base en LOGIT (2011) y Vázquez (2014).

La evaluación ex-ante contempla el tiempo de espera, el tiempo de transbordo y el tiempo de recorrido en la cadena de viaje.⁸ El tiempo de espera en la situación sin proyecto es, en promedio, de 10.44 minutos. Este tiempo es mayor cuanto menor sea la frecuencia del servicio, medido en número de vehículos por hora. El tiempo de transbordo (pasar de una ruta a otra) se estima en 3 minutos. El tiempo que el usuario pasa dentro del vehículo de transporte para la situación sin proyecto es de 24.91 minutos; en consecuencia, el tiempo de traslado promedio es de 38.35 minutos bajo las condiciones de operación con ciertas medidas de optimización.

Una vez identificado y cuantificado el tiempo de traslado que los usuarios de las rutas con incidencia directa en el corredor asumen, lo que sigue es traducirlo en unidades monetarias. Para valorar el tiempo de viaje se considera el valor social del tiempo publicado por el Instituto Mexicano del Transporte para el Estado de Puebla, 60 pesos/hora por motivo trabajo y 36 pesos/hora por motivo placer (ver Tabla 9) (Torres et al., 2020).

⁸ La cadena de viaje puede considerar el tiempo de caminata entre el origen y la parada de autobús, y viceversa.

Tabla 9. Valor del tiempo (en pesos)

Motivo de viaje	% demanda	Valor social del tiempo	Promedio ponderado
Trabajo	63%	\$60.00	\$37.76
Placer	37%	\$36.00	\$13.35
	Promedio ponderado		\$51.10

Fuente: elaboración propia, con base en Torres et al. (2020).

Para anualizar el ahorro diario, se multiplicó dicha cifra por 319 días. Este número de días refleja el comportamiento de la demanda en los fines de semana y los días festivos que, comparado con los días hábiles, muestran un nivel de demanda más bajo.

Para determinar el ahorro en tiempo de traslado (80.16 millones de pesos) para el año 2022, se calculó la diferencia entre el costo del tiempo de traslado en la situación sin proyecto (474.06 millones de pesos) y el costo del tiempo de traslado en la situación con proyecto (393.90 millones de pesos). Después, el ahorro anual es muy variable con 32,905 en 2023 y, después, una progresión constante hasta un máximo de 74,720 mil pesos en 2051 (claramente sin tener en cuenta la pandemia de 2020-21).

Ahorro en costo de operación vehicular

El ahorro en costo de operación vehicular se determinó con base en los costos de operación vehicular de la flota utilizada para la prestación del transporte público de pasajeros para la situación sin proyecto, en comparación con la situación con proyecto. Este beneficio para la sociedad se genera, principalmente, por la reducción del kilometraje total recorrido, y a la mejora tecnológica por renovación de flota y tipos de combustible. El costo de operación vehicular estimado para la situación ex-ante sin proyecto optimizada es de 227.58 millones de pesos, monto actualizado a precios del año 2020. Con el proyecto, el costo baja a 105.56 millones de pesos.

La proyección del ahorro en costo de operación vehicular asume que el costo de operación unitario se mantiene constante. El ahorro en costo de operación crece conforme pasa el tiempo, derivado de un incremento en el número de kilómetros recorridos al día, y este número de kilómetros crece en función al cambio en la demanda. En 2051, las simulaciones dan un ahorro de 166.06 millones de pesos.

Ahorro por liberación de recursos y por rescate de la infraestructura

El beneficio por liberación de recursos se estimó en 136.53 millones de pesos. Este monto resultó de la flota vehicular que salió de operación una vez que entró en operación la Línea 1. El valor de rescate de la infraestructura al término de su vida útil se estima en 168.92 millones de pesos. Este monto se calculó para la infraestructura que tiene una vida útil al término de la operación de la Línea 1.

Los flujos de beneficios y costos bajo, en las situaciones sin proyecto y con proyecto, se cuantificaron para cada año del horizonte de evaluación. Estos flujos nominales fueron convertidos a flujos descontados por la tasa de descuento establecida en los Lineamientos emitidos por la Unidad de Inversiones (10%), y se obtuvieron los flujos netos sociales del proyecto (SHCP, 2013). Estos flujos fueron utilizados para estimar los indicadores de rentabilidad socioeconómica del proyecto (ver Tabla 10).

Tabla 10. Indicadores de rentabilidad socioeconómica

Indicadores de rentabilidad socioeconómica	Valor
VPN (miles de pesos)	\$111,043
TIR (%)	10.85%
TRI (%)	8.75%
B/C (núm.)	1.07

Fuente: elaboración propia.

La Línea 1 es factible desde el punto de vista socioeconómico, por las razones siguientes: los indicadores de rentabilidad a largo plazo (VPN, TIR, B/C) están por arriba de su nivel de aceptabilidad.

- La regla del Valor Presente Neto establece que se debe adoptar cualquier proyecto cuyo valor presente es positivo (111.04 millones de pesos > 0).
- La regla de decisión de la Tasa Interna de Retorno (TIR) dice que se adopte cualquier proyecto cuya TIR exceda la tasa social de descuento (10.85% > 10%).
- La regla de decisión de la razón beneficio-costos dice que se adopte cualquier proyecto cuyo B/C exceda la unidad (1.07 > 1).

1.1.3 Evaluación social ex-post versus ex-ante

La evaluación ex-post permitió confirmar las coincidencias y diferencias entre lo que se diseñó, y lo que se construyó y equipó. Con relación al número de estaciones y terminales que se consideraron (36 y 2, respectivamente) son los que efectivamente se construyeron. No así para el material rodante, en la evaluación ex-ante se contempló una flota necesaria de 50 vehículos tipo articulados con capacidad de 160 pasajeros, 45 vehículos en operación y 5 vehículos de reserva. Empero, se compraron seis vehículos tipo articulados Mercedes-Benz Marcopolo Gan Viale y 16 vehículos tipo padrón marca Mercedes-Benz Marcopolo Torino. Para las rutas alimentadoras se adquirieron 97 vehículos tipo boxer corto marca Mercedes-Benz Beccar Urbus.

Además, se consideró una demanda de 107,758 viajes al día en la evaluación ex-ante; mientras que el registro de viajes al día fue de 60,663 para el año 2018. El entonces Secretario de Transportes del Estado de Puebla, Bernardo Huerta Couttolenc, señaló que uno de los principales beneficios fue la sustitución de 203 unidades de transporte colectivo, por vehículos tipo articulados, eliminando el exceso de unidades que operaban en los tres municipios, facilitando el flujo vehicular (ahorro en costos de operación vehicular). Mientras que el titular de Banobras señaló que el costo-beneficio de la obra tendría impacto social beneficiando a los usuarios por reducción en el tiempo de traslado.

Hubo retrasos de obras; además, en la evaluación ex-ante se consideró 324 días de operación al año, y la evaluación ex-post 319 días (el nivel de demanda reportado los fines de semana y los días festivos es menor al esperado). Esta diferencia de días tiene un impacto negativo más importante en los beneficios que en los costos, lo que se traduce en indicadores de rentabilidad relativamente más bajos ex-post.

El ahorro en tiempo de traslado es menor al que se estimó en la evaluación ex-ante debido a que este es más bajo solo para la ruta troncal, ya que las rutas alimentadoras presentan un tiempo de espera de hasta 20 minutos. Con relación al ahorro en costo de operación vehicular, el número de vehículos que salieron de operación fueron similares a los proyectados en la evaluación ex-ante y sustituidos por una flota vehicular más eficiente y con tecnología limpia, lo que se traduce en un costo de operación vehicular más bajo ex-post.

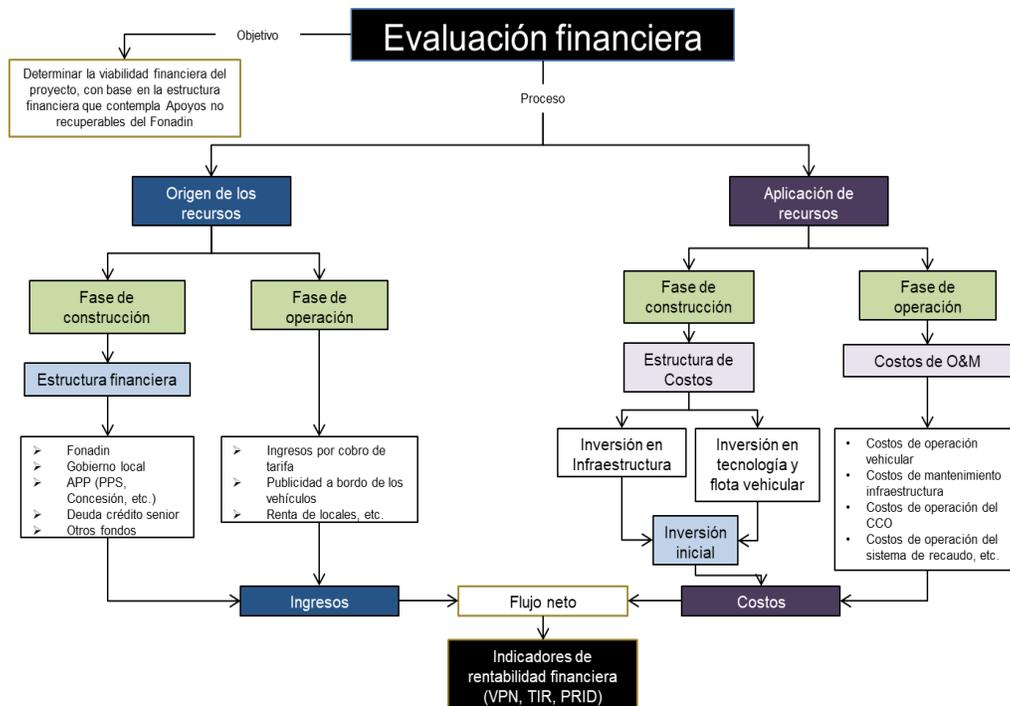
Con base en la presente evaluación ex-post, se considera pertinente robustecer la evaluación socioeconómica de los proyectos de transporte masivo, monetizando otros

beneficios imputables al proyecto como su impacto favorable al medio ambiente, como la disminución de gases invernadero (con varios precios del CO2 eq. por tonelada) y polución local sobre la salud, disminución de accidentes viales, entre otros.

1.2 Evaluación económica y financiera

La evaluación económico-financiera se realiza atendiendo la metodología que aplican los bancos, las calificadoras y otros agentes financieros. Enseguida se presenta el proceso metodológico aplicado a los proyectos de transporte masivo urbano (ver Figura 2). De manera similar al ACB se identifican, cuantifican y valoran los costos e ingresos atribuibles al proyecto de inversión.

Figura 2. Proceso de evaluación financiera



Fuente: elaboración propia.

El modelo económico-financiero para la evaluación privada de la Línea 1, se ejecutó en la plataforma Microsoft Excel. La evaluación ex-post económica y financiera del proyecto de inversión permite determinar su sostenibilidad financiera a lo largo de su vida útil. Los

indicadores que resumen la factibilidad financiera del proyecto son: el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recuperación de la Inversión Descontado (PRID). Estos indicadores se estiman a partir de un flujo de efectivo que resulta de la diferencia entre los ingresos y los egresos que el proyecto origina en cada momento del tiempo; por lo que, para hacer comparable dichos flujos, se utiliza una tasa de descuento que captura el costo de oportunidad de la inversión. Tanto los ingresos como los egresos se cuantificaron y valoraron con información primaria y secundaria.

La evaluación financiera ex-ante y, por ende, ex-post asume que los costos asociados a la infraestructura son sufragados, principalmente, con recursos públicos, tanto del gobierno federal, mediante el Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), como del Gobierno del Estado de Puebla, que funge como el promotor del proyecto. Con respecto a los componentes de tecnología; así, el sistema de recaudo, el centro de control operacional y la compra del material rodante son absorbidos por la iniciativa privada, mediante esquemas de Asociación Público-Privada (APP), como la Concesión.

En la etapa de construcción, la Línea 1 recibió subsidio por un monto igual a 394.15 millones pesos del FONADIN, aprobado el 28 de octubre de 2011, según el Convenio de Apoyo Financiero entre el Gobierno del Estado y BANOBRAS.⁹ Sin embargo, con base en los diferentes contratos, el monto aportado por FONADIN/BANOBRAS fue de 336,14 millones de pesos. El promotor del proyecto aportó 639.40 millones pesos (monto que incluye el IVA tanto de su aportación como del FONADIN). La iniciativa privada aportó 431.70 millones de pesos con IVA incluido. El monto efectivamente erogado fue de 1,407.24 millones de pesos, monto con IVA.

Una vez terminada la fase de construcción, el gobierno estatal, para poner en operación el proyecto, invitó a los concesionarios afectados por su implementación a integrarse en una empresa (Articulados de Puebla S.A.P.I. de C.V.). Como parte del periodo de prueba del proyecto, y para que los usuarios se familiarizaran con el “nuevo” transporte, el gobierno del estado asumió los costos de operación por un periodo de un mes, el cual se prolongó por seis meses más. Es decir, hasta agosto de 2013 los usuarios de la Línea 1 comenzaron a pagar por el servicio de transporte.

⁹ Con base en el ACB elaborado y registrado en la cartera de proyectos de la UISCHCP en el año 2011, se consideró una aportación del FONADIN de 485,872,820 pesos.

Desde agosto de 2013, el usuario paga 7.50 pesos por viaje si utiliza la ruta troncal, 6.00 pesos si utiliza las rutas alimentadoras, y si realiza algún transbordo de rutas alimentadoras a la troncal paga 1.50 pesos más, como se indica en la página web del sistema RUTA. A la fecha de la presente investigación, la tarifa sigue vigente. Cabe señalar que la tarifa al usuario de 7.50 pesos por viaje se determinó con base en el criterio de sostenibilidad del proyecto, para no recurrir a nuevos fondos del Estado.

El monto total actualizado para la construcción de la Línea 1 del sistema RUTA es de 1,810.26 millones de pesos, monto con IVA.¹⁰ La estructura financiera contempla 436.44 millones de pesos del FONADIN, 836.50 millones de pesos del Gobierno del Estado de Puebla (monto que incluye su IVA y la del FONADIN), y 537.32 millones de pesos del sector privado. La empresa Articulados de Puebla S.A.P.I. de C.V. contrató un crédito el mes de mayo de 2013 con la banca MIFEL S.A. por un monto de 127.18 millones de pesos para la compra del material rodante, con una tasa de interés del 11.00% anual, un plazo de 7 años y un periodo de gracia sobre el capital de 7 meses. Dicho plazo del crédito vence a finales del presente año (2022).¹¹

Los kilómetros recorridos por mes por la empresa STMP varía en función al mes, siendo el más bajo el mes de febrero con 140,800 km en las rutas troncales y 383,550 km en las rutas alimentadoras, y el más alto en el mes de mayo con 169,340 y 430,204 km, respectivamente. Con relación al costo de operación vehicular unitario “real” en promedio para el año 2018 es de 32.34 \$/km-vehículo articulado, 40.18 \$/km-vehículo padrón y 15.62 \$/km-vehículo boxer corto.

1.2.1 Indicadores de rentabilidad ex-post y punto de equilibrio

Los indicadores de rentabilidad del sector privado ex-post sobre 30 años indican un VPN negativo de (2,159.79 millones de pesos), ubicándolo por debajo de su nivel de aceptabilidad. El punto de equilibrio económico incorpora el costo de capital total de la empresa, no solo el correspondiente a los préstamos contratados. La fórmula para determinar el punto de equilibrio económico es: $\text{costos fijos} + \text{carga por costo de capital} (1 - \text{tasa fiscal aplicable}) /$

¹⁰ La actualización del monto efectivamente erogado para la construcción de la Línea 1 se basó en el factor de indexación de la SHCP (2019).

¹¹ Datos tomados del contrato entre Banca MIFEL y la empresa Articulados de Puebla en el año 2013.

(tarifa – costo variable unitario). Arriba del nivel de punto de equilibrio económico es cuando las actividades comerciales empiezan a ser negocio (en este caso, 103,808 viajes al día, muy arriba de los viajes ex-post).

2. Resultados globales

La construcción y operación de la Línea Chachapa-Tlaxcalancingo está respaldada por una serie de estudios. Los resultados de la evaluación ex-ante de LOGIT (LOGIT, 2011), en la que se determinó su factibilidad social con base en los indicadores de rentabilidad socioeconómica: VPN=619.26 millones de pesos, TIR=17.25%, TRI=20.14% y la relación beneficio-costos de 1.44. Los estudios previos del primer corredor de transporte masivo resaltan su factibilidad técnica, socioeconómica y financiera. Desde el punto de vista socioeconómico, el análisis costo-beneficio hecho por la consultora de Puebla LOGIT (*Ibid.*, 2011) puntualiza los beneficios como el ahorro en tiempo de traslado (15 minutos) y el ahorro en costo de operación vehicular que recibe la población beneficiada. Con relación a la factibilidad financiera se cuenta con el reporte hecho por Galaz, Yamazaki, Ruiz Urquiza, S.C. (2011). Así, el apoyo no recuperable del FONADIN y el Gobierno del Estado de Puebla, en el reporte, concluyeron que el proyecto genera los recursos suficientes para cumplir con sus compromisos a lo largo de su vida útil.

De esta manera, la sobreestimación de la demanda en la evaluación ex-ante, así como una estructura de costos de operación más alto que el estimado, la operación de la Línea 1 no es factible desde el punto de vista financiero sin subsidios de operación, por lo que, requiere del subsidio del Gobierno del Estado de Puebla en su etapa de operación. Si se considera el nivel de demanda que arroja el punto de equilibrio económico (103,808 viajes al día), una tarifa de 7.50 pesos por viaje y 319 días al año arroja un nivel de ingreso igual a 248.36 millones de pesos, restando el nivel de ingresos que arroja la demanda del año 2018 (60,663 viajes al día), una tarifa equivalente de 6.55 pesos por viaje y 319 días al año genera un ingreso de 126.70 millones de pesos (aproximadamente el 50% de los costos de operación y mantenimiento de la Línea 1). La diferencia equivale a 121.66 millones de pesos al año, monto estimado que debe cubrir Carreteras de Cuota Puebla. En otras palabras, la Línea 1 requiere un subsidio de al menos el 50% para cubrir sus costos de operación y

mantenimiento.¹² Este porcentaje de subsidio es similar a los que reciben los sistemas de transporte masivo que operan en los países desarrollados del norte justificados por beneficios sociales.

La evaluación ex-post de la Línea 1 arroja los siguientes resultados: los principales beneficios, como el ahorro en tiempo de traslado y el ahorro en costo de operación vehicular, son mayores a los costos asociados a su construcción y operación; es decir, el impacto de su construcción y operación es positivo para la población beneficiada. Sin embargo, dicho impacto es de menor magnitud al esperado en la evaluación ex-ante, que puede atribuirse, principalmente, a la sobreestimación de la demanda. El análisis ex-post resalta que ambos beneficios son más bajos comparado con los resultados de la evaluación ex-ante. Sin embargo, el ahorro en costo de operación vehicular resulta mayor al ahorro en tiempo de traslado, lo cual es contrario tanto a la evaluación ex-ante como a la problemática identificada, y a lo señalado en la literatura especializada.

Con base en los resultados ex-post de la evaluación privada, se determinó que la operación de la Línea 1 requiere de subsidio, que se explica tanto por la sobreestimación de la demanda, la subestimación de la inversión inicial y por el congelamiento de la tarifa, que se ha mantenido por más de seis años desde su arranque. Dentro de las alternativas para eliminar, o al menos reducir, el nivel de subsidio, se contempla: subir la tarifa, la cual puede actualizarse de manera anual a lo menos con la inflación; optimizar los costos de operación y mantenimiento del material rodante, el sistema de control y de recaudo; o ampliar otras fuentes de ingreso como: la publicidad en las estaciones y a bordo de las unidades, principalmente.

3. Discusión

Un resultado importante de la evaluación ex-post es la necesidad de subsidios de operación para la Línea 1. Entre las alternativas para reducir el nivel de subsidio de la Línea 1, se consideran las siguientes: subir la tarifa, pero el impacto podría ser negativo sobre la

¹² Subsidiar al transporte público urbano de pasajeros se fundamenta en el papel que tiene el Estado de garantizar el bienestar general y ayudar al mejoramiento de la calidad de vida de todos sus ciudadanos, haciendo viable que la prestación de los servicios públicos esenciales cubra a toda la población de un país, principalmente a la población de bajos ingresos (Vázquez, 2013).

demanda; otra medida, pero con un impacto ligero y a medio o largo plazo, podrían incentivar el uso del transporte público mediante la mejora en la prestación del servicio; otra opción es revisar la estructura de costos de operación y mantenimiento, así como los contratos con los diferentes actores del sistema, para optimizar los recursos. Además, se pueden contemplar otras fuentes de ingreso como la publicidad en las tarjetas de prepago, la renta de locales, entre otras. Otras alternativas son los beneficios o externalidades positivas como la reducción de emisiones de CO₂, las cuales pueden demostrarse y recibir financiamiento por parte de instituciones internacionales como el Banco Mundial. Estas alternativas no parecen muy factibles.

Idealmente, sobre todo en países en desarrollo o emergentes, el criterio de eficiencia no es suficiente para determinar la factibilidad socioeconómica de los proyectos de transporte público, sobre todo si el trazo de la ruta beneficia a la población económicamente menos favorecida. Esta población suele recorrer distancias más largas y, por ende, consumir más tiempo para realizar sus actividades cotidianas; además, si para llegar a su destino tiene que realizar transbordos, el costo asociado a su traslado crece de manera significativa. Por lo que, proyectos como los sistemas tipo BRT, que buscan la integración física, operacional y tarifaria, así como un trazo que se traduce en viajes más directos, potencializan la mejora en la calidad de vida de la población económicamente menos favorecida. Por lo que, se recomienda considerar, además del criterio de eficiencia, el criterio de equidad para evaluar los proyectos de transporte masivo.

Con respecto a los beneficios sociales, se considera necesario que se incorporen beneficios como las externalidades positivas que generan los sistemas tipo BRT, concernientes a la contaminación local (sonora y ambiental en su zona de influencia) y global (emisiones de gases invernadero con el precio de la tonelada creciendo cada año), los cuales deben tratarse en la evaluación ex-ante como beneficios cuantitativos. El Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (ITDP, 2013) propone un incremento del 300% de este tipo de sistemas de transporte masivo en la región latinoamericana, que redundará en reducciones importantes de alrededor del 25% de CO₂ de la región al 2050. Contemplar estos beneficios, facilitará la tarea de los tomadores de decisión al enfrentarse a la disyuntiva de subsidiar o no los proyectos de esta naturaleza en su etapa de operación.

El subsidio de operación se justifica por la equidad social con una tarifa accesible y a veces gratuita, como en el Centro de Adelaide (Australia), y beneficios en términos de

externalidades (ruido, accidentes, medio ambiente). El subsidio puede provenir de varias fuentes de ingresos (propios del Estado, impuestos especiales, impresas, otras). Por citar algunos ejemplos a nivel mundial, en Londres, Inglaterra y en Santiago de Chile, el gobierno absorbe el monto asociado a los descuentos que los operadores ofrecen a los estudiantes. En Brasil, los trabajadores tienen acceso a un vale de transporte, parcialmente cubierto por los empresarios. En ciertas ciudades de Estados Unidos de América, una parte del IVA está etiquetada para financiar los sistemas de transporte masivo. El sistema de metro de Hong Kong balancea sus finanzas con ingresos obtenidos en su rol de desarrollador y administrador de los bienes raíces que rodean las estaciones; y el gobierno de la capital de Estonia ofrece a sus habitantes transporte 100% gratuito, financiado por la tesorería de la ciudad. En Paris y en Montreal hay subsidios cerca de 50% de los costos de operación.

En la Línea 1, antes de la pandemia, la debilidad de la demanda “real” estaba a la mitad de la evaluación ex-ante y necesitaba subsidios de 50% de los costos de operación. Durante la pandemia COVID-19 datos preliminares indican que la demanda bajó a 25% de la demanda, y en particular de los desplazamientos por motivo trabajo y escuela, lo que va a necesitar un aumento de subsidios o una disminución del servicio. En el futuro puede ser que el impacto sobre el teletrabajo en varios sectores de actividades inducir una disminución permanente de la demanda y la necesidad de mantener y fortalecer subsidios.

Conclusión

En general, la implementación de los sistemas de transporte masivo en ciudades mejora la calidad de vida generando beneficios de tipo social y/o económico. Este tipo de sistemas requiere de subsidios en su implementación, así como en su etapa de operación. En México, al menos en ciudades del centro y sur, subsidiar gastos de operación era tabú; hoy resulta necesario, sobre todo si la población beneficiada es la de escasos recursos económicos. La evaluación ex-ante de los proyectos de transporte masivo deberían incorporar de manera cuantitativa y más exhaustiva los beneficios sociales, incluyendo la reducción de los gases de efecto invernadero. Dicha incorporación permitirá capturar los beneficios potenciales asociados a este tipo de proyectos, y podría justificar ex-ante los subsidios no solamente en la etapa de implementación, sino también en la etapa de operación.

Como un bien semipúblico, el sector público debe garantizar la calidad en la prestación del servicio de transporte público de pasajeros a un costo bajo y rentable para los concesionarios. El subsidio al sistema de transporte público urbano de pasajeros se vuelve crítico para garantizar, por un lado, el acceso al servicio a toda la población y en particular los más pobres y, por otro, para avalar la rentabilidad y eficiencia de este sector. El costo-beneficio ex-ante es esencial para medir y justificar gastos sociales importantes, pero tiene la debilidad de un ejercicio de proyección en un mundo con cambios rápidos. El costo-beneficio ex-post es una herramienta complementaria importante para la evaluación de proyectos, ya que permite identificar en qué medida se produjo el cambio deseable y debido a qué factores, así como qué cambios se recomiendan introducir en la forma de evaluar.

Referencias bibliográficas

- Campos Méndez, J. y Betancor, C. O. (2007). Problemas en la práctica de la evaluación económica de proyectos de transporte. *Cuadernos Económicos de ICE*, 80, 1-20.
- Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) (2018). *Metodología para la evaluación socioeconómica de proyectos de transporte masivo*.
- Cohen, E. y Franco, R. (2000). *Evaluación de proyectos sociales*. Siglo Veintiuno Editores.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2008). *Proyecciones de la población económicamente activa de México y de las entidades federativas, 2005-2050*. CONAPO.
- Contreras, E. (2001). *Evaluación de Inversiones Públicas: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Chile*. Chile.
- Cortázar Martínez, A. (1993). *Introducción al análisis de proyectos de inversión*. Trillas.
- De Rus, G., Campos, J. y Nombela, G. (2003). *Economía del transporte*. Antoni Bosch.
- Flyvbjerg, B., Skamris, H. y M. K., B. S. (2002). Underestimating cost in public works. Error or lie? *Journal of the American Planning Association*, 279-295.
- Galaz, Yamazaki, Ruiz Urquiza, S.C. (2011). *Reporte de resultado del modelo financiero*. Ciudad de México.

- González, S. M., Matas, A., Raymond, J. L. y Ruiz, A. (2009). *Predicting the demand: Uncertainty analysis and prediction models in Spain*. Economic Evaluation of Transportation Projects.
- Hernández Santiago, S. B. y Bussière, Y. D. (2017). Metrobús en la Ciudad de Puebla. Opinión de los usuarios y choferes de taxi 2016. *PRAGMA, Espacio y comunicación visual*, 19-39.
- Hidalgo, D. (2015). *Comparación de Alternativas de Transporte Público Masivo-Una Aproximación Conceptual*. Scielo.
- Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (ITDP) (2013). *The BRT Standard*. New York.
- Just, R. E., Hueth, D. L. y Schmitz, A. (2005). *The Welfare Economics of Public Policy: A Practical Approach to Project and Policy Evaluation*. Edward Elgar Pub.
- Logística, Informática y Transporte, S.A. de C.V (LOGIT) (2011). *Estudio Costo-Beneficio del Primer Corredor Troncal de la Zona Metropolitana de la ciudad de Puebla*. LOGIT.
- _____ (2018). *Sostenibilidad financiera del sistema RUTA*. LOGIT.
- Mackie, P. J., Jara-Díaz, S. y Fowkes, A. S. (2001). The value of travel time savings in evaluation. *Elsevier Science Ltd.*, 91-106.
- Meixueiro Garmendia, J., Pérez Cruz, M. A. y Mascle Allemand, A. L. (2009). *Metodología General del Transporte Masivo*. CEPEP/BANOBRAS.
- Mendieta López, J. C. (2007). *Economía del Bienestar Aplicado*. Universidad de los Andes.
- Moliner Moliner, Á. R. y Sánchez Arellano, L. I. (2003). *Transporte Público: Planeación, diseño, operación y administración*. Quinta del Agua Ediciones, S.A. de C.V.
- Nirenberg, O., Brawerman, J. y Ruiz, V. (2000). *Evaluar para la transformación*. Paidós.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) (2008). Lineamientos para el seguimiento de la rentabilidad de los programas y proyectos de inversión de la Administración Pública Federal. *Diario Oficial de la Federación*, 5.
- _____ (2013). Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. *Diario Oficial de la Federación*, 14.
- _____ (2019). *Pre-criterios 2020*. SHCP.

- Torres Vargas, G., Hernández García, S., González García, J. A. y Arroyo Osorno, J. A. (2020). *Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2020*. Instituto Mexicano del Transporte.
- Vázquez Moreno (2013). Precios, subsidios y transporte urbano: su componente teórico. *Instituto de Altos Estudios Nacionales*, 1-63.
- Vázquez Salazar, J. S. (2014). *Evaluación del Corredor Uno de Puebla*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Zamudio, D. y Alvarado, V. (2015). Ranking Nacional de los sistemas BRT. Evaluación técnica, desde el punto de vista de los usuarios. *El Poder del Consumidor*, 1-52.