



¿Es el trolebús un sistema de transporte sostenible en la Ciudad de México?

Is trolleybus a sustainable transportation system in Mexico City?

Mónica Valtierra Brestchneider*
Alejandro Navarro Arredondo**

recibido: 28 de julio de 2022
aceptado: 29 de agosto de 2022

Resumen

El transporte público proporciona servicios esenciales a la sociedad. Sin embargo, también es parte de diversos desafíos en materia de sostenibilidad, particularmente, los relacionados con la calidad del aire y la seguridad energética. Por lo anterior, este artículo tiene como objetivo analizar la viabilidad del trolebús como un sistema de transporte público sostenible. El método utilizado es el contraste descriptivo entre tres medios de transporte: el Metro, el Metrobús y el Trolebús. Para lograr dicho objetivo, en primer lugar, se presenta un breve panorama de los problemas de sostenibilidad del transporte urbano. Posteriormente, se ofrece un recuento de la trayectoria del trolebús alrededor del mundo. Al respecto, se sostiene que el trolebús es una opción sostenible de transporte público. Finalmente, se concluye que la experiencia observada en otras ciudades con el uso del trolebús brinda posibles ideas para contribuir al desarrollo sostenible de la Ciudad de México.

Palabras clave: trolebús, transporte, desarrollo urbano, movilidad, sostenibilidad.

Abstract

Public transport provides essential services to society. However, it is also part of various sustainability challenges, particularly those related to air quality and energy security. Therefore, this article aims to analyze the viability of the trolleybus as a sustainable public transport system. The method used is the descriptive contrast between three means of transport: the Metro, the Metrobús and the Trolleybus. To achieve this objective, first, a brief overview of the urban transport's sustainability problems is presented. Later, an account of the trolleybus' trajectory around the world is offered. In this regard, it is argued that the trolleybus is a sustainable public transport option. Finally, it

* Maestra en Relaciones Internacionales, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

** Profesor-investigador en el Departamento de Política y Cultura de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

is concluded that the experience observed in other cities with the use of the trolleybus provides possible ideas to contribute to the sustainable development of Mexico City.

Keywords: *trolleybus, transportation, urban development, mobility, sustainability.*

1. Introducción

Actualmente, el transporte es el segundo sector de mayor consumo de energía y el de más rápido crecimiento, representa 28% de la demanda total de energía. La gran mayoría (94%) de esta energía proviene de combustibles fósiles que generan gases de efecto invernadero (GEI) (IEA, 2017). Al respecto, se especula que el principal productor de GEI es el dióxido de carbono (CO₂).¹ Por lo anterior, el transporte se ha convertido en una preocupación ambiental. Incluso en escenarios optimistas, que incorporan políticas de mitigación importantes, las emisiones de GEI provenientes del transporte podrían aumentar un 40% entre 2020 y 2030, tomando en cuenta tanto la contribución del CO₂, como de las partículas suspendidas (PM₁₀ y PM_{2.5}) (Saighani y Sommer, 2017). Por lo anterior, es importante tener alternativas de transporte más amigables con el ambiente, particularmente en aquellas ciudades afectadas por la contaminación atmosférica, la seguridad energética y la ausencia de una planeación urbana.

El transporte es esencial en zonas urbanas, pues más de la mitad de la población mundial vive en ellas. Y la tendencia sigue en aumento, especialmente en países en vías de desarrollo, donde un gran número de personas se traslada a las ciudades en busca de mejores oportunidades. Como resultado, se espera que 70% de la población mundial viva en zonas urbanas para el año 2050. Sin embargo, no es posible para las ciudades recibir a todos los nuevos residentes, obligando a muchos de ellos a vivir en áreas ubicadas afuera, o en la frontera, de las grandes metrópolis (Hoornweg y Pope, 2017). Lo anterior da lugar a desplazamientos de quienes viven en estos espacios, lo que hace que la demanda de transporte aumente considerablemente.

Esta necesidad es atendida en gran parte por vehículos de propiedad privada, microbuses o minivans, que ofrecen servicios de transporte. Estos servicios suelen generar congestión vehicular, pero son populares debido a su frecuencia y cobertura. Este tipo de transporte también genera otros problemas: accidentes, ruido y contaminación del aire (Cervero y Golub, 2007). Considerando lo anterior, el transporte masivo podría ser una opción de movilidad más sosten-

¹ El sector del transporte es responsable de 22.3% de las emisiones totales de CO₂ (ITF, 2017).

nible. Debido a su alta capacidad de carga, tiene el potencial de atenuar la congestión vehicular y permitir un movimiento de personas más eficiente. También es un factor importante en la reducción de emisiones contaminantes.

Al respecto, el tren ligero subterráneo (Metro) ha sido tradicionalmente el sistema de transporte masivo más popular, particularmente en ciudades europeas (Joshi, *et. al*, 2018). Sin embargo, las altas inversiones que requiere el Metro dificultan su implementación en países en vías de desarrollo (Venter, *et. al*, 2018). Para superar estos problemas de asequibilidad, se han puesto en marcha dos medios alternativos de transporte: 1) los sistemas de autobús de tránsito rápido (o Bus de Tránsito Rápido², BTR); y 2) los sistemas de autobuses eléctricos (Trolebuses). Aunque las capacidades de ambos medios de transporte son inferiores a las del Metro, sus inversiones de capital son menores (Hidalgo y Gutiérrez, 2013). Y tanto el BTR como el trolebús proporcionan soluciones más flexibles y de corto plazo para los problemas de congestión vehicular (Joshi, *et. al*, 2018; Nikitas y Karlsson, 2015; Barbosa, 2016; C40 Cities Finance Facility, 2018).

En ese tenor, algunos aseguran que los trolebuses pueden resolver los problemas ambientales y de congestión de manera más eficiente y efectiva que otros medios de transporte público, pues son menos costosos y sus efectos adversos sobre el medio ambiente son mínimos (Tica, *et. al*, 2011). En virtud de lo anterior, este artículo tiene como objetivo analizar la viabilidad del trolebús como una alternativa de transporte sostenible y compararlo con otros sistemas de transporte masivo.³ Al respecto, se utilizó el enfoque de políticas públicas para llevar a cabo esta investigación de tipo documental. La información se obtuvo a través de fuentes secundarias, principalmente de una revisión de la literatura y registros estadísticos sobre el trolebús y otros medios de transporte. Así, en la primera sección se presenta un diagnóstico de los principales desafíos de desarrollo sostenible y de transporte en las ciudades. En la segunda, se ofrece un recuento de la trayectoria del trolebús como medio de transporte en diversos países. La tercera brinda un contraste descriptivo entre el trolebús y otros sistemas de transporte público en la Ciudad de México. Finalmente, se presentan las conclusiones.

² Conocido también como Metrobús o autobús expreso, el BTR es un sistema de transporte público masivo basado en autobuses que se caracteriza por transitar en carriles exclusivos. El BTR intenta emular la capacidad del Metro, pero con una mayor flexibilidad y un menor costo de construcción. El BTR nació en Curitiba (Brasil) y TransMilenio de Bogotá imitó dicha experiencia, la cual ha sido replicada en muchas ciudades, principalmente latinoamericanas.

³ El trolebús es una unidad de transporte masivo tipo ómnibus, eléctrico y alimentado por un cableado superior conectado a dos antenas de la unidad (conocido como catenaria). Es considerado un sistema más flexible que el tranvía o tren ligero, porque al contar con llantas en lugar de ruedas de acero no requiere de vías exclusivas (rieles) para su traslado y resulta más barato. Algunas unidades, hoy en día, tienen incorporado un paquete de baterías para funcionar en caso de fallas en la red eléctrica o en la catenaria.

2. Desafíos de desarrollo sostenible y de transporte en las ciudades

Una de las tendencias globales más importantes es el crecimiento de las ciudades y áreas metropolitanas. Según algunas proyecciones, la población mundial aumentará a 9 mil millones de personas para el año 2050 y más de dos tercios de esta población vivirá en las urbes (Hoornweg y Pope, 2017). Así, la población promedio de las treinta ciudades más pobladas del mundo se habrá triplicado entre 1965 y 2025 (Hoornweg y Pope, 2017). Más aún, la velocidad del crecimiento de las ciudades puede crear enormes tensiones en su entorno inmediato y plantear grandes desafíos para el desarrollo sostenible. Así, aunque todas las ciudades muestran una gran diversidad en sus características económico-sociales, niveles de infraestructura y patrones de crecimiento, muchos de los problemas que enfrentan son sorprendentemente similares. Por ejemplo, a medida que las ciudades crecen, se vuelven más frecuentes los problemas de congestión vehicular y contaminación del aire (ITF, 2017).⁴

De esta forma, para reducir la influencia negativa de la congestión vehicular y la contaminación atmosférica en la economía, el medio ambiente y la salud, se están llevando a cabo diversas actividades en el sector del transporte de pasajeros, por ejemplo, el desarrollo y promoción del transporte público como una solución que proporciona una movilidad socialmente más equitativa y limpia que los vehículos privados; fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías de transporte, más respetuosas con el medio ambiente; la promoción de formas alternativas de movilidad en áreas urbanas, así como cambios en los comportamientos y hábitos de los usuarios del transporte.

Esto sugiere que podría ser necesario tener un enfoque de política diferente para el transporte, uno que tome en cuenta la complejidad del sector (Zlotnik, 2004). De hecho, las políticas de movilidad más sustentables y efectivas tienden a incluir una combinación de mejoras a los sistemas de transporte masivo junto con modos alternativos de movilidad (caminar y andar en bicicleta). También hay políticas que integran la implementación de nuevos sistemas de transporte con una mejor planificación del uso del suelo. Todo lo anterior crea comunidades más compactas y mejor conectadas, con menos necesidad de llevar a cabo viajes individuales en vehículos privados. Así, un beneficio importante de la combinación de varias políticas de transporte es la capacidad de ofrecer sinergias mediante paquetes integrados de movilidad sustentable (Hüging, *et. al*, 2014).

⁴ Estos dos problemas están asociados al uso excesivo de vehículos con motor de combustión interna y se han convertido en asuntos importantes de la agenda de desarrollo sostenible.

Por otro lado, la relación entre la ciudad y el transporte también es compleja y bidireccional. Un sistema de transporte eficiente es un requisito para el desarrollo económico de una ciudad, así como uno de los factores más importantes que determinan la calidad de vida (Williams, 2005). De esta forma, muchos desafíos de desarrollo sostenible en las ciudades surgen por las relaciones bidireccionales entre el espacio urbano y el transporte, los cuales se pueden resumir en los siguientes puntos:

- **Desafíos ambientales:** se manifiestan principalmente por el impacto del transporte en el medio ambiente. La contaminación del aire, accidentes de tráfico, ruido, la transformación del paisaje, el cambio climático y la congestión vehicular son las categorías más importantes de los costos asumidos por la ciudadanía como resultado de las operaciones del transporte urbano. No obstante, cada medio de transporte se caracteriza por tener un nivel diferente de impacto en el medio ambiente.⁵
- **Desafíos sociales:** la disponibilidad de servicios de transporte determina la posibilidad de aprovechar bienes públicos. Por ello, la política de transporte es inevitablemente también una política social, con ganadores y perdedores específicos de cualquier decisión de inversión en transporte. Los proyectos que beneficien a los propietarios de vehículos con altos ingresos pueden perjudicar a las personas de bajos ingresos. Asimismo, las inversiones pueden ampliar significativamente la movilidad y las oportunidades de empleo para grupos vulnerables. Por ello, el papel del transporte en la lucha contra la exclusión social se manifiesta en la prestación de servicios baratos, disponibles y accesibles (Lucas, 2012).
- **Desafíos económicos:** cuya complejidad se refleja en primera instancia por los gastos incurridos para la creación y el mantenimiento de un sistema de transporte. En segunda instancia, por el hecho de que el transporte es un factor que impulsa la competitividad económica de una ciudad (Small, *et. al*, 2007).
- **Desafíos económico-espaciales:** un aspecto importante que se encuentra entre los desafíos espaciales y económicos es el impacto del transporte en el valor de las propiedades, que se refleja en un aumento de las propiedades cercanas a las estaciones del Metro u otro sistema de transporte (Button, 2010).

⁵ La baja eficiencia de un vehículo privado, con un número promedio de pasajeros que no excede de dos, contrasta con la del transporte público, que puede movilizar docenas de personas. La eficiencia energética de un vehículo privado es mucho menor en comparación con la del transporte público, especialmente durante las horas pico (Banister y Button, 2015).

- **Desafíos espaciales:** se derivan del proceso de configuración de la estructura espacial de las ciudades, la cual es determinada por la relación entre la ciudad y los vehículos de propiedad privada. En muchas ciudades, el espacio urbano se ha moldeado por las necesidades de los conductores. De hecho, las prácticas de planificación urbana han favorecido los traslados en automóvil en lugar de otras formas de movilidad, creando comunidades dependientes del automóvil (Dieleman y Wegener, 2004).

Al respecto, se pueden distinguir dos modelos extremos de la relación entre el espacio urbano y el transporte: 1) la ciudad compacta, caracterizada por la alta disponibilidad de oportunidades de empleo, educación y otros servicios, a costa de limitar el espacio para el desarrollo de edificios residenciales de baja intensidad; y 2) la ciudad difusa o en expansión, donde las personas tienen mucho espacio para vivir, pero como consecuencia, deben realizar viajes largos para ir a su trabajo, colegio u otras amenidades, lo que significa mayores costos y tiempos de viaje. Así, los distritos centrales generalmente se caracterizan por una densidad urbana más intensa y una mayor disponibilidad de transporte público; mientras que las áreas periféricas se caracterizan por una menor densidad, menor diversidad de funciones y menor suministro de servicios de transporte público (Dieleman y Wegener, 2004).

Aunque la zonificación propuesta por el modelo de ciudad difusa parezca racional, puede inducir a la fragmentación social. Como se verá más adelante, a principios del siglo XX, la planificación urbana promovió el uso monofuncional del suelo mediante la separación de la vivienda de los lugares de trabajo y de los espacios comerciales. El lado negativo de las políticas de zonificación es que se dificulta el acceso a los servicios urbanos de los grupos de menores ingresos, lo que reduce las oportunidades de integración social. Este tipo de diseño tiene costos económicos porque impide la estimulación mutua entre las actividades productivas. La zonificación provoca un tipo de movilidad individual y reduce la viabilidad de las redes de transporte público (Sabatini, 2003).⁶ Cabe señalar que este modelo de urbanización encuentra su origen en la época del fordismo, que generó un enfoque de movilidad basado en autos de combustión interna. Por ello, la siguiente sección examina tales procesos de movilidad y urbanización.

⁶ En contraposición a los instrumentos de zonificación se encuentra el enfoque de usos mixtos del suelo. Dicho enfoque no es nuevo, era el paradigma de desarrollo urbano antes del fordismo y de la adopción de prácticas de planificación modernas. El término de uso mixto implica la coexistencia de tres o más importantes tipos de uso que producen ingresos, así como la eliminación de las barreras de zonificación y la adopción de usos compatibles que mejoren la accesibilidad a servicios públicos y equipamientos urbanos para un segmento más amplio de la población. Lo anterior disminuye la distancia y el tiempo de los viajes, reduciendo el uso del automóvil. Además de minimizar los requerimientos de infraestructura vial y reducir la cantidad de suelo asignado para el estacionamiento, el uso mixto también proporciona un mayor fundamento para el uso del transporte público, caminar y usar la bicicleta (Palacios, 2010).

Los procesos de movilidad y urbanización durante el fordismo

Las semillas del “fordismo” se sembraron a medida que la producción industrial cambió su enfoque hacia la elaboración masiva de bienes de consumo (Dassbach, 1991). El fordismo tenía un carácter espacial e industrial particular, ya que la mayoría de las políticas e inversiones se dirigieron a los sectores de más rápido crecimiento: el automóvil, las autopistas y las viviendas suburbanas. Este fue también un momento de creciente desdén hacia los sistemas de transporte masivo, a menudo sin financiamiento y con problemas de mantenimiento. Los programas de inversión en infraestructura gastaron muchas veces más en caminos, carreteras y puentes que en sistemas de transporte público. Este modelo de urbanización fue dominante durante gran parte del siglo XX y tuvo un efecto profundo en el paisaje social y físico de muchas ciudades del planeta (Paterson, 2007).

La aceptación generalizada de una movilidad basada en el automóvil de combustión se vio reforzada por una planificación urbana que reconfiguró el uso de las calles. Estas vías de circulación poco congestionadas, anteriormente usadas por peatones, caballos, calesas y tranvías debían optimizarse. La optimización se logró a través de inversiones en carreteras o mejoras operativas. A menudo, los cruces peatonales se eliminaron o se incrementó la velocidad del tráfico y se ajustaron los tiempos de los semáforos para favorecer el movimiento de los autos, lo que colocó a los ciclistas, peatones y usuarios del transporte público en una situación de desventaja. A nivel global, la planificación urbana se reconfiguró para vincular los suburbios con las ciudades centrales, lo que facilitó una mayor expansión de autopistas y carreteras y una menor inversión en sistemas de transporte masivo (Vigar, 2013).

A pesar del papel central que desempeñó el fordismo en la configuración de muchas ciudades, se reconoce cada vez más que este enfoque de movilidad urbana, a nivel local, regional y mundial, plantea graves amenazas para el medio ambiente. Por esa razón se han buscado alternativas de movilidad más acordes con los objetivos de sostenibilidad ambiental. Así, en los últimos años, se han hecho muchas propuestas para favorecer sistemas de transporte menos perjudiciales para el medio ambiente, que van desde el diseño de ciudades más compactas hasta nuevas políticas de electromovilidad (Carrillo, de los Santos y Briones, 2020). Esencialmente, si las ciudades han de ser social y ambientalmente sostenibles en el Siglo XXI, es necesario redefinir y desarrollar otro tipo de sistemas de transporte, cómo los eléctricos (Carrillo, de los Santos y Briones, 2020).

En ese sentido, algunos señalan que las aglomeraciones urbanas sostenibles se caracterizan por adoptar el modelo de ciudad compacta (Dieleman y Wegener, 2004). En vista de lo anterior, parece razonable introducir una conceptualización de ciudad sostenible, la cual se

puede definir como aquella que garantiza a todos los ciudadanos la oportunidad de satisfacer sus necesidades y mejorar su calidad de vida, sin comprometer el medio ambiente y crear un riesgo, actual o futuro, para otras personas (Williams, 2005). De esta forma, el enfoque de desarrollo urbano sostenible se centra en superar los problemas de habitabilidad en las ciudades. La esencia de este enfoque es que las necesidades actuales se satisfacen sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades futuras, enfocándose en la interacción entre los aspectos ambientales, sociales y económicos del desarrollo urbano (Burton, Jenks y Williams, 2013).

Desde el enfoque de desarrollo urbano sostenible, la política de transporte debe servir al interés general y ser parte de una política socioeconómica más amplia. Así, el diseño de una política de transporte adecuada, requiere tomar en consideración un contexto más amplio y coordinarse con otras políticas sectoriales (urbanas, sociales, energéticas, ambientales y económicas). Afortunadamente, durante los últimos años, la política de transporte de varias ciudades alrededor del mundo está cambiando hacia un nuevo paradigma, el cual incluye acciones dirigidas a disminuir la participación del automóvil y al mismo tiempo busca fomentar los sistemas de transporte masivo. Su objetivo no es restringir la movilidad, sino transformarla cambiando su enfoque hacia una planificación del transporte más sostenible. Son tres los objetivos de este paradigma de transporte más sostenible: 1) la reducción de las emisiones contaminantes; 2) establecer cambios radicales que permitan disminuir la dependencia de los combustibles fósiles como principal fuente de energía del transporte público; y 3) mejorar la eficiencia del transporte público para reducir los problemas de congestión vehicular (Inderwildi y King, 2012).

Una alternativa recurrente para el cumplimiento de esos tres objetivos ha sido la inversión en sistemas masivos de transporte público, como el Metro, trolebús y BTR (Saighani y Sommer, 2017). La intención es reducir el uso de vehículos privados y tener una opción de movilidad más sustentable. Existe el supuesto general de que la transformación hacia la sostenibilidad en el sector del transporte será muy costosa. Si bien los cambios hacia infraestructuras de movilidad, servicios y tecnologías de vehículos más sostenibles necesitarán innovación e inversiones, los beneficios y ahorros generales superan con creces los costos (Carrillo, de los Santos y Briones, 2020). Para algunos, un futuro de movilidad sostenible solo requeriría un ligero aumento de los recursos que actualmente se ocupan en el sector del transporte convencional (Inderwildi y King, 2012).

De hecho, varias evaluaciones han analizado el potencial tecnológico y el esfuerzo requerido para eliminar los combustibles fósiles del sector del transporte. Estos análisis muestran que, para atenuar los efectos del cambio climático, el transporte debe eliminar el uso de combustibles fósiles sustancialmente durante las próximas décadas. Tomar este camino permitirá be-

neficios directos e indirectos que superan los costos, con ahorros, de entre 50 y 100 billones de dólares, en combustible, infraestructura y costos de combustible. Pero los beneficios y sinergias adicionales generados por una movilidad más sostenible, como la mejora de la calidad del aire y la reducción del tiempo de traslado, hacen todavía más atractivo el cambio hacia el transporte bajo en carbono (Fulton, *et. al*, 2014). En ese tenor, los sistemas de transporte eléctrico (en sus diferentes modalidades: trolebús, electrobús e híbridos) han demostrado ser una solución efectiva en la sustitución de combustibles fósiles (Tica, *et. al*, 2011).

Así, la electromovilidad en un sentido amplio se está convirtiendo en una solución importante para construir sistemas de transporte sostenibles en áreas urbanas densamente pobladas, como las megalópolis. La electromovilidad se considera una de las herramientas más importantes en las actividades destinadas a limitar los efectos negativos del transporte y se está convirtiendo en una alternativa a los sistemas de movilidad tradicionales, que contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire (Carrillo, de los Santos y Briones, 2020). Por lo tanto, se asume que la electromovilidad puede convertirse en la tecnología dominante aplicada en la movilidad futura de las aglomeraciones urbanas. Por lo anterior, en la siguiente sección se presenta un panorama de los sistemas de transporte eléctrico, específicamente, en su modalidad de trolebuses.

3. El Trolebús como medio de transporte sostenible en otros países y en México

El primer tranvía eléctrico fue construido en 1881 por Ernst von Siemens, en la ciudad de Berlín. Más tarde, en 1886, este inventor presentó el primer vehículo eléctrico sin rieles y con un cable aéreo, el cual puede considerarse el primer prototipo del trolebús. En la víspera de la Primera Guerra Mundial, el tranvía eléctrico tenía un rol dominante en el transporte urbano. Fue hasta principios del siglo XX que cambió un poco la tendencia, cuando se lanzaron los primeros trolebuses con colectores de rodillos alimentados por dos cables aéreos, esto lo hace un sistema más flexible que el tranvía y sus ruedas lo hacen independiente de carriles exclusivos por lo que también es más barato. Así, los trolebuses comenzaron a ser un medio de transporte complementario de la red de tranvías. Sin embargo, justo por esa época, la motorización comenzó a desempeñar un papel más importante, sobre todo porque los sistemas ferroviarios de tranvía requerían mayor mantenimiento y grandes inversiones para poder seguir el ritmo de la expansión de las ciudades (Vozyanov, 2017).

En el período de entreguerras hubo un significativo progreso de la industria automotriz. Asimismo, la invención de los neumáticos y de las carreteras de asfalto permitió un desplazamiento

más suave de los vehículos, lo que mejoró su velocidad. Todas estas invenciones fueron la base de una mayor motorización de las ciudades y del automóvil como medio de transporte dominante. No obstante, esas mismas invenciones también permitieron modernizar al trolebús. Así, en Londres, la autoridad local decidió utilizar la obsoleta infraestructura de cables aéreos de los tranvías e introducirla en los trolebuses, los cuales aseguraron mayor comodidad y dinamismo. Como resultado, dos tercios del sistema de tranvías de Londres se convirtieron en un sistema de trolebuses, lo que resultó en la mayor flota mundial de este tipo de vehículos. Otras ciudades británicas pronto siguieron su ejemplo (Vozyanov, 2017).

Los sistemas de trolebuses también se desarrollaron intensamente en Alemania, Italia y la Unión Soviética. No obstante, tras la guerra, muchos países de Europa occidental aumentaron significativamente su nivel de motorización, convirtiendo al automóvil en un símbolo de estatus deseable y en un sinónimo de prosperidad. Con cada año que pasaba se hizo evidente que la tendencia a la baja del transporte público era evidente. Los peligros asociados al transporte individual y privado (contaminación atmosférica, congestión vehicular y pérdida de tiempo) aún no se consideraban tan graves y muchas ciudades, influenciadas por el desarrollo de la industria automotriz, suspendieron las líneas de trolebuses (Tica, *et. al*, 2011).

La crisis petrolera de 1974, así como el costo creciente de la gasolina y diésel cambiaron la tendencia descendente de los autobuses eléctricos. Pronto se hizo evidente que el petróleo no era el combustible ideal. En este período también se generó mayor conciencia pública sobre los problemas ambientales y los peligros de la contaminación del aire. Por ello, varias ciudades redujeron el desarrollo expansivo de la infraestructura vial y comenzaron analizar otras alternativas de transporte. Los trolebuses fueron nuevamente considerados en Inglaterra, Alemania, Italia y también en ciudades de España, Francia y Estados Unidos, las cuales recuperaron y modernizaron su flota de trolebuses. Con la llegada de los años 90, aumentó la preocupación por los problemas ambientales, lo cual ayudó a intensificar la introducción de trolebuses en muchas ciudades (Rafter, 1995).

Así, en muchas ciudades de Europa y Norteamérica, donde se conservaba el transporte de trolebuses, la flota se renovó y se les otorgó privilegios de tráfico. En Rusia y en los países de Europa del Este, el subsistema de trolebuses goza de la misma cobertura que el subsistema de tranvía en términos de número de vehículos y pasajeros transportados. Actualmente, estos países cuentan con 12,035 trolebuses en servicio en 88 ciudades. Solo Moscú tiene 85 rutas, con una longitud total de 918 km y 1,242 vehículos. La cantidad de pasajeros anuales en el subsistema de trolebuses en esta ciudad es de aproximadamente 975 millones, lo que representa 23.1% del total de pasajeros transportados (Tica, *et. al*, 2011).

De hecho, el trolebús es un medio de transporte público presente en 86 ciudades de la Unión Europea (UE) y está expandiéndose en otras ciudades del mundo o se prevé su implementación, pues muchas comenzaron a implementar zonas de cero emisiones, para las cuales los trolebuses fueron la solución perfecta. En el mismo sentido, hay cerca de 3,000 trolebuses en operación en el continente americano y los sistemas más grandes se encuentran en ciudades de Estados Unidos (Seattle, Filadelfia, San Francisco, Dayton), Canadá (Vancouver, Edmonton) y sudamericanas (Sao Paulo, Santiago, Buenos Aires, Córdoba, Quito) (Tica, *et. al*, 2011). Al respecto, la distribución regional del subsistema de trolebuses a nivel global se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución regional de trolebuses a nivel global

Región	Sistemas de trolebuses	Líneas de trolebuses	Kms. de trolebuses	Personas transportadas (millones)
Europa occidental	204	1,276	9,296	10,422
Eurasia	83	735	3,483	2,061
América del Norte	40	111	1,596	770
América del Sur	8	10	110	151
Medio Oriente y África del Norte	12	39	272	453
Asia Pacífico	42	133	1,090	794
Total	389	2,304	15,847	14,651

Fuente: Elaboración propia a partir de AITP, 2019.

Así, hoy en día, hay más de 380 sistemas de trolebuses en todo el mundo, los cuales se están desarrollando y modernizando intensamente. Este proceso es especialmente visible entre los nuevos miembros de la UE, ya que este tipo de inversiones se financian con cargo al Fondo de Cohesión, que es el instrumento financiero de la UE para reducir las disparidades económicas y sociales entre los antiguos y los nuevos miembros (Crescenzi y Rodríguez, 2012). Por lo tanto, la promoción de este modo de transporte no solo es necesaria para fomentar su conservación y modernización en aquellas ciudades que ya lo utilizan, sino también para facilitar su introducción en ciudades en las que no está presente. En el futuro, los trolebuses podrían ser

uno de los sistemas de transporte público más utilizados debido que se asocia con una mejor calidad de servicio, así como con la introducción de nuevas tecnologías: trolebuses híbridos, supercondensadores, baterías y motores de combustión auxiliares (Tica, *et. al*, 2011). Al respecto, en las siguientes líneas se describirá brevemente cuál ha sido la experiencia mexicana con este medio de transporte.

Breve historia del Trolebús en México

El Trolebús fue introducido en la Ciudad de México en 1947, como resultado del deterioro de la Compañía de Tranviarios de México, que tenía a su cargo la operación de los tranvías que hasta entonces habían sido el modo de transporte más importante y popular de la ciudad. Más tarde, se creó el Servicio de Transportes Eléctricos (STE) como un organismo público descentralizado encargado de operar el sistema de trolebuses. El STE absorbió los bienes de las compañías que formaban la Unión de Ferrocarrileros y comenzó la sustitución de tranvías por trolebuses. Se adquirieron 20 unidades de la empresa estadounidense *Westram* y se creó la primera línea (experimental) de Sullivan a Villalongín de 1948 a 1951; posteriormente, en 1952 entró en servicio la ruta Tacuba-Chapultepec-San Antonio (Moreno, 1999). De esta forma, desde mediados del siglo XX se establece la red de trolebuses de la Ciudad de México (Carrillo, de los Santos y Briones, 2020).

En los años posteriores, se adquirieron más trolebuses de origen italiano, se amplió la línea de San Antonio Abad hasta Balbuena. Se inauguró la línea de la Villa a Ciudad de los Deportes y se crearon depósitos para trolebús en Azcapotzalco y Aragón. En los años 60s, aún operaban algunas líneas de tranvías, pero el servicio de trolebuses continuaba ampliándose. Sin embargo, el gobierno de la ciudad comenzó a desarrollar un plan de transporte masivo que atendiera la alta demanda de usuarios: el Sistema de Transporte Colectivo (Metro). En 1970, el STE obtuvo nuevamente atención y recursos con los que se inició un programa de rehabilitación, entre sus acciones se incluyó la compra de 118 trolebuses estadounidenses. Al finalizar la década, el tranvía se limitaba únicamente a la línea que viaja de Taxqueña a Xochimilco y sus vías se eliminaron de la zona centro. Esto tuvo dos consecuencias destacables: una expansión de taxis colectivos en el centro y una expansión del sistema de trolebús en Eje Central (Moreno, 1999).

En los 90s, el trolebús adquiere más atención y reconocimiento, sobre todo por la crisis de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).⁷ Para 2007 la red de tro-

⁷ En 1990, el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica en la ZMVM (PICCA) ubicó dentro de sus acciones estratégicas para mejorar la calidad del aire, la reordenación y ampliación del Servicio de Transportes Eléctricos (STE). También se

lebuses contaba con 445 unidades y 18 rutas en los principales ejes de la ciudad, sin embargo, a partir de ese año se comenzó a reducir el número de rutas por considerarse un sistema con unidades obsoletas y costosas (Carrillo, de los Santos y Briones, 2020).⁸ Entre 2018 y 2020, la extensión del servicio fue de 204 kilómetros y con 130 unidades en funcionamiento (cuadros 2 y 2.1). Pero la flota de trolebuses supera los 20 años de vida útil que, sumado a la falta de mantenimiento, ha ocasionado que solamente 63% de los vehículos se encuentre en servicio (Carrillo, de los Santos y Briones, 2020).

Pese a lo anterior, la red de trolebuses cuenta con una extensa infraestructura vial y conexión con otros medios de transporte: cruza con 35 estaciones del metro y 57 avenidas principales (Semovi, 2016). Sin embargo, varios trolebuses se encuentran detenidos por la falta de mantenimiento (Mendoza, 2017). Afortunadamente, en los últimos años se han ido reparando unidades y se han reordenado sus rutas (Carrillo, de los Santos y Briones, 2020).

Cuadro 2. Red del Trolebús en la Ciudad de México, 2016

Línea	Longitud (km)	Estaciones	Pasajeros diarios
A	36.6	43	83,546
CP	11	46	6,511
D	12.3	24	14,156
G	44.9	72	18,920
I	30.2	56	6,403
K	17.8	27	10,434
LL	26.14	57	13,106
S	18	29	12,095
Total	196.94	354	165,171

Fuente: Elaboración propia con datos de Semovi, 2016

promovieron otras acciones, tales como la reconversión de los microbuses a uso de gas LP y la renovación de 3,500 unidades de la Ruta 100 (autobuses de combustión interna). Pese a que el PICCA de 1990 intentó mejorar el servicio de trolebuses, también contempló la construcción de la Línea A de Metro que abarca de Pantitlán a Los Reyes la Paz, así como de la Línea 8 que conectó al centro de la ciudad con Iztapalapa (PICCA, 1990).

⁸ De acuerdo con Carrillo, de los Santos y Briones (2020: 33), "la falta de planeación y coordinación con otros sistemas de transporte redujo significativamente el número de usuarios del trolebús, los cuales prefirieron optar por otras alternativas de movilidad urbana. Se estima que el número de pasajeros transportados disminuyó de 72.6 millones en 2012 a 55 millones en 2018, es decir, un decrecimiento del 24% en sólo 6 años".

Cuadro 2.1 Red del Trolebús en la Ciudad de México, 2018-2020

Periodo	2018	2019	2020
Líneas en servicio	8	8	8
Longitud en servicio (km)	204	204	204
Unidades en operación	148.7	115.2	126.4
km recorridos (miles)	961.9	771.2	807.7
Pasajeros	4047.2	3578.1	2596.3
Ingresos por pasaje (miles MXN)	9998.3	8795.4	5466.4*

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2021

*El número de pasajeros se redujo considerablemente en los meses de abril a octubre, se asume dicho comportamiento a la pandemia por COVID-19

Este abandono puede identificarse en la preferencia del gobierno de la ciudad por impulsar otros modos de transporte público masivo, así como de infraestructura que privilegia al automóvil particular y que se da en tres etapas clave del desarrollo de la movilidad en la urbe. La primera es de la década de los 50 a los 80, cuando la Ciudad de México experimentó una transformación en sus vialidades para dar prioridad al auto privado, con la construcción del Viaducto, el Anillo Periférico y Circuito Interior, la inversión del gobierno en materia de movilidad se concentró en estas grandes obras de infraestructura y modernidad de la época.

La segunda etapa sucede al inicio de los 90, cuando la crisis ambiental de la ciudad y la necesidad de mejorar la calidad del aire dejan en evidencia la necesidad de hacer más eficiente la forma en la que los habitantes de la misma se transportan. Así, se inician los programas de reconversión de colectivos y microbuses para funcionamiento con gas LP y la renovación de 3,500 unidades de transporte de la Ruta 100. Conjuntamente, se inicia la construcción de la Línea A y la Línea 8 del Metro de la ciudad y la ampliación de las Líneas 1 (Metro La Villa-Garibaldi), 6 (Metro Aeropuerto-La Raza), 7 (Calleza Ignacio Zaragoza-Villa Coapa) y 8 (Metro Martín Carrera-Refinería Azcapotzalco); la prolongación de la línea 3 (Indios Verdes-La Villa); y la rehabilitación de las líneas: 2 (Metro Escuadrón 201 - Villa Coapa), 4 (Eje 1 Norte) y 5 (Tláhuac - Panteón de San Lorenzo Tezonco).

Asimismo, a finales de la década del 2000, el costo de mantenimiento de las unidades y el auge de los sistemas de BRT (Metrobús) en la ciudad ocasionan la eliminación de 10 líneas del sistema de trolebuses. En este mismo periodo comienza a invertirse en sistemas públicos de bicicleta que alimentan rutas de transporte como el Metro y el Metrobús y la planeación

de estaciones, dentro de las políticas de movilidad y medio ambiente de la ciudad, por lo que dejan fuera las paradas y líneas de trolébus dentro de sus estrategias de transporte.

Es importante señalar que en esta etapa de creación y ampliación del sistema de BRT, Metrobús, el gobierno de la ciudad, así como los gobiernos de diversas ciudades en el mundo recibían atención y apoyo de organizaciones internacionales para desarrollar este tipo de sistemas, tanto en financiamiento como apoyo técnico. En el caso de la Ciudad de México, el Banco Mundial colaboró en el diseño de las estrategias y corredores para el funcionamiento del Metrobús, por lo que la decisión de expandir esta red para el gobierno fue una decisión obvia.

En virtud de lo expuesto, se pueden identificar varias etapas en que las acciones en materia de movilidad para la Ciudad de México colocaron al sistema de trolebuses en una posición de ventaja, o de desventaja, frente a otros medios de transporte. Así, el mayor obstáculo para la ampliación del trolébus, durante décadas, ha sido la intensificación del uso del automóvil como medio de transporte, así como las prerrogativas dadas a nuevas rutas de autobuses de combustión interna.⁹ Posteriormente, debido a los problemas de contaminación atmosférica, el gobierno de la Ciudad de México, contempló en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE) 1995-2000, una fuerte inversión en el sistema de trolebuses, que experimentó un intenso proceso de ampliación.¹⁰

En el PROAIRE 2002-2010 también se contempló una fuerte inversión para la ampliación de la red trolebuses (14.1 millones de pesos) con la finalidad de lograr una longitud total de 426 kilómetros. Asimismo, el Programa Integral de Movilidad 2013-2018 tomó en cuenta la creación del corredor “Cero Emisiones” en Eje Central y con ello, el cierre del corredor a autobuses de combustión interna. Sin embargo, dicho programa también consideró la construcción de la

⁹ De la década de 1950 a la de 1980, la Ciudad de México experimentó una transformación de vialidades que dieron paso a un incremento del uso del auto privado como medio de transporte. Durante esos años se entubo Río de la Piedad para la construcción del Viaducto Miguel Alemán, así como, Río Churubusco, para la construcción de la avenida que lleva el mismo nombre. Asimismo, en este periodo comenzó el desarrollo del Anillo Periférico y del Circuito Interior (Schteingart e Ibarra, 2016).

¹⁰ Gracias a esa fuerte inversión se remodelaron o construyeron nuevas líneas, por ejemplo, la línea 1 (Metro La Villa-Garibaldi), la 6 (Metro Aeropuerto-La Raza), la 7 (Calzada Ignacio Zaragoza-Villa Coapa) y la 8 (Metro Martín Carrera-Refinería Azcapotzalco); así como la prolongación de la línea 3 (Indios Verdes-La Villa); y la rehabilitación de las líneas: 2 (Metro Escuadrón 201 - Villa Coapa), 4 (Eje 1 Norte) y 5 (Tláhuac - Panteón de San Lorenzo Tezonco), todo ello, por un equivalente estimado en 26.5 millones de dólares (Mendoza, 2017).

Línea 12 del Metro¹¹, misma que significó la eliminación de varias líneas del trolebús.¹² De esta forma, tanto la construcción del Metro y, más recientemente, el desarrollo de corredores BTR o Metrobús¹³, también han traído como consecuencia un paulatino abandono y deterioro del sistema de trolebuses.¹⁴

Finalmente, en fechas más recientes, como parte de su estrategia de renovación del transporte público, las autoridades de la Ciudad de México (CDMX) adquirieron nuevas unidades para el mejoramiento y ampliación del sistema de trolebuses (Barba, 2019). Todo ello, en el marco del Plan Estratégico de Movilidad de la Ciudad de México, donde “se definen líneas de acción que incluyen la ampliación de la flota de trolebuses en 100 unidades y su equipamiento para que puedan efectuar cobros de manera electrónica” (Carrillo, de los Santos y Briones, 2020: 33). De hecho, “dentro de las líneas de acción de la Estrategia de Electromovilidad de la Ciudad de México 2018-2030, se encuentra duplicar la participación de trolebuses de nueva generación” (Idem). Por ello, la siguiente sección ofrece un contraste descriptivo entre tres sistemas de transporte sostenible en la Ciudad de México: el Metro, el Metrobús y el Trolebús.

4. Contraste descriptivo entre el trolebús y otros sistemas de transporte en la Ciudad de México

En esta sección se desarrolla un contraste descriptivo entre el trolebús y otros dos sistemas de transporte en la Ciudad de México: el Metro y el Metrobús. Se seleccionó al Metro por ser un medio de transporte que utiliza energía eléctrica y es considerado una alternativa sostenible de transporte masivo. Se trata de una opción que reemplazó algunas rutas del trolebús y se colocó dentro de las preferencias de muchas personas. Cuenta con un sistema administrativo paraestatal que lo hace una institución descentralizada de similares características a las del STE. Por otro lado, la elección del Metrobús se realizó dado el interés mostrado por el gobierno de la CDMX de utilizar este medio de transporte como una de sus principales es-

¹¹ La línea 12 del Metro tuvo un costo de 16 mil millones de pesos, más 30 mil millones de pesos por un contrato de renta de trenes a 17 años, más 1,200 millones de pesos por pago de reparaciones a tan sólo un par de años de haber sido inaugurada (Hernández, 2017).

¹² Entre ellas la línea E (Eje 8 Sur) y la T1 (Metro Constitución de 1917 a UACM). En ese mismo periodo, (de manera indirecta a la construcción de la Línea 12 del Metro) se eliminaron las líneas F (Eje 3 Oriente), la M (circuito Villa de Cortés), la Línea O (Eje 5 y 6 Sur), la R1 (Metro Escuadrón 201 a UCTM Culhuacán), la R2 (Eje 3 Oriente) y la DM3 (Eje 3 Oriente preferencial). Esta reducción se justificó bajo el argumento de que los trolebuses eran costosos y obsoletos (Mendoza, 2017).

¹³ Las líneas Ñ (Eje 3 y 4 Sur) y la Q (Eje 5 Oriente) fueron sustituidas por el Metrobús (Línea 2 y Línea 5, respectivamente).

¹⁴ Así, para finales de 2007, se eliminaron 10 líneas de trolebús, por lo que únicamente quedan activas ocho líneas.

trategias de movilidad y de reducción de emisiones. En menos de 10 años se han construido siete líneas de Metrobús. Asimismo, el Metrobús ha recibido el apoyo del Banco Mundial para el diseño y construcción de los corredores. Aunado a esto, dos líneas de Metrobús han sustituido a dos rutas del trolebús. Aunque la gestión del Metrobús presenta un esquema diferente a la del Metro y el trolebús, muchos lo consideran una opción de transporte sostenible.

4.1 El Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC)

En 1969 se implementó la primera línea del Metro en la ciudad de México. Desde entonces, la red se ha expandido a doce líneas y 226 kilómetros, de los cuales 197 se utilizan para transportar pasajeros y el resto para mantenimiento. En promedio, el Metro transporta 4.7 millones de pasajeros diarios. Los pasajeros del Metro son principalmente ciudadanos de bajos ingresos, con un salario promedio 15% más bajo que el salario de los usuarios de autobuses y 70% más bajo que el salario de los usuarios de automóviles (Crôtte *et. al*, 2009). De estos pasajeros, aproximadamente 8.8% no paga la tarifa, ya que se otorga acceso gratuito a las personas con discapacidad, a niños menores de cinco años y a los adultos mayores. El cuadro 3 muestra la longitud de cada línea, el número de estaciones y el número diario de pasajeros que suben al Metro, mientras que en el cuadro 3.1 se puede observar el comportamiento del servicio entre 2018 y 2020.

Cuadro 3. Red del Metro en la Ciudad de México, 2016

Línea	Longitud (km)	Estaciones	Trenes	Pasajeros diarios
1	18.8	20	49	766,718
2	23.4	24	40	825,723
3	23.6	21	50	691,120
4	10.7	10	12	83,859
5	15.7	13	25	239,139
6	13.9	11	17	139,527
7	18.8	14	33	274,957
8	20.1	19	30	363,560
9	15.4	12	29	341,368
A	17.2	10	39	249,988
B	23.7	21	36	467,458
12	24.3	20	30	272,004
Total	225.7	195	390	4,715,423

Fuente: Elaboración propia con datos de Semovi, 2016

Cuadro 3.1 Red del Metro en la Ciudad de México, 2018-2020

Periodo	2018	2019	2020
Longitud en servicio (km)	226.0	226.0	226
Trenes en servicio	275.3	276.8	274.75
km recorridos (miles)	3,673.0	3,797.3	3828.1
Pasajeros (millones)	132.7	132.9	74.5*

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2021.

*El número de pasajeros se redujo considerablemente en los meses de abril a octubre, se asume dicho comportamiento a la pandemia por COVID-19

Al igual que el trolebús, el servicio del Metro también se ha deteriorado, pues casi dos tercios de los pasajeros frecuentemente tienen que esperar al menos un tren antes de poder abordarlo. Aparte, varios trenes están fuera de servicio debido al mantenimiento mayor que requiere. Por esa razón, en 2013 se aumentó la tarifa del Metro de tres a cinco pesos, la cual ha sido históricamente baja (STC, 2013). Sin embargo, los costos reales de un viaje en Metro son de 10.6 pesos, lo que significa que el gobierno de la Ciudad de México aún subsidia cada viaje con 5.6 pesos. Con dicho aumento, el STC se ha comprometido a dar mantenimiento a los trenes, instalar escaleras eléctricas, reincorporar los trenes que están fuera de servicio y comprar trenes adicionales (STC, 2013). Pese a ello, “el Metro presentó 28,400 averías en su operación de enero de 2017 a febrero de 2018, cifras que ponen en duda la calidad del transporte y cuyo servicio se vuelve cada día más ineficiente” (Zafra, 2018).¹⁵

4.2 El Metrobús

En la Ciudad de México, en 2005, se introdujo otro sistema de transporte de alta capacidad: el BTR “Metrobús”, que inicialmente se extendió a lo largo de una de las principales avenidas: Insurgentes. En este corredor, las velocidades de los traslados aumentaron de 12 km/h a 17 km/h para los autos en general y a 20 km/h para el Metrobús. Desde entonces, se han construido seis líneas adicionales del Metrobús. Actualmente, la longitud total de la red del Metrobús es de 140 kilómetros, tiene 234 estaciones y 633 autobuses (cuadros 4 y 4.1). Cerca de 1,230,000 pasajeros se transportan diariamente por este sistema (Semovi, 2016). El principal objetivo de Metrobús es reducir el tiempo de traslado dentro de la ciudad, las emisiones GEI, los accidentes y el ruido.

¹⁵ Recientemente, como consecuencia de diversas fallas hubo un choque entre dos trenes del metro en la estación Tacubaya (Lemos, 2019).

¿Es el trolebús un sistema de transporte sostenible en la Ciudad de México?

Mónica Valtierra Brestchneider y Alejandro Navarro Arredondo

DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fcpys.20071949e.2022.42.83226>**Cuadro 4. Red del Metrobús en la Ciudad de México, 2016**

Línea	Longitud (km)	Estaciones	Pasajeros diarios
1	30	46	480,000
2	20	36	180,000
3	17	31	155,000
4	28	34	65,000
5	10	18	70,000
6	20	38	150,000
7	15	31	130,000
Total	140	234	1,230,000

Fuente: Elaboración propia con datos de Semovi, 2016

Cuadro 4.1 Red del Metrobús en la Ciudad de México, 2018-2020

Periodo		2018	2019	2020
km recorridos (miles)		4,063.5	4,282.0	3,199.1
Unidades en existencia		653.3	665.4	675.3
Autobuses en operación	Lunes-viernes	551.8	589.6	440.6
	Sábado-domingo	334.9	355.6	245.3
Pasajeros transportados	Con boleto pagado	27,979.0	30,977.7	16,166.7
	De cortesía	2,452.8	2,316.5	1,437.3*

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2021.

*El número de pasajeros se redujo considerablemente en los meses de abril a octubre, se asume dicho comportamiento a la pandemia por COVID-19

La operación del Metrobús no fue fácil. Los operadores de los antiguos microbuses se opusieron a su implementación porque temían perder su fuente de ingresos. Al respecto, se encontró que los conductores que poseían un solo microbús y que lo operaban por su propia cuenta estaban menos dispuestos a cooperar en la implementación del Metrobús que los dueños de varios autobuses (Flores y Zegras, 2012). Las dos primeras líneas de Metrobús se implementaron con la participación de los dueños de microbuses. Sin embargo, esto solo fue posible gracias a la Red de Transporte de Pasajeros de la Ciudad de México (RTP), que otorgó un subsidio a los operadores de microbuses de propiedad privada (Flores y Zegras, 2012).

No obstante, la tercera línea del Metrobús no contó con la participación de los dueños de microbuses, por lo que en su implementación se utilizó más la coerción y no tanto la colaboración, lo que dio como resultado la movilización de los dueños de microbuses en contra del proyecto. RTP tampoco participó en el proyecto, por lo que no hubo una compensación o subsidio

para los nuevos operadores del Metrobús. Esto ilustra un *trade off* entre la viabilidad política y la eficiencia económica en la implementación del Metrobús (Flores y Zegras, 2012). Así, el Metrobús opera con un déficit anual de 1.72 pesos por pasajero. Sin embargo, su puesta en marcha ha significado la sustitución de más de 2000 microbuses por 439 autobuses articulados, 104 autobuses biarticulados y 90 autobuses de doble piso; así como menores tiempos de viaje, menores emisiones contaminantes y viajes más seguros (Semovi, 2016).

Una vez presentadas las características generales de los tres sistemas de transporte, a continuación, se ofrece un análisis comparativo de dichos sistemas (cuadro 5).

Cuadro 5. Comparativo entre Trolebús, Metro y Metrobús

	Longitud (km)	Velocidad promedio	Capacidad por unidad (personas)	Costos de construcción (pesos/km)	Costos de operación (pesos/km/año)	Ingresos (pesos/km/año)	Emisión de CO ₂ gramos/km
Trolebús	196.94	18 km/h	70 a 100	8,925,000	596,591	1,443.90	0
Metro	225.70	36 km/h	1000 a 1530	1,317,069,080	34,679,140	40,484,180	0
Metrobús	140.00	15 km/h	100 a 240	29,377,800	3,567,600	5,359,840	740

Fuente: Elaboración propia con datos de López, *et. al*, 2014; Barbosa, 2016; C40 Cities Finance Facility, 2018

Un dato que deriva del cuadro 5 es que el Metro es el sistema público de transporte con mayor cobertura en la Ciudad de México (225.70km). Lo anterior, sin duda, se relaciona con una mayor inversión y una mayor promoción del Metro como principal medio de transporte en esta ciudad. Asimismo, el Metro supera tanto al Metrobús como al trolebús en cuanto a su velocidad promedio (es el doble en comparación con los otros dos sistemas de transporte) y su capacidad para transportar personas (es de diez a 15 veces superior que sus contrapartes). En términos de rentabilidad absoluta, el Metro también es preferible al Metrobús y al trolebús, pues sus ingresos por año son significativamente mayores. Sin embargo, si se toman en cuenta los costos de construcción, el trolebús resulta mucho más económico que el Metro y el Metrobús. Un kilómetro de una línea del Metro cuesta casi quince veces más que un kilómetro de trolebús. En tanto, un kilómetro de Metrobús es tres veces más caro que un kilómetro de trolebús.

Otro factor a considerar es el costo operacional de estos sistemas de transporte. Al comparar dichos costos, éstos difieren significativamente debido a los precios de la energía o combustible, refacciones, personal y otros insumos empleados en la operación y el mantenimiento, tanto de las unidades como de la infraestructura a través de la cual se desplazan (C40 Cities Finance Facility, 2018). El costo de operación del trolebús es siete veces más bajo que el del

Metrobús e infinitamente menor que el del Metro. Asimismo, los recientes avances tecnológicos en la industria de autobuses eléctricos, así como la mejora de las tarifas de electricidad pueden reducir aún más el costo operacional de un sistema de trolebuses (López, *et. al*, 2014; Barbosa, 2016; Sampaio y Lima, 2008).

Por otro lado, hoy en día, existe una gran preocupación por el cambio climático debido a las emisiones de GEI. Por ello, la idea de tener un sistema de transporte menos contaminante es motivo de creciente interés a nivel mundial. En particular, la contaminación provocada por las emisiones de los vehículos de combustión interna: automóviles y autobuses es responsable de una parte importante de las emisiones contaminantes: más del 75% en la ZMVM (SMA, 2020). Así, a medida que la población en ZMVM continúa creciendo, a los residentes les resultará difícil escapar a los efectos negativos de la contaminación, debido a la creciente demanda de viajes y al respectivo aumento en el número de vehículos. De hecho, un buen sistema de transporte público lograría que las personas dejen de usar vehículos de un solo ocupante. Sin embargo, hay que tener mucho cuidado al elegir la alternativa de transporte masivo, pues un mayor número autobuses provocaría más contaminación, a menos que algunos de éstos sean libres de emisiones.

En ese aspecto, tanto el Metro como el trolebús superan al Metrobús, pues este último contribuye con más emisiones de CO₂ que los anteriores (López, *et. al*, 2014; Barbosa, 2016; Sampaio y Lima, 2008). En el Valle de México, el transporte con motor de diésel y gasolina representa solo 16% de todos los kilómetros recorridos, sin embargo, produce 23.72 millones de toneladas de CO₂ anualmente, lo cual representa un costo social equivalente a 1.07% de su Producto Interno Bruto (PIB) y cerca de 5 mil muertes prematuras por contaminación ambiental (IPTD, 2019). Claramente, agregar más vehículos de combustión interna (como el Metrobús) a la flota de tránsito no es deseable donde existen otras opciones de transporte más sostenibles. Así, una de las alternativas que se está estudiando para atender este problema es la aplicación de propulsión eléctrica en el transporte, lo cual también ayudará a promover el desarrollo sostenible en las ciudades.

Como se puede observar, los planificadores de transporte de la Ciudad de México tienen al menos tres opciones de transporte masivo y cada una de ellas posee ventajas y desventajas. Por lo tanto, las decisiones que tomen dichos planificadores pueden sentar un precedente para lograr una ciudad más sostenible y mejorar la calidad de vida en toda la ZMVM. Así, la elección de operar un sistema de transporte multimodal que incluya autobuses de combustión interna podría afectar la imagen de la ciudad en términos de sus compromisos ambientales y de la calidad percibida de su sistema de transporte. En ese sentido, los trolebuses poseen ventajas ambientales considerables y generalmente se encuentran en ciudades que ofrecen

un servicio de transporte de mayor calidad (Tica, *et. al*, 2011).

Aparte de los beneficios ambientales, una adecuada inversión en infraestructura de transporte puede tener repercusiones en los incentivos que poseen las personas para dejar de conducir vehículos de combustión interna. Por ejemplo, el gasto público en infraestructura de transporte en Estados Unidos, desde la década de 1970, se caracterizó por inversiones masivas en carreteras y una desinversión en transporte público, lo que resultó en el desplazamiento de servicios de transporte de mayor calidad, como el tren eléctrico y los trolebuses, por autobuses de diesel. Al respecto, un informe del Senado estadounidense culpa a esta conversión del rápido deterioro del transporte público y el posterior aumento en el uso de automóviles privados (Garrison y Levinson, 2014).

Si uno compara el desarrollo del transporte en ciudades estadounidenses con el de las ciudades europeas, se encuentra que, donde continuaron las inversiones sustanciales en infraestructura de transporte eléctrico de alta calidad, éste ha mantenido su popularidad en relación con el automóvil privado. Al respecto, es de destacar que las ciudades alemanas invirtieron continuamente en transporte eléctrico de alta calidad durante varias décadas y las tendencias allí no muestran los mismos desplazamientos del transporte público por automóviles privados característicos de Estados Unidos (Garrison y Levinson, 2014). En otras palabras, la falta de inversión financiera en el desarrollo y operación de sistemas multimodales efectivos y de alta calidad, ejerce un efecto negativo en la capacidad del transporte público para competir con el automóvil privado. Un efecto similar es posible en la Ciudad de México si se prefiere invertir en autobuses de combustión interna en lugar de sistemas de transporte eléctrico.

Por otro lado, algunos señalan que existen otras ventajas para invertir en un sistema de transporte que no dependa completamente de una fuente de energía (Sampaio y Lima, 2008). En particular, puede darse el caso de que existan incrementos dramáticos en los precios del petróleo y sus derivados: diésel y gasolina. Ese riesgo aumentará a medida que la producción de petróleo disminuya. Incluso en el corto plazo los precios del petróleo no son estables. Por ejemplo, en fechas recientes la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) ha intentado persuadir a las naciones productoras de petróleo de que disminuyan su producción para evitar la caída de los precios del petróleo. Tales acciones políticas tienen el potencial de sumergir a las naciones dependientes del petróleo, como México, en otra crisis energética de magnitud similar a la experimentada en la década de 1970. Por ello, invertir en sistemas de transporte eléctrico provocaría una disminución de la dependencia del petróleo.¹⁶

¹⁶ Como se mencionó anteriormente, muchos sistemas de trolebuses fueron abandonados a mediados del siglo pasado como

Finalmente, una revisión reciente de sistemas de transporte alrededor del mundo revela que muchas ciudades han reafirmado su compromiso con el trolebús, invirtiendo en extensiones de rutas o en la renovación de infraestructura, así como en la compra de nuevos vehículos (Joshi, *et. al*, 2018). Por ejemplo, la ciudad de Arnhem, en los Países Bajos, lanzó su programa “Trolley 2000” dando mayor énfasis a inversiones en un sistema de transporte más sostenible. Algunas experiencias notables de renovación también se han llevado a cabo en Atenas, Grecia; Linz, Austria; Quito, Ecuador; Lausana, Suiza; así como en las ciudades chinas de Pekín, Guangzhou y Shanghái, solo por nombrar algunas. Así, el trolebús ha ganado cada vez más atención a nivel mundial a la luz de las crecientes preocupaciones ambientales y, por ello, varias ciudades están considerando seriamente implementarlo como medio de transporte sostenible (Joshi, *et. al*, 2018).

5. Conclusiones

A nivel mundial se vive un intenso proceso de urbanización. Asimismo, cada vez más ciudades, sobre todo de países en vías de desarrollo, están estableciendo al automóvil como su principal medio de transporte, lo que está generando problemas de congestión vehicular y contaminación atmosférica en centros urbanos de rápida expansión. Estas tendencias afectan significativamente la habitabilidad de las ciudades, manifestándose en problemas de sostenibilidad, como la degradación ambiental, el aumento de la desigualdad social y pérdidas económicas. Una de las posibles soluciones a estos problemas podría ser la introducción o ampliación de sistemas eléctricos de transporte masivo, como los trolebuses.

El trolebús, un sistema de transporte que no produce emisiones contaminantes directas y cuya infraestructura y mantenimiento se antojan más viables económica y técnicamente que las de otro tipo de transportes eléctricos como el autobús, también podría constituirse en una alternativa del gobierno de la Ciudad de México para diseñar políticas y sistemas de transporte que contribuyan a lograr sus metas de desarrollo urbano sostenible, así como de mitigación y adaptación al cambio climático. Sin embargo, las autoridades de la ciudad han optado por darle prioridad a la implementación de otros sistemas de transporte masivo, particularmente al Metro y, más recientemente, al Metrobús.

parte de una tendencia general hacia la desinversión en el transporte público. Esto hizo que los autobuses con motor de diésel fueran una opción más atractiva, económicamente, como sistema de transporte. Sin embargo, la mayoría de estos abandonos se produjeron en un momento en que los impactos ambientales de operar motores de combustión interna no se consideraban tan negativos. No obstante, la tendencia hacia el abandono de los sistemas de trolebuses fue revertida a fines del siglo pasado y en su mayor parte se debió a las repercusiones de la crisis energética referida líneas arriba.

No obstante, durante décadas, el mismo gobierno de la Ciudad de México ha identificado en el sistema de trolebuses una oportunidad para hacer frente a la crisis ambiental y de calidad del aire que afecta a su población. Desde principios de los 90 anunciaba inversiones en la mejora y ampliación de las rutas existentes y posteriormente, en el PROAIRE, consideraba al trolebús como un elemento clave para lograr los objetivos trazados en dicho programa. Sin embargo, otros instrumentos de política pública de movilidad, medio ambiente y cambio climático centran sus esfuerzos en impulsar un modo de transporte similar, pero con costos ambientales y monetarios mayores: el Metrobús.

En parte, el presente artículo identifica estas decisiones de política pública como una respuesta ante las prioridades y estrategias internacionales dado que los apoyos monetario y técnicos de diferentes instancias como el Banco Mundial se han centrado en los últimos años en incrementar los sistemas de BRT como respuesta a diferentes y complejas problemáticas de crecimiento y movilidad urbana en las grandes ciudades del mundo. No obstante, el artículo también plantea que, al ser un sistema existente no sólo en la Ciudad de México, el trolebús es una alternativa mucho más costo-efectiva de transporte para la Ciudad de México y con una capacidad y servicio que puede ser igualado a la del Metrobús.

Lo que ocurre en esta ciudad no es ajeno a la situación que vive el trolebús en otras latitudes, pues a lo largo de este artículo fue posible constatar que ha habido períodos en que los sistemas de trolebuses se desarrollaron ampliamente en el mundo y períodos en que fueron reemplazados por otras formas de transporte. Pero hoy en día parece existir una tendencia hacia la reintroducción de este sistema de transporte. Un gran número de ciudades, especialmente en Europa occidental, los ha adoptado nuevamente porque no producen contaminación, así como por su bajo costo de construcción y operación.

Tomando en consideración todo lo anterior, se puede llegar a la conclusión de que un sistema de transporte público económicamente viable, accesible y que proteja al ambiente, representa una de las principales inquietudes para fomentar el desarrollo urbano sostenible. En ese sentido, la experiencia observada en muchas ciudades para desarrollar y mejorar sus sistemas de trolebuses podría ofrecer respuestas a estas inquietudes. Al respecto, varios hechos y argumentos a favor del trolebús se consideraron en el desarrollo de este documento:

- Es respetuoso con el medio ambiente y no produce tanto ruido como otros sistemas de transporte.
- Su fuente de energía es casi universal, pues utiliza electricidad, la cual se puede producir prácticamente a partir de todas las demás fuentes de energía.

¿Es el trolebús un sistema de transporte sostenible en la Ciudad de México?

Mónica Valtierra Brestchneider y Alejandro Navarro Arredondo

DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fcpys.20071949e.2022.42.83226>

- Requiere una inversión y un tiempo de construcción menor en comparación con otros sistemas de transporte, como el Metro y el Metrobús, sus costos de operación y mantenimiento también son más accesibles.
- El inminente desarrollo tecnológico de la industria de trolebuses permitirá una disminución de sus precios de fabricación y de sus costos operativos (principalmente de mantenimiento). También permitirá el aumento de la producción de sus componentes y agregados.
- Es conveniente por la rapidez de sus efectos positivos en la solución de los problemas de congestión vehicular y contaminación atmosférica.

6. Fuentes de información

Asociación Internacional de Transporte Público (AITP) (2019), *The Global Tram and Light Rail Landscape*. October 2019, disponible en: https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2020/09/Statistics-Brief-World-LRT_web.pdf (Fecha de consulta: 14 de agosto de 2022).

Banister, David y Kenneth Button (2015), *Transport, the Environment and Sustainable Development*, Londres: Routledge.

Barba, Jesús (2019), “CDMX estrena 40 trolebuses de primera calidad, después de 22 años”, disponible en: <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/cdmx-estrena-40-trolebuses-de-primera-calidad-despues-de-22-anos/> (Fecha de consulta: 19 de febrero de 2020).

Barbosa, Fábio (2016), “Modern Trolleybus Systems as a Technological Option for Greening Bus Corridors. A Technical Economical Assessment”, *Technical Paper* No. 2016-36-0177. Nueva York: Society of Automotive Engineers.

Burton, Elizabeth, Mike Jenks y Katie Williams (eds.) (2013), *Achieving sustainable urban form*, Londres: Routledge.

Button, Kenneth (2010), *Transport economics*, Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Carrillo, Jorge, José de los Santos y Julio Briones (2020). “Hacia una electromovilidad pública en México”, Santiago de Chile: CEPAL.

Cervero, Robert y Aaron Golub (2007), “Informal transport: A global perspective”, *Transport Policy*, 14 (6).

Crotte, Amado, Robert Noland y Daniel Graham (2009), “Is the Mexico City metro an inferior good?” *Transport Policy*, 16 (1).

Crescenzi, Riccardo y Andrés Rodríguez (2012), “Infrastructure and regional growth in the European Union”, *Papers in Regional Science*, 91 (3).

C40 Cities Finance Facility, (2018), *Evaluation of Electric Buses for Eje 8 Sur*, disponible en: <https://cff-prod.s3.amazonaws.com/storage/files/OUfjGtaTa9DvErsxOvtsRUqWy-Vhy8223rwzGhclQ.pdf>(Fecha de consulta: 11 de marzo de 2021).

Dieleman, Frans y Michael Wegener (2004), “Compact city and urban sprawl”, *Built Environment*, 30 (4).

Dassbach, Carl (1991), “The origins of Fordism: The introduction of mass production and the five-dollar wage”, *Critical Sociology*, 18(1), 77-90.

- Flores, Onesimo y Chris Zegras (2012), "The costs of inclusion: Incorporating existing bus operators into Mexico City's emerging bus rapid transit system", ponencia presentada en la 12th Conferencia sobre Sistemas Avanzados de Transporte Público, 22 a 27 de julio, Santiago, Chile.
- Fulton, Lewis, Oliver Lah y François Cuenot (2013), "Transport pathways for light duty vehicles: towards a second scenario", *Sustainability*, 5 (5).
- Garrison, William y David Levinson (2014), *The transportation experience: policy, planning, and deployment*, Oxford: Oxford University Press.
- Hernández, Eduardo (2017), "Línea 12 del Metro, la más cara de la historia", disponible en: www.eluniversal.com.mx/metropoli/cdmx/linea-12-delmetro-la-mas-cara-de-la-historia (Fecha de consulta: 17 de febrero de 2020).
- Hidalgo, Darío y Luis Gutiérrez (2013), "BRT and BHLS around the world: Explosive growth, large positive impacts and many issues outstanding", *Research in Transportation Economics*, 39 (1).
- Hoornweg, Daniel y Kevin Pope (2017), "Population predictions for the world's largest cities in the 21st century", *Environment and Urbanization*, 29 (1).
- Hüging, Hanna, Kain Glensor y Oliver Lah (2014), Need for a Holistic Assessment of Urban Mobility Measures – Review of Existing Methods and Design of a Simplified Approach. *Transportation Research Procedia*, 4.
- Inderwildi, Oliver y David King (eds.) (2012), *Energy, transport, & the environment: addressing the sustainable mobility paradigm*, Berlín: Springer Science & Business Media.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021), *Transporte Urbano de pasajero. Tabulados predefinidos en la Ciudad de México*, disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/transporteurbano/#Tabulados> (Fecha de consulta: 11 de marzo de 2021).
- International Energy Agency (IEA) (2017), *Energy Technology Perspectives 2017*, disponible en: <https://webstore.iea.org/energy-technology-perspectives>-(Fecha de consulta: 2 de diciembre de 2019).
- International Transport Forum (ITF) (2017), *ITF Transport Outlook 2017*, disponible en: <http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/transport/itf-transport-outlook-2017/> (Fecha de consulta: 02 de diciembre de 2019).
- Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (IPTD) (2019), "Externalidades negativas asociadas al transporte terrestre", disponible en: <http://mexico.itdp.org/noticias/externalidades/> (Fecha de consulta: 27 de marzo de 2020).

- Joshi, Minu; Ajay Vaidya y Manali Deshmukh (2018), "Sustainable transport solutions for the concept of smart city", en Jai Gupta, *et. al.* (eds.) *Sustainable Energy and Transportation*, Singapur: Springer.
- Lemos, Gerardo (2019), "Choque de trenes en el metro Tacubaya", disponible en: <https://cnnespanol.cnn.com/2020/03/11/dos-trenes-del-metro-de-ciudad-de-mexico-chocan-en-estacion-de-tacubaya/> (Fecha de consulta: 17 de febrero de 2020).
- López, Abel; Paula dos Santos, José Hernández y Aldo Cerezo (2014), "Evaluating Improvements in Bus Rapid Transit in Mexico City", *Transportation Research Record*, 2451 (1).
- Lucas, Karen (2012), "Transport and social exclusion: Where are we now?", *Transport Policy*, 20.
- Mendoza, Denisse (2017). "El sexagenario Trolebús (da y seguirá dando para más)", disponible en: www.cronica.com.mx/notas/2017/1005670.html (Fecha de consulta: 17 de febrero de 2019).
- Moreno, Martha (1999), "El transporte eléctrico en México (Trolebús): Análisis de la deficiencia y carencia del servicio. Propuesta para la ampliación del sistema", Tesis de Maestría, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nikitas, Alexandros y MariAnne Karlsson (2015), "A worldwide state of the art analysis for bus rapid transit: Looking for the success formula", *Journal of Public Transportation*, 18 (1).
- Palacios, Emerson (2010). *Del paisaje urbano difuso a la ciudad compacta*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Paterson, Matthew (2007), *Automobile politics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica (PICCA) (1990), *Un Compromiso Común*, disponible en: www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/gestion-ambiental/aire/memoria/documental2001/2006/descargas/programa_integral_contra_la_contaminacion_atmosferica.pdf (Fecha de consulta: 18 de febrero de 2020).
- Rafter, David (1995), "The electric trolley bus: a neglected mode in US transit planning", *Journal of the American Planning Association*, 61 (1).
- Sabatini, Francisco (2003), *La segregación social del espacio en las ciudades de América Latina*. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Saighani, Assadollah y Carsten Sommer (2017), "Potentials for reducing carbon dioxide emissions and conversion of renewable energy for the regional transport market-a case study", *Transportation Research Procedia*, 25.

- Sampaio, Breno y Oswaldo Lima (2008), "Efficiency analysis of public transport systems: Lessons for institutional planning", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42 (3).
- Secretaría del Medio Ambiente (2020), *Contribución de emisiones contaminantes por sector*, disponible en: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27ZKBhnml=%27> (Fecha de consulta: 10 de marzo de 2020).
- Secretaria de Movilidad (2016), *Anuario del Transporte y la Vialidad 2016*, disponible en: www.semovi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Anuario%202016.pdf (Fecha de consulta: 14 de enero de 2020).
- Schteingart, Martha y Valentín Ibarra (2016), *Desarrollo urbano-ambiental y movilidad en la Ciudad de México: Evaluación histórica, cambios recientes y políticas públicas*. México: El Colegio de México.
- Sistema de Transporte Colectivo (2013), "Actualización de la tarifa en el STC", disponible en: <http://data.metro.cdmx.gob.mx/imagenes/organismo/boleto/prestarifa.pdf> (Fecha de consulta: 18 de febrero de 2020).
- Small, Kenneth; Erik Verhoef y Robin Lindsey (2007), *The Economics of Urban Transportation*, Londres: Routledge.
- Tica, Slaven; Snezana Filipovic, Predrag Zivanovic y Stanko Bajcetic (2011), "Development of trolleybus passenger transport subsystems in terms of sustainable development and quality of life in cities", *International Journal for Traffic & Transport Engineering*, 1 (4).
- Venter, Christoffel; Gail Jennings, Darío Hidalgo y Andrés Valderrama (2018), "The equity impacts of bus rapid transit: A review of the evidence and implications for sustainable transport", *International Journal of Sustainable Transportation*, 12 (2).
- Vigar, Geoff (2013), *The politics of mobility: Transport planning, the environment and public policy*, Londres: Routledge.
- Vozyanov, Andrey (2017), "Urban Electric Public Transport in Eastern and Southeastern Europe: Toward a Historical Anthropology of Infrastructural Crises", *Mobility in History*, 8 (1).
- Williams, Katie (2005), *Spatial Planning, Urban form and Sustainable Transport*, Ashgate: Aldershot.
- Zafra, Gibrán (2018), "Un suplicio llamado Metro".
- Zlotnik, Hania (2004), "World urbanization: trends and prospects", en Hugo Graeme y Tony Champion (eds.), *New Forms of Urbanization: Beyond the Urban-Rural Dichotomy*, Basingstoke: Ashgate.

¿Es el trolebús un sistema de transporte sostenible en la Ciudad de México?

Mónica Valtierra Brestchneider y Alejandro Navarro Arredondo

DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fcpys.20071949e.2022.42.83226>



ENCRUCIJADA
REVISTA ELECTRÓNICA DEL
CENTRO DE ESTUDIOS EN
ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

42° NÚMERO SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 2022

Revista Electrónica del
Centro de Estudios en Administración Pública de la
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales,
Universidad Nacional Autónoma de México



Centro de Estudios en
Administración Pública
FCPS UNAM



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Rector: *Dr. Enrique Luis Graue Wiechers*

Secretario General: *Dr. Leonardo Lomelí Vanegas*

Secretario Administrativo: *Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez*

Abogado General: *Dr. Alfredo Sánchez Castañeda*

FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES

Directora: *Dra. Carola García Calderón*

Secretaria General: *Lic. Patricia G. Martínez Torreblanca*

Secretario Administrativo: *Lic. Jesús Baca Martínez*

Jefa de la División de Estudios de Posgrado:
Dra. María Areli Montes Suárez

Jefa de la División de Educación Continua y Vinculación:
Mtra. Alma Iglesias González

Jefe de la División del Sistema Universidad Abierta y Educación a
Distancia: *Mtro. Adolfo Gracia Vázquez*

Jefe de la División de Estudios Profesionales:
Dr. Adán Arenas Becerril

Coordinador del Centro de Estudios en Administración Pública:
Dr. Arturo Hernández Magallón

Coordinador de Informática:
Ing. Alberto Axcaná de la Mora Pliego

LA REVISTA

Director de la Revista:
Dr. Maximiliano García Guzmán

Editor de la Revista:
Mtro. Eduardo Leal Hernández

Consejo Editorial:
Dr. Alejandro Navarro Arredondo
Dr. Arturo Hernández Magallón
Dr. Carlos Juan Núñez Rodríguez
Dra. Fiorella Mancini
Dr. Eduardo Villarreal Cantú
Dr. Roberto Moreno Espinosa

Diseño, integración y publicación electrónica: Coordinación de Informática, Centro de Investigación e Información Digital, FCPyS-UNAM. Coordinación de producción: Alberto A. De la Mora Pliego. Diseño e Integración de la publicación: Rodolfo Gerardo Ortiz Morales. Programación y plataforma Web: Guillermo Rosales García.

ENCRUCIJADA REVISTA ELECTRÓNICA DEL CENTRO DE ESTUDIOS EN ADMINISTRACIÓN PÚBLICA, Año 13, No.42, septiembre-diciembre 2022, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México a través de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales y el Centro de Estudios en Administración Pública, Circuito Mario de la Cueva s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, México, D.F., Tel.(55)56229470 Ext.84410, <http://ciid.politicas.unam.mx/encrucijadaCEAP/>, ceap@politicas.unam.mx. Editor responsable: Dr. Maximiliano García Guzmán. Reserva de Derechos al uso Exclusivo No. 04-2011-011413340100-203, ISSN: 2007-1949. Responsable de la última actualización de este número, Centro de Estudios en Administración Pública de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Mtro. Eduardo Leal Hernández, Circuito Mario de la Cueva s/n, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, C.P. 04510, México D.F., fecha de la última modificación, 23 mayo de 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.