

Diseño de red de paraderos para la reestructuración del Sistema de Transporte Público de Mexicali

Dr. Alejandro Sánchez Atondo^a, Dr. José Manuel Gutiérrez^b,
Dr. Alejandro Mungaray Moctezuma^c

^a Universidad Autónoma de Baja California – Facultad de Ingeniería Mexicali, Blvd. Benito Juárez S/N, sanchez.alejandro29@uabc.edu.mx, Mexicali, Baja California, México.

^b Universidad Autónoma de Baja California – Facultad de Ingeniería Mexicali, Blvd. Benito Juárez S/N, 27364@uabc.edu.mx, Mexicali, Baja California, México.

^c Universidad Autónoma de Baja California – Facultad de Ingeniería Mexicali, Blvd. Benito Juárez S/N, alejandro.mungaray@uabc.edu.mx, Mexicali, Baja California, México.

Resumen

En muchas ciudades latinoamericanas, los sistemas de transporte público operan bajo un esquema no integrado y orientado al servicio directo, que fomenta la competencia entre operadores en detrimento de la calidad del servicio. Así, se han desarrollado propuestas de reestructuración buscando migrar a sistemas tronco-alimentados. Sin embargo, muchas de estas no han logrado su objetivo e incluso, algunas no se han implementado. Una de las causas es que las propuestas se limitan al diseño geométrico de la red, es decir, los trazos o derroteros de las rutas, sin embargo, no incluyen el diseño de una red de puntos de ascenso y descenso oficiales que brinde una accesibilidad adecuada al sistema y permita una mayor atracción de usuarios. En este estudio se presenta una propuesta metodológica para diseñar una red de paraderos, la cual es aplicada en el caso de estudio del sistema de transporte público de Mexicali, Baja California. El método presentando puede ser aplicado en distintos contextos urbanos, ya que parte de un análisis del estado actual del sistema en cuestión, y a partir de este análisis, se lleva a cabo una clasificación de paraderos, una definición de zonas de transferencia, la definición de un espaciamiento base y la propuesta de localización de los paraderos oficiales.

Palabras clave— Movilidad urbana sustentable, paraderos de transporte público, sistemas tronco-alimentados

Abstract

Public transport systems in many Latin American cities operate in a non-integrated scheme focused on direct service. This encourages competition between operators and diminishes service quality. Thus, restructuring proposals have been developed seeking to migrate to trunk-fed systems, however, many of these have not achieved their objective and some have not even been implemented. One of the reasons is that the proposals focus on geometric design, but do not include an official stop-point network that could provide adequate accessibility and allow more users attraction. This study presents a methodological proposal to design a stop-point network and is applied in the case study of the public transport system of Mexicali, Baja California. The method can be replied in different urban contexts since it starts with an actual state analysis and from this, the classification of

stop-points is carried out. Afterward, potential transfer zones are identified, a base spacing is defined, and finally, the proposed location of the official stop-points is carried out.

Keywords— Sustainable urban mobility, public transport stops-points, trunk-fed public transport systems

1. INTRODUCCIÓN

El transporte público se ha convertido en la columna vertebral de una movilidad urbana eficiente, y un suministro adecuado del mismo ayuda a que las ciudades sean más dinámicas y competitivas [1], por lo que contar con sistemas de transporte público eficientes debe ser una de las prioridades de los responsables de la planeación de la movilidad urbana, y deben formularse estrategias que fomenten su uso [2].

En la mayoría de las ciudades latinoamericanas, el proceso histórico en la toma de decisiones relacionadas con la asignación y reestructuración de sus sistemas de transporte público se ha llevado a cabo de manera reactiva, ya que los estudios sobre movilidad y transporte son escasos y no se ejecutan de forma periódica [3]. Esto ha provocado que, en muchas de estas ciudades, la red de transporte público presente altos índices de sinuosidad o sobrepiso, y que el sistema funcione bajo un esquema operativo no integrado, orientado al servicio directo, que fomenta la competencia entre operadores en detrimento de la calidad del servicio. Lo anterior afecta los niveles de servicio prestado y provoca una constante disminución de demanda de usuarios [4].

A partir de los diversos casos de éxito a nivel internacional, es evidente que una solución al problema de transporte urbano es la implantación de políticas integrales que fomenten una movilidad urbana sustentable, entre las que destaca una oferta de transporte público integrada en un sistema tronco-alimentado [5]. Así, en años recientes diversas ciudades de México han llevado a cabo propuestas de reestructuración de sus sistemas de transporte público, buscando migrar a un esquema integrado con corredores troncales y rutas alimentadoras, que permita atraer una mayor cantidad de usuarios [6]. Sin embargo, muchas de las propuestas no han logrado su objetivo e incluso, algunas no han sido implementadas, tal es el caso de la ciudad de Mexicali, Baja California. Eso se debe a que la mayoría de las propuestas suelen limitarse al aspecto geométrico y operativo general, es decir, establecen el trazado de rutas troncales y alimentadoras, y en ocasiones las frecuencias de paso ideales, pero no contemplan el diseño de una red de paraderos oficial que brinden una accesibilidad adecuada a la red propuesta.

Sobre esto, Loader & Stanley [7] indican que en cada contexto existen atributos mínimos de accesibilidad que se deben brindar para lograr un incremento de usuarios. En este tipo de sistemas troncales, la accesibilidad depende en gran medida del acceso o cobertura espacial que brinda el sistema [8], la cual se logra mediante los puntos de ascenso y descenso también conocidos como paraderos. Así, la

construcción de paraderos buscar facilitar al usuario el intercambio entre medios de transporte al evitar confusiones en sus transbordos, reduciendo la distancia de recorrido y mejorando las condiciones en que se lleva a cabo [9]. Urazán et al. [10] establecen que la puesta en marcha de la obligatoriedad de los paraderos ha de eliminar el escenario en que los autobuses realizan paradas momentáneas e improvisadas en su recorrido, atendiendo a la orden del pasajero que quiere abordar o que quiere desembarcar, sin ningún tipo de control, ocasionando congestionamientos y aumentando la potencialidad de accidentes, tanto para los usuarios del sistema como para otros vehículos que se encuentren en la corriente de tráfico.

En México, la mayoría de los instrumentos normativos relacionados con las zonas de ascenso y descenso de pasajeros del sistema de transporte público, incluyen parámetros y criterios específicos relacionadas con las dimensiones entre aceras y carriles vehiculares, longitudes de las zonas de ascenso y descenso, anchos mínimos de banqueta, dimensiones del señalamiento, etcétera. En contraparte, para definir la ubicación de los paraderos, los documentos normativos suelen establecer solo recomendaciones generales como son analizar puntos de parada existentes, así como considerar centros productores y atractores de viaje, sin embargo, no incluyen criterios de espaciamiento y localización específicos. Por otro lado, existen estudios y publicaciones en la literatura que tratan el tema de la planificación y optimización de las redes de paraderos de transporte público, utilizando diferentes propuestas de algoritmos y metodologías complejas de optimización, por lo que su aplicación en la práctica resulta poco viable en ciudades donde existen recursos e información limitada.

Por lo tanto, en este estudio se presenta el diseño y aplicación de una metodología para definir una “red” oficial de paraderos para propuestas de reestructuración del transporte público a sistemas tronco-alimentados, que permita que estos cuenten con una adecuada accesibilidad. Lo anterior tomando como caso de estudio la ciudad de Mexicali, Baja California.

2. CONTENIDO

2.1 Antecedentes del caso de estudio

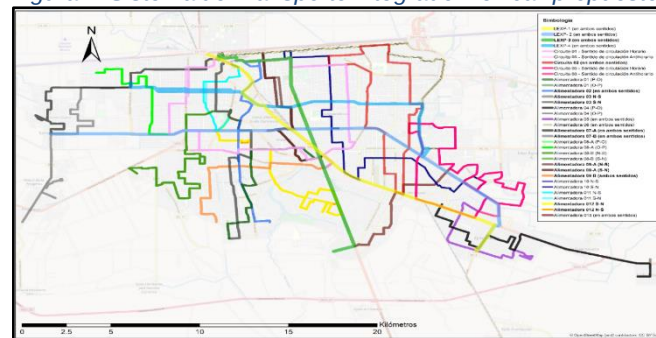
La ciudad de Mexicali es la capital del estado de Baja California, México. Se ubica en el noroeste del país, y hace frontera con Calexico, California, Estados Unidos. En la zona urbana de la ciudad residen 854,186 habitantes, que desde el año 2020 exhibe una tasa de crecimiento anual del 2.1%, su población económicamente activa alcanza un total de 506,140 personas, equivalente al 59.25% [11]. Además, muestra una extensión de su mancha urbana que en los últimos 20 años ha generado una conurbación con las localidades inmediatas de Ejido Puebla, Santa Isabel y Progreso, con las cuales exhibe gran movilidad por motivo de empleo, educación y prestación de servicios, derivado de lo anterior en el último censo del INEGI ya se incorpora la población de estas localidades en el total de la ciudad de Mexicali.

De acuerdo con el Programa Integral de Movilidad Urbana Sustentable de Mexicali, en esta ciudad solo el 7% de los 2 millones de viajes diarios se realizan en transporte público, mientras que el 83% se llevan a cabo en automóvil particular [11], con un indicador de kilómetro-vehículo recorrido per cápita que asciende 6,000 km por habitante y es, por mucho, el más elevado del país [12]. Esto tiene serias implicaciones ambientales, ya que el 68% de la contaminación de la ciudad es provocada por el transporte, por lo que en el año 2018 Mexicali tuvo los más altos índices de contaminación en México y Norteamérica, y fue la 6ta ciudad con la peor calidad del aire en todo el continente [13].

En Mexicali, como en la mayoría de ciudades latinoamericanas, el proceso histórico de conformación del sistema de transporte público se ha llevado a cabo de manera reactiva ya que los estudios y datos sobre movilidad son escasos [3]. Lo anterior, aunado a que el sistema opera bajo un esquema de servicio directo, ha resultado en una red con un sobrepeso cercano al 80% y sinuosidad superior a 1.7. Esto se traduce en una operación ineficiente con altos costos de operación, que hacen necesarios los aumentos constantes de tarifa y ha obligado a que la red opere con solo el 50% de los kilómetros concesionados. Debido a esto, existe una constante disminución de usuarios con aproximadamente 120 mil pasajeros diarios [14]. Es decir, en la ciudad de Mexicali se experimenta lo que se conoce como “círculo vicioso de transporte público”.

Todo lo anterior se traduce en un escenario de movilidad urbana no sustentable que representa una limitante para el desarrollo de la localidad, por lo que en el año 2018 se realizó una propuesta para eficientizar el sistema de transporte colectivo público, a partir de la integración y operación de ejes troncales. Esta propuesta se llevó a cabo desde un enfoque geométrico, buscando optimizar la oferta mediante recorridos más eficientes para reducir costos operativos, y considerando una integración y operación conjunta de las distintas empresas transportistas. Como resultado se obtuvo una propuesta conformada por 23 rutas, de las cuales 4 son troncales, 16 alimentadoras y 3 circuitos (Ver Figura 1).

Figura 1. Sistema de Transporte Integrado Mexicali propuesto



Fuente: UABC, 2019, [4].

Como se observa en la Tabla 1, la propuesta de reordenamiento logra reducir los kilómetros recorridos de los

operadores en un 57%, permitiendo la reducción de los costos operativos y dando la posibilidad de mejorar las frecuencias de paso para beneficio de los usuarios. Además, con relación al sobrepiso (SP) se logra una reducción cercana al 55%, ya que la red actual presenta un factor promedio del 75%, mientras que la propuesta de reordenamiento únicamente el 26.3% de sus trazos se superponen. De este modo se impacta de manera positiva en la eficiencia de la operación y del sistema en conjunto, pues se genera una traza más distribuida y específica para cada zona de la ciudad. Adicionalmente el factor de sinuosidad (FS) promedio pasa de 1.77 a 1.25 en troncales y 1.37 en circuitos, mientras que los recorridos sinuosos son llevados a cabo por rutas alimentadoras de recorridos menores.

Tabla 1. Comparativa geométrica de escenarios

Indicador de servicio	Red existente	Red propuesta SIT			
	Promedio	Troncales	Circuitos	Alimentadoras	Promedio
Kilómetros totales	935.6	82	85.3	234.8	402.1
Factor de sinuosidad	1.77	1.25	1.37	1.88	1.70
Factor de sobre piso	75%	37.6%	33.7%	22.1%	26.3%

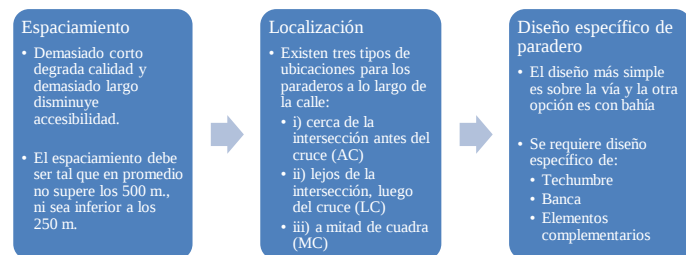
Fuente: UABC, 2019 [4].

Por otro lado, la propuesta de reordenamiento también aumenta en el porcentaje de cobertura espacial, al pasar de un 92% al 96%, sin embargo, para que el sistema sea realmente accesible a la población, es necesario que dicha propuesta se complemente con el diseño de una red de paraderos oficial que otorgue confiabilidad al sistema y aumente su eficiencia.

2.2 Propuesta metodológica

A partir de las recomendaciones generales de la literatura, así como las especificaciones normativas, es posible establecer un proceso general que debe ser considerando en el diseño de una red de paraderos (ver Figura 2).

Figura 2. Proceso general para diseño de red de paraderos

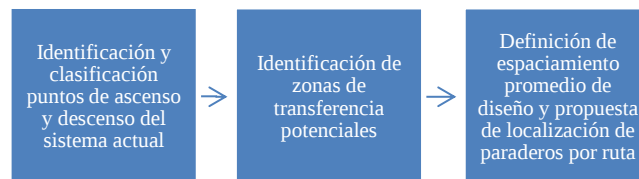


Fuente: Elaboración propia

El proceso de la Figura 2 es genérico y adecuado para el diseño de una red de paraderos desde cero. Para el caso donde existen ya algunos paraderos oficiales, así como diversos puntos de ascenso y descenso informales, es necesario generar una metodología particular que permita aprovechar la infraestructura existente buscando el funcionamiento óptimo del sistema.

Así, se diseña una metodología específica la cual contempla la identificación de todos los puntos de ascenso y descenso (oficiales y no oficiales) del estado actual, su clasificación, el cálculo de indicadores generales de la red actual, la identificación de zonas de transferencia potenciales debido a la disposición de los derroteros de las rutas y las líneas de deseo de la población, la definición de un espaciamiento promedio adecuado de acuerdo a las recomendaciones generales y la definición de zonas de parada por ruta (ver Figura 3).

Figura 3. Metodología específica diseñada



Fuente: Elaboración propia

2.2.1 Identificación y clasificación de puntos de ascenso y descenso del sistema actual

El primer paso busca obtener la ubicación espacial de todos los puntos de ascenso y descenso que existen en el sistema actual, y clasificar los mismos de acuerdo a la infraestructura con la que cuentan.

La ubicación de los puntos se puede hacer a partir de información con la que cuente el organismo encargado de la administración y operación del servicio de transporte público de la ciudad. En caso de que dicha información no exista o no permita la clasificación de los puntos de acuerdo a características antes descritas, será necesario identificar estos puntos y su clasificación mediante recorridos a bordo de los autobuses de cada una de las distintas rutas en operación.

2.2.2 Identificación de zonas de transferencia potenciales

Antes de iniciar con la localización específica de paraderos para cada una de las rutas de la reestructuración, es necesario identificar las zonas de transferencia potenciales. Estas representan puntos de la red tronco-alimentada en donde se prevé que se presente una alta cantidad de transbordos, considerando una operación integrada del servicio de transporte público. Los criterios para definir una zona de transferencia potencial son:

- Puntos de la red en donde se presenta una interacción entre rutas troncales.
- Puntos de la red en donde se presenta una interacción entre 3 o más rutas
- Puntos de la red en donde actualmente existe alta demanda por la concentración de centros atractores de viajes (centros de gobierno, centros de salud, centros educativos, parques industriales, plazas comerciales, etcétera).

2.2.3 Definición de espaciamiento promedio de diseño y propuesta de localización de paraderos por ruta

Para definir el espaciamiento base se deberán tomar en consideración tres factores: la normatividad vigente, las recomendaciones internacionales y el contexto local.

Respecto a la normatividad vigente, la mayoría de las especificaciones están relacionadas con los anchos mínimos del paradero y la operación del sistema en general, pero no con el espaciamiento de paraderos y su ubicación en relación a la red.

Por otro lado, alrededor del mundo la colocación de paraderos para transporte colectivo responde a distintos criterios, en general se busca que la localización de estos puntos de ascenso y descenso sean accesibles a la población del caso de estudio, por ejemplo, el Banco Mundial recomienda que su ubicación debe hacerse considerando que las personas no deban caminar más de 500 metros para llegar al paradero y abordar una ruta de transporte público. Así mismo, diversos estudios han propuesto rangos de distanciamiento entre paradas, la mayoría de ellos determinados de acuerdo a estudios empíricos de uso de suelo, distancia de caminata, tipo de vías, etc. Estos criterios tienden a ser bastante similares entre sí, como los descritos por la Empresa Brasileira Dos Transportes Urbano [15], el Manual de Transporte Público Canadiense [16] y Pretty and Russell [17]. Así, se plantea para áreas residenciales de baja densidad, un distanciamiento entre 300 y 500 m. (2 a 3 paraderos por km), considerando que en horario punta la concentración de pasajeros no sea muy elevada. En áreas céntricas, con gran concentración de comercio, servicios y áreas residenciales de alta densidad y de alto flujo de buses los paraderos deben ubicarse entre 150 a 300 m.

En este sentido, el criterio para la colocación de estos puntos de ascenso y descenso será la población, dado que el transporte colectivo es un servicio público que representa una de las estrategias emblemáticas para la promoción de la movilidad urbana sustentable y el medio de transporte único para los habitantes de más bajos ingresos. Tomando en consideración todo lo anterior, se define que, para el caso de estudio de Mexicali, el espaciamiento promedio sea de 400 metros.

La propuesta de localización de paraderos consiste en establecer las zonas donde se recomienda ubicar los puntos de ascenso y descenso oficiales de cada una de las rutas propuestas, tomando en cuenta el espaciamiento base y las zonas de transferencia potenciales. Así mismo, buscando que los usuarios no perciban un cambio drástico, la nueva propuesta deberá modificar en la menor medida de lo posible los puntos actuales, por lo que también deben considerarse los puntos de ascenso y descenso del sistema existente.

Los criterios específicos que deben considerarse para la propuesta de localización de paraderos por ruta son:

- Facilitar el transbordo entre rutas; considerar que las rutas compartan paraderos.

- Espaciamiento base en un rango de accesibilidad del sistema a 400 metros en promedio.
- Análisis del espaciamiento considerando la densidad ocupacional: zonas de baja densidad con espaciamientos mayores a 400 metros, en zonas de alta densidad espaciamientos menores a 400 metros, y en zonas de densidad media separaciones en torno a 400 metros.
- Respetar la localización de los paraderos oficiales existentes, acondicionándolos para su correcto funcionamiento operativo en el sistema.
- Para proponer la oficialización de un paradero, revisar la viabilidad de colocarlo en un punto de ascenso y descenso no oficial, esto mediante la generación de un expediente técnico-justificativo.
- Varios puntos de ascenso informales con separaciones menores a 200 metros deberán unificarse en un solo punto oficial; procurando respetar los puntos en los que el usuario regularmente tiene interacción con el sistema de transporte público actual.
- Considerar la ingeniería de tránsito en la zona.

2.3 Resultados

El método propuesto fue aplicado en el caso de estudio del sistema de transporte público de la ciudad de Mexicali, y los resultados de cada una de las tres etapas se muestran a continuación.

2.3.1 Puntos de ascenso y descenso del sistema actual

Los puntos de ascenso y descenso, tanto los oficiales como los no oficiales, fueron identificados para cada una de las rutas del sistema actual, a partir de un análisis histórico de la operación del mismo. En total fueron identificados 1916 puntos de ascenso y descenso del sistema actual, sin embargo, este es un valor aproximado ya que en las zonas de la periferia no existen puntos definidos, además de que aproximadamente el 4% de los puntos identificados son utilizados por dos rutas o más existentes.

Posteriormente, los puntos identificados fueron clasificados en cuatro tipos, de acuerdo a la infraestructura con la que cuentan:

- Puntos oficiales con equipamiento.
- Puntos oficiales con solo señalamiento.
- Puntos no oficiales con equipamiento.
- Puntos no oficiales sin equipamiento.

Los identificados como puntos oficiales con equipamiento son aquellas zonas de ascenso y descenso que cuentan con el señalamiento y con algún tipo de equipamiento que brinda condiciones adecuadas para que los usuarios esperen el autobús. Es común que en las ciudades existan diseños tipo, por lo que la mayoría de estos tienen la misma configuración, sin embargo, existen algunos casos particulares en donde centros atractores de viajes cuentan con paraderos oficiales con diseños más robustos o de mayor capacidad. En la Figura

4 se presentan un par de ejemplos de esta clasificación identificados en el caso de estudio.

Figura 4. Ejemplos de puntos oficiales con equipamiento



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los puntos oficiales con solo señalamiento están relacionados con aquellas zonas que, si bien indican un lugar de ascenso o descenso de pasajeros, no cuentan con equipamiento y solamente están constituidas por el señalamiento vertical y en algunos casos horizontal (pintura).

La Figura 5 muestra dos casos de este tipo de señalamiento detectados en la ciudad de Mexicali.

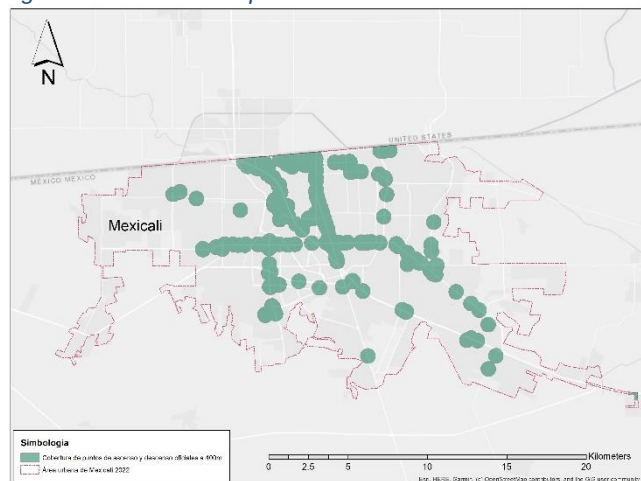
Figura 5. Ejemplos de puntos oficiales solo con señalamiento



Fuente: Elaboración propia

El análisis permitió identificar 180 paraderos oficiales en la red actual de la ciudad, de los cuales 142 cuentan con equipamiento y 38 solamente con señalamiento. Considerando un radio de cobertura de 400 metros por paradero, los puntos oficiales entregan una cobertura del 24% de la zona urbana de la ciudad (ver Figura 6).

Figura 6. Cobertura de paraderos oficiales a 400m.



Fuente: Elaboración propia

También se clasifican aquellos puntos no oficiales pero que los usuarios acostumbran a utilizar. Por un lado, puntos no oficiales con equipamiento, es decir, aquellas zonas que no tienen un señalamiento oficial que las identifique como paraderos del sistema, sin embargo, cuentan con un espacio o

acondicionamiento básico para que los usuarios esperen por el autobús. Generalmente estos casos están relacionados con comercios que, en busca de atraer consumidores, han colocado estos equipamientos, tal como se observa en la Figura 7.

Figura 7. Ejemplos de puntos no oficiales con equipamiento

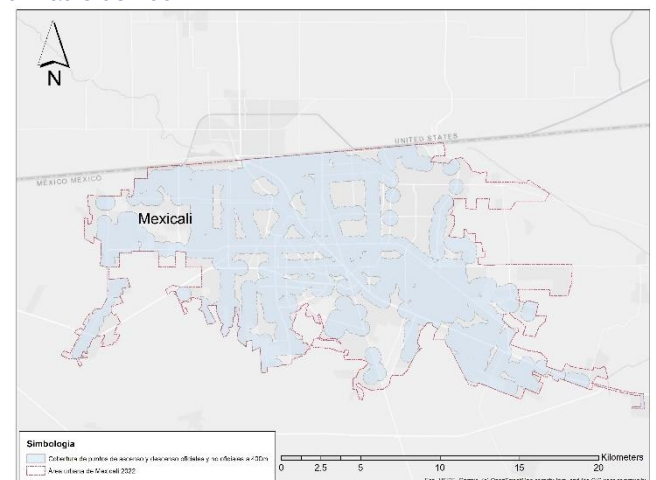


Fuente: Elaboración propia

Finalmente, los puntos no oficiales sin equipamiento tienen que ver con aquellos lugares en donde no existe ningún tipo de señalamiento ni acondicionamiento para que el autobús realice una parada con el objetivo de subir o bajar pasajeros, sin embargo, son sitios utilizados con este fin por costumbre o porque no existen paraderos oficiales en las cercanías.

El análisis permitió identificar 1666 puntos de ascenso y descenso no oficiales, de los cuales 28 tienen algún tipo de equipamiento y 1638 no están acondicionados. Una vez identificados todos los puntos de ascenso y descenso no oficiales, fue posible calcular la cobertura del sistema, incluyendo puntos oficiales y no oficiales. Considerando un radio de cobertura por paradero de 400 metros, el análisis entregó una cobertura del 71% de la zona urbana de la ciudad (ver Figura 8). Este valor es contrastante con lo indicado en el PDUCPM [18] el cual indica que la cobertura geográfica del sistema es de 91% a 300 metros y de 96% a 500 metros.

Figura 8. Cobertura de paraderos oficiales y no oficiales en un radio de 400m.



Fuente: Elaboración propia

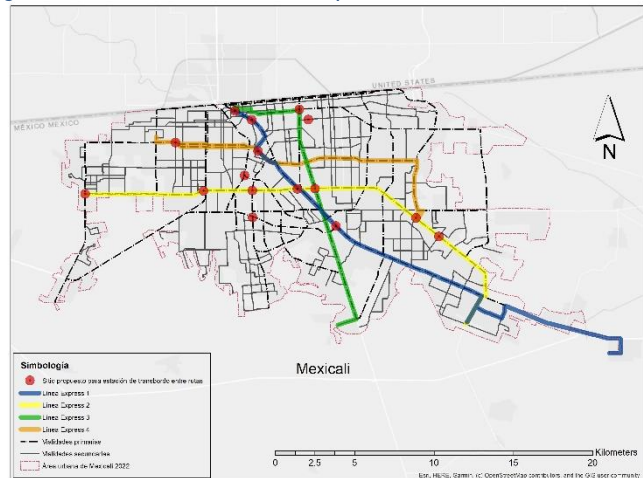
2.3.2 Definición de zonas de transferencia potenciales

Antes de iniciar con la localización específica de paraderos para cada una de las rutas, es necesario identificar las zonas de transferencia potenciales, las cuales representan lugares donde se prevé que se presente una alta cantidad de transbordos entre rutas, considerando la operación del sistema bajo un esquema tronco-alimentado.

Estas zonas fueron definidas considerando las dinámicas de movilidad actuales, así como los derroteros de las rutas troncales y alimentadoras de la propuesta de reestructuración. Después de la revisión y análisis de estos dos factores, fue posible definir 16 zonas potenciales de transferencia (ver Figura 9):

- Santa Isabel
- Yugoslavia
- Plaza Galerías
- Centro Histórico
- Plaza Cachanilla
- Centro Cívico
- Facultad de Ciencias Administrativas
- Anáhuac-Lázaro Cárdenas
- Comandancia
- Zaragoza
- Aviación
- Distribuidor Vial
- Lázaro Cárdenas
- Marán
- Nuevo Mexicali
- Champotón

Figura 9. Zonas de transferencia potenciales identificadas



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la Figura 9, todas las zonas de transferencia están relacionadas con 5 de los principales ejes viales de la ciudad:

- Bulevar Lázaro Cárdenas
- Bulevar Adolfo López Mateos – Corredor Industrial
- Bulevar Benito Juárez – Bulevar Justo Sierra
- Bulevar Anáhuac
- Calzada Independencia – Santa Isabel

2.3.3 Propuesta de localización de paraderos por ruta

La propuesta de localización de paraderos consiste en establecer las zonas donde se recomienda ubicar los puntos de ascenso y descenso oficiales de cada una de las rutas propuestas, tomando en cuenta el espaciamiento base y las zonas de transferencia potenciales. Así mismo, buscando que los usuarios no perciban un cambio drástico, la nueva propuesta deberá modificar en la menor medida de lo posible los puntos actuales, por lo que también deben considerarse los puntos de ascenso y descenso del sistema existente.

Los criterios específicos que deben considerarse para la propuesta de localización de paraderos por ruta son:

- Facilitar el transbordo entre rutas; considerar que las rutas compartan paraderos.
- Espaciamiento base en un rango de accesibilidad del sistema a 400 metros en promedio.
- Análisis del espaciamiento considerando la densidad ocupacional: zonas de baja densidad con espaciamientos mayores a 400 metros, en zonas de alta densidad espaciamientos menores a 400 metros, y en zonas de densidad media separaciones en torno a 400 metros.
- Respetar la localización de los paraderos oficiales existentes, acondicionándolos para su correcto funcionamiento operativo en el sistema.
- Para proponer la oficialización de un paradero, revisar la viabilidad de colocarlo en un punto de ascenso y descenso no oficial, esto mediante la generación de un expediente técnico-justificativo.
- Varios puntos de ascenso informales con separaciones menores a 200 metros deberán unificarse en un solo punto oficial, procurando respetar los puntos en los que el usuario regularmente tiene interacción con el sistema de transporte público actual.
- Considerar la ingeniería de tránsito en la zona.

El total de paraderos propuestos es 1528, de los cuales 1282 son utilizados por una sola ruta, mientras que el resto son compartidos por dos, tres e incluso cuatro rutas, tal y como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Paraderos compartidos por rutas.

Relación entre paraderos y rutas	Cantidad
Paraderos utilizados por una ruta	1282
Paraderos utilizados por dos rutas	219
Paraderos utilizados por tres rutas	26
Paraderos utilizados por cuatro rutas	1
Total	1528

Fuente: Elaboración propia.

Al considerar aquellos paraderos que son utilizados por dos o más rutas, se tiene que la propuesta representa 1802 puntos de parada, los cuales corresponden a una reducción del 6% del estado actual.

Por otro lado, el espaciamiento promedio de la red de paraderos propuesta es de 412.5 metros. En la Tabla 3 se

presentan la cantidad de paraderos para cada una de las rutas y su espaciamiento promedio.

Tabla 3. Paraderos propuestos por ruta y espaciamiento promedio.

Ruta	Sentido 1			Sentido 2			Ambos sentidos de la ruta		
	No. Parad.	Esp. prom. (m)	Km.	No. Parad.	Esp. prom. (m)	Km.	No. Parad.	Esp. prom. (m)	Km.
LEXP-01	39	484.7	19.7	41	462.9	19.7	80	473.8	39.4
LEXP-02	59	429	26.4	64	409	25.8	123	419.0	52.2
LEXP-03	36	455	16.8	34	477.5	16.8	70	466.3	33.6
LEXP-04	42	418.9	19.4	43	391.2	17.4	85	405.1	36.8
CIR-01	74	413.2	31.6	75	422.1	32.1	149	417.7	63.7
CIR-02	59	417.9	25.8	56	430.4	25.9	115	424.2	51.7
CIR-03	49	527	26.5	50	507.4	27.1	99	517.2	53.6
AL-01	33	377.5	12.4	29	372.1	11.1	62	374.8	23.5
AL-02	32	390.4	12.6	27	385.8	11.4	59	388.1	24
AL-03	42	353.1	15.3	42	344	15.1	84	348.6	30.4
AL-04	30	482.5	16.9	31	445.4	16.5	61	464.0	33.4
AL-05	24	407.4	10.6	29	379.3	11	53	393.4	21.6
AL-06	52	433.4	24	41	419.1	18	93	426.3	42
AL-07A	38	362.1	15.2	37	383.5	15.7	75	372.8	30.9
AL-07B	34	498.9	18.8	34	496.1	18.7	68	497.5	37.5
AL-08A	28	335	9.9	29	310.8	9.2	57	322.9	19.1
AL-08B	41	398.8	17	41	422.6	18.1	82	410.7	35.1
AL-09A	27	369.1	10.4	30	404.4	12.1	57	386.8	22.5
AL-09B	29	395.9	11.5	24	415.7	10.5	53	405.8	22
AL-10	58	354.3	21.2	55	359.6	20.2	113	357.0	41.4
AL-11	20	398	8.6	18	440.5	8.6	38	419.3	17.2
AL-12	42	417.3	18.2	37	435.8	17	79	426.6	35.2
AL-13	23	363.4	8.3	21	376.7	8.1	44	370.1	16.4
Esp. Prom.	412.3 metros			412.7 metros			412.5 metros		

Fuente: Elaboración propia.

3. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio constituyen un insumo para oficializar la red de paraderos del sistema de transporte público colectivo de la ciudad de Mexicali, sin embargo, para que este opere de manera eficiente y beneficie a usuarios, operadores y población en general, el proceso de la implementación de esta red de paraderos deberá acompañarse de una serie de recomendaciones.

Por un lado, como se estableció anteriormente, el objetivo de este estudio es el diseño de la red de paraderos. En este sentido, los resultados establecen las zonas donde se recomienda ubicar los puntos de ascenso y descenso oficiales del todo el sistema tronco-alimentado, por lo que posteriormente, como lo establecen las Normas Técnicas de Proyecto y Construcción para obras de Vialidades del Estado de Baja California, este resultado deberá complementarse con estudios de ingeniería de tránsito que permitan determinar las posibilidades de construcción de cada uno de los puntos

propuestos y así mismo, en los casos en que el espacio público no cuente con suficiente área para colocar el paradero, se deberán hacer los ajustes necesarios previa autorización de las dependencias supervisoras del ayuntamiento.

Por otro lado, es importante resaltar que esta red de paraderos ha sido diseñada para el funcionamiento de las 23 rutas de la propuesta de reestructuración del sistema de transporte público de Mexicali. En ese sentido, no se cuentan con datos operativos de cada una de las rutas, por lo que la red de paraderos deberá someterse a un proceso de evaluación y mejora continua, definiendo un tiempo de evaluación y donde se trabaje conjuntamente con las empresas concesionarias, para evaluar el funcionamiento de cada paradero, en relación a la captación de usuarios.

Finalmente, la implementación tanto de las nuevas rutas, así como de la red propuesta en el presten estudio, representan una modificación drástica al funcionamiento operativo del sistema actual, por lo que la puesta en marcha del sistema deberá acompañarse de un programa de difusión previa, así como durante el inicio de la operación, que permita a los usuarios actuales adaptarse con facilidad a los cambios que el nuevo sistema representa.

El método presentando puede ser aplicado en distintos contextos urbanos, ya que esta parte de un análisis del estado actual del sistema en cuestión, y a partir de este análisis, se lleva a cabo una clasificación de paraderos, una definición de zonas de transferencia, así como la propuesta de localización de los paraderos oficiales. Así, la metodología propuesta, constituye una herramienta de apoyo en los ejercicios de planeación y toma de decisiones en materia de movilidad y transporte en zonas urbanas.

Es importante recalcar que la importancia en el uso de los paraderos obligatorios no solo radica en cambiar el panorama de desorden anteriormente descrito, sino en las consecuencias derivadas, como son el ahorro de tiempo en los desplazamientos, la disminución en efectos contaminantes, la operación del sistema de transporte funcionando como una red organizada y menores riesgos en seguridad vial [9]. Por lo tanto, el método propuesto, beneficia a usuarios, operadores y población en general, permitiendo una mayor atracción de usuarios y a su vez, avanzar hacia escenarios de movilidad urbana más sustentables.

4. REFERENCIAS

[1] UITP. (2013). Transporte público: creación de empleo verde y fomento del crecimiento inclusivo. Focus, 1–8.
[2] Leo, A., Morillón, D., & Silva, R. (2017). Review and analysis of urban mobility strategies in Mexico. Case Studies on Transport Policy. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2016.11.008>
[3] Sanchez-Atondo, A., García, L., Calderon-Ramírez, J., Gutiérrez-Moreno, J. M., & Mungaray-Moctezuma, A. (2020). Understanding Public Transport Ridership in

- Developing Countries to Promote Sustainable Urban Mobility: A Case Study of Mexicali, Mexico. *Sustainability*, 12(8), 3266. <https://doi.org/10.3390/su12083266>
- [4] UABC. (2019). Asesoría para el diseño de red de paraderos del sistema de transporte público colectivo de Mexicali, B.C.
- [5] Rehovot, (2009) “Proyecto de Movilidad Urbana FASE II de Sistema Tronco Alimentador de Transporte BRT Macrobus en Zona Metropolitana de Guadalajara”
- [6] Serna-Uran, C. A., García-Castrillón, J. A., & Florez-Londoño, O. (2016). Análisis de rutas de transporte de pasajeros mediante la herramienta network analyst de Arcgis. Caso aplicado en la ciudad de Medellín. *Ingenierías USBMed*, 7(2), 89-95.
- [7] Loader, C., & Stanley, J. (2009). Growing bus patronage and addressing transport disadvantage-The Melbourne experience. *Transport Policy*, 16(3), 106–114. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.02.001>
- [8] Murray, A. T., Davis, R., Stimson, R. J., & Ferreira, L. (1998). Public Transportation Access. *Transportation Research Part D*, 3(5), 319–328. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(98\)00010-8](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(98)00010-8)
- [9] Vázquez Guerrero, M. (2012). Diseño De Paraderos En Transporte Público. México: Centro Universitario Querétaro.
- [10] Urazán, C., Velandían, E., & Sánchez, E. (2012). Consideraciones a la implementación de paraderos obligatorios para el transporte público colectivo en Bogotá. *Tecnura*, 16, 152-162. ISSN: 0123-921X. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257025147013>
- [11] IMIP. (2021). Programa Integral de Movilidad Urbana Sustentable de Mexicali.
- [12] Medina Ramírez, S. (2012). La Importancia De Reducción Del Uso Del Automóvil En México. Mexicali.
- [13] IQAir. World Most Polluted Cities 2019. Available online: <https://www.iqair.com/world-mostpolluted-cities?continent=59af928f3e70001c1bd78e4f&country=&state=&page=1&perPage=50&cities=> (accessed on 26 March 2020)
- [14] Leal Torres, F. (2021). Simulación del sistema de tranportepúblico de Mexicali y propuestas de optimización. Tesis disponible en: http://catalogocimarron.uabc.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=249944&query_desc=au%3A%22S%C3%A1nchez%20Atond%2C%20Alejandro%20%22#
- [15] EBTU. (1982). Tratamiento preferencial ao transporte coletivo por ônibus. Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos, Ministerio dos Transportes, Brasilia.
- [16] CUTA (1985). Bus stops and terminals. *Canadian Transit Handbook*, Chapter 11. Canadian Urban Transit Association, Toronto.
- [17] Pretty, R. L. and Russel, D. J. (1988). Bus boarding rates. *Australian Road Research* 18(3), 145 - 152. <https://doi.org/10.21500/20275846.2631>
- [18] IMIP. (2007). Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Mexicali.