

Mejora de la seguridad vial peatonal mediante la Ruta Troncal 1 del sistema BRT en Chihuahua: análisis 2015-2020.

Recibido: 20 de enero de 2025

Aceptado: 13 de febrero de 2026

Improvement of pedestrian road safety through Trunk Route 1 of the BRT system in Chihuahua: 2015–2020 analysis

Melhoria da segurança viária de pedestres por meio da Rota Troncal 1 do sistema BRT em Chihuahua: análise 2015–2020

Sergio Andrade-Ochoa

Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0396-1205>

Cristian Jovan Torres-Galindo

Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0654-8200>

Paulina Carlos-Fernández

UAM Xochimilco

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7517-9954>

Derechos de autor 2026

ANUARIO DE ESPACIOS

URBANOS, HISTORIA,

CULTURA Y DISEÑO

Creative Commons License.

Esta obra esta bajo una licencia internacional *Creative Commons*

Atribución-NoComercial-Compartirigual 4.0

<https://doi.org/10.24275/JSMS6699>





Resumen

El modelo urbano de Chihuahua, caracterizado por su fragmentación, ha intensificado la dependencia del automóvil privado, generando externalidades negativas como muertes y lesiones graves por siniestros viales que afectan principalmente a peatones. En este contexto, el sistema de transporte BRT, inaugurado en 2013, representa el proyecto más importante en la entidad; sin embargo, no existen estudios públicos que evalúen su impacto. Este trabajo analiza la influencia de la ruta troncal 1 del BRT en la seguridad vial peatonal, mediante análisis cartográfico y auditorías de caminabilidad. Los resultados muestran que, aunque el objetivo del BRT no era fungir como una política de seguridad vial, su implementación ha reducido los atropellamientos en sus alrededores. Esto se debe al rediseño geométrico y la incorporación de cruces seguros a nivel de calle, los cuales mitigan la velocidad vehicular, principal factor de riesgo para la seguridad de los transeúntes.

Palabras clave:
seguridad vial,
transporte,
movilidad urbana,
caminabilidad.



Abstract

The urban model of Chihuahua, characterized by its fragmentation, has intensified the dependence on the private automobile, generating negative externalities such as deaths and serious injuries due to road accidents that mainly affect pedestrians. In this context, the BRT transportation system, inaugurated in 2013, represents the most important project in the state; however, there are no public studies that evaluate its impact. This work analyzes the influence of the BRT trunk route 1 on pedestrian road safety through cartographic analysis and walkability audits. The results show that, although the objective of the BRT was not to act as a road safety policy, its implementation has reduced the number of accidents in its surroundings. This is due to the geometric redesign and the incorporation of safe crossings at street level, which mitigate vehicle speed, the main risk factor for pedestrian safety.

Keywords:
road safety,
transportation,
urban mobility,
walkability.

Resumo

O modelo urbano de Chihuahua, caracterizado pela sua fragmentação, intensificou a dependência do automóvel particular, gerando externalidades negativas como mortes e ferimentos graves devido a acidentes rodoviários que afetam principalmente os pedestres. Nesse contexto, o sistema de transporte BRT, inaugurado em 2013, representa o projeto mais importante da entidade; No entanto, não existem estudos públicos que avaliem o seu impacto. Este trabalho analisa a influência da rota troncal 1 do BRT na segurança viária de pedestres por meio de análises cartográficas e auditorias de transitabilidade. Os resultados mostram que, embora o objetivo do BRT não fosse servir como política de segurança viária, sua implementação reduziu os acidentes no seu entorno. Isto se deve ao redesenho geométrico e à incorporação de travessias seguras ao nível da rua, que atenuam a velocidade veicular, principal fator de risco para a segurança dos pedestres.

Palavras-chave:
segurança viária,
transporte,
mobilidade
urbana,
caminhabilidade.

Introducción

La ciudad de Chihuahua, capital del estado con el mismo nombre, cuenta con un modelo urbano disperso, una densidad de población decreciente acompañada de un mayor consumo de suelo; además de un crecimiento y desarrollo urbano fuera de la zona donde se ubican empleos y servicios, una falta de proximidad entre cada una de las partes de la ciudad y una alta dependencia del automóvil.

A las condiciones urbanas dispersas se suma un factor ambiental determinante: el clima extremo. La ciudad de Chihuahua, ubicada en una zona semiárida, experimenta oscilaciones térmicas drásticas, con veranos que pueden superar los 40°C e inviernos con temperaturas bajo cero. Estas condiciones actúan como barreras naturales para la movilidad no motorizada, desincentivando los desplazamientos a pie si no se cuenta con infraestructura que ofrezca resguardo, sombra y confort, elementos que se vuelven críticos en la evaluación de la caminabilidad.

El reparto modal en la entidad cuenta con una alta motorización en los desplazamientos. De acuerdo con los registros de la Secretaría de Hacienda, en 2017 circulaban 1,518,057 vehículos en las calles, carreteras, caminos y brechas del

estado; número que se incrementó con cerca de 73 000 automotores en 2018, cuando había 1 585 072. En 2019 se llegó a 1 656 910, y hasta junio de 2020, se contabilizaba un total de 1 685 334 vehículos. Para 2020, el promedio de automóviles por habitante en edad de conducir en la ciudad de Chihuahua era de 1.2 (Yañez-Orozco y Bravo-Peña, 2022).

El crecimiento en el uso del automóvil privado resulta como consecuencia de múltiples variables, entre las que destaca la falta de aplicación de las políticas orientadas a la movilidad urbana sostenible y un enfoque sistémico de seguridad vial; la significativa fragmentación urbana con el aumento sostenido de construcción de vivienda fuera de la mancha urbana, adonde no llegan el transporte público ni los programas de regularización vehicular de procedencia extranjera (Landman, 2011; Guzmán-Ramírez y Hernández-Sainz, 2013; Gaona, 2023).

Todas estas variables han ocasionado que los requerimientos de la movilidad, en la creciente población del municipio de Chihuahua, se resuelvan a través de la adquisición de vehículos privados motorizados, lo cual genera una saturación prematura de la red vial y una consecuente exigencia generalizada de políticas públicas



enfocadas, casi exclusivamente, en la mejora de la infraestructura urbana vehicular. Posteriormente, esto se traduce en tráfico inducido por la continua incentivación del uso del vehículo privado como único medio de movilidad (Galindo *et al.*, 2006; Oh *et al.*, 2021).

Está ampliamente documentado que los índices altos de motorización generan repercusiones importantes en la salud pública de los centros urbanos. Por ejemplo, el inventario de emisiones de contaminantes del aire en México reporta que los vehículos particulares generan la mayor parte de los precursores de ozono y son la segunda fuente de emisión de partículas finas (PM10 y PM2.5); además de otros contaminantes como dióxidos de azufre y de nitrógeno, y monóxido de carbono (Navarro Arredondo, 2019). Al respecto, en nuestro país se han identificado cuatro padecimientos estrechamente relacionados con estas emisiones: enfermedad isquémica del corazón, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedad cerebrovascular, y enfermedades por infecciones respiratorias agudas y asma pediátrico (Rodríguez, 2021). Aunado a lo anterior, se prevé que la contaminación del aire se convertirá en la causa ambiental principal de mortalidad prematura (Peniche-Camps y Cortez-Huerta, 2020).

Otros efectos en los sistemas de salud pública a causa del aumento progresivo de la motorización en los entornos urbanos son las muertes y lesiones graves por siniestros de tránsito. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México, durante 2020 las entidades con mayor número de fallecidos en el lugar del accidente por cada 100 mil habitantes, fueron Sinaloa, Chihuahua, Querétaro, Sonora y Zacatecas. Al respecto, la tasa nacional de personas fallecidas es de 3, mientras que la tasa de Chihuahua se reporta como 7.7; es la segunda entidad que más contribuye en muertes y lesiones graves por siniestros de tránsito a nivel nacional (INEGI, 2020).

La Organización Mundial de la Salud ha declarado como pandemia desatendida a los efectos nocivos detrás de los hechos de tránsito y pone en evidencia que las y los peatones son los más vulnerados. En Chihuahua, según el Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), se reporta un promedio anual de 1797 ingresos hospitalarios correspondiente a peatones atropellados, considerando los últimos cinco reportes anuales; tan solo en 2022 el Boletín Epidemiológico reportó un acumulado de 2470 ingresos hospitalarios por esta causa (SINAVE, 2022). Sin embargo, es importante resaltar que estas



cifras por lo general cuentan con un subregistro, pues la Secretaría de Salud solo reporta los casos de ingresos hospitalarios y la Secretaría de Seguridad Ciudadana (encargada de llevar el registro de los siniestros viales en el sitio de ocurrencia) cuenta con números completamente distintos a los que reporta el SINAVE.

Ante los altos índices de motorización y la consecuente alta incidencia de hechos de tránsito, es necesario el estudio de las causas desde un enfoque sistémico y lateral que incorpore los principios de la movilidad urbana sostenible y la salutogénesis, con miras a mejorar la salud urbana.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue identificar la relación entre el sistema de transporte BRT de la ciudad de Chihuahua y los casos de atropellamiento a peatones. Bajo esta premisa, se plantea que la infraestructura de la Ruta Troncal 1 del BRT actúa como un mecanismo de pacificación de tránsito y ordenamiento territorial que mitiga la fragmentación urbana, reduciendo la siniestralidad peatonal mediante el control geométrico y la gestión de la velocidad. Teóricamente, se retoma el enfoque sistémico de seguridad vial, según el cual la exposición al riesgo se reduce al mejorar la caminabilidad. Empíricamente, se analiza el alto

grado de siniestralidad vial que mantiene la ciudad de Chihuahua y se postula que la disminución de la siniestralidad peatonal en la Ruta Troncal 1 no es aleatoria.

Estado del arte y marco conceptual

Del transporte a la movilidad urbana sostenible

La planificación urbana contemporánea ha experimentado una transición analítica descrita en la literatura académica como el “giro de la movilidad” (*mobility turn*). Este nuevo paradigma, teorizado por Sheller y Urry (2006), propone superar la visión tradicional de la ingeniería de tránsito —centrada casi exclusivamente en la gestión del flujo vehicular y la velocidad de desplazamiento— para enfocarse en la accesibilidad, en las dinámicas sociales del movimiento. Bajo esta óptica, la movilidad se entiende como un capital social que puede acentuar o mitigar la exclusión territorial en el entorno construido.

En este contexto surge el concepto de movilidad urbana sostenible que, según Banister (2008), busca reducir la necesidad de viajar mediante la densidad y el uso mixto del suelo, fomentando el cambio modal hacia el transporte público y no motorizado. Sin embargo, en el contex-



to latinoamericano, la aplicación de estos principios enfrenta el desafío de ciudades caracterizadas por una expansión dispersa, la fragmentación y una profunda desigualdad socioespacial. Vasconcellos (2014) señala que la dependencia del automóvil privado en la región no solo genera externalidades ambientales negativas, sino que perpetúa una distribución inequitativa del espacio vial, donde la infraestructura de calidad suele reservarse para una minoría motorizada.

Ante este escenario, los sistemas de Autobuses de Tránsito Rápido (BRT, por sus siglas en inglés) se han posicionado como una política de intervención con gran auge en América Latina. Como destacan Hidalgo y Gutiérrez (2013), el modelo busca reordenar el perfil de la calle mediante la segregación física de carriles y la implementación de estaciones fijas. Desde una visión optimista, Cervero y Dai (2014) argumentan que estos corredores tienen el potencial de inducir un Desarrollo Orientado al Transporte (DOT), densificando los ejes viales y mejorando la accesibilidad metropolitana.

No obstante, la implementación práctica de estos sistemas y del modelo DOT ha sido objeto de severas críticas en la literatura reciente. Padeiro *et al.* (2019) evidencian que el DOT, al aumentar el valor del

suelo alrededor de las estaciones y sin mecanismos legales de regulaciones de arrendamiento y uso de suelos, frecuentemente desencadena procesos de desplazamiento, expulsando hacia las periferias a la población de menores ingresos, la que más depende del transporte masivo.

Por su parte, en cuanto al diseño urbano, Muñoz y Paget-Seekins (2016) señalan que la inserción de infraestructura BRT suele priorizar la eficiencia operativa y la velocidad comercial del autobús por encima de la calidad del entorno inmediato. A menudo esto resulta en la creación de barreras físicas (carriles confinados, muros, vallas) que fracturan los vecindarios y generan entornos hostiles para los trayectos de “primera y última milla”, dificultando la permeabilidad peatonal.

Es precisamente en esta paradoja donde radica la complejidad del modelo, una infraestructura diseñada para promover la movilidad sostenible puede, de manera simultánea, precarizar la escala humana de la calle si se omite el diseño de sus accesos. La transformación física y operativa de una vía arterial para alojar un BRT altera drásticamente la interacción entre los vehículos motorizados y los transeúntes. Por lo tanto, para comprender el impacto real de estos corredores en el tejido urbano, es necesario



trasladar el análisis desde las métricas de eficiencia logística hacia el enfoque de la seguridad vial sistémica y la caminabilidad.

La seguridad vial sistémica como imperativo de salud urbana

La alteración drástica de la interacción entre vehículos y transeúntes —derivada de la transformación física de las vías arteriales para mantener el tránsito vehicular— pone de manifiesto la necesidad de evaluar el espacio público no solo por su capacidad de flujo, sino por su impacto en la integridad física de las personas. El aumento progresivo de la motorización en entornos urbanos dispersos ha generado repercusiones alarmantes en los sistemas de salud pública, entre ellas, las muertes y lesiones graves por siniestros de tránsito.

A lo largo de la historia, estos eventos se han conceptualizado como *accidentes*, un término que implícitamente atribuía la responsabilidad casi exclusiva al error humano o a la fatalidad, y eximía a la reglamentación, la infraestructura y al diseño urbano mismo de su papel como generadores de riesgo. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha redefinido este fenómeno y lo ha declarado una pandemia desatendida. Peden *et al.* (2004),

en el informe fundacional de la OMS sobre la materia, establecieron que la siniestralidad vial debe ser tratada bajo los mismos rigores epidemiológicos que cualquier otra amenaza a la salud global.

Para abordar esta crisis, la OMS y la literatura científica contemporánea promueven la adopción del Enfoque Sistémico de la Seguridad Vial (basado en los principios de *Visión Cero* y *Safe System*). A diferencia del enfoque tradicional, el paradigma sistémico parte de una premisa: el error humano en la vía pública es inevitable, pero las muertes y lesiones graves no lo son (Wegman, 2017).

Este marco teórico sostiene que el cuerpo humano tiene una tolerancia biomecánica limitada a las fuerzas de impacto, y es la velocidad vehicular el vector crítico que determina la severidad de las lesiones. En consecuencia, la responsabilidad de la seguridad no recae únicamente en el usuario, sino que es compartida con quienes planifican, diseñan y gestionan la infraestructura.

Desde la perspectiva de la salud urbana y la salutogénesis, el problema de la siniestralidad peatonal encuentra su solución más efectiva en el diseño del espacio público. Ewing y Dumbaugh (2009) demostraron empíricamente que la aplicación de estándares de diseño de carreteras (como carriles



anchos y radios de giro amplios) dentro de las ciudades induce altas velocidades y, paradójicamente, genera entornos más peligrosos. Por el contrario, en la ciudad, un diseño urbano que *perdona* es aquel que utiliza la geometría vial para mitigar la velocidad de los automotores de forma física y autoexplicativa, con lo cual se protege a los actores más vulnerables.

En este sentido, Stevenson *et al.* (2016) argumentan que la configuración del territorio, los usos de suelo y el diseño de la red de transporte tienen un impacto directo en la salud poblacional. Cuando las políticas públicas se enfocan en la mejora de la infraestructura urbana vehicular para satisfacer la demanda de los automóviles, se sacrifica la seguridad de todos los usuarios. Por tanto, rediseñar las calles bajo principios sistémicos no es solo una medida técnica de contención de daños, sino una intervención proactiva de salud pública.

No obstante, lograr que el transeúnte sobreviva al entorno motorizado es apenas el requisito mínimo de habitabilidad; para que la movilidad peatonal sea verdaderamente sostenible y equitativa, el espacio urbano no solo debe ser seguro frente al impacto, sino también accesible, confortable y estimulante. Estas dimensiones cualitativas y de diseño a escala humana

nos obligan a transitar del concepto preventivo de la seguridad al análisis integral de la caminabilidad.

Caminabilidad y la escala humana del entorno construido

Transitar de la prevención de siniestros a la creación de entornos urbanos habitables requiere incorporar la caminabilidad como eje rector del diseño del espacio público. El concepto de caminabilidad urbana trasciende la simple provisión de banquetas; se refiere a una gama compleja de atributos de diseño urbano que favorecen los traslados a pie, brindando accesibilidad, seguridad y confort.

Autores como Leslie *et al.* (2007) subrayan que concebir la caminabilidad como una característica integral del entorno construido evita que el término se interprete como una representación absoluta o un simple conteo de infraestructura, y permite explorar diversas cualidades del espacio que actúan como factores predictivos de la movilidad activa.

La relevancia de este enfoque radica en su impacto multidimensional. Desde la perspectiva de la salud urbana, existe un consenso sólido en la literatura respecto a que los entornos altamente caminables mejoran la salud cardiovascular,



benefician la salud mental, estimulan la vitalidad económica local y promueven la seguridad pública.

En el ámbito de la planeación territorial, la caminabilidad juega un rol crítico e insustituible en la usabilidad del transporte público y el impulso de la multimodalidad. Autores como Choi *et al.* (2021) y Gan *et al.* (2021) demuestran que el éxito de los sistemas de transporte masivo depende de las redes peatonales que los alimentan; si el entorno adyacente a una estación es hostil, el sistema fracasa en atraer usuarios.

A pesar de su importancia, las definiciones normativas actuales a menudo carecen de precisión al explicar quiénes son los peatones y cuáles son sus necesidades específicas. Es aquí donde la caminabilidad debe converger indiscutiblemente con el paradigma de la accesibilidad universal. La planeación urbana tradicional ha tendido a estandarizar al transeúnte, invisibilizando la diversidad corporal: adultos mayores, infancias, personas con discapacidad, en sillas de ruedas o usuarios con carriolas. Cuando el entorno construido ignora esta diversidad mediante barreras físicas (como banquetas estrechas, falta de rampas y la invasión del espacio peatonal por infraestructura eléctrica o vehicular), se genera una exclusión espacial violenta.

En este sentido, Galanis *et al.* (2017) aportan evidencia empírica contundente: los problemas de mantenimiento, discontinuidad y accesibilidad en la infraestructura peatonal incitan o fuerzan al transeúnte a caminar por el arroyo vehicular, lo cual aumenta exponencialmente el nivel de exposición al riesgo y la probabilidad de sufrir un siniestro vial.

Esta articulación teórica justifica la necesidad imperante de auditar el espacio público y medir cómo variables físicas específicas determinan la propensión a la siniestralidad; de acuerdo con esto, se establece el marco analítico sobre el cual se desarrolla el presente estudio en la ciudad de Chihuahua.

Metodología

Análisis cartográfico

En la actualidad, los datos de ocurrencia de hechos de tránsito no se encuentran en el rubro de acceso libre, por lo que se presentó una solicitud de transparencia a la Fiscalía General del Estado de Chihuahua y a la Secretaría de Seguridad Pública de Chihuahua, de acuerdo con el Artículo 3, fracción X de la Ley de Transparencia, Acceso a la Información Pública y Protección de Datos Personales del Estado de Chihuahua.



La información se recibió en un documento de Excel que contenía la fecha, tipo de accidente y crucero en donde se reportó el siniestro, en el periodo 2015-2020. Debido a que el documento no especificaba las coordenadas exactas, la geocodificación se realizó de manera manual utilizando el programa QGIS. Se seleccionó el periodo 2015-2020 debido a que la contingencia sanitaria por covid-19 generó una disminución considerable de hechos de tránsito, pero también se observó una laxitud en la recolecta de información o generación de reportes en las bases de datos formales de las autoridades.

Una vez realizado el proceso de geocodificación de los casos de atropellamientos, se procedió a generar un cálculo de frecuencias para cada estación del sistema BRT de la ciudad de Chihuahua. El análisis se realizó mediante áreas de búfer, cuantificando el número de atropellamientos que se reportaron en un radio de 100 m de proximidad a las estaciones.

Para facilitar el análisis, las estaciones del sistema BRT se identificaron de norte a sur con un número arábigo, y quedó como resultado el siguiente cuadro:

ID	Estación	ID	Estación
1	Terminal norte	23	Catedral
2	Policia federal	24	Independencia
3	Centaurio del Norte	25	Quinta Gameros
4	Conalep II	26	Fuentes danzarinas
5	San José	27	Juárez
6	La Villita	28	Justicia
7	Juan Escutia 1	29	Morelos
8	Juan Escutia 2	30	Parque Lerdo
9	Karike	31	Santa Rita
10	Zaragoza	32	Sagrado Corazón
11	Sicomoro	33	Carlos Fuero
12	Pino	34	Ochoa
13	Fresno	35	Urueta
14	ISSSTE	36	Zapata
15	Arquitectura	37	Fuentes Mares



16	Universidad	38	Diamante
17	División del Norte	39	Gemas
18	Sor Juana	40	Nueva España
19	Desa y Ulloa	41	SCT
20	IMSS	42	Deportiva Sur
21	Trébol	43	Terminal sur
22	Niños héroes		

Cuadro 1. Estaciones del sistema BRT de la ciudad de Chihuahua.
Fuente: elaboración propia.

**Valoración de la
caminabilidad**

Los entornos adyacentes a las estaciones del sistema BRT fueron evaluados de acuerdo con índices de caminabilidad que consideran la accesibilidad universal, las condiciones de habitabilidad y la metrología de la velocidad vehicular en entornos adyacentes. En el cuadro II se enlistan los descriptores evaluados.

Para la velocidad máxima permitida (VPM) se tomó en cuenta la velocidad señalizada en la vía, mientras que para determinar la velocidad de tránsito vehicular (VTV) se midió la velocidad con la que transitaban los automóviles privados con un velocímetro de radar manual (Bushnell Speed Radar Gun 10-1911), dichas mediciones se realizaron 50 veces en cinco días distintos en el mismo horario; se reporta el promedio de la VTV y su desviación estándar.

Descriptores	Indicadores	Abreviatura
Descriptores de las estaciones	Distancia recorrida a nivel de calle para acceder	DNC
	Rampas de accesibilidad	R
	Escaleras	E
	Ángulo de pendiente	AP
	Ruta podotáctil	RPT
	Alumbrado público	AP
	Piso antiderrapante	PA
Descriptores de las banquetas (aceras)	Banqueta pavimentada	BP
	Ancho de banqueta	AB
	Promedio de ancho de banqueta	PAB



Descriptores de las banquetas (aceras)	Rampas de accesibilidad	R
	Ruta podotáctil	RTP
	Cruce peatonal	CP
Descriptores de la vía	Velocidad máxima permitida	VMP
	Velocidad de tránsito vehicular	VTV
	Ancho de la vía	AV
	Semáforo vehicular por debajo	SV
	Barrera peatonal por debajo	BP
	Número de carriles	NC

Cuadro 2. Descriptores de caminabilidad y accesibilidad universal evaluados en las estaciones de BRT y sus entornos.
Fuente: elaboración propia.

Modelos de clasificación

Para cuantificar la relación cuantitativa entre los índices de caminabilidad y el número de atropellamientos, se desarrollaron modelos de clasificación utilizando algoritmos genéticos mediante el software MobyDigs (versión 1.0-2004) (Todeschini *et al.*, 2003). La validación de los modelos se llevó a cabo mediante técnicas de remuestreo y validación externa, empleando como criterios el coeficiente de determinación (R^2), el cuadrado del coeficiente de validación cruzada (Q^2), la desviación estándar (s) y el estadístico de Fisher (F) del análisis de varianza del modelo.

Sistema BRT vs puentes peatonales

Finalmente, en el presente trabajo se compara el número de peatones

atropellados en las inmediaciones de las estaciones del sistema BRT con el número de peatones atropellados en las inmediaciones de los puentes peatonales de la ciudad de Chihuahua. La metodología y el análisis parten del mismo principio y ha sido reportado con anterioridad (Andrade-Ochoa y Chaparro-Gómez, 2022).

Resultados y discusión

Tras aplicar la metodología descrita, se obtuvieron resultados que permitieron contrastar la realidad operativa del sistema BRT con las estadísticas de siniestralidad. A continuación, se presentan los hallazgos divididos en tres dimensiones: el análisis espacial de los atropellamientos, la evaluación física de la infraestructura peatonal y, finalmente, la modelación matemática que vincula ambas variables.



Análisis cartográfico

Como hemos reportado anteriormente, de acuerdo con las cifras de la Secretaría de Seguridad Pública, la media de casos de atropellamientos en Chihuahua equivale a 689 peatones involucrados en un siniestro vial. Una cifra que se encuentra muy por debajo del número de ingresos hospitalarios que reporta el boletín del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica.

En cuanto al sistema BRT de Chihuahua se observa que anualmente se reportan, en promedio, 37.2 casos de atropellamiento en las inmediaciones de sus 43 estaciones, lo que equivale a 5.7% de todos los casos reportados por la Secretaría de Seguridad Pública. En el cuadro III se presentan los

casos de atropellamiento por año, durante el periodo 2015-2020.

Totales: se refiere al número total de casos de atropellamiento en la ciudad de Chihuahua de acuerdo con la Secretaría de Seguridad Pública de Chihuahua. **BRT:** se refiere al número de casos de atropellamiento en un búfer de 100 m a la redonda de las 43 estaciones del sistema de transporte BRT. El signo % indica el porcentaje de peatones atropellados en las inmediaciones del sistema BRT con relación al total anual de atropellamientos reportados.

En cuanto al número de atropellamientos por estación, se observa que las estaciones con mayor conflicto son la 7 y la 8 — Juan Escutia 1 y Juan Escutio 2—, y la 40

Casos de atropellamientos			
Año	Totales	BRT	%
2015	842	48 ± 2.0	5.7
2016	716	31 ± 1.5	4.3
2017	793	31 ± 1.4	3.9
2018	810	41 ± 1.4	5.1
2019	659	48 ± 1.6	7.3
2020	312	24 ± 1.3	7.7
Promedio	688.7 ± 196.9	37.2 ± 1.3	5.7

Cuadro 3. Casos de peatones atropellados reportados en la ciudad de Chihuahua por la Secretaría de Seguridad Pública de Chihuahua, en el periodo 2015-2020, y casos de atropellamientos a 100 m a la redonda de las 43 estaciones del sistema BRT.

Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Seguridad Pública.

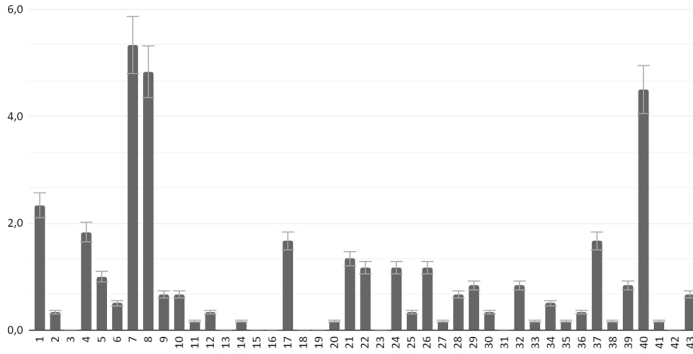


Figura 1. Comparativo entre el promedio de peatones atropellados en las inmediaciones de las estaciones de BRT en la ciudad de Chihuahua, en el periodo 2015-2020.

Fuente: elaboración propia.

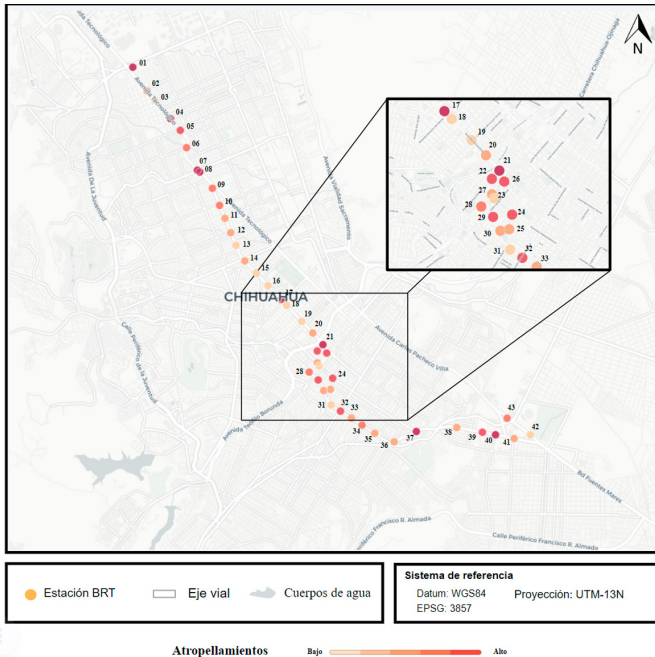


Figura 2. Patrones territoriales en relación con las estaciones del sistema BRT y casos de atropellamiento a peatones.

Fuente: elaboración propia.



—Nueva España—; seguidas por las estaciones 4 y 1 —Conalep II y Terminal norte, respectivamente—. En la figura 1 se puede observar la distribución de la media de peatones atropellados en las inmediaciones de las estaciones del sistema BRT, mientras que en la figura 2 se observan los respectivos patrones territoriales.

Valoración de la caminabilidad y modelo de clasificación

Si bien el análisis cartográfico revela dónde ocurren los siniestros, no explica por qué ciertas estaciones son más seguras que otras. Para comprender las causas físicas detrás de estas estadísticas, fue necesario descender a la escala humana y auditar la calidad del entorno construido. El concepto caminabilidad urbana se refiere a la gama de atributos de diseño urbano que favorecen los traslados a pie brindando accesibilidad y confort al espacio urbano (Ewing y Handy, 2009). La caminabilidad se puede evaluar de distintas maneras y se ha comprobado que tiene beneficios importantes en la salud urbana. Por ejemplo, mejora la salud cardiovascular y la salud mental, y estimula la seguridad pública (Van Cauwenberg *et al.*, 2016; Shields *et al.*, 2023). Además, la caminabilidad juega un rol importante en la usabilidad del

transporte público y el impulso de la multimodalidad (Choi *et al.*, 2021; Gan *et al.*, 2021).

Las variables asociadas a la caminabilidad pueden variar según el contexto en el que se evalúen (Lo, 2009; Moudon *et al.*, 2006). Aunque las definiciones actuales suelen centrarse en cómo el entorno construido fomenta el acto de caminar, a menudo carecen de precisión al abordar quiénes son los peatones y cuáles son sus necesidades específicas (Lo, 2009). Diversos grupos de investigación consideran que el concepto y sus variables permiten distinguir principalmente entre caminar como medio de transporte y caminar con fines recreativos (Brownson *et al.*, 2009). Estas diferencias en los motivos para caminar se reflejan en los índices mediante ponderaciones variables: por ejemplo, la conectividad entre el hogar y el trabajo tiene mayor peso en los traslados relacionados con el transporte, mientras que la cercanía de parques y senderos se prioriza para actividades recreativas.

Concebir la caminabilidad como una característica del entorno construido que facilita el acto de caminar evita que el término se interprete como una representación absoluta (Leslie *et al.*, 2007). Esta perspectiva abre la posibilidad de explorar diversas cualidades

del entorno urbano que podrían actuar como factores predictivos. Estas características, representadas a través de índices o descriptores, se analizan como elementos influyentes que funcionan como indicadores clave de la caminabilidad y que pueden estar vinculados con impactos en la salud, el mercado o el medio ambiente en contextos o poblaciones específicas.

En el presente estudio, el análisis de la caminabilidad se llevó a cabo

mediante auditoría e inició por la cuantificación de elementos de accesibilidad universal en las estaciones del sistema BRT. Lo primero a detallar es que todas las estaciones cuentan con accesos a nivel de calle y están habilitadas con rampas de acceso adecuadas. Sin embargo, la accesibilidad del entorno es bastante limitada (figura 3). Por ejemplo, 66.6% de los cruceiros en donde se encuentran las estaciones tiene una banqueta óptima de por lo mínimo 1.2 m de ancho y no se está invadida



Figura 3. Características de la caminabilidad en las estaciones del sistema BRT de Chihuahua.
Fuente: fotografías tomadas por la y los autores.



por estacionamiento; en promedio, el ancho de la banqueta es de 0.9 m. Solo 16.6% de las banquetas adyacentes de las estaciones del sistema BRT cuentan con rampas de acceso libres de obstáculos, pero ninguna cuenta con elementos como bolar-dos, para evitar su invasión, o rutas podotáctiles. Además, 40% de las rampas presentan obstáculos inmediatos, la mayoría de estos son postes de energía eléctrica o alum-brado público.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por el Censo de Vivien-da, el cual establece que Chihuahua capital cuenta con una cobertura de banqueta de 33% y 9% de co-bertura de infraestructura de ac-cesibilidad universal (INEGI, 2020). Esto resulta relevante ya que hay evidencia de que los problemas de mantenimiento y accesibilidad en la infraestructura peatonal incita al transeúnte a caminar por la calle, y aumenta así el riesgo de un sini-es-tro vial (Galanis *et al.*, 2017).

Respecto a la visibilidad, 100% de las estaciones cuentan con ilumina-ción suficiente en su interior; sin em-bargo, en el cruce inmediato, solo 80% cuenta con alumbrado público.

El dato es importante porque revela que, al concluir el servicio de las es-taciones, 20% de los entornos que-da desprovisto de iluminación. Por otro lado, 44.4% de las estaciones se encuentra en espacios públicos que cuentan con fachadas activas y entornos con habitabilidad que pro-mueve el flujo peatonal y el ocio.

Para reconocer la relación de los índices de caminabilidad con el nú-mero de casos de atropellamien-tos, se utilizó el diseño de modelos de clasificación. Este tipo de prác-ticas identifica una relación cuan-tificable entre una variable depen-diente y una serie de categorías con el fin describir (y en algunos casos predecir) el efecto observa-ble (Ballabio *et al.*, 2018).

En resultado obtenido con el mo-delado matemático demostró que el número de atropellamientos en las inmediaciones de las estacio-nes del sistema BRT se encuentra directamente relacionado con la velocidad vehicular (VTV), la dis-tancia de cruce peatonal a nivel de calle (DNC) y el ancho de banque-ta (AB), como puede observarse a continuación, en el cuadro Modelo de clasificación.

Modelo de clasificación			
$y = 1.2989 (VTV) - 0.5983 (DNC) - 0.8503 (AB) - 2.5601$			
R2 = 78.36	Q2 = 70.62	s = 0.832	F = 11.9

Fuente: elaboración propia con datos de la Secretaría de Seguridad Pública.

En términos de política pública, este modelo matemático revela una interacción clara: el riesgo de atropellamiento no es aleatorio, sino que depende del diseño de la calle. La ecuación indica que a mayor velocidad de los autos y mayor distancia que el peatón debe cruzar sin protección, el riesgo aumenta significativamente. Por el contrario, banquetas más amplias actúan como un factor de protección. Esto valida científicamente que la seguridad vial depende en gran medida de la infraestructura provista: cruces cortos y carriles de baja velocidad.

El modelo de clasificación obtenido permite describir de manera satisfactoria las atribuciones de tres índices de caminabilidad con los casos de atropellamiento. Sin embargo, su nivel estadístico no permite considerar la ecuación como un modelo predictivo. En la figura 4 se puede observar un gráfico del número de atropellamientos predicho por el modelo frente al número de atropellamientos reportado utilizando el conjunto de entrenamiento en donde se incorporan los índices de caminabilidad.

De los índices seleccionados por el modelo, el ancho de banqueta (AB) ha sido descrito con anterioridad. En cuanto el traslado peatonal para acceder a la estación, se refiere a la distancia del cruce a nivel de calle

(DNC) que recorre el transeúnte de la banqueta al acceso de la estación. En este sentido, la media de la distancia de cruce de todas las estaciones es de 11.34 metros.

El Análisis de Componentes Principales generó cinco principales clústeres en donde se agrupan las estaciones en cinco tramos de la ruta troncal 1; al respecto, nos permitimos detallar los resultados. El tramo 1 comprende de Terminal norte (1) a Juan Escutia 2 (8), en este segmento el promedio del tras-

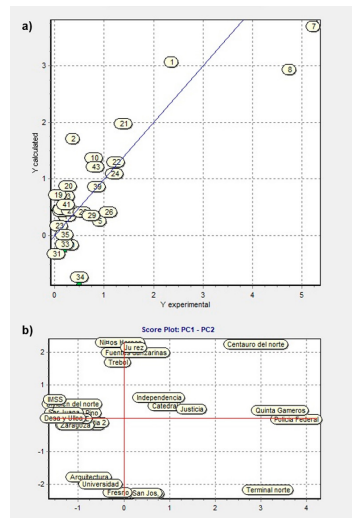


Figura 4. Gráficos obtenidos en la creación del modelo de clasificación. a) Número calculado de peatones atropellados vs número real de peatones atropellados, según modelos de relación infraestructura-actividad. b) Análisis de Componentes Principales (PCA) para el número de atropellamientos en las inmediaciones de las estaciones del sistema BRT. Se muestran las puntuaciones para los dos primeros PCA. Fuente: elaboración propia.



lado peatonal es de 17.5 m; el tramo 2, de la estación Karike (10) a la estación IMSS (20), el promedio es de 9.3 m; el tramo 3 corresponde a la zona centro, de la estación 21 a la 31 (Trébol a Santa Rita, respectivamente), y la distancia de cruce es de 8.4 m; el cuarto tramo va de la estación Sagrado Corazón (30) a Fuentes Mares (37), el promedio es de 7.8 m, y finalmente, en el quinto tramo, de Fuentes Mares (30) a la estación Terminal sur (43), la distancia de traslado es de 16.6 metros.

En relación con la velocidad del tráfico vehicular (VTV), se encontró que, en las inmediaciones de las estaciones, se transita en promedio a 46.05 ± 13.8 km/h, velocidad que corresponde a las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, que establece una velocidad máxima de 50 km/h en los entornos urbanos (WHO, 2023).

En la figura 5 se grafican las medias de la velocidad encontradas en las inmediaciones de cada estación.

Es importante señalar una limitación en la metodología empleada: la recolección de datos de velocidad vehicular (VTV) se realizó en horarios estandarizados para garantizar la comparabilidad entre estaciones. Sin embargo, se reconoce que las dinámicas de flujo vehicular varían entre las *horas pico* y las *horas valle*, por lo que futuras investigaciones deberían contemplar perfiles de velocidad para obtener un panorama más detallado del comportamiento del tránsito.

El análisis por clústeres (o tramos) permite identificar que la gestión de velocidad alrededor de la ruta troncal 1 del sistema BRT de Chihuahua se debe principalmente a dos factores: la reducción del ancho de los

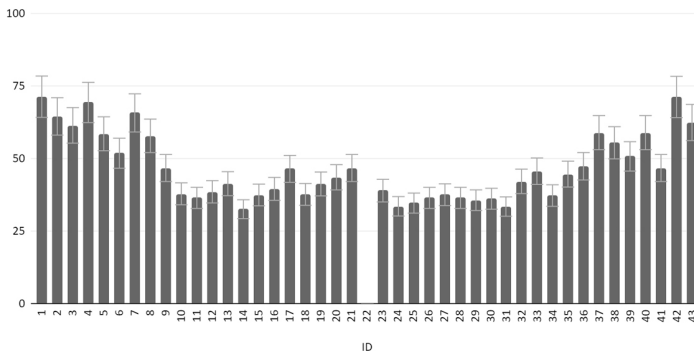


Figura 5. Promedio de velocidad vehicular encontrado en las inmediaciones de cada estación de la troncal 1 del sistema BRT.
Fuente: elaboración propia.



carriles por donde transitan los vehículos y la incorporación de cruces peatonales semaforizados como accesos a las estaciones. Estos dos factores han gestionado de manera adecuada el principal factor de riesgo en materia de seguridad vial.

Se puede observar que en donde la distancia de cruce (DNC) es mayor también lo es la velocidad del tránsito vehicular (VTV). En la figura 5 se puede ver que en el primer tramo, de la estación 1 (Terminal norte) a la estación 8 (Juan Escutia 2), es donde se reportan velocidades más altas y distancias de cruce más largas.

Los resultados muestran, asimismo, que el tramo sobre Av. Vallarta y Av. Universidad, específicamente de la estación 9 (Kariké) a la 20 (IMSS), es donde se encuentran los mejores índices de caminabilidad. Se trata de un corredor de casi 9 km en donde el sistema BRT ha generado una adecuada gestión de la velocidad.

Diversos estudios han planteado que, a 30 km/h, 9% de los atropellos son mortales; mientras que a 50 km/h el porcentaje de perder la vida es de 83%, y a 60 km/h es casi de 100% (Henary *et al.*, 2006). La OMS señala que el aumento de tan solo 1 km/h en la velocidad media de un vehículo se traduce en un incremento de 3% en la probabilidad de sufrir un accidente

con consecuencias fatales, y hasta 5% en la probabilidad de perder la vida tras un percance (Gómez Méndez *et al.*, 2015).

La velocidad también es un problema porque reduce el margen de reacción del conductor y aumenta la distancia de frenado. Se calcula que un conductor promedio que circula a una velocidad de 80 km/h por una vía seca necesitará alrededor de 22 m para reaccionar ante un incidente y un estimado de 57 m en total, para detener la marcha por completo (Moradi y Esmaeilzadeh, 2015).

Los resultados obtenidos en los modelos de clasificación concuerdan con otros estudios. Por ejemplo, un análisis en la India, utilizando datos de la Policía de Calcuta, respecto a siniestros de seis años (2011-2016) encontró que la velocidad de los vehículos, la distancia de visibilidad inadecuada y la ausencia de paradas de autobús designadas afectan significativamente la probabilidad de siniestros fatales con peatones (Mukherjee y Mitra, 2022). Por otro lado, en Manizales, Colombia, un análisis de los siniestros viales que involucraron a peatones, entre enero de 2008 y julio de 2013, reveló que los principales factores de riesgo fueron la velocidad vehicular, la falta de señalización en los pasos peatonales y la mala calidad de las aceras (en términos de ser



muy estrechas o por falta de continuidad) (Valero y Puerta, 2014).

Cruces peatonales vs puentes peatonales

Para dimensionar la efectividad del sistema BRT en términos de seguridad vial, resulta indispensable compararlo con la infraestructura que tradicionalmente se ha ofrecido al peatón en Chihuahua: los puentes peatonales. Este contraste permite visibilizar dos paradigmas opuestos de movilidad.

En Chihuahua capital, en el periodo 2015 a 2020, existían 28 puentes peatonales y 43 estaciones de la ruta troncal 1 del sistema BRT. Bajo el mismo principio se hizo un análisis cartográfico para determinar el

número de peatones atropellados en un búfer de 100 m a la redonda de estas infraestructuras (figura 6).

Los resultados muestran una diferencia significativa en el número de reportes de lesiones graves por siniestros viales entre los puentes peatonales y las estaciones de la ruta troncal 1. En el mismo periodo, y con el mismo análisis, el promedio anual de atropellamientos en las inmediaciones de los puentes peatonales es de 100 peatones víctimas de siniestros de tránsito, mientras que el promedio anual en las estaciones del sistema BRT es de 37 atropellamientos.

Aunque el sistema BRT no fue pensado como una política de seguridad vial, ha contribuido en sal-

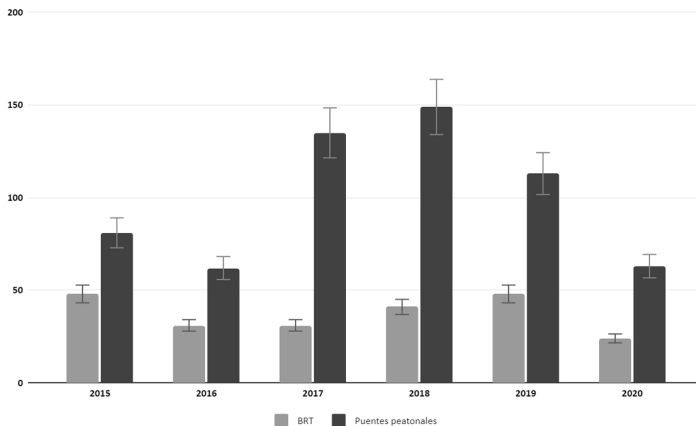


Figura 6. Comparativo de peatones atropellados en las inmediaciones de las estaciones de la ruta troncal 1 del sistema BRT y los puentes peatonales de Chihuahua.
Fuente: elaboración propia.



vaguardar la integridad del transeúnte en mayor medida que los puentes peatonales, cuyo (supuesto) objetivo es mejorar las condiciones de seguridad vial peatonal. Estas diferencias se explican porque, mientras los puentes peatonales priorizan la velocidad vehicular, el sistema BRT lo gestiona; mientras los puentes peatonales triplican o quintuplican los traslados de cruce (Andrade-Ochoa *et al.*, 2020), el sistema BRT los reduce.

Uno de los elementos esenciales sobre los siniestros de tránsito en los que un peatón resulta atropellado es el análisis de tiempo-distancia (Zębala *et al.*, 2012; Aziz *et al.*, 2013). Cada peatón tiene la intención de cruzar la calle de forma segura, pero sus percepciones sobre las posibilidades de cruzar de esta manera la calle están relacionadas con sus posiciones identitarias (edad, género, diversidad funcional, etc.) y con las características del entorno construido (Levulytė *et al.*, 2017). En este sentido, el cruce seguro a nivel de calle del sistema BRT confiere al transeúnte mayores características de seguridad, accesibilidad y confort, en comparación con las del puente peatonal.

Aunque el sistema BRT en Chihuahua presenta múltiples carencias en cuanto a la caminabilidad en sus entornos inmediatos, su contribución a la seguridad vial

no se limita exclusivamente al rediseño geométrico. Este impacto positivo también se explica por el aumento del flujo peatonal en las áreas adyacentes a las estaciones. La incorporación de cruces semaforizados a nivel de calle restituye la dignidad del desplazamiento y motiva una mayor cantidad de viajes peatonales, dotando al espacio de una escala más humana.

Esta dinámica valida en el territorio el fenómeno de la “seguridad a través de los números”. Existe evidencia sustancial de que, a mayor presencia de transeúntes en las calles, mayor es la seguridad vial del entorno (Jacobsen, 2015). A medida que aumenta la masa crítica de peatones en el espacio público, se debilita la percepción de dominio y confort del automovilista. Ante un entorno vivo y con alta actividad humana, los conductores se ven obligados a moldear sus comportamientos, mitigando de forma instintiva factores de riesgo determinantes, como el exceso de velocidad. En otras palabras, la propia presencia peatonal actúa como un mecanismo de pacificación del tránsito.

Finalmente, este fenómeno pone en evidencia que las infraestructuras viales y de transporte no son obras de ingeniería neutrales, sino entidades altamente sociales y políticas. Las decisiones de diseño sobre el espacio público dictan quién



tiene derecho a la ciudad y cómo se distribuye el poder en la calle. Por ende, es importante no separar las dimensiones físicas de la dimensión social. Un cruce peatonal a nivel de calle no es solo una solución técnica o geométrica, es una intervención social que, al invitar a las personas a habitar y transitar el espacio de manera segura, demuestra que la comunidad misma puede convertirse en el principal factor protector frente a la violencia vial.

Conclusiones y consideraciones finales

En diversos foros y publicaciones de movilidad sostenible y salud urbana se habla del transporte público como la columna vertebral de las ciudades. Si el transporte público es la columna vertebral de los entornos urbanos, entonces la caminabilidad es el tejido conectivo que sostiene al sistema de transporte y las redes que lo comunican.

El presente trabajo pone en evidencia las carencias de caminabilidad en los entornos adyacentes del sistema BRT, en la ciudad de Chihuahua; lo que puede explicar el continuo abandono de las personas usuarias del transporte público. En 2021, la Estadística de Transporte Urbano de Pasajeros (ETUP) del INEGI incorporó el sis-

tema de transporte urbano de pasajeros de la ciudad de Chihuahua, en el que anualmente se genera un conteo de pasajeros. Los reportes indican que en 2021 se contabilizaron 742 400 pasajeros; mientras que en 2022 se cuantificaron 589 581, lo que significa una reducción de más de 150 000 traslados en un año.

Es muy temprano para concluir una causa precisa en el abandono del transporte BRT de Chihuahua, y el presente trabajo no considera factores como tiempo de traslado, calidad en el servicio, conectividad ni costos. Sin embargo, queda claro que para llegar a los sistemas de transporte se incorpora al cuerpo, si el traslado del pasajero en estos sistemas no es cómodo, accesible, seguro, digno y confortable, las personas continuarán aspirando al vehículo motorizado privado como el único medio de movilidad. Por tanto, una política de transporte público de calidad debe integrar una política de caminabilidad integral que considere la diversidad corporal y el error humano. Fomentar la movilidad peatonal, especialmente atendiendo a los problemas de seguridad, puede favorecer un cambio en la distribución modal en beneficio de los usuarios más vulnerables, incrementar la sostenibilidad de las zonas urbanas y elevar la calidad de vida de la población.



Pese a las carencias de caminabilidad, la ruta troncal 1 del sistema de BRT en Chihuahua logra trabajar de manera óptima el principal factor de riesgo en los hechos de tránsito: la velocidad. Aun cuando la finalidad del sistema no fue incorporarse como una política de seguridad vial, su rediseño geométrico y la semaforización han generado un corredor de norte a sur de la ciudad donde es poco probable que un peatón pierda la vida por atropellamiento. Esto pone en evidencia las virtudes de un sistema de transporte que resuelve sus accesos a nivel de calle.

Referencias

- ANDRADE-OCHOA, S., Y CHAPARRO-GÓMEZ, V. I. (2022). *Relación cuantitativa entre atropellamientos y puentes peatonales en Chihuahua, México*. Revista INVI, 37(106), 121-148. <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2022.67149>
- ANDRADE-OCHOA, S., CHAPARRO-GÓMEZ, V. I., MARTÍNEZ-GARCÍA, E. E., Y PÉREZ-FUENTES, F. R. (2020). *Evaluación de puentes peatonales de la ciudad de Chihuahua, México: un estudio descriptivo sobre caminabilidad y accesibilidad universal*. Revista Planeo, (90), 1-13.
- AZIZ, H. A., UKKUSURI, S. V., Y HASAN, S. (2013). *Exploring the determinants of pedestrian-vehicle crash severity in New York City*. Accident Analysis & Prevention, 50, 1298-1309. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.09.034>
- BALLABIO, D., GRISONI, F., Y TODESCHINI, R. (2018). *Multivariate comparison of classification performance measures*. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 174, 33-44. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2017.12.004>
- BANISTER, D. (2008). *The sustainable mobility paradigm*. Transport Policy, 15(2), 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- BROWNSON, R. C., HOEHNER, C. M., DAY, K., FORSYTH, A., Y SALLIS, J. F. (2009). *Measuring the built environment for physical activity: state of the science*. American Journal of Preventive Medicine, 36(4), S99-S123. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.01.005>
- CERVERO, R., Y DAI, D. (2014). *BRT TOD: Leveraging transit-oriented development with bus rapid transit investments*. Transport Policy, 36, 127-138. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.08.001>
- CHOI, K., PARK, H. J., Y DEWALD, J. (2021). *The impact of mixes of transportation options on residential property values: Synergistic effects of walkability*. Cities, 111, artículo 103080. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103080>
- EWING, R., Y DUMBAUGH, E. (2009). *The built environment and traffic safety: A review of empirical evidence*. Journal of Planning Literature, 23(4), 347-367.
- EWING, R., Y HANDY, S. (2009). *Measuring the unmeasurable: Urban design qualities related to walkability*. Journal of Urban Design, 14(1), 65-84. <https://doi.org/10.1080/13574800802451155>

- GALANIS, A., BOTZORIS, G., Y ELIOU, N.** (2017). *Pedestrian road safety in relation to urban road type and traffic flow*. Transportation Research Procedia, 24, 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.111>
- GALINDO, L. M., HERES, D. R., Y SÁNCHEZ, L.** (2006). *Tráfico inducido en México: contribuciones al debate e implicaciones de política pública*. Estudios demográficos y urbanos, 21(1), 123-157.
- GAN, Z., YANG, M., ZENG, Q., Y TIMMERMANS, H. J.** (2021). *Associations between built environment, perceived walkability/bikeability and metro transfer patterns*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 153, 171-187. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.09.007>
- GAONA, M. F. M. G.** (2023). *Unequal Production of Space and its Implications in the Metropolitan Area of Querétaro, Mexico: Urban Fragmentation, Dispersion and (Self) Segregation*. Journal of Latin American Geography, 22(3), 87-113. <http://doi.org/10.1353/lag.2023.a915669>
- GÓMEZ, M. Á., OCAMPO, S. M. A., Y GONZÁLEZ, L. J. C.** (2015). *La relación entre velocidad y seguridad vial: estado actual de conocimientos*. Securitas Vialis, 7, 1-11. <http://doi.org/10.1007/s12615-014-9075-x>
- GUZMÁN-RAMÍREZ, A., Y HERNÁNDEZ-SAINZ, K. M.** (2013). *La fragmentación urbana y la segregación social. Una aproximación conceptual*. Legado de Arquitectura y Diseño, (14), 41-56.
- HENARY, B. Y., IVARSSON, J., Y CRANDALL, J. R.** (2006). *The influence of age on the morbidity and mortality of pedestrian victims*. Traffic injury prevention, 7(2), 182-190. <http://doi.org/10.1080/15389580500516414>
- HIDALGO, D., Y GUTIÉRREZ, L.** (2013). *BRT and BHLS around the world: Explosive growth, large positive impacts and many issues outstanding*. Research in Transportation Economics, 39(1), 8-13. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.05.018>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI).** (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*.
- JACOBSEN, P. L.** (2015). *Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling*. Injury Prevention, 21(4), 271-275. <https://doi.org/10.1136/ip.9.3.205rep>
- LANDMAN, K.** (2011). *Urban fragmentation: Different views on its causes and consequences*. International Handbook of Urban Policy, 3, 39-61. <https://doi.org/10.4337/9780857937100.00009>

- LESLIE, E., COFFEE, N., FRANK, L., OWEN, N., BAUMAN, A., Y HUGO, G. (2007). *Walkability of local communities: Using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes*. *Health & place*, 13(1), 111-122. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2005.11.001>
- LEVULYTĖ, L., BARANYAI, D., SOKOLOVSKIJ, E., Y TÖRÖK, Á. (2017). *Pedestrians' role in road accidents*. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 7(3), 328-341. [https://doi.org/10.7708/ijtte.2017.7\(3\).04](https://doi.org/10.7708/ijtte.2017.7(3).04)
- LO, R. H. (2009). *Walkability: what is it?* *Journal of Urbanism*, 2(2), 145-166. <https://doi.org/10.1080/17549170903092867>
- MORADI, A., Y ESMAEILZADEH, S. (2015). *Association between reaction time, speed and agility in schoolboys*. *Sport Sciences for Health*, 11, 251-256. <https://doi.org/10.1007/s11332-015-0230-4>
- MOUDON, A. V., LEE, C., CHEADLE, A. D., GARVIN, C., JOHNSON, D., SCHMID, T. L., ... Y LIN, L. (2006). *Operational definitions of walkable neighborhood: theoretical and empirical insights*. *Journal of physical activity and health*, 3(s1), S99-S117. <https://doi.org/10.1123/jpah.3.s1.s99>
- MUKHERJEE, D., Y MITRA, S. (2022). *Development of a systematic methodology to enhance the safety of vulnerable road users in developing countries*. *Transportation in Developing Economies*, 8, artículo 28. <https://doi.org/10.1007/s40890-022-00165-4>
- MUÑOZ, J. C., Y PAGET-SEEKINS, L. (Eds.). (2016). *Restructuring public transport through Bus Rapid Transit: An international and interdisciplinary perspective*. Bristol: Bristol University Press; Policy Press.
- NAVARRO ARREDONDO, A. (2019). *Control de la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana del Valle de México*. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 34(3), 631-663. <https://doi.org/10.24201/edu.v34i3.1806>
- OH, S., LENTZAKIS, A. F., SESHADRI, R., Y BEN-AKIVA, M. (2021). *Impacts of Automated Mobility-on-Demand on traffic dynamics, energy and emissions: A case study of Singapore*. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 110, 102327. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2021.102327>
- OMS (WORLD HEALTH ORGANIZATION). (2023). *Pedestrian safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners* (2a ed.). Geneva: World Health Organization.
- PADEIRO, M., LOURO, A., Y DA COSTA, N. M. (2019). *Transit-oriented development and gentrification: a systematic review*.

Transport Reviews, 39(6), 733-754. <https://doi.org/10.1080/01441647.2019.1649316>

PEDEN, M., SCURFIELD, R., SLEET, D., MOHAN, D., HYDER, A. A., JARAWAN, E., Y MATHERS, C. (EDS.). (2004). *World report on road traffic injury prevention*. Geneva: World Health Organization.

PENICHE-CAMPS, S., Y CORTEZ-HUERTA, M. (2020). *La costumbre al envenenamiento: El caso de los contaminantes atmosféricos de la ciudad de Guadalajara, México*. Revista de Ciencias Ambientales, 54(2), 1-19. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.54-2.1>

RODRÍGUEZ, S. (2021). *Calidad del aire ambiente, inhalación de contaminantes y consultas en los servicios de urgencia*. Emergencias, 33, 411-412. <https://doi.org/10.55633/s3me/002.2021>

SHELLER, M., Y URRY, J. (2006). *The new mobilities paradigm*. Environment and planning A, 38(2), 207-226. <https://doi.org/10.1068/a37268>

SHIELDS, R., GOMES DA SILVA, E. J., LIMA E LIMA, T., Y OSORIO, N. (2023). *Walkability: a review of trends*. Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability, 16(1), 19-41. <https://doi.org/10.1080/17549175.2021.1936601>

SISTEMA NACIONAL DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA (SINAVE). Sistema Único de Información. (2022). *Boletín Epidemiológico*. Secretaría de Salud del Gobierno de México, 38(52), sem 52.

STEVENSON, M., THOMPSON, J., DE SÁ, T. H., EWING, R., MOHAN, D., MCCLURE, R., ... Y WOODCOCK, J. (2016). *Land use, transport, and population health: estimating the health benefits of compact cities*. The Lancet, 388(10062), 2925-2935. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30067-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30067-8)

VALERO, C. F. F., Y PUERTA, C. P. (2014). *Identification of the main risk factors for vulnerable non-motorized users in the city of Manizales and its relationship with the quality of road infrastructure*. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 162, 359-367. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.217>

VAN CAUWENBERG, J., VAN HOLLE, V., DE BOURDEAUHUIJ, I., VAN DYCK, D., Y DEFORCHE, B. (2016). *Neighborhood walkability and health outcomes among older adults: The mediating role of physical activity*. Health & Place, 37, 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2015.11.003>

VASCONCELLOS, E. A. (2014). *Urban Transport, Environment and*

- 
- Equity: The Case for Developing Countries*. Nueva York: Routledge.
- WEGMAN, F. (2017). *The future of road safety: A worldwide perspective*. IATSS research, 40(2), 66-71.
- YAÑEZ-OROZCO, H., Y BRAVO-PEÑA, L. C. (2022). *Índice de motorización, vehículos legales e ilegales: el caso de la ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua*. Acta Universitaria, (32), 1-14. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3207>
- ZĘBALA, J., CIĘPKA, P., Y REZA, A. (2012). *Pedestrian acceleration and speeds*. Problems of Forensic Sciences, 91, 227-234.