
Propuesta de innovación en infraestructura peatonal a través de un mapeo de rutas seguras en la avenida Lázaro Cárdenas, Xalapa, Veracruz

Proposal for innovation in pedestrian infrastructure through a mapping of safe routes on Lázaro Cárdenas Avenue, Xalapa, Veracruz

Diego David Florescano Pérez,¹ Itzel Montserrat Morales Hernández,²
Vanessa Márquez Espinosa³ e Irvin de Jesús Luna Márquez⁴

Sumario: 1. Introducción, 2. Marco teórico, 2.1. Movilidad urbana, 2.2. Seguridad vial, 2.3. Accidentes, 2.4. Sistemas de información geográfica (SIG), 2.5. Mapeo de rutas seguras, 3. Localización, 4. Metodología, 5. Resultado, 6. Propuesta, 7. Conclusión y recomendaciones, Fuentes de información

Resumen

Mundialmente, la movilidad urbana es uno de los principales problemas de las ciudades. De 2019 a 2024 en Xalapa, Veracruz, México, se ha detectado un alto índice de accidentes peatonales que predominan en la avenida Lázaro Cárdenas, una calle de orden primario y carretera estatal (140). Por ende, la presente investigación tiene como objetivo proponer un mapeo de rutas seguras para dicha avenida. Para ello, se estableció un marco teórico sobre movilidad urbana, seguridad vial, infraestructura peatonal y mapeo de rutas seguras. Es un estudio descriptivo y propositivo que se basa en un análisis estadístico de 50 notas periodísticas, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la observación y la consulta de fuentes bibliográficas; obteniendo como principal resultado una propuesta de mapeo de rutas seguras para la Avenida Lázaro Cárdenas. Se llegó a la conclusión de que la implementación de puentes peatonales permite a los transeúntes prevenir accidentes en áreas urbanas de alto tráfico.

¹Regidor quinto del H. Ayuntamiento de Xalapa, Veracruz, México. Docente en la Universidad Veracruzana. Doctor en administración y desarrollo empresarial, y en educación, con diplomado en Gerencia de Campañas Políticas y máster en Alta Dirección. diegoflorescano@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4680-0639>

² Estudiante de la maestría en Administración en el Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas (IIESCA) de la Universidad Veracruzana. Certificada en Fundamentos para la Administración de la Industria 4.0. mailto:zs22024649@estudiantes.uv.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3329-6840>

³ Estudiante de la licenciatura en Geografía de la Universidad Veracruzana. zS21023269@estudiantes.uv.mx ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5118-6035>

⁴ Estudiante de la licenciatura en Geografía de la Universidad Veracruzana. zS21023255@estudiantes.uv.mx ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1823-0888>

Palabras clave: movilidad urbana, seguridad vial, accidentes, SIG y mapeo.

Abstract

Worldwide, urban mobility is one of the main problems of cities. From 2019 to 2024 in Xalapa, Veracruz, a high rate of pedestrian accidents has been detected that predominate on Avenida Lázaro Cárdenas, a primary street and state highway (140). Finally, the objective of this research is to propose a mapping of safe routes for Avenida Lázaro Cárdenas. To this end, a theoretical framework was developed on urban mobility, road safety, pedestrian infrastructure and safe route mapping. It is a descriptive and purposeful study that is based on a statistical analysis of 50 journalistic notes, Geographic Information Systems (GIS), observation and consultation of bibliographic sources. Obtaining as the main result a proposal for mapping safe routes for Avenida Lázaro Cárdenas. It was concluded that the implementation of pedestrian bridges allows preventing pedestrian accidents in high traffic urban areas.

Keywords: urban mobility, road safety, accidents, GIS and mapping.

1. Introducción

En la actualidad, las ciudades enfrentan un crecimiento exponencial de parque vehicular en todo el país, que de igual forma influye en la cantidad de accidentes diarios (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2022). En la ciudad de Xalapa, la cantidad de vehículos ha ido en aumento, por lo que el riesgo incrementa con ello, afectando a peatones que se trasladan cotidianamente sobre la Avenida Lázaro Cárdenas. Por ello, esta investigación busca proponer una alternativa segura para el peatón que tenga la necesidad de cruzar esta vialidad y poder reducir la cantidad de accidentes a peatones que se susciten sobre esta vía de comunicación.

Para alcanzar estos objetivos, se realiza una búsqueda de información preliminar, en el que se obtienen los datos de accidentes al peatón desde el año 2019 hasta abril del 2024, además realizar un estudio de gabinete, así como de campo para evaluar cada uno de los factores que afectan una óptima movilidad vial. Continuando con el análisis de los datos obtenidos, se hizo uso de los SIG haciendo uso de cartografía para ubicar espacialmente los accidentes dentro de un mapa. Por último, con los datos recabados se propone una alternativa para la modificación de cruces peatonales con la implementación de infraestructura urbana adecuada que, además de fungir como corredor, el peatón se sienta cómodo y en un espacio seguro a la hora de cruzar.

2. Marco teórico

2.1 Movilidad urbana

La movilidad en las ciudades es fundamental para trasladarse de un lugar a otro, al ser una de las actividades que realizamos en la cotidianidad, es importante la toma de decisiones acorde a la planificación urbana, que beneficia la asignación del uso de suelo, el cual debe minimizar el impacto ambiental y generar la accesibilidad en la urbe. Esto está vinculado con la necesidad de resolución de problemáticas latentes por el crecimiento de una población para satisfacer las necesidades con la implementación de infraestructuras y transporte en los espacios públicos, así como la seguridad en la circulación peatonal (Mello y Portugal, 2017).

Para esto, los entornos de movilidad deben adecuarse a un plan de estrategia, verse desde la integración de elementos esenciales para la construcción de infraestructuras. De acuerdo con Soria y Valenzuela (2014), existen cuatro dimensiones visibles para la movilidad urbana:

1. **Urbanística:** Elementos que construyen el tejido urbano para la planificación y desarrollo que puede desempeñar en cada lugar.
2. **Ambiental:** Mantener un equilibrio ecológico en el uso del espacio urbano.
3. **Socio-económico:** La relación del comportamiento humano y su entorno al realizar interacción que mantienen un intercambio monetario, como el uso de transporte público o privado.
4. **Modal:** Refiriéndose a las decisiones que toma el individuo para cumplir una necesidad, como la decisión de rutas peatonales o viales.

Tomando en cuenta estos conceptos, dentro del estudio geográfico se aplica la aglomeración espacial, aquella agrupación de personas que se acumula en una zona debido a factores como las dinámicas sociales, de servicios e intereses, en distintos horarios con mayor concurrencia. Seguido de las estructuras jerárquicas espaciales, en la organización y distribución de una ciudad clasificada desde el centro, subcentros y periferias. Finalmente, el proceso de crecimiento temporal; es decir, la evolución de una ciudad, donde es necesario crear alternativas acordes a la demanda de la población (Cao et al., 2023).

2.2 Seguridad vial

La seguridad vial emplea la integración de varios agentes a evaluar, según un modelo etiológico por Haddon (1968) se divide en tres:

1. **La carretera o el medio natural.** Viéndose como las infraestructuras o entorno previo, durante y al final de un accidente. Este entorno construido determina las condiciones

- antropogénicas, pudiendo representar un peligro para la sociedad.
2. El vehículo. Enlazando la toma de decisiones por parte del conductor, que está descrito por una educación vial y limitado a través de leyes.
 3. El ser humano. Con relación al peatón, al estar ligado en un rango de vulnerabilidad.

Con base en lo anterior, se engloba la interconexión donde se ve involucrado el medio urbano, conurbado o rural, junto con el comportamiento de los individuos que utilizan estas vías como medio de transporte. Es por ello que la seguridad vial busca prevenir este tipo de accidentes al mejorar algunos factores clave como los errores humanos por medio de la orientación vial. La capacidad física limitada para sobrevivir a un accidente a través de mejorar la infraestructura y sistema vehicular (Jasiuniene y Vaiškunaite, 2020). Para esto debe tomarse en cuenta la Ley 561 de Tránsito y Seguridad Vial del Estado, legislación encargada de brindar la normatividad para Veracruz, publicada en la Gaceta Oficial de 2015, logrando identificar la información clave para realizar un diagnóstico de seguridad vial de las leyes federal y estatal. Por otro lado, la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) establece normatividades de velocidad para el conductor.

Para vialidades federales y estatales es de 110 km/h; de orden primario, 50km/h; de orden secundario, 30km/h, y orden terciario, 20km/h. Continuando con las normas de alcohol y conducción, así como la prohibición del uso de celular al manejar. La obligación del cinturón de seguridad en el conductor y pasajeros; entre otros sistemas de legislación para motociclistas como el uso obligatorio de casco (Pérez et al., 2017).

Al ser violentado el marco jurídico antes mencionado se ejecutan penalizaciones, infracciones o multas, que pueden contribuir a la mejora de la seguridad vial. Por otro lado, las cualidades y características del espacio geográfico varían de acuerdo con el lugar, así como el tipo de legislación empleada para cada uno de los sitios en diversas escalas, un punto importante a destacar es la influencia de sustancias ilícitas, que se ha considerado similar en la mayoría de los países como un factor para la inseguridad vial (Sarma y Cox, 2023).

2.3 Accidentes

Según datos del INEGI (2023), los accidentes viales son una constante en zonas urbanas, situándose en quinto lugar de las razones principales de muerte en México, suponiendo una amenaza para todas las personas, tanto conductores como peatones debido a la constante necesidad de movilidad.

De acuerdo con Cabrera y otros (2020) los accidentes de tráfico se han convertido en una de las causas principales de muerte en jóvenes que van desde los 5 hasta los 29

años, y la octava causa para todos los grupos de edad, incluso por encima del VIH/SIDA, tuberculosis y enfermedades diarreicas, considerando que estos accidentes no solo se limitan al entorno urbano, puesto que también ocurren en carretera, donde alrededor de 50 millones de personas llegan a sufrir lesiones no mortales.

Aunque no existe una clasificación estándar definida a nivel nacional o internacional, la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2023) en su documento *Implementación de medidas de seguridad vial prioritarias en América Latina y el Caribe* atribuye a estos accidentes a causas como el error humano, en el que entran casos como la distracción y el consumo de alcohol, los principales causantes de estos accidentes. Aunado a ello, muchas veces las condiciones de las carreteras e inclusive las condiciones climáticas suelen ser determinantes en un accidente. Así como el comportamiento del conductor, la falta de señalética, hora del día e inclusive, el tipo de vehículo (INEGI, 2024).

En la búsqueda de opciones y soluciones para mitigar o reducir la cantidad de accidentes en entornos urbanos, se proponen estrategias que aborden las características ya mencionadas. Algunas investigaciones y propuestas, tal como la de Mishra y otros (2023), sugieren la implementación de nuevas tecnologías, como los sistemas de notificación visual (HUD por sus siglas en inglés) los cuales pueden desempeñar un papel fundamental en la reducción de accidentes. Además, dentro de este mismo artículo se menciona que, el integrar estas tecnologías en compañía de datos geoespaciales, permitiría una planificación urbana más informada y proactiva, enfocada en identificar y modificar las áreas en donde se descubra un alto índice de riesgo.

2.4 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) actualmente son herramientas indispensables, no solo para los geógrafos sino para una infinidad de perfiles profesionales, y estas suponen un gran avance tecnológico en el análisis y representación de datos de manera visual y armónica para el usuario. Los SIG proporcionan información del campo de estudio e ilustran el patrón de uso de suelo; además de datos relacionados con el ordenamiento del espacio en un entorno tanto urbano como rural (formas, alturas, áreas y tipos de terrenos, edificios o construcciones, entre otros.) Además, es de gran ayuda al comparar y analizar las modificaciones que ha sufrido el espacio en un contexto de tiempo (Al-Tamimi, 2022).

En estudios recientes, tal como en el de Lee, Cho y Yoon (2020), los SIG se han utilizado para analizar de una forma más detallada la estabilidad de pendientes, simulaciones de comportamiento de flujo de escombros mediante modelos de elevación digital (DEM por sus siglas en inglés) y la creación de mapas de riesgo en áreas urbanas, demostrando

así la gran importancia y valor que aportan en estos casos de estudio y en la planificación y gestión urbanas.

En el contexto de seguridad vial, los SIG son de gran ayuda para determinar, marcar, mapear e identificar los accidentes y puntos críticos; para identificar patrones que puedan informar y dar pistas sobre lo que ocurre y así proponer ideas, soluciones o alternativas según el contexto y espacio. Un estudio sobre el análisis de accidentes de tráfico realizado por Mi-Ran Lee (2020) demuestra cómo los SIG pueden ser de gran utilidad al identificar y mapear zonas de alta incidencia de accidentes, facilitando el desarrollo de estrategias y soluciones para mejorar la vialidad.

De igual forma, esta herramienta permite realizar una comparación y analizar las modificaciones que ha sufrido el espacio en un contexto de temporalidad, proporcionando herramientas cruciales para el monitoreo y planificación de cambios de uso de suelo en entornos urbanos (Al-Tamimi et al., 2022). Esto no solo mejoraría la eficiencia al llegar a una conclusión y tomar la decisión que más se adecue al contexto sociocultural e inclusive económico de la zona, sino que también facilitaría la implementación de medidas preventivas adaptadas al contexto local.

2.5 Mapeo de rutas seguras

Para la elaboración de cartografía se pueden emplear diversos tipos de *software* como los que se han mencionado con anterioridad para elaborar mapas de calor que ayuden a identificar las zonas de mayor riesgo accidental, clasificación de carreteras, concentración del tráfico, entre otros.

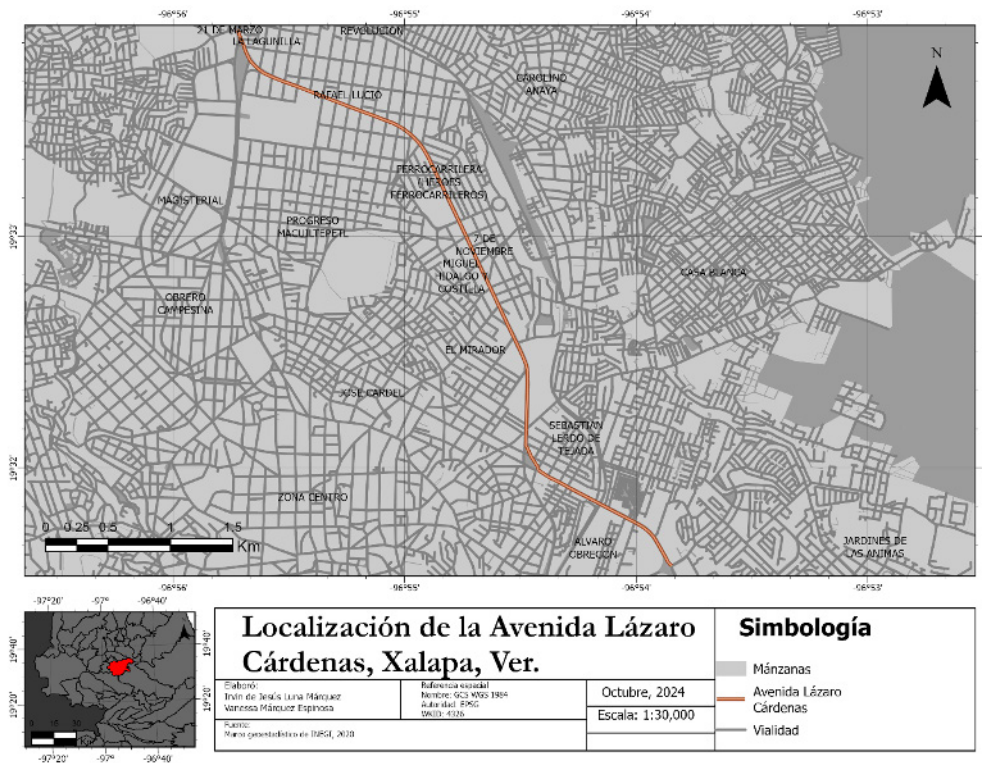
Se ha propuesto la planificación para la elaboración de una ruta segura, para orientar una mejor alternativa peatonal y vial. En primer lugar, detectar la ubicación de los accidentes de la zona a estudiar obteniendo las coordenadas y datos principales por medio de imágenes satelitales o noticias de un determinado periodo. En segundo lugar, diseñar una ruta que conecte los puntos de interés ideando la mejor alternativa o infraestructura de forma predeterminada.

En tercer lugar, por medio de la cartografía, identificar los puntos de interés o aquellos viables para prevenir accidentes, considerando la legislación y evitar efectos que impacten negativamente la distancia local. En cuarto lugar se encuentra el llevar a cabo la optimización de una propuesta con modelos o simulaciones en el área de estudio y finalmente compararlo con otras rutas establecidas o que se encuentran en una situación similar; esto puede ayudar a identificar otros factores como el tiempo, distancia y seguridad (Lozano & Mateo, 2021).

3. Localización

Como se puede observar en la figura 1, la avenida Lázaro Cárdenas es una línea que abarca las siguientes coordenadas geográficas, punto inicial: Latitud: 19°33'53.77" Norte y Longitud: 96°55'42.99" Oeste, el punto final: Latitud: 19°31'19.95" Norte y Longitud: 96°53'36.05 Oeste; tiene una extensión aproximada de 7 kilómetros. Además de ser una calle de orden primario (avenida principal) dentro de la mancha urbana de la capital de Veracruz, conecta con los municipios conurbados de Banderilla y Emiliano Zapata, es decir, es una carretera estatal, por donde transitan tráileres con materiales de industriales desde las 20 h hasta las 5 h.

Figura 1. Localización de la Avenida Lázaro Cárdenas, Xalapa, Veracruz



Es un corredor urbano de suma importancia para el tránsito peatonal que atraviesa gran parte de la ciudad, abarcando las colonias Rafael Lucio, El Mirador, Francisco Villa, Los Laureles, Sebastián, Pomona, Agua Santa, Agua Santa II, Lerdo de Tejada, el Encinal, y las Ánimas. Esta avenida atraviesa de este a oeste la ciudad, dividiéndola. Por lo tanto, grandes cantidades de peatones deben cubrir sus necesidades dentro de la urbe, de manera que se ven con la necesidad de convivir con todas las modalidades de transporte, tanto privado como público al atravesar esta avenida.

4. Metodología

El estudio realizado es descriptivo, debido a que se especifican las propiedades y características de los procesos estudiados mediante la recolección de información y análisis de variables para identificar atributos clave (Hernández Sampieri et al., 2014). Para esta investigación se realizó la descripción del área de estudio mediante cartografía, en la que se incluyen capas con factores como manzanas cercanas a la avenida, servicios, tipología de vivienda y accidentes registrados entre 2019 y abril de 2024, corroborados con notas periodísticas del Diario de Xalapa, Al Calor Político y Meganoticias Xalapa.

La investigación de gabinete se complementó con observación directa, registrando servicios, localización de los puentes peatonales y su estado actual. Este método permite describir fenómenos de la realidad sin manipular datos (Arias, 2012).

Asimismo, se empleó un enfoque de metodología propositiva, elaborando proyectos que transformen la realidad a partir de los datos obtenidos e identificando la mejor solución para un beneficio futuro (Torres Soler, 2016). Se propuso mejorar la avenida Lázaro Cárdenas a partir de un análisis cartográfico y el diseño de una propuesta en AutoCAD, a partir del número de accidentes y la condición, localización e identificación de esta infraestructura.

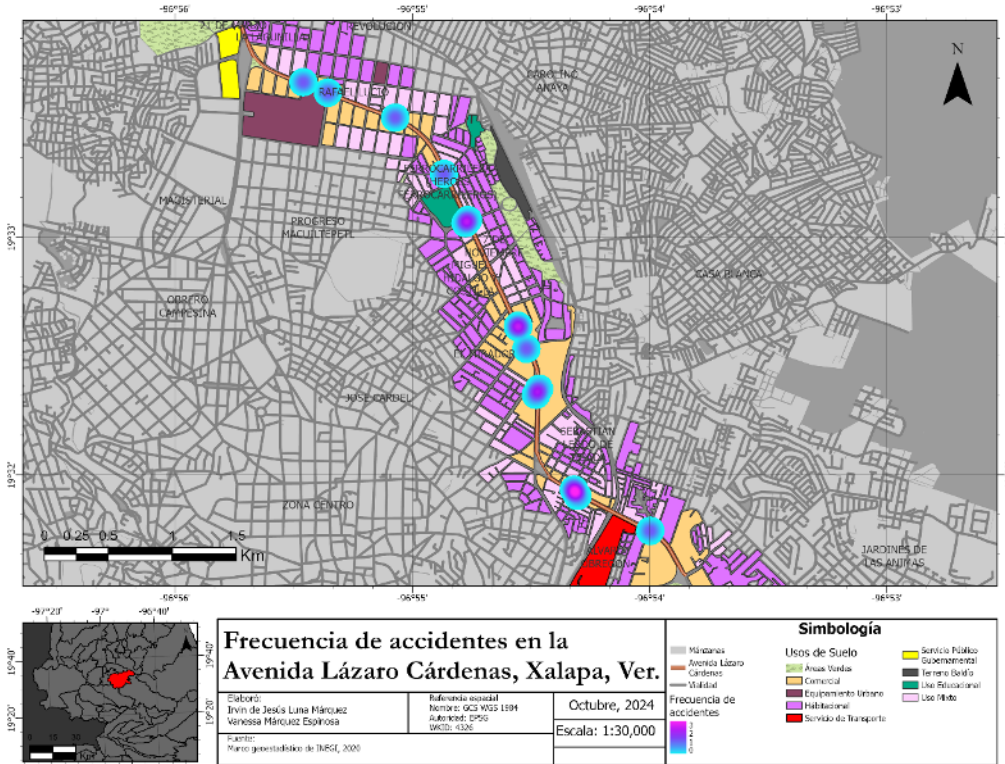
5. Resultados

Se realizó una búsqueda de notas periodísticas de entre los años 2019 a 2024 de todos los días de cada año hasta abril de 2024 y se contabilizó una muestra de 50 noticias, de las cuales 15 tuvieron ocurrencia sobre la avenida Lázaro Cárdenas.

En la figura 2 se observan los puntos de los accidentes, los cuales están representados con *buffers* en escalas de colores, en el que el color azul representa menor cantidad de accidentes (un accidente), mientras que el color rosa intenso representa la máxima cantidad de accidentes registrado en el lugar (3 accidentes). La avenida Lázaro Cárdenas combina el uso comercial, habitacional y mixto, incluyendo servicios urbanos y de transporte.

Con datos obtenidos a partir de la recapitulación de la información de las notas periodísticas se evidencia que los adultos mayores son los más afectados, además de que los accidentes ocurren cerca de los puentes. Se contabilizaron siete puentes peatonales, la mayoría en malas condiciones: sucios, sin iluminación (que los hace inseguros) o que son poco accesibles. En campo se confirmó que muchos transeúntes, especialmente adultos

Figura 2. Frecuencia de accidentes en la Avenida Lázaro Cárdenas, Xalapa



mayores, cruzaban debajo de algunos puentes debido a la dificultad para subirlos o por el mal estado de la infraestructura, como se visualiza en la figura 3.

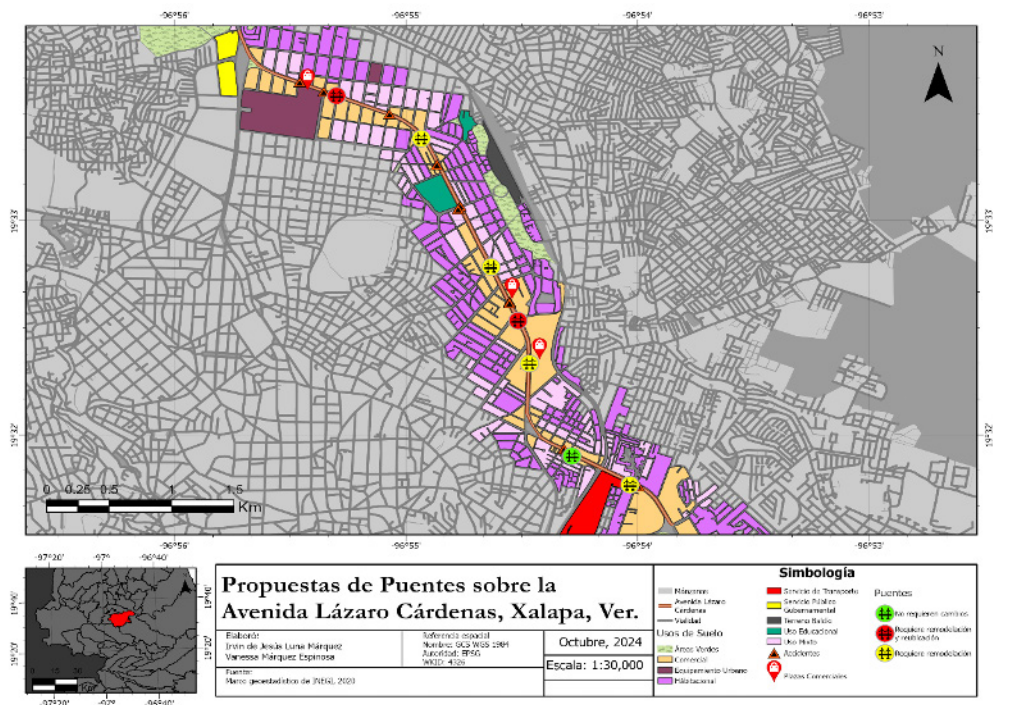
Figura 3. Estado actual de los puentes peatonales de la avenida Lázaro Cárdenas



6. Propuesta

Se identificó que la inadecuada infraestructura peatonal sobre la avenida Lázaro Cárdenas genera accidentes, especialmente a los grupos vulnerables, por lo que se propone reubicar y remodelar los puentes peatonales, priorizando su proximidad a zonas con mayor flujo peatonal y paradas de autobuses, tal como se observa en la figura 4.

Figura 4. Propuesta de puentes peatonales sobre la avenida Lázaro Cárdenas, Xalapa

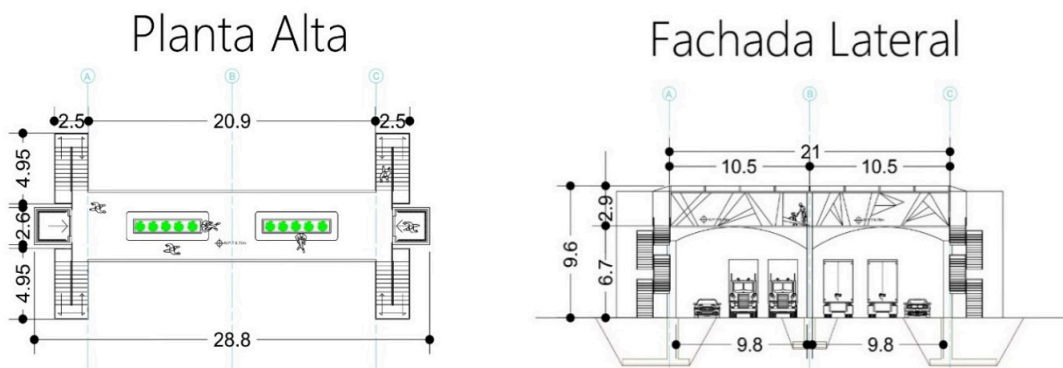


En la imagen 4 se observa la distribución de los puentes peatonales que se localizan sobre la avenida Lázaro Cárdenas, de los cuales, cuatro requieren una remodelación. Otra de las propuestas es la reubicación de dos puentes peatonales, representados con color rojo en el mapa anterior, debido a que se localizan en una zona poco viable para el transeúnte: la parada de autobuses se encuentra retirada, cuenta con poca luminaria y accesibilidad. Se propone reubicarlo cerca de la plaza Urban Center, que es un punto donde transitan las personas con mayor frecuencia, así como la presencia de una parada de autobús.

Para ello, en la figura 5 se propone un diseño de puente; se busca crear un ambiente amigable para el peatón, intentando lograr la inclusividad agregando un elevador para personas con dificultades motrices y compactando el ascenso vertical desde las escaleras. Otro elemento que posee es la presencia de vegetación y asientos alrededor

de la jardinera, puesto que la jardinera estaría regada mediante un sistema de captación de agua de lluvia, además de estar iluminado por luz led discreta para crear un ambiente armonioso. Este diseño busca ser amplio para evitar la congestión peatonal al momento de cruzar e invitar a la población a cruzarlo, fomentando el traslado a pie y evitar o mitigar los accidentes generados en la Avenida. Por último, se buscó un diseño en el que se note la palabra “XALAPA” en la estructura del puente, misma que proporcionaría cierta resistencia a la estructura.

Figura 5. Diseño de puente peatonal amigable con el transeúnte



7. Conclusión y recomendaciones

Al obtener los resultados del análisis previo sobre la avenida Lázaro Cárdenas en la ciudad de Xalapa, se muestra que la distribución de los accidentes es propiciada por una alta cantidad de comercios en la zona; así como la demanda del uso de suelo habitacional. Estos son algunos factores que influyen en el aumento de los accidentes peatonales, especialmente para un grupo vulnerable; por lo tanto, dicho grupo es el directamente afectado, al tener que trasladarse para llegar a su lugar de origen o destino.

El empleo de algunas herramientas SIG, la implementación de AutoCad para el desarrollo del diseño de puente, la investigación de las notas periodísticas, así como las salidas a campo para corroborar información, junto con el apoyo visual de la elaboración cartográfica fueron importantes para tomar una decisión, presentando una propuesta transdisciplinar que une la disciplina geográfica con la arquitectura. El análisis espacial fue dirigido a la optimización de la movilidad peatonal, y el diseño de la construcción de un puente cubre la solución a una necesidad y problemática ante el aumento del riesgo en los accidentes de los transeúntes.

Futuras líneas de investigación pueden desarrollarse a través de la geografía de la percepción, con una metodología que implemente lo cualitativo, realizando encuestas o entrevistas que proporcionen información con relación a lo que percibe la sociedad. Así mismo, realizar un estudio puntual en campo al hacer un conteo de análisis del tráfico vial en la zona de estudio, este evaluaría el flujo de personas sobre los puentes peatonales en las horas más concurridas durante los distintos días de la semana.

Fuentes de información

- Al-Tamimi, A. H.; Alnasrawy, A. A. M.; Hatmi, M. H. A.; Al-Ansari, N.; Al-Mamoori, S. K. & Jiddy, Z. A. J. (2022). Urban uses change an analytical study using geographic information systems/Kufa city as a model. *Cogent Engineering*, 9(1), Article 2143065. <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2143065>
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. (6ª ed.). Editorial Episteme.
- Cabrera-Arnau, C., Curiel, R. P., y Bishop, S. R. (2020). Uncovering the behaviour of road accidents in urban areas. *Royal Society Open Science*, 7(4), 1-12. <https://doi.org/10.1098/rsos.191739>
- Cao, J., Tu, W., Cao, R., Gao, Q., Chen, G., y Li, Q. (2023). Untangling the association between urban mobility and urban elements. *Geo-Spatial Information Science*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/10095020.2022.2157761>
- Gaceta Oficial del Estado. [G.O.E.V] (2015). Ley 561 de Tránsito y Seguridad Vial para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave de abril 2015 [México].
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Informe sobre la situación de la seguridad vial, México 2020. Secretaría de Salud/STCONAPRA. México, Ciudad de México, 2022.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). Accidentes de tránsito. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/temas/accidentes/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). Principales causas de defunción. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/temas/mortalidad/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). Accidentes de tránsito terrestre. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/continuas/transporte/accidentes.asp>.
- Jasiūnienė, V., y Vaiškūnaitė, R. (2020). Road Safety Assessment Considering The Expected Fatal Accident Density. *The Baltic Journal Of Road And Bridge Engineering*, 15(2), 31-48.
- Jiang, S., Jafari, M., Kharbeche, M., Jalayer, M., y Al-Khalifa, K. N. (2022). Safe Route Mapping of Roadways Using Multiple Sourced Data. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(4), 3169-3179. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3032643>
- Labbé, D., Dorvilier, A., y Doyon, A. (2023). Understanding walkability from the social sciences: Insights from the literature and the case of Hanoi, Vietnam. *Cities*, 138, 104411. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104411>
- Lee, M.-R., Cho, J.-M., & Yoon, H.-S. (2020). Quantitative risk analysis of debris flow disasters in urban area using geographic information system. *Sensors and Materials*,

- 32(12), 4573-4586. <https://doi.org/10.18494/SAM.2020.3134>
- Lozano, J. M., & Mateo, T. (2021). Walking Secure: Safe Routing Planning Algorithm and Pedestrian's Crossing Intention Detector Based on Fuzzy Logic App. *Sensors*, 21(2), 529. <https://doi.org/10.3390/s21020529>
- Mello, A. y Portugal, L. (2017). Um procedimento baseado na acessibilidade para a concepção de Planos Estratégicos de Mobilidade Urbana: o caso do Brasil, *EURE (Santiago)*, 43 (128), 99-125.
- Mishra, S., Rajendran, P. K., Vecchiatti, L. F., y Har, D. (2023). Sensing accident-prone features in urban scenes for proactive driving and accident prevention. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 24(9), 9401–9414. <https://doi.org/10.1109/TITS.2023.3271395>
- Montes, J. A. (2014). Dimensiones relevantes para la evaluación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 6-24.
- Organización Panamericana de la Salud. Implementación de medidas de seguridad vial prioritarias en América Latina y el Caribe. Washington, D.C.: OPS; 2023. <https://doi.org/10.37774/9789275327586>
- Pérez, R., Ruelas, D., e Hajar, M. (2017). Legislación sobre seguridad vial en México: un análisis subnacional. *Rev Panam Salud Publica*, 41 (82), 1-10 <https://doi.org/10.26633/RPSP.2017.82>
- Sanchez, M. V., Navarro, J., Fonseca-Escudero, D., Amo-Filva, D., y Antunez-Anea, F. (2024). Exploiting urban data to address real-world challenges: Enhancing urban mobility for environmental and social well-being. *Cities*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105275>
- Sarma, K., y Cox, K. (2023). Pathways toward driver disqualification and implications for road safety policy and practice. *Psychology, Public Policy, and Law*, 29(2), 239–253. <https://doi.org/10.1037/law0000371>
- Torres Soler, L.C. (2016). Metodología de la investigación: El proyecto de investigación. Universidad Nacional de Colombia.
- Xing, Z., & Guo, W. (2022). A new urban space analysis method based on space syntax and geographic information system using multisource data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(5), 1-16. <https://doi.org/10.3390/ijgi11050297>