

Volumen 2; n.1

2026



Ciudad Glocal
Revista Científica
Mexicana de Movilidad
Urbana, Transporte y Territorio.



+
V2, NO. 1, 2026

ISSN: 3 0 6 1 - 8 3 0 4

WWW.REVISTA.COMUJ.ORG

+



CIUDAD GLOCAL

Ciudad Glocal, volumen (2), número 1, año 2026, es una revista anual de publicación continua electrónica, arbitrada por un sistema de doble ciego (peer reviewed) y editada por el Colegio de Profesionistas de la Movilidad Urbana del Estado de Jalisco A.C (COMUJ), Av. de las Américas 1254-16th, Country Club, 44610 Guadalajara, Jalisco; México. Teléfono 01 (33) 2301 0924. Alojada en el servidor

web: <https://revista.comuj.org/index.php/ciudadglocal/index> con correo electrónico: capacitacion@comuj.org.

Editora responsable: Mtra. Angélica Janeth Fuentes González. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. **04-2025-021213240100-102, ISSN: 3061-8304**, ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor de la Secretaría de Cultura.

Responsable de la última actualización: Ciudad Glocal, Mtra. Angélica Janeth Fuentes González, Av. de las Américas 1254-16th, Country Club, 44610 Guadalajara, Jalisco; México. Fecha de última modificación 31 de enero de 2026. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total sin previa autorización del COMUJ. Se autoriza la reproducción parcial de los contenidos e imágenes de la publicación *Ciudad Glocal* siempre y cuando se cite la fuente.



Esta obra está bajo una licencia [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Equipo Editorial Ciudad Glocal

Directora

Mtra. Angélica Janeth Fuentes González

Editor

Mtro. Francisco Romero Méndez

Editores Asociados

Dra. Raquel Partida Rocha

Dr. Miguel Ángel Franco Vaca

Dra. Vanessa Isabel Rivas Díaz de Sandi

Dr. José Ángel Cuevas Hernández

Corrección de estilo

LDG. Daniel Martínez Gradilla

Consejo Editorial

Dra. Carmen Barranco Martín.
Universidad Politécnica de Cataluña,
España.

Dr. Guido Asencio.
Universidad Austral, Chile.

Dr. Eduardo Hernández González.
Universidad de Guadalajara, México.

Dr. Yefer Asprilla Lara.
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas, Colombia.

Dr. Mario Guadalupe González Pérez.
Universidad de Guadalajara, México.

ISSN: 3061-8304

<https://revista.comuj.org/index.php/ciudadglocal/index>



CIUDAD GLOCAL

Índice de contenido

Análisis descriptivo de los impactos sociotécnicos en la infraestructura vial: tramo Catazajá – entronque Rancho Nuevo, Palenque, Chiapas, México	1
Isaí Alejandro Hernández Castro	1
Ricardo Hernández López.....	1
Ana Gabriela Trujillo Díaz.....	1
Instrumentos digitales para la planificación del transporte público: desarrollo y aplicación institucional de REASiG-NA.....	15
Mireia Faus Real	15
Francisco Alonso Pla	15
Alba Sancho Catalán.....	15
Marta Muñoz Riera.....	15
Gonzalo Moreno Gherzi	15
José Luis Velarte González.....	15
Pau Llopis Tena.....	15
Propuesta de integración bicicleta-bus-peatón en ciudades medias de Ecuador: El caso de Riobamba.....	30
Jhonny Orozco Rodríguez.....	30
Determinantes socioeconómicos y vulnerabilidad en trabajadores de la industria ladrillera	40
Flor Jael Virgen Espinoza.....	40
María Pilar Toussaint Padilla.....	40
Roberto Ulises Estrada Meza	40
Marco Antonio Berger García	40
Alan Omar Solano Vázquez.....	40
Emilio López Estrada	41
Análisis de la movilidad de las familias y la demanda estructural del horario extendido en la escuela primaria Ford 14 en Guadalajara	55
Ricardo Rodríguez Morales.....	55
Rafael González Bravo	55
Manuel Corona Pérez	55
Miguel Ángel González Ledesma	55
Salud ambiental y función pulmonar en trabajadores de la industria ladrillera de Tlajomulco de Zúñiga.....	71
Clarissa Canales Barrera	71
Fátima Daniela Medina Gómez	71
Gabriel González García.....	71
Laura Karina Salas Salazar	71
Gustavo Adolfo Rosales Chávez	72

Enviado: 27/11/2025

Aceptado: 26/12/2025

Publicado: 31/01/2026

<https://doi.org/10.65937/ciudadglocal.2026.23.2.1>

Análisis descriptivo de los impactos sociotécnicos en la infraestructura vial: tramo Catazajá – entronque Rancho Nuevo, Palenque, Chiapas, México

Descriptive Analysis of the Sociotechnical Impacts on Road Infrastructure: Catazajá–Rancho Nuevo Interchange Section, Palenque, Chiapas, Mexico

Isaí Alejandro Hernández Castro

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería
Campus Palenque del Instituto Politécnico
Nacional (IPN); Palenque, Chiapas. Correo
electrónico: ihernandezc2004@alumno.ipn.mx
ORCID id: <https://orcid.org/0009-0001-2654-401X>

Ricardo Hernández López

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería
Campus Palenque del Instituto Politécnico
Nacional (IPN); Palenque, Chiapas. Correo
electrónico: rhernandezl2004@alumno.ipn.mx
ORCID id: <https://orcid.org/0009-0002-9780-4058>

Ana Gabriela Trujillo Díaz

Profesora Investigadora. Unidad Profesional
Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Palenque
del Instituto Politécnico Nacional (IPN); Palenque,
Chiapas. Correo electrónico:
atrujillod2004@ipn.mx ORCID id:
<https://orcid.org/0000-0001-6576-5897>

Resumen

La cabecera municipal de Palenque en Chiapas, ha cobrado relevancia debido al desarrollo de importantes obras de infraestructura como las estaciones del Tren Maya (línea 1) y del Tren Interoceánico, el campus del Instituto Politécnico Nacional, el hospital del ISSSTE, el CATVI y más recientemente la denominada ruta de la cultura Maya. Esto ha llevado a que el tramo Catazajá –



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial SinDerivadas4.0 Internacional.

entronque Rancho Nuevo, haya experimentado un incremento significativo en el tránsito diario promedio anual (TDPA) el cual ha superado los 10,000 vehículos por día. Esto ha acarreado problemas como la congestión vial y a su vez el desgaste acelerado de la vialidad. El objetivo en este trabajo es analizar dicho tramo para identificar los impactos socio-técnicos que ha generado el aumento en el flujo vehicular. Se analizó el tramo a partir del método de estudio de caso, se revisó literatura especializada y se consultaron bases de datos de fuentes oficiales. Se encontró que el tramo estudiado, que es la vía principal para acceder a la cabecera municipal de Palenque en Chiapas, ha sufrido un deterioro acelerado, además, el notorio aumento en el flujo vehicular provoca embotellamientos, principalmente en las horas pico. Esto último, impacta de dos formas, por un lado, condiciona la movilidad de los usuarios del transporte (público y privado) y por otro, obliga a los tomadores de decisiones a proponer vías alternas lo que a largo plazo incidirá en la disminución de la cubierta forestal y con ello se exacerbarán los impactos negativos en el medio ambiente.

Palabras clave: Carretera, Ingeniería de tránsito, Congestión vehicular, Tráfico, Transporte.

Abstract

The municipal capital of Palenque in Chiapas has gained prominence due to the development of important infrastructure projects such as the Mayan Train (Line 1) and Interoceanic Train stations, the National Polytechnic

Institute campus, the ISSSTE hospital, the CATVI, and more recently, the so-called Mayan Culture Route. This has led to a significant increase in the average annual daily traffic (AADT) on the Catazajá-Rancho Nuevo junction section, which has exceeded 10,000 vehicles per day. This has caused problems such as traffic congestion and, in turn, accelerated wear and tear on the road. The objective of this study is to analyze this section to identify the socio-technical impacts generated by the increase in traffic flow. The section was analyzed using the case study method, specialized literature was reviewed, and official source databases were consulted. It was found that the section studied, which is the main road to access the municipal capital of Palenque in Chiapas, has suffered accelerated deterioration. In addition, the noticeable increase in traffic flow causes traffic jams, mainly during rush hour. This has two impacts: on the one hand, it affects the mobility of transport users (public and private) and, on the other, it forces decision-makers to propose alternative routes, which in the long term will lead to a reduction in forest cover and thus exacerbate the negative impacts on the environment.

Keywords: Highway, Traffic engineering, Traffic congestion, Traffic, Transportation.

Introducción

El tramo carretero Catazajá – Entronque Rancho Nuevo ubicado al norte del estado de Chiapas, cuenta con una longitud aproximada de 27.5 km (SICT, 2024). Este tramo carretero ha cobrado relevancia debido al impulso dado al desarrollo de

infraestructura en la región por parte de la administración sexenal 2018-2024. Durante dicho sexenio, se generaron cambios significativos incentivados, principalmente, por los grandes proyectos de infraestructura de relevancia nacional como el Tren Maya, el Tren Interoceánico, el hospital del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Palenque (UPIIP), el Centro de Atención a Visitantes (CATVI), Hotel Tren Maya y más recientemente la emergente construcción de la Ruta de las Culturas Mayas. Esto ha impactado de forma muy notable en términos de movilidad vehicular, tanto en los ejidos aledaños como al interior de la cabecera municipal de Palenque (DOF12/07/2019). El auge en el desarrollo de infraestructura se convirtió en una problemática de movilidad vehicular, debido a la importancia de los grandes proyectos y de los que están en proceso de desarrollo (plaza comercial, desarrollo inmobiliario y la nueva ruta federal), se espera que la situación se agrave a largo plazo (Rosales Flores y Mendoza Rodríguez, 2022).

En términos generales, los recientes problemas en la movilidad y sus implicaciones, son el resultado de una deficiente planificación urbana, puesto que la tendencia en cuanto a planeación es diseñar nuevas vialidades (Lozano et al., 2003) lo que a largo plazo generará más problemas. En cuanto a la infraestructura vial, el incumplimiento normativo (falta de señalamientos y complementos) incide en el inadecuado uso de las vialidades que afectan principalmente a los usuarios (López-Domínguez, 2018). Esto vulnera la

seguridad de conductores y peatones (humanos y animales), además, en función de la cantidad y los tipos de vehículos que circulan sobre las vías de tránsito, esta condición se agrava (Ramírez y Scartascini, 2024).

La Red Nacional de Caminos (RNC) proporciona una red única de transporte terrestre que está integrada por carreteras, vialidades, caminos y veredas por todo el país. Esta información permite determinar rutas en sistemas de información geográfica que se orientan al análisis de redes de transporte y al estudio de diversos fenómenos relacionados con la movilidad vehicular. A través de la RNC se identificaron 178,217 km de carreteras (federales 29%, estatales 58% y municipales 13%), 527,744 km de caminos rurales, 21 463 km de veredas y 124,984 km de vialidades urbanas, mismas que permiten la movilidad entre 296,636 localidades (IMT, 2024).

Debido a la importancia de las redes de movilidad terrestre, se propuso analizar la infraestructura vial Chiapaneca a partir del estudio de caso del tramo Catazajá – Entronque Rancho Nuevo en la cabecera municipal de Palenque, Chiapas, México. El objetivo principal de este trabajo es analizar dicho tramo para identificar los impactos socio-técnicos que ha generado el aumento en el tránsito de vehículos. La hipótesis es que, la infraestructura vial actual y futura no podrá contener la demanda de movilidad vial lo que tendrá fuertes implicaciones en términos técnicos y sociales (a corto plazo) y ambientales, culturales (a largo plazo).

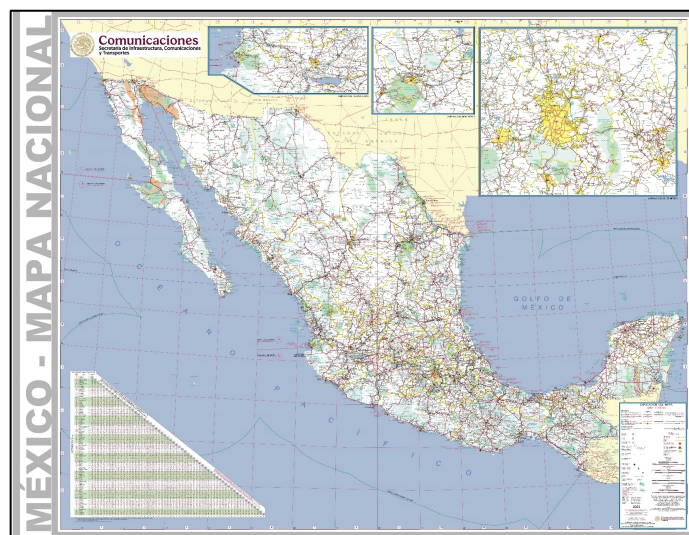
Precisiones técnico-conceptuales sobre las vialidades en México

Este trabajo parte de la premisa de que “el enfoque sociotécnico permite encuadrar la tecnología como un conjunto de relaciones interpretativas y funcionales entre personas y sistemas técnicos” (Roca, 2024, p. 7). Entonces, el empleo del enfoque sociotécnico permitió la convergencia de dos elementos centrales para este estudio, el primero es sistémico, es decir, una vía de comunicación terrestre que forma parte de una red de caminos y el segundo que refiere a la parte organizacional dada por el uso y la utilidad de dicha vía para las y los usuarios.

El tráfico, es definido por Fernández y Dextre como “la circulación de personas, algunas de ellas en vehículos, por el espacio público” (2011, p. 9). En este trabajo, se refiere al término tráfico vehicular, el cual se define como la movilidad de un punto a otro por medio de un vehículo motorizado sobre una infraestructura vial. En México, se cuenta con una vasta red de carreteras, las cuales de acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) se dividen en I) transversales y II) longitudinales (**Mapa 1**).

La infraestructura vial suele enfrentar problemas derivados de un proceso constructivo deficiente, tales como la compactación inadecuada del terreno, la selección de materiales poco resistentes y la falta de sistemas de drenaje, lo que resulta en una infraestructura vial que sufre daños estructurales en poco tiempo. Otro factor preponderante, en el diseño de proyecto de las carreteras, deriva de la poca importancia al considerar los

volúmenes y los tipos de tráfico en relación al aumento demográfico (Agudelo-Castañeda y Méndez-Jiménez, 2016). Los aspectos mencionados anteriormente se manifiestan en la limitación de su capacidad para soportar el tránsito pesado, lo que obliga a realizar reparaciones constantes, ello, incrementa los costos de mantenimiento (Chicoma-Yajahuanca y Sánchez-Sipion, 2024).



Mapa 1.
Red carreter México.

Fuente: SICT, 2024.

El deterioro acelerado de la carretera, el cual está vinculado a las condiciones climáticas extremas. Las lluvias intensas y el calor extremo contribuyen al debilitamiento del pavimento manifestándose a través de un desgaste prematuro, lo que representa un desafío técnico y financiero para las autoridades locales (SCT, 2018). Otro factor importante, en términos de uso, son las rutas alternas, ya que por la ausencia de estas los conductores se quedan sin opciones para evitar la congestión (Gómez-Lobo, 2019).

De acuerdo con la SCT (2018), las carreteras se clasifican en cuatro tipos: ET y A, B, C y D, considerando el tipo de terreno y sus características de diseño (**Figura 1**). Las carreteras tipo ET y A son las de mayor jerarquía, diseñadas para conectar ciudades principales y facilitar un tránsito rápido y seguro, con pendientes moderadas. En cambio, las carreteras tipo B funcionan como rutas secundarias que enlazan centros urbanos y zonas de importancia regional, garantizan un flujo continuo de vehículos con ciertas limitaciones en pendientes y velocidad. Por otro lado, las carreteras tipo C corresponden a vías terciarias que comunican localidades menores o áreas rurales con centros más desarrollados. Su diseño se adapta al relieve, por lo que presentan pendientes más pronunciadas. Finalmente, las carreteras tipo D, tienen la menor jerarquía y suelen encontrarse en regiones rurales o de difícil acceso, son de menor capacidad y cuentan con mayores pendientes, se ajustan a terrenos más accidentados.

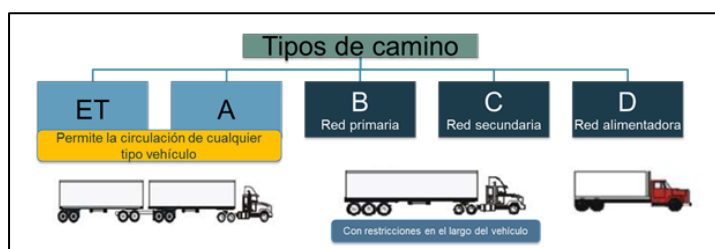


Figura 1.

Clasificación vehicular de las carreteras.

Fuente: SCT, 2018.

En ingeniería de tránsito, la medición básica más importante es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y/o peatones. Los conteos se

realizan para obtener estimaciones de: volumen, tasa de flujo, oferta, demanda y capacidad. Según la SCT (2018) el volumen se refiere a la cantidad de vehículos o personas que circulan por un punto específico durante un período de tiempo determinado. Por otro lado, la tasa de flujo representa la frecuencia con la que estos vehículos o personas transitan en un intervalo menor a una hora, expresándose como una tasa horaria equivalente.

Entonces, la demanda de infraestructura carretera corresponde al número de vehículos o personas que desean transitar de un punto a otro, en un tiempo específico. En situaciones de congestión, la demanda suele exceder el volumen real, ya que algunos viajes se desvían a rutas alternas o se cancelan debido a las limitaciones de la infraestructura vial. Así, la oferta para la movilidad vehicular está representada por la infraestructura vial disponible, que permite la circulación de un determinado volumen de vehículos. En este marco, la capacidad se define como el número máximo de vehículos que pueden usar una vía en un tiempo dado. Es importante destacar que, esta capacidad es una característica intrínseca del sistema carretero y forma parte de su oferta. Aunque el volumen real nunca puede superar la capacidad, en ocasiones puede parecer que esto ocurre debido a que la capacidad suele estimarse mediante métodos teóricos en lugar de observarse directamente en campo.

La demanda es una medida del número de vehículos (o personas) que esperan ser atendidos, diferenciándose de los que efectivamente circulan (volumen) y de los

que podrían hacerlo (capacidad). Cuando la demanda (**D**) es menor que la capacidad (**C**), el volumen (**Q**) coincide con la demanda, por lo que los conteos o aforos realizados reflejan la demanda existente. Solo si se cumple que **D** < **C**, entonces **Q** = **D**, lo que significa que la estimación de la demanda basada en el volumen es correcta. Se define el volumen de tránsito como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal específica, ya sea en un carril o en una calzada, durante un período de tiempo determinado. Este volumen se expresa mediante la fórmula:

$$Q = N / T$$

donde:

Q = vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/período)

N = número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = período determinado (unidades de tiempo)

La operatividad de la formula descrita anteriormente, está en función de la duración del lapso de tiempo (año, mes, día, semana, hora) así, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales: el tránsito anual (TA) se refiere al número total de vehículos que circulan por un punto durante el transcurso de un año. De manera similar, el tránsito mensual (TM) corresponde a la cantidad de vehículos que pasan en el periodo de un mes, mientras que el tránsito semanal (TS) representa el total de vehículos que transitan en el lapso de una

semana. Por otro lado, el tránsito diario (TD) es el número total de vehículos que circulan a lo largo de un día, y el tránsito horario (TH) se define como la cantidad de vehículos que pasan por un punto en el transcurso de una hora (Romero, 2014).

Metodología

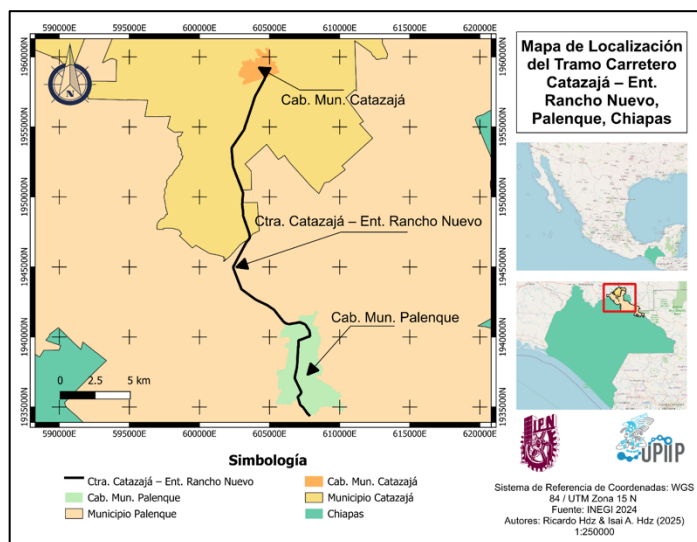
La presente investigación se caracteriza por ser de tipo descriptiva, es decir, describe el fenómeno estudiado y mixta (cualitativa y cuantitativa) a partir del estudio de un caso en específico. El estudio de caso se define como:

Aproximación microinductiva permite adentrarnos en profundidad a una parte de la realidad en la que existe el elemento a investigar, y comprender sus dinámicas internas y contextuales. Es más, el contexto y el caso no son percibidos como separados, sino como un continuum (López, 2016, p. 107).

El estudio de caso abordado en este trabajo se realizó a través de una revisión exhaustiva de literatura especializada en infraestructura de carreteras y gestión del tránsito. Dicha información se complementó con datos de fuentes oficiales, tales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), Instituto Mexicano de Transporte (IMT) y el portal del Gobierno Federal. Para definir con precisión el área de análisis, se utilizaron herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), en particular el software QGIS, mientras que para el tratamiento de información obtenida de fuentes oficiales (primarias y secundarias) se realizaron estimaciones estadísticas como la media y la mediana.

Asimismo, se empleó la observación no participante que “es un tipo de técnica que se aplica especialmente en la observación de los espacios públicos, en los que el número de miembros no se puede limitar o definir” (citado en Herrera-García y López-Domínguez, 2020).

Se analizó el tramo carretero que va de Catazajá a Entronque Rancho Nuevo, este tramo carretero es tipo D, es decir, es una vía de menor jerarquía dentro de la clasificación de carreteras, tiene una longitud de 27.5 km (SICT, 2024). Se considera una carretera tipo B con velocidad límite de 80 km/h establecida en un terreno plano (**Mapa 2**).



Mapa 2.

Mapa del tramo carretero Catazajá – entronque Rancho Nuevo.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en INEGI y procesados en el software QGIS.

El municipio de Palenque, Chiapas, cuenta con una superficie de 294, 185 hectáreas, lo que representa el 4% de la

superficie del estado. El municipio cuenta con una población de poco más de 130 mil habitantes, mientras que la cabecera municipal, homónima al municipio, alberga una población de 50 mil habitantes aproximadamente (INEGI, 2020). Aunque el tramo estudiado recorre del municipio de Catazajá hacia la Ent. Rancho Nuevo, en este trabajo únicamente se analizaron 27.5 km del tramo, debido a que atraviesa y conecta al ejido Las Joyas, Pakal Ná con el centro de Palenque, que es donde se concentra la infraestructura hotelera, restaurantes y comercio en general.

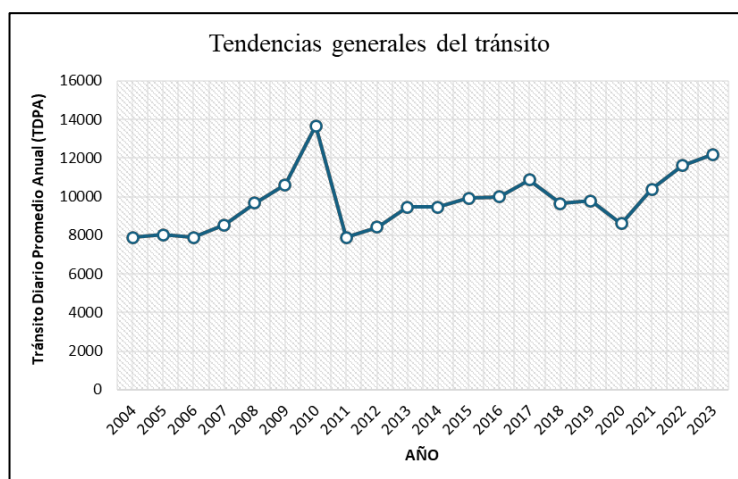
El tráfico vehicular y sus implicaciones: el caso de Palenque, Chiapas

La cabecera municipal de Palenque, en Chiapas, México; ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, dicho crecimiento ha sido impulsado por los proyectos de desarrollo regional promovidos por el gobierno federal desde 2018, tales como el Tren Maya y el Tren Interoceánico, primordialmente. Este acelerado impulso para el desarrollo de infraestructura, ha generado un aumento considerable en el flujo vehicular, especialmente sobre la vía principal sobre la que se ubica el tramo Catazajá – Ent. Rancho Nuevo. Dicho tramo es la única vía para transportar tanto a personas como a mercancías, pero con las recientes obras de construcción, se incrementó el flujo en la movilidad vehicular aunado a ello, se ocasionaron problemas a nivel de infraestructura vial.

El tramo está construido con pavimento asfáltico, hacia el kilómetro 24.5 la vía cuenta con una ampliación a cuatro

carriles, dos por cada sentido, hasta después del punto conocido como la glorieta de la Madre Ch'ol (no forma parte del tramo de estudio) donde vuelve a ser a una vía de dos carriles. Entre los elementos que complementan la infraestructura vial se encuentran nueve pasos peatonales, dos pares de semáforos, un semáforo peatonal, 12 retornos y una glorieta conocida localmente como la cabeza Maya. También, cuenta con una ciclovía (en ambos sentidos) que recorre paralelamente el tramo de estudiado. Sobre esta vía se ubica la infraestructura impulsada desde el gobierno federal, estos son la estación del Tren Interoceánico, el hospital del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Palenque (UPIIP), la Estación del Tren Maya (línea 1), el Aeropuerto Internacional de Palenque y la plaza comercial Las Flores.

Para evidenciar el aumento del flujo vehicular, se refiere a datos reportados para la carretera federal denominada MEX-199 (sobre la que se ubica el tramo estudiado) que da cuenta de la generalidad del fenómeno estudiado. En cuanto al problema principal, que es el incremento del flujo vehicular en horas pico (mañana, tarde y noche), subyace que la movilidad tanto de usuarios directos (conductores) como de los indirectos (peatones) se ve comprometida. Aunado a ello, genera una serie de congestionamientos severos que aumentan considerablemente los tiempos de traslado (**Gráfica 1**).



Gráfica 1.

Tendencias generales de tránsito sobre la MEX-199.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos viales de la SCT (2024).

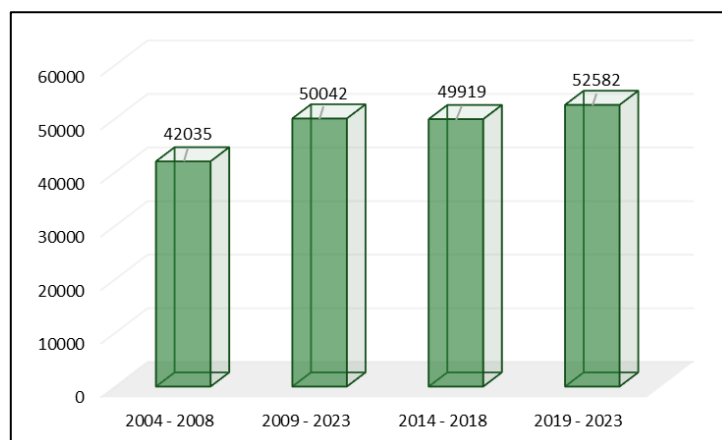
En la gráfica, se observa que desde 2004 a 2007 se siguió una tendencia lineal, no obstante, a partir de 2008 fue notable un aumento gradual, mismo que alcanzó su punto más álgido entre 2009-2010. Dicho aumento fue causado por los estudios preliminares para la construcción del Aeropuerto Internacional de Palenque. Posteriormente, en 2011 sucedió un súbito descenso asociado a la finalización de la obra antes mencionada, desde 2011 hasta 2023, se ha experimentado un crecimiento exponencial en el TDPA con un leve descenso entre 2019 y 2020 que se explica como resultado de la pandemia del SARS-CoV-2.

En 2004, el valor registrado fue de 7,889 vehículos diarios, mientras que en 2023 ascendió a 12,191 vehículos diarios, lo que indica un crecimiento de 55 % en el tránsito vehicular. Un dato que llama la

atención es el aumento dado en 2010, que fue de 13,676 vehículos diarios, esto refleja un aumento importante en la circulación. Sin embargo, en 2011 se registró una caída abrupta en el TDPA, descendiendo a 7,883 vehículos diarios. Esta reducción puede explicarse por una movilización por parte del Ejército Zapatista de Liberación Nacional (EZLN) dada en ese año, lo que pudo ocasionar restricciones de tránsito o desvíos hacia rutas alternas (Chiapas Support Committee, 2011). A partir de 2012, el tránsito volvió a crecer de manera sostenida, se alcanzó una media de 10,516 vehículos diarios en el periodo 2019-2023.

Sobre la MEX-199, que es la carretera federal, se calculó el volumen de vehículos por periodo donde se encontró que en el lapso 2004-2008 hay un volumen de 42,035 vehículos que aumentó a 50,042 en 2009-2013 con un posterior decrecimiento a 49,919 en 2014-2018. En el periodo más reciente (2019-2023), el volumen vehicular alcanzó 52,582 vehículos lo que confirma una tendencia de incremento en el tránsito de esta carretera (**Gráfica 2**).

El análisis de estos datos muestra que el flujo vehicular en el tramo estudiado ha aumentado de manera sostenida en los últimos años, la única interrupción en esta tendencia ocurrió en 2011, debido – posiblemente – a la movilización del EZLN. Cabe mencionar que, para los años venideros, se espera un aumento considerable ya que desde mediados de 2024 a la fecha actual (2025) se inició con la construcción del tramo de la nueva ruta de la cultura Maya que conectará a los municipios de Ocosingo y Palenque y; desde ahí a la región del caribe mexicano a través del Tren Maya.



Gráfica 2.

Cálculo de volumen vehicular en el periodo 2004 – 2023 sobre la MEX-199.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos viales de la SCT (2024).

El flujo vehicular sobre la MEX-199 tuvo un aumento del 11 % en un período de cerca de 20 años, aunque esta estimación se basa en el análisis del tramo en su totalidad, refleja el escenario en la escala local. Cabe señalar que además del aumento del tráfico, un asunto relevante es el tipo de transporte, por el tramo circulan camiones de carga durante las 24 horas los siete días de la semana. La circulación de este tipo de transporte conlleva importantes implicaciones, por un lado, el impacto sobre la carretera ya que, en años más recientes se pueden apreciar varios baches y hundimientos.

Por otro lado, se da también un impacto sobre la población local, principalmente, para los peatones. Pese a que se cuenta con la infraestructura para garantizar y facilitar la movilidad de los usuarios, tanto de peatones como de conductores, algunos de estos no son funcionales, como en el caso de los puentes

peatonales. Los tres puentes peatonales I) zona de recreación, II) zona comercial y III) zona escolar y salud, no suelen ser utilizados. Cabe mencionar que el diseño tampoco optimiza el tránsito de los usuarios, puesto que demanda mayor cantidad de esfuerzo y tiempo debido al diseño inherente de estos (**Figura 2**).



Figura 2.

Puente que conecta la estación del Tren Maya (línea 1) con el hospital del ISSSTE y la UPIIP.

Fuente: Archivo fotográfico A. Trujillo-Díaz, 2025.

Este puente se construyó durante el segundo semestre de 2024, se pensó para el beneficio tanto de estudiantes de la UPIIP (+/- de 1,000 estudiantes) como los derechohabientes del ISSSTE. Empero, al realizar las comparaciones para determinar su funcionalidad, se encontró que transitar por este puente lleva más de dos minutos, mientras que cruzar a ras de calle requiere de 23 segundos. En contraste, se observa que los pasos peatonales suelen ser más usados, aunque es notable que estos tienen un impacto directo en el flujo de los automóviles, principalmente, en horas

pico cuando generan embotellamientos. Es importante mencionar que, tres de los nueve pasos peatonales, están dispuestos para facilitar el cruce entre una pequeña plaza de autoservicio a la plaza comercial “Las Flores” de reciente construcción.

Sobre los semáforos, en uno se puede observar que detiene parcialmente el flujo vehicular, esto es que, mientras una de las vías permanece detenida totalmente, en la otra existe la circulación con precaución. Otro de los semáforos, detiene totalmente el flujo vehicular, además para complementar la infraestructura, en este segmento del tramo se localiza un semáforo peatonal que facilita el cruce de los peatones hacia una de las tiendas comerciales con mayor demanda. Paralelamente al tramo de estudio, existe una ciclovía que, aunque es visiblemente usada, sirve más como espacio recreativo por las tardes y no para facilitar la movilidad de los usuarios que es específico vendrían a ser, mayormente, las y los estudiantes de la UPIIP

Discusión

Ante el notable aumento en el tráfico vehicular influenciado por los proyectos de infraestructura y las implicaciones que esto conlleva tanto para peatones como los usuarios del transporte (público y privado) se confirma la necesidad de una mejor gestión vial en Palenque, Chiapas. Al respecto, Calva-Herrera (2023) encontró que una gestión vial eficiente impulsa el desarrollo socioeconómico al mejorar la conectividad y reducir costos de transporte. En el caso de Palenque, esto es relevante, ya que la región experimenta un aumento en la demanda de transporte

debido al auge de proyectos turísticos y comerciales.

Por su parte, Mungaray-Moctezuma y Calderón Ramírez (2015) analizaron la relación entre la infraestructura vial y la movilidad de consumo en el espacio transfronterizo de Mexicali y Valle Imperial. Sus hallazgos indican que una red vial bien integrada permite mejorar la accesibilidad y movilidad, al tiempo que favorece el crecimiento económico en ambos lados de la frontera. Este concepto es aplicable a Palenque, donde una infraestructura vial adecuada podría facilitar la movilidad de bienes y personas, reduciendo los tiempos de traslado al optimizar el transporte de carga y turismo. Además, los autores destacan que una planificación inadecuada genera dependencia del transporte privado y congestión, algo que también se ha identificado en el contexto de Palenque.

De manera similar Zorzoli (2017) analiza el impacto de la infraestructura vial en el norte de Argentina, destacando cómo la expansión agropecuaria ha incrementado la demanda de transporte de carga lo que afecta la vida útil de las carreteras. Menciona que la inversión en infraestructura, si bien mejora la conectividad, también puede generar conflictos ambientales y sociales en regiones sensibles. Esta situación es comparable a la de Palenque, donde el crecimiento económico y de infraestructura impulsado por los trenes I) Maya y II) Interoceánico han incrementado el tráfico vehicular pesado, lo que ha contribuido al deterioro acelerado de la vía.

En contraste, Rojas-López y Ramírez-Muriel (2018) estudiaron la relación entre inversión en infraestructura vial y crecimiento económico en Colombia. Su análisis resaltó la importancia de las Asociaciones Público-Privadas (APP) como mecanismo para mejorar la infraestructura mediante financiamiento privado, para permitir una mayor eficiencia en su mantenimiento. En contraste, en Palenque no se han implementado estrategias similares, lo que podría representar una oportunidad para mejorar la sostenibilidad de la red vial.

Por último, Noriega y Fontenla (2007) señalan que la inversión en infraestructura vial tiene efectos positivos y significativos en el crecimiento económico a largo plazo, aunque concluyen que en México la provisión de infraestructura aún no alcanza niveles óptimos para maximizar dicho crecimiento. El análisis del tramo Catazajá – Ent. Rancho Nuevo da cuenta de que la infraestructura está sobrecargada debido al incremento del TDPA, situación agravada por proyectos nacionales como el Tren Maya y proyectos de otra índole que se presentan en la zona. Los estudios coinciden en la necesidad de implementar estrategias adecuadas de mantenimiento y mejora de la infraestructura vial, especialmente en áreas críticas afectadas por condiciones climáticas adversas y tránsito pesado.

Reflexiones finales

El análisis del tramo Catazajá – Ent. Rancho Nuevo evidencia que el aumento en el TPDA se debe principalmente a los

recientes proyectos de infraestructura para la región, como las estaciones de los trenes, el hospital ISSSTE y la unidad del Instituto Politécnico Nacional que, si bien impulsan el desarrollo urbano y turístico, pueden ser generar nuevos problemas. El problema más evidente, por el momento, es que la infraestructura vial actual no está preparada para soportar la creciente demanda, especialmente por el tránsito pesado que circula frecuentemente por esta vía, debido a las obras de infraestructura actuales (2025) como la nueva carretera denominada la ruta de las culturas Mayas. Por lo tanto, es necesario implementar estrategias que incluyan un mantenimiento preventivo constante, además de diseñar rutas alternas para evitar congestiones en horas pico y aplicar regulaciones más estrictas para el tránsito pesado. Estas acciones podrían mejorar la movilidad, la seguridad y el uso adecuado de la infraestructura vial existente.

Se requiere del mantenimiento de la infraestructura actual y a futuro planificar obras que puedan responder a la creciente demanda de vías. Analizar el caso del tramo Catazajá – Ent. Rancho Nuevo da cuenta de un escenario que se convirtió en la realidad de muchas localidades tanto en México como en América Latina. Con esto, también se abre un campo para estudiar las implicaciones por el aumento en la construcción de infraestructura puesto que se requiere de realizar consideraciones sobre el medio ambiente. Finalmente, es indispensable plantear el rediseño y la gestión de nueva infraestructura vial, para lo cual, resulta importante priorizar el análisis social y ambiental para determinar la funcionalidad de la infraestructura vial en

regiones que se posicionan como polos de desarrollo.

Referencias

Agudelo Castañeda, R. J., y Méndez Jiménez, A. (2016). Evaluación de la durabilidad de carreteras frente al tránsito pesado. *Revista Ingeniería e Infraestructura*, 12(3), 45-58.

Calva-Herrera, L. O. (2023). Gestión vial rural y desarrollo socioeconómico en un distrito de San Ignacio, Perú. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 13 (2), 259-270.

Chiapas Support Committee. (Mayo, 2011). Chiapas/Zapatista News Summary. Radio Zapatista. Fecha de consulta: marzo de 2025, consultado en: <https://bit.ly/3RhDLpf>

Chicama Yajahuanca, L. M., y Sanchez Sipion, A. A. (2024). Evaluación del desempeño de pavimentos flexibles y rígidos: una revisión literaria.

Diario Oficial de la Federación. Decreto por el que se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Presidencia de la República.

Fernández, R., y Dextre Quijandría, J. C. (2011). Elementos de la teoría del tráfico vehicular. Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Pp. 217.

Gómez-Lobo, A. (2019). Plataformas de transporte: una revisión de la literatura y propuesta de regulación. *Cuadernos Económicos de ICE*, (97).

Herrera-García, O. A., y López-Domínguez, G. I. (2020). Observación no participante y elementos insertos en el contexto: Una aproximación para obtener información para el diseño del espacio público. *Digital Ciencia@ UAQRO*, 13(1), 14-26.

Instituto Mexicano de Transporte. (2024). Estadísticas e indicadores de transporte. Fecha de consulta: octubre 2024. Consultado en: <https://bit.ly/4lR9mLA>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Geografía y medio ambiente. Marco geoestadístico. Fecha de consulta: agosto 2024. Consultado en: <https://bit.ly/4mzBUtT>

López Moreno, Ignacio. (2016). El método del estudio de caso en la investigación social. En: Güereca Torres, Raquel (Coord.), Guía para la investigación cualitativa: etnografía, estudio de caso e historia de vida. Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 97-112.

López Domínguez, R. (2018). Ingeniería de tránsito: Gestión de la movilidad y de la seguridad vial. 1ª ed. México: Flores Editor y Distribuidor.

Lozano, A., Torres, V., y Antún, J. P. (2003). Tráfico vehicular en zonas urbanas. *Ciencias*, (070).

Mungaray-Moctezuma, A., y Calderón Ramírez, J. A. (2015). Infraestructura vial y movilidad de consumo en el espacio transfronterizo de Mexicali y Valle Imperial. *Estudios Fronterizos*, 16(32), 195-219.

Noriega, A., y Fontenla, M. (2007). La infraestructura y el crecimiento económico en México. *El Trimestre Económico*, 74(296), 885-900.

Ramírez, I., y Scartascini, C. (2024). Cómo aumentar la seguridad vial en América Latina y el Caribe: lecciones de la economía del comportamiento. Banco Interamericano de Desarrollo.

Roca, P. S. J. Gestión de proyectos deficiencia abierta. Un enfoque sociotécnico. Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad. Año 13, núm. 25. DOI: <http://dx.doi.org/10.32870/Pk.a13n25.798>

Rojas-López, M. D., y Ramírez-Muriel, A. F. (2018). Inversión en infraestructura vial y su impacto en el crecimiento económico: Aproximación de análisis al caso infraestructura en Colombia (1993-2014). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17(32), 109-128, consultado en: <https://bit.ly/3RhoftY>

Romero Martínez, E. (2014). Ingeniería de Tránsito para la Estimación de la Oferta y la Demanda de Estacionamientos (Universidad Nacional Autónoma de México). [Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México], <https://bit.ly/3RiFo66>

Rosales Flores, R. A., y Mendoza Rodríguez, J. M. (2022). Movilidad urbana y salud: Vivir el transporte en la Ciudad de México. 1ª ed. Ciudad de México: Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2018). Estudio sobre el

impacto de las lluvias en la durabilidad de carreteras en el sureste de México. Informe técnico. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT). (2024). Bases de datos. Fecha de consulta: octubre, 2024. Consultado en: <https://bit.ly/4g2kPXg>

Zorzoli, F. (2017). Infraestructura, territorio y conservación: aportes para el debate sobre modelos de desarrollo y su inserción territorial a partir de un caso de intervención en infraestructura vial en el norte argentino. Revista Transporte y Territorio, (17), 172-202.

Enviado: 20/12/2025
Aceptado: 19/01/2025
Publicado: 31/01/2026

<https://doi.org/10.65937/ciudadglocal.2026.20.2.1>

Financiamiento: La publicación es parte del proyecto CPP2021-009099 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ y por la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR.

Instrumentos digitales para la planificación del transporte público: desarrollo y aplicación institucional de REASiG-NA

Digital Tools for Public Transport Planning: Institutional Development and Application of REASIG-NA

Mireia Faus Real

Instituto Universitario de Investigación en Tráfico y Seguridad Vial (INTRAS) de la Universitat de València. Correo electrónico: mireia.faus@uv.es
ORCID id: <https://orcid.org/0000-0002-8107-7637>

Francisco Alonso Pla

Instituto Universitario de Investigación en Tráfico y Seguridad Vial (INTRAS) de la Universitat de València. Correo electrónico: francisco.alonso@uv.es ORCID id: <https://orcid.org/0000-0002-9482-8874>

Alba Sancho Catalán

Instituto Universitario de Investigación en Tráfico y Seguridad Vial (INTRAS) de la Universitat de València. Correo electrónico: alba.sancho@uv.es
ORCID id: <https://orcid.org/0009-0001-1081-6180>

Marta Muñoz Riera

CPS Infraestructuras, Movilidad y Medio Ambiente. Correo electrónico: m.munoz@cps.es
ORCID id: <https://orcid.org/0009-0008-1340-6858>

Gonzalo Moreno Gheri

CPS Infraestructuras, Movilidad y Medio Ambiente. Correo electrónico: g.moreno@cps.es
ORCID id: <https://orcid.org/0009-0001-6310-5323>

José Luis Velarte González

Instituto Universitario de Investigación en Tráfico y Seguridad Vial (INTRAS) de la Universitat de València. Correo electrónico: jose.l.velarte@uv.es
ORCID id: <https://orcid.org/0009-0009-0613-6965>

Pau Llopis Tena

Instituto Universitario de Investigación en Tráfico y Seguridad Vial (INTRAS) de la Universitat de



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial SinDerivadas4.0 Internacional.

València. Correo electrónico: pau.llopis-tena@uv.es ORCID id: <https://orcid.org/0009-0005-8248-6749>

Resumen

La planificación del transporte público requiere herramientas analíticas capaces de integrar criterios territoriales, operativos y ambientales bajo las condiciones reales de gestión institucional. El presente estudio describe el desarrollo y la validación de REASiG-NA, un sistema modular diseñado para asistir a las administraciones públicas en la toma de decisiones relacionadas con la configuración, evaluación y optimización de redes de transporte colectivo. La metodología adoptada combina un enfoque aplicado y proyectual con un proceso de contraste empírico en entorno operativo real, en colaboración con la Autoridad de Transporte Metropolitano de Valencia. Los resultados evidencian mejoras sustantivas en la eficiencia de la asignación de recursos, la reducción de desplazamientos improductivos, la incorporación sistemática de criterios ambientales y la integración de análisis de riesgo territorial en los procesos de planificación. A su vez, se identifican transformaciones organizativas relevantes, vinculadas a la estandarización de procedimientos y al fortalecimiento de las capacidades técnicas internas. El estudio contribuye a la literatura sobre movilidad sostenible y gestión pública al demostrar la viabilidad de instrumentos digitales específicamente orientados a la administración, y plantea un conjunto de proyecciones para su ampliación futura en contextos urbanos y periurbanos de mayor complejidad.

Palabras clave: Herramientas digitales, Movilidad sostenible, Optimización operativa, Planificación institucional, Transporte público.

Abstract

Effective public transport planning increasingly depends on analytical tools capable of integrating territorial, operational and environmental criteria within the constraints of real institutional management. This study presents the development and validation of REASiG-NA, a modular decision-support system designed to enhance public administrations' capacity to configure, evaluate and optimize collective transport networks. The methodological approach combines an applied and project-oriented design with an empirical validation in a real operational environment, carried out in collaboration with the Metropolitan Transport Authority of Valencia. Results show substantial improvements in resource allocation efficiency, reductions in non-productive mileage, systematic incorporation of environmental indicators, and the integration of territorial risk assessments into planning processes. The pilot implementation also revealed organizational benefits, including the standardization of procedures and the strengthening of internal technical capacities. Overall, the study contributes to the literature on sustainable mobility and public-sector innovation by demonstrating the feasibility and strategic value of digital tools specifically designed for institutional planning, while outlining future development pathways

applicable to more complex urban and peri-urban contexts.

Keywords: *Digital tools, Sustainable mobility, Institutional planning, Operational optimization, Public transport.*

Introducción

Determinantes estructurales de la movilidad sostenible en la planificación territorial contemporánea

Los actuales patrones de movilidad urbana son el resultado de dinámicas históricas de ocupación del suelo y organización funcional del espacio que han favorecido la expansión del vehículo privado como modo predominante. Esta configuración ha producido efectos ampliamente documentados sobre la eficiencia energética, la equidad territorial, la salud pública y la sostenibilidad ambiental de las ciudades (Espinosa et al., 2021; Szupiany, 2025). En este sentido, la movilidad ha dejado de entenderse como una dimensión instrumental de las infraestructuras para ser considerada un componente estructurante de las políticas de planificación urbana y territorial (Hernández & Witter, 2011).

La noción de movilidad sostenible se ha consolidado como categoría central en las agendas urbanas contemporáneas, bajo un enfoque que conjuga el acceso equitativo a oportunidades, la eficiencia en el uso de recursos y la minimización de los impactos negativos sobre el medio ambiente y la estructura urbana (Navarrete et al., 2024). Este giro ha sido

reforzado por marcos de acción global como la Agenda 2030 y, en particular, el Objetivo de Desarrollo Sostenible 11, que impulsa la configuración de sistemas de movilidad integrados, inclusivos y resilientes.

Tanto en Europa como en América Latina, este marco ha favorecido el despliegue de estrategias como los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS), así como la incorporación de principios de accesibilidad universal, eficiencia modal y sostenibilidad ambiental en los instrumentos de planificación del transporte público (Rodríguez & Arriaga, 2022; Delgado et al., 2023). Con todo, la implementación efectiva de estos principios continúa enfrentando importantes restricciones estructurales, entre ellas la fragmentación competencial, la escasez de capacidades técnicas en los niveles subnacionales, las limitaciones presupuestarias y la escasa adecuación de los modelos existentes a la heterogeneidad morfológica y socioespacial de los entornos urbanos.

En este escenario, el transporte público colectivo se configura como una alternativa estratégica frente al modelo de movilidad motorizada individual, en tanto favorece una configuración urbana más densa, equitativa y ambientalmente eficiente (Pacheco et al., 2025). Sin embargo, el despliegue de su potencial requiere el acompañamiento de instrumentos analíticos capaces de orientar la toma de decisiones públicas bajo criterios de racionalidad técnica, sostenibilidad ambiental y coherencia territorial (Alamri et al., 2023).

A pesar de estos avances, persiste una carencia de herramientas diseñadas explícitamente para su uso por administraciones públicas en procesos de planificación, integrando de forma operativa criterios territoriales, ambientales y económicos bajo las condiciones reales de gestión institucional. Esta laguna metodológica subraya la necesidad de que se desarrollen soluciones tecnológicas que respondan a las limitaciones estructurales y operativas que caracterizan a los sistemas públicos de movilidad.

Capacidades institucionales y tecnológicas en la planificación del transporte público

Referencias

La integración de tecnologías digitales en la planificación del transporte público ha adquirido una relevancia creciente en las últimas décadas, particularmente en el contexto de políticas orientadas a la sostenibilidad y la eficiencia en la gestión de sistemas urbanos complejos. Herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG), los entornos de modelización y simulación espacial, o los sistemas de análisis de datos abiertos, han demostrado su potencial para asistir en la toma de decisiones mediante la incorporación de variables territoriales, socioeconómicas y operativas en procesos de planificación integrada (Saus & Aguirre, 2020).

La evidencia arroja distintas aplicaciones de estas herramientas, que incluyen el diseño de rutas optimizadas, la estimación de demanda potencial, el

análisis de cobertura territorial, o la evaluación comparada de escenarios operativos. Su utilización ha contribuido, además, a reforzar criterios ambientales y económicos en la planificación del transporte, al permitir la estimación de emisiones, el cálculo de costos por trayecto y el análisis de impacto territorial de diferentes alternativas (Torres & Luna, 2021).

A pesar de ello, la incorporación de estas capacidades tecnológicas en los entornos institucionales presenta importantes limitaciones, particularmente en el ámbito de la administración pública local y regional. Entre los obstáculos identificados se encuentran la fragmentación de las fuentes de información, la ausencia de interoperabilidad entre plataformas, la escasez de datos actualizados, la dependencia de proveedores externos para tareas básicas de análisis, así como la falta de personal técnico cualificado para la explotación de estas herramientas (García, 2025).

A ello se suma una arquitectura institucional frecuentemente caracterizada por la segmentación competencial, la débil coordinación interadministrativa y la escasa consolidación de enfoques transversales en las políticas de movilidad (UN-Habitat, 2020). Esta situación condiciona la posibilidad de implementar modelos de planificación basados en evidencia y dificulta la consolidación de procesos de gobernanza territorial que integren conocimiento técnico, participación ciudadana y visión estratégica (Sánchez-Triana et al., 2016). En consecuencia, los

instrumentos técnicos disponibles no siempre resultan apropiados o accesibles para los entornos públicos responsables de la planificación y gestión del transporte, lo que refuerza la necesidad de desarrollar soluciones adaptadas a las condiciones operativas y territoriales concretas de cada contexto.

El proyecto REASiG-NA como respuesta institucional a los desafíos de la movilidad urbana

En el contexto actual, caracterizado por la consolidación de marcos normativos en materia de sostenibilidad, el reconocimiento del transporte público como eje estructurante del territorio y las dificultades que enfrentan las administraciones públicas para incorporar soluciones tecnológicas avanzadas, el proyecto REASiG-NA (Nuevo Aplicativo de Rutas para Entidades y Administraciones basado en Sistemas de Información Geográfica) (**Figura 1**) se plantea como una iniciativa orientada a fortalecer la capacidad institucional en la planificación del transporte colectivo. La iniciativa, impulsada por la empresa CPS Infraestructuras Movilidad y Medio Ambiente y el Instituto Universitario de Investigación en Tráfico y Seguridad Vial (INTRAS) de la Universitat de València, tiene como finalidad el desarrollo de una herramienta operativa dirigida a la planificación de redes de transporte público conforme a criterios de sostenibilidad, eficiencia, cobertura y viabilidad técnica. Su estructura se organiza en cinco funcionales (planificación de rutas, demanda de usuarios, optimización operacional,

evaluación económica y un paquete de módulos complementarios destinados a la evaluación de la calidad del usuario, cálculo de emisiones y afección de situaciones extraordinarias), más un módulo de integración destinado a facilitar la interoperabilidad entre las citadas funcionalidades. De este modo, REASiG-NA ha sido concebida desde un enfoque orientado tanto a la planificación como a la operación de rutas de transporte público, con especial atención a las condiciones de uso y gestión propias de los entornos institucionales.



Figura 1.
REASiG-NA (Nuevo Aplicativo de Rutas para Entidades y Administraciones basado en Sistemas de Información Geográfica)

Fuente: INTRAS, 2023.

El desarrollo se ha centrado en ofrecer un instrumento aplicable en contextos locales y supramunicipales, que pueda apoyar procesos de decisión desde una lógica pública. Durante el transcurso del proyecto (octubre de 2022 a septiembre de 2025), se ha ejecutado una prueba piloto en colaboración con la Autoridad

de Transporte Metropolitano de València (ATMV), en la que se utilizaron datos reales de líneas de autobús. Los resultados obtenidos se contrastaron con los gráficos de frecuencia y tiempo de servicio (GFTS) disponibles, como parte de un proceso de validación técnica. Esta experiencia permitió comprobar la operatividad de la herramienta en condiciones reales y su potencial para asistir en procesos de planificación institucional.

El proyecto cuenta con una financiación total de aproximadamente 600.000 euros, con cargo a fondos públicos, lo que ha permitido llevar a cabo su desarrollo en los términos establecidos y sin desviaciones temporales o presupuestarias. La experiencia acumulada en el proceso pone de relieve la posibilidad de desarrollar instrumentos específicos para las administraciones públicas, orientados a necesidades reales de planificación del transporte colectivo.

Teniendo en cuenta todo esto, el presente trabajo se inscribe en un enfoque de investigación aplicada de carácter socio-técnico, orientado a la descripción y validación funcional de una herramienta diseñada para su uso por administraciones públicas en contextos reales de planificación del transporte. El estudio adopta un enfoque descriptivo-analítico, adecuado para documentar procesos de desarrollo e implementación de sistemas.

Objetivo del estudio

A partir de este contexto, el estudio se orienta a analizar de qué manera una

herramienta de apoyo a la toma de decisiones puede integrar de forma operativa criterios de sostenibilidad, cobertura del servicio y viabilidad técnica en los procesos de planificación del transporte público colectivo, así como a identificar las evidencias de validación funcional derivadas de su aplicación en un entorno operativo real.

En este marco, el presente artículo tiene como finalidad describir el desarrollo y la estructura de la herramienta REASiG-NA, concebida como un instrumento de apoyo a la planificación del transporte público colectivo desde una perspectiva institucional. Se presentan los fundamentos que orientaron su diseño, la organización modular del sistema y las principales funcionalidades integradas para facilitar su aplicación por parte de administraciones públicas. Asimismo, se contextualiza su aplicación en un entorno operativo real, en colaboración con la Autoridad de Transporte Metropolitano de València, como parte del proceso de validación técnica de la herramienta. Esta experiencia permite ilustrar su aplicabilidad y utilidad como soporte para la toma de decisiones en materia de movilidad colectiva.

Metodología

Este trabajo asume un enfoque metodológico de tipo aplicado y proyectual para documentar un proceso de innovación en la planificación del transporte público colectivo. Se trata de una investigación descriptiva-analítica orientada al desarrollo y validación de una herramienta funcional de apoyo a la toma

de decisiones, concebida expresamente para su uso en un ecosistema institucional real. El diseño metodológico se estructuró en torno a tres ejes complementarios, siendo estos la identificación de requerimientos funcionales, diseño modular orientado a la aplicación y validación operativa en un entorno real. La **Figura 2** sintetiza el proceso metodológico seguido.

BLOQUE 1: Identificación de requerimientos funcionales	BLOQUE 2: Diseño modular orientado a la aplicación institucional	BLOQUE 3: Validación operativa en un entorno real
• Análisis de limitaciones operativas y estructurales • Revisión de marcos normativos y operativos • Definición de funciones críticas	• Accesibilidad institucional • Interoperabilidad tecnológica • Adaptabilidad territorial	• Prueba piloto con datos reales • Colaboración con ATMV • Contraste con procedimientos previos

Figura 2.

Esquema conceptual del proceso metodológico del estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño metodológico y del proceso de validación institucional del proyecto REASiG-NA.

En una primera fase, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las limitaciones operativas y estructurales que enfrentan las administraciones públicas en materia de planificación del transporte. Este diagnóstico, basado tanto en la experiencia acumulada por los equipos técnicos implicados como en la revisión de marcos normativos y operativos vigentes, permitió delimitar con precisión las funciones críticas a resolver. A partir de este proceso se definieron los componentes funcionales esenciales del

sistema, priorizando aquellos vinculados a la planificación de rutas, la asignación de recursos, la programación de servicios, la evaluación económico-ambiental y la gestión de riesgos.

Sobre estos requerimientos se diseñó un sistema de planificación de estructura modular, con criterios explícitos de accesibilidad institucional, interoperabilidad tecnológica y adaptabilidad territorial. El desarrollo se orientó deliberadamente hacia un entorno de trabajo comprensible y operativo, eliminando dependencias técnicas avanzadas y barreras de entrada para las administraciones usuarias. Este enfoque confiere al sistema un carácter singularmente aplicable en contextos diversos. Por razones de confidencialidad y protección intelectual, no se describen en este artículo los algoritmos, procesos internos ni aspectos relativos a la arquitectura de la herramienta.

Para finalizar, se realizó una prueba piloto implementada en colaboración con ATMV, utilizando datos operativos reales de líneas de autobús. Esta instancia permitió comprobar la viabilidad técnica de la herramienta en condiciones reales de planificación, así como contrastar sus resultados con metodologías previas y registros existentes. La validación confirmó la operatividad del sistema, su compatibilidad con los entornos administrativos actuales y su potencial como instrumento de soporte público para una movilidad más sostenible, racional y coherente con los desafíos contemporáneos del transporte colectivo.

Resultados

Los resultados derivados del desarrollo y validación de REASiG-NA evidencian un avance importante en la consolidación de instrumentos digitales orientados a la planificación pública del transporte colectivo. Más allá de la verificación estrictamente funcional, los hallazgos permiten identificar transformaciones operativas y organizativas de relevancia, así como procesos de aprendizaje institucional emergentes durante la implementación del sistema. El análisis se articula en torno a la maduración técnica del sistema, la reconfiguración de los procedimientos administrativos y la evolución de las dinámicas de decisión dentro de la entidad gestora, manteniendo como ejes analíticos fundamentales el cumplimiento de los hitos del proyecto, la validación funcional en un entorno real y el análisis comparativo respecto a metodologías tradicionales, tal como se estableció en la planificación original. Los resultados se presentan de forma agregada y descriptiva, priorizando su interpretación funcional y organizativa.

Desde una perspectiva técnico-operativa, REASiG-NA alcanzó una configuración modular que integra, en un flujo metodológico coherente, funciones habitualmente fragmentadas en la administración pública: planificación de rutas, evaluación económico-ambiental, análisis de demanda, gestión de riesgos y asignación operativa de recursos. Esta arquitectura modular distribuida (compuesta por cinco núcleos funcionales y un módulo transversal de integración) confiere al sistema un

elevado grado de escalabilidad y adaptabilidad, permitiendo su implantación en diversos contextos territoriales sin comprometer la estabilidad operativa ni la interoperabilidad con sistemas existentes. La integración estructural permitió reducir duplicidades analíticas, mejorar la trazabilidad entre decisiones y resultados, y estandarizar procedimientos anteriormente dependientes del conocimiento tácito de los técnicos. La **Tabla 1** sintetiza las dimensiones de planificación abordadas por REASiG-NA y su contribución a la toma de decisiones públicas en el ámbito del transporte colectivo.

Tabla 1.

Síntesis funcional de REASiG-NA para la planificación del transporte público.

Dimensión de planificación	Integración en REASiG-NA	Implicación para la toma de decisiones públicas
Territorial	Planificación de rutas basada en criterios espaciales y normativos	Mayor coherencia territorial del servicio
Demanda	Análisis estructurado de usuarios y patrones de movilidad	Ajuste del servicio a necesidades reales
Operativa	Optimización operacional integrada	Reducción de ineficiencias y cargas administrativas
Económica	Evaluación económica del servicio	Apoyo a decisiones de viabilidad

Ambiental	Estimación de emisiones asociadas	Incorporación sistemática de criterios ambientales
Social	Evaluación de la calidad percibida por el usuario	Mejora de la orientación al usuario
Riesgo y resiliencia	Integración de situaciones extraordinarias (Depresión Aislada en Niveles Altos)	Planificación adaptativa ante eventos críticos
Institucional	Módulo transversal de integración	Interoperabilidad y autonomía administrativa

Fuente: Elaboración propia a partir de la documentación técnica del proyecto.

La validación piloto, desarrollada en colaboración con ATMV, constituye el componente empírico central del proyecto. La prueba tuvo lugar el 4 de junio de 2025, empleando datos reales de operación correspondientes a líneas interurbanas en explotación, lo que permitió someter la herramienta a condiciones institucionales verídicas. El proceso incluyó el análisis comparado de dos contratos reales de la ATMV (CV-107: La Hoya de Buñol – València y CV-109: Montserrat – València), contrastando los resultados generados por REASiG-NA con los procedimientos manuales históricamente empleados por la entidad.

Los hallazgos mostraron una elevada convergencia entre ambos métodos, con mejoras sustantivas en la reducción de

tiempos de cálculo, la eficiencia en la asignación de vehículos y personal conductor y la capacidad de simulación de escenarios bajo restricciones operativas reales. Asimismo, la herramienta permitió identificar patrones de ineficiencia previamente reconocidos de manera intuitiva (como excesos de kilómetros en vacío o desajustes en las cocheras asignadas) y ofrecer alternativas optimizadas basadas en criterios reproducibles.

El módulo ambiental posibilitó la estimación automatizada del impacto en emisiones asociado a diferentes configuraciones del servicio, mientras que el módulo de riesgos integró mapas de inundabilidad del área metropolitana de València, aspecto considerado crítico por la ATMV en el contexto de episodios climáticos adversos como los desencadenados por situaciones de DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos).

En términos institucionales, la percepción del sistema fue concluyentemente positiva. Los responsables calificaron la herramienta como “versátil e innovadora”, resaltando su capacidad para abordar dificultades operativas que previamente exigían un elevado grado de externalización técnica. Este reconocimiento se acompañó de una identificación de mejoras orientadas a la evolución funcional del sistema, tales como la automatización de procedimientos internos, la incorporación de variables adicionales para el cálculo de costes o la optimización de procesos de validación de datos.

A nivel organizativo, la herramienta transformó de manera notable la dinámica de decisión administrativa, permitiendo a la entidad gestora explorar escenarios autónomamente, reducir su dependencia de consultorías externas y fundamentar sus decisiones en análisis replicables. Esta reconfiguración coincide con los enfoques contemporáneos que abogan por la consolidación de capacidades internas en las administraciones públicas para garantizar procesos de planificación más robustos y sostenibles.

Sintetizando, debe destacarse que se alcanzó el cumplimiento íntegro de los seis hitos establecidos en la planificación inicial del proyecto, incluyendo la elaboración de informes técnicos, el desarrollo completo del software, la validación funcional, la formación inicial a usuarios y la consolidación de documentación de soporte. Aunque ciertos elementos técnicos no se detallan en esta publicación por estar sujetos a protección intelectual, la eficacia de los procedimientos implementados ha sido verificada mediante su aplicación directa en un entorno operativo real, lo que ratifica la validez y utilidad de REASiG-NA como herramienta orientada a fortalecer la planificación pública del transporte colectivo.

Discusión

Los resultados derivados del desarrollo y validación operativa de REASiG-NA muestran cómo los principios de movilidad sostenible pueden materializarse cuando se integran en

instrumentos de planificación del transporte público. La prueba piloto realizada con la ATMV permitió verificar que la herramienta contribuye a mejorar la eficiencia operativa, reducir desplazamientos improductivos y optimizar los recursos asociados al servicio, elementos estrechamente vinculados con los objetivos de sostenibilidad establecidos en la literatura reciente sobre movilidad urbana (Ghafouri-Azar, 2023; Saus & Aguirre, 2020).

Este planteamiento conecta con análisis recientes que subrayan la necesidad de abordar la movilidad sostenible desde una perspectiva sistémica, integrando dimensiones técnicas, territoriales, institucionales y de gobernanza para avanzar hacia transiciones efectivas en los sistemas de transporte (Chen et al., 2025; Turoñ, 2025).

En esta validación se observó una reducción significativa de los kilómetros en vacío y una mejora sustancial en la asignación de vehículos y conductores, aspectos que habían sido previamente identificados como problemáticos por la propia administración. Adicionalmente, el módulo específico para incorporar riesgos asociados a inundaciones permitió integrar criterios de vulnerabilidad climática en la planificación, coincidiendo con las perspectivas que subrayan la necesidad de diseñar sistemas de transporte resilientes frente a eventos extremos en zonas metropolitanas (Zito & Salvo, 2011). En este sentido, la experiencia REASiG-NA aporta evidencia empírica sobre la posibilidad de aplicar la sostenibilidad

como criterio operativo cotidiano y no únicamente como marco normativo. La literatura reciente refuerza esta idea al destacar que la incorporación de criterios de resiliencia climática y gestión del riesgo constituye uno de los principales retos actuales de la planificación del transporte público en contextos urbanos y metropolitanos (Ringhofer, 2025).

La demostración de concordancia entre los resultados de optimización obtenidos mediante REASiG-NA y los cálculos manuales previamente empleados por ATMV en contratos reales constituye un indicador sólido de la validez funcional de la herramienta. Este hallazgo coincide con planteamientos que aspiran a sustituir procedimientos basados exclusivamente en la experiencia profesional por sistemas apoyados en evidencia cuantitativa, especialmente en contextos donde las capacidades administrativas son limitadas (Mameli & Marletto, 2009). En la práctica, REASiG-NA permitió agilizar operaciones que previamente requerían tiempos elevados y una elevada dependencia de consultorías externas, contribuyendo a fortalecer las capacidades internas de planificación en la propia administración. De la misma manera, los estudios recientes señalan que el desarrollo de herramientas accesibles para la administración pública resulta clave para reducir asimetrías técnicas y reforzar la autonomía institucional frente a soluciones altamente especializadas o externalizadas (Ringhofer, 2025; Hansel, 2025).

En esta línea, el alcance integral del proyecto se corresponde con el cumplimiento de todos los hitos previstos, según la documentación interna del proyecto. Este elemento resulta particularmente relevante desde una perspectiva de innovación, dado que la literatura identifica la ausencia de continuidad, la fragmentación técnica y la falta de consolidación de soluciones como algunos de los principales obstáculos para la modernización del transporte público en entornos gubernamentales (Szczepański et al., 2025). La secuencia demostrada en REASiG-NA evidencia una implementación completa y potencialmente transferible que no se limita al desarrollo tecnológico, sino que incorpora procesos de formación, validación y adaptación operativa a las condiciones reales de uso.

Desde el punto de vista conceptual, estos resultados permiten caracterizar REASiG-NA como una innovación de naturaleza socio-técnica e institucional, en la medida en que combina un desarrollo tecnológico con transformaciones organizativas, procedimentales y de gobernanza en la toma de decisiones públicas. Esta caracterización se alinea con los enfoques contemporáneos sobre innovación en sistemas sociotécnicos complejos, que subrayan la interdependencia entre tecnología, organización y características contextuales en los procesos de cambio en el sector público (Geels, 2004; Kuhlmann & Rip, 2018; Hansel, 2025).

Desde una perspectiva aplicada, esta conceptualización permite interpretar la

principal aportación de la herramienta en términos de sostenibilidad institucional y operativa de la planificación del transporte público. En la medida en que REASiG-NA dota a las administraciones de mayor autonomía analítica y de procesos de decisión fundamentados en datos verificables, contribuye a reducir la dependencia de soluciones externas altamente especializadas y a consolidar capacidades internas de planificación. En este sentido, la experiencia acumulada confirma que la innovación en movilidad sostenible requiere la integración simultánea de criterios territoriales, económicos, ambientales y administrativos, tal como señalan trabajos recientes en el ámbito de la planificación del transporte y la gobernanza de la movilidad (Ghafouri-Azar, 2023; Saus & Aguirre, 2020; Chen et al., 2025).

No obstante, la literatura también advierte sobre la existencia de posibles riesgos en los límites de transferibilidad asociados a este tipo de herramientas, especialmente cuando se aplican en contextos con marcos normativos, capacidades técnicas o estructuras de gobernanza diferentes (Ali et al., 2025). Desde esta perspectiva, futuras líneas de investigación deberían profundizar en estudios comparativos con otras herramientas, analizar de forma longitudinal los efectos organizativos de este tipo de innovaciones y explorar las condiciones de escalabilidad y adaptación a distintos contextos territoriales, incorporando asimismo una reflexión crítica sobre las implicaciones éticas y políticas del uso de sistemas de

apoyo a la decisión en la planificación pública del transporte.

Conclusiones

La experiencia desarrollada con REASiG-NA pone de manifiesto que es posible avanzar hacia modelos de planificación del transporte público basados en herramientas diseñadas específicamente para el sector público. La aplicación institucional demostró que un sistema construido desde criterios de utilidad administrativa puede integrarse de manera orgánica en los procesos habituales de gestión, proporcionando una base analítica sólida y eliminando dependencias estructurales que históricamente han limitado la autonomía técnica de las administraciones.

Los resultados durante la validación revelan que la digitalización orientada a la planificación no solo mejora la precisión operativa, sino que introduce nuevas dinámicas de trabajo. La estandarización de procedimientos, la reducción de tareas manuales y la posibilidad de explorar escenarios de manera transparente facilitaron un entorno de decisión más estructurado y menos vulnerable a la variabilidad interpretativa. Este cambio se alinea con los planteamientos recientes de la literatura que destacan la necesidad de fortalecer la capacidad técnica del sector público para consolidar sistemas de movilidad más coherentes y consistentes.

Referencias

Alamri, S., Adhinugraha, K., Allheeib, N., & Taniar, D. (2023). GIS Analysis of Adequate Accessibility to Public Transportation in Metropolitan Areas. *ISPRS International Journal Of Geo-Information*, 12(5), 180. <https://doi.org/10.3390/ijgi12050180>

Ali, W., Nabeel, M., Javaid, M. S., Javaid, S., & Abidi, N. (2025). Assessing the role of transportation planning in advancing sustainable development goals: Insights from a meta-analysis. *International Journal Of Sustainable Transportation*, 19(10), 944-962. <https://doi.org/10.1080/15568318.2025.2537667>

Cardozo, Osvaldo, Erica Gómez y Miguel Parras. *Teoría de Grafos y Sistemas de Información Geográfica aplicados al Transporte Público de Pasajeros en Resistencia* (Argentina). *Revista Transporte y Territorio* N° 1, Universidad de Buenos Aires, 2009. ISSN: 1852-7175. pp. 89-111. www.rtt.filo.uba.ar/RTT00105089.pdf

Chen, Y., Li, C., Wang, W., Zhang, Y., Chen, X. M., & Gao, Z. (2025). The landscape, trends, challenges, and opportunities of sustainable mobility and transport. *Npj Sustainable Mobility And Transport*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/s44333-025-00026-8>

Colque, A., Valdivia, R., Navarrete, M., & Aracena, S. (2021). Un sistema de información geográfico para el transporte público basado en el estándar GTFS realtime. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 29(1), 51-62.

<https://doi.org/10.4067/s0718-33052021000100051>

Cont, W., Romero, C., Lleras, G., Unda, R., Celani, M., Gartner, A., ... & Fischer, R. (2021). IDEAL 2021: El impacto de la digitalización para reducir brechas y mejorar los servicios de infraestructura.

Delgado, C. J. M., Munoz, A. C. C., Valencia, H. J. I., & Bazantes, L. C. S. (2023). Sustainable urban development in Latin America. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 27(119), 116-126. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i119.713>

Espinosa, M., Márquez, F., Hidalgo, D., & Felipe, J. (2021). Movilidad baja en carbono para el desarrollo sostenible y equitativo de las ciudades desafíos y oportunidades para el transporte de pasajeros en América Latina y el Caribe. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/350948952_MOVILIDAD_BAJA_EN_CARBONO_PARA_EL_DESARROLLO_SOSTENIBLE_Y_EQUITATIVO_DE_LAS_CIUDADES

García, R. (2025). Capacidades institucionales para la innovación. *Revisión de experiencias latinoamericanas. Reforma y Democracia*, 88, 197-234. <https://doi.org/10.69733/clad.ryd.n88.a333>

Ghafouri-Azar, M., Diamond, S., Bowes, J., & Gholamalizadeh, E. (2023). The sustainable transport planning index: A tool for the sustainable implementation of public transportation. *Sustainable Development*, 31(4), 2656-2677. <https://doi.org/10.1002/sd.2537>

Hansel, J. (2025). Governing mobility hubs in the sustainable urban mobility transition: Dynamics of stability and change. *Transport Policy*, 163, 323-334. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2025.01.026>

Hernández, D., & Witter, R. (2011). ENTRE LA INGENIERÍA y LA ANTROPOLOGÍA: HACIA UN SISTEMA DE INDICADORES INTEGRADO SOBRE TRANSPORTE PÚBLICO y MOVILIDAD. Repositorio Digital Institucional de la Universidad de Buenos Aires (Universidad de Buenos Aires), 1(4), 29-46. <https://doi.org/10.34096/rtt.i4.255>

High-level Advisory Group on Sustainable Transport. (2016). Mobilizing sustainable transport for development, United Nations.

Krüger, R., Orduna, M., & Velázquez, M. (2017). La interdisciplinariedad en la planificación del transporte urbano. En A. Müller, TRANSPORTE URBANO E INTERURBANO EN LA ARGENTINA (primera ed., págs. 15-25). ciudad de Buenos Aires, Argentina: Eudeba. https://cytuba.rec.uba.ar/piubat/SiteAssets/Documentos%20del%20sitio/PUBLICACIONES/PIUBAT_Transporte%20Urbano%20e%20Interurbano%20en%20la%20Argentina.pdf#page=15

Lang, G., Moraes, C., Sandoval, C., Vargas, L., & Villalobos, L. (2014). Evaluación de impacto del Distrito de Riego Arenal-Tempisque región Chorotega, Costa Rica 1981-2011. CATIE. <https://repositorio-snp.mideplan.go.cr/handle/123456789/289>

Mameli, F., & Marletto, G. (2012). Can National Survey Data be Used to Select a Core Set of Sustainability Indicators for Monitoring Urban Mobility Policies? *International Journal Of Sustainable Transportation*, 8(5), 336-359. <https://doi.org/10.1080/15568318.2012.700000>

Murillo-Avalos, C. L., Cubilla-Montilla, M., Sánchez, M. Á. C., & Vicente-Galindo, P. (2020). What environmental social responsibility practices do large companies manage for sustainable development? *Corporate Social Responsibility And Environmental Management*, 28(1), 153-168. <https://doi.org/10.1002/csr.2039>

Navarrete, M. J., Rodrigo Martín, Martín, R., & Dalla, J. (2024). Desafíos para la movilidad sostenible: el desarrollo de políticas en el área metropolitana Mendoza (Argentina). *Revista Transporte y Territorio*. <https://revistascientificas.testing.filo.uba.ar/index.php/rtt/article/view/13626>

Pacheco, L. A. R., Méndez, A. R., & Treviño, J. I. G. (2025). Análisis de la Movilidad Urbana Sostenible Mediante Herramientas de Ciencia de Datos y Participación Ciudadana en Ciudades Intermedias de América Latina. *Ibero Ciencias - Revista Científica y Académica* ISSN 3072-7197, 4(1), 1-24. <https://doi.org/10.63371/ic.v4.n1.a28>

Ringhofer, S., Thaller, A., Fleiß, E., Ritter, S., & Posch, A. (2025). Overcoming challenges facing innovative, sustainable mobility services in rural areas. *Transportation Research Interdisciplinary*

Perspectives, 32, 101491.
<https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101491>

Rodríguez, E., & Arriaga, F. (2022). Movilidad sostenible y planificación interjurisdiccional en América Latina. *Revista de Gobierno Urbano*, 8(1), 44–66.
<https://doi.org/10.31478/rgurb.2022.8.1.44>

Sánchez-Triana, E., Enriquez, S., & Galarza, M. (2016). Planificación participativa en proyectos de movilidad urbana. *Banco Mundial*.
<https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0943-3>

Szczepański, E., Żochowska, R., Izdebski, M., & Jacyna, M. (2025). Decision-Making Problems in Urban Transport Decarbonization Strategies: Challenges, Tools, and Methods. *Energies*, 18(15), 3970.
<https://doi.org/10.3390/en18153970>

Saus, M. A., Rolé, J., & Aguirre, A. I. (2020). Aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para cartografiar redes ferroviarias. Propuesta metodológica. *Revista Transporte y Territorio*, 22.
<https://doi.org/10.34096/rtt.i22.8411>

Szupiany, E. (2025). Sustainable urban mobility management: progress and challenges in three medium-sized cities in Argentina's central region. *Revista Interuniversitaria de Estudios Territoriales*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10285191>

Torres, C., & Luna, A. (2021). Análisis de accesibilidad y cobertura del transporte público en Quito. *Revista de Estudios Urbanos Regionales*, 14(3), 98–118.
<https://doi.org/10.22160/reur.2021.14.3.98>

Turoń, K. (2025). Sustainable Urban Mobility Transitions—From Policy Uncertainty to the Calm Mobility Paradigm. *Smart Cities*, 8(5), 164.
<https://doi.org/10.3390/smartcities8050164>

UN-Habitat. (2020). - a better urban future | UN-Habitat.
<https://unhabitat.org/es>

Zito, P., & Salvo, G. (2011). Toward an urban transport sustainability index: an European comparison. *European Transport Research Review*, 3(4), 179-195.
<https://doi.org/10.1007/s12544-011-0059-0>

Enviado: 02/12/2025
Aceptado: 06/01/2025
Publicado: 31/01/2026

<https://doi.org/10.65937/ciudadglocal.2026.18.2.1>

Propuesta de integración bicicleta-bus-peatón en ciudades medias de Ecuador: El caso de Riobamba

*Proposal for Bicycle–Bus–Pedestrian
Integration in Medium-Sized Cities in
Ecuador: The Case of Riobamba*

Jhonny Orozco Rodríguez

Ingeniero en Gestión de Transporte y Magíster en
Gestión de Proyectos. Correo electrónico:
jhonnyo94@gmail.com ORCID id:
<https://orcid.org/0009-0001-2575-1308>

Resumen

Las ciudades intermedias latinoamericanas enfrentan crecientes desafíos en movilidad urbana debido a la expansión de la motorización y la baja integración entre modos de transporte. En Ecuador, mientras Quito y Cuenca promueven la movilidad activa, ciudades medias como Riobamba aún muestran brechas importantes en conectividad bicicleta-transporte público. La movilidad integrada, basada en modos sostenibles (bicicleta, bus, peatón), puede mejorar la accesibilidad, eficiencia, equidad y salud pública. Este estudio desarrolla una propuesta de integración bici-bus-peatón para Riobamba, fundamentada en experiencias nacionales e internacionales. Se analizan casos relevantes (p.ej., OV-Fiets en Holanda, integración bici-metro en Suzhou, estudios en Fortaleza, Santiago y revisiones globales) que destacan factores clave como la infraestructura ciclista de calidad, la disponibilidad de bicicletas públicas y la coordinación



Esta obra está bajo una licencia Creative
Commons Atribución-NoComercial
SinDerivadas4.0 Internacional.

institucional. Con base en esta revisión y en datos locales (censos INEC, Plan de Movilidad de Riobamba), se propone un plan de mejoras en infraestructura (ciclovías protegidas, aceras seguras), operativa (tarifa integrada, paradas bici-bus, capacitación a conductores) y políticas públicas (observatorio de movilidad, campañas de educación vial). Se estima que, con estas medidas, la participación de la bicicleta podría pasar del ~3% actual a 10–12%, aumentando también los viajes multimodales bici-bus. Estos cambios generarían beneficios ambientales (reducción ~8% de CO₂), sociales (mejor equidad de acceso), de salud (más actividad física), económicos (ahorros en transporte y menor mantenimiento vial) y de seguridad (disminución de siniestros viales). Las experiencias internacionales confirman la viabilidad de esta estrategia cuando se implementa con rigor técnico y participación de todos los actores.

Palabras clave: Bicicleta, Ciudad intermedia, Integración modal, Movilidad urbana, Transporte público.

Abstract

Latin American intermediate cities face growing urban mobility challenges due to the expansion of motorization and the low level of integration among transport modes. In Ecuador, while cities such as Quito and Cuenca promote active mobility, medium-sized cities like Riobamba still exhibit significant gaps in bicycle–public transport connectivity. Integrated mobility, based on sustainable modes (bicycle, bus, and

walking), can improve accessibility, efficiency, equity, and public health.

This study develops a proposal for bicycle–bus–pedestrian integration in Riobamba, grounded in national and international experiences. Relevant cases are analyzed (e.g., OV-Fiets in the Netherlands, bicycle–metro integration in Suzhou, studies in Fortaleza and Santiago, and global reviews), highlighting key factors such as high-quality cycling infrastructure, the availability of public bicycles, and institutional coordination. Based on this review and on local data (INEC censuses and the Riobamba Mobility Plan), a set of improvements is proposed in terms of infrastructure (protected bike lanes, safe sidewalks), operations (integrated fares, bicycle–bus stops, driver training), and public policy (a mobility observatory and road safety education campaigns).

It is estimated that, with these measures, the modal share of cycling could increase from the current ~3% to 10–12%, also boosting multimodal bicycle–bus trips. These changes would generate environmental benefits (approximately an 8% reduction in CO₂ emissions), social benefits (greater equity of access), health benefits (increased physical activity), economic benefits (transport cost savings and reduced road maintenance), and safety benefits (a decrease in traffic accidents). International experiences confirm the feasibility of this strategy when implemented with technical rigor and the participation of all stakeholders.

Keywords: Bicycle, Intermediate city, Modal integration, Urban mobility, Public transport.

Introducción

Las ciudades intermedias en América Latina enfrentan una creciente presión sobre su movilidad urbana debido a factores como el incremento de la motorización, la expansión urbana desordenada y la débil integración entre los modos de transporte. En el caso de Ecuador, ciudades grandes como Quito han promovido ciclovías y sistemas de bicicleta pública, así como eventos de movilidad activa; sin embargo, la vinculación formal entre la bicicleta y el transporte público (autobús) sigue siendo incipiente, especialmente en urbes medianas. En Quito, por ejemplo, pese a la creciente aceptación ciudadana de la bici (El Comercio, 2021), la integración tarifaria y física con el sistema de buses está en etapas iniciales. Cuenca, por su parte, ha desarrollado ciclovías conectando el centro histórico con barrios aledaños, pero aún carece de nodos claramente definidos de integración bici-bus. Este contexto pone de relieve la necesidad de adaptar las experiencias exitosas a las características de ciudades como Riobamba.

La movilidad integrada – entendida como la combinación coordinada de modos de transporte sostenible (bicicleta, autobús y caminata) – busca mejorar la accesibilidad, la eficiencia del sistema y la equidad en el acceso, al mismo tiempo que genera beneficios para la salud pública (Litman, 2021). Diversas investigaciones internacionales han demostrado resultados medibles al mejorar esta integración modal. Por ejemplo, el sistema OV-Fiets de los Países Bajos provee bicicletas de uso público en

estaciones de tren, lo que motiva a los pasajeros del tren a completar el “último kilómetro” en bici en lugar de vehículo privado (Slinger, 2020). En Suzhou (China), la combinación de bicicletas públicas con la red de metro demostró que la disponibilidad de bicicletas y la calidad del acceso/egreso son determinantes para promover el viaje multimodal. Investigaciones en Fortaleza (Brasil) revelaron que la existencia de infraestructura ciclista segura, estacionamientos para bicicletas y un entorno vial protegido son factores clave en la adopción de la integración bici-bus (Siqueira et al., 2024). En Santiago de Chile, la instalación de facilidades para ciclistas en nodos de transporte público amplió la cobertura del último kilómetro y redujo la dependencia del automóvil en trayectos cortos (Rivasplata, 2022). Además, una revisión sistemática reciente identificó que la calidad del transporte público, la conectividad de ciclovías, la coordinación institucional y las características del uso del suelo son los factores más determinantes de la sinergia entre bicicleta y buses públicos.

Riobamba, capital de la provincia de Chimborazo, es una ciudad intermedia de aproximadamente 250.000 habitantes (INEC, 2022). Su urbanismo relativamente compacto genera una alta proporción de viajes urbanos inferiores a 5 km, distancia propicia para modos activos como el ciclismo y la caminata. Según datos municipales, se estima que alrededor del 45% de los viajes urbanos se realizan en bus público, 35% a pie, 17% en vehículo particular y sólo 3% en bicicleta. Sin embargo, este reparto modal oculta problemáticas clave: el sistema de bus

urbano presenta rutas redundantes y congestión en el centro histórico, las aceras son discontinuas y con cruces peatonales inseguros, la infraestructura ciclista es muy limitada y no ofrece continuidad protegida, y existen pocas zonas de estacionamiento seguro para bicicletas. Adicionalmente, la coordinación institucional entre el Municipio y las cooperativas de buses es débil, lo que dificulta implementar esquemas de tarifa integrada o normativas conjuntas. Estos desafíos motivan el desarrollo de una propuesta integral de movilidad activa que aproveche las oportunidades locales y atienda las deficiencias detectadas.

El presente estudio se inscribe en el campo de la planificación de la movilidad urbana sostenible, con énfasis en la integración modal como estrategia clave para enfrentar los desafíos de accesibilidad, eficiencia y sostenibilidad en ciudades intermedias. A partir del análisis de experiencias internacionales consolidadas y de la caracterización de la realidad urbana de Riobamba, se plantea una propuesta de articulación entre la bicicleta, en transporte público y los desplazamientos peatonales, adaptada a las condiciones morfológicas, socioespaciales e institucionales locales. El trabajo busca trascender una aproximación meramente descriptiva, aportando un enfoque aplicado que permita vincular la evidencia empírica internacional con la toma de decisiones a nivel local. En este sentido, el objetivo centra es generar insumos técnicos que contribuyan al diseño de políticas públicas orientadas a la reducción de la dependencia del vehículo privado, la

mejora de la accesibilidad urbana y al consolidación de un sistema de movilidad más equitativo, seguro y ambientalmente sostenible.

Metodología

Para elaborar la propuesta de integración bicicleta-bus-peatón en Riobamba, se realizó un estudio de flujos y necesidades de movilidad basado en fuentes secundarias y una estrategia de campo. En primer lugar, se revisaron planes y datos oficiales: el Plan de Movilidad Urbana de Riobamba (GAD Municipal de Riobamba, 2021) aportó información sobre la oferta actual de transporte público y los desafíos institucionales, mientras que datos del INEC (2020, 2022) y estadísticas provinciales permitieron cuantificar el reparto modal descrito. A partir de estos diagnósticos, se identificaron los nodos estratégicos de mayor afluencia de viajes: el Terminal Terrestre, los recintos universitarios de la Universidad Nacional de Chimborazo y Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, los principales mercados y los centros de salud.

En cada nodo se planificó la recolección de datos primarios mediante encuestas origen-destino a usuarios de bus, ciclistas y peatones; conteos manuales de flujos de pasajeros y bicicletas en intersecciones claves; y registros de variables operativas (horarios de ingreso/salida, distancias entre paradas, tiempos de espera en paradas, percepción de seguridad). Este levantamiento de campo permite calibrar la propuesta según la demanda real. Con la información recopilada, se

definió un conjunto de indicadores de desempeño inspirados en experiencias previas: nivel de satisfacción de los usuarios respecto a la seguridad y confort de cada modo; índice de disponibilidad de bicicletas públicas (similar al caso Suzhou); accesibilidad integrada medida como tiempo total de viaje (incluyendo caminata y espera); porcentaje de viajes multimodales registrados (bicicleta+bus); y métricas de salud pública (minutos de actividad física diaria promedio vinculado a la movilidad activa). Estos indicadores servirán tanto para orientar la implementación como para evaluar resultados futuros.

El diseño metodológico del estudio es de tipo transversal, descriptivo y propositivo, sustentado en el análisis de información secundaria, revisión documental y comparación de estudios de caso internacionales. Bajo este enfoque, los resultados permiten identificar patrones de funcionamiento, relaciones entre variables urbanas y escenarios plausibles de implementación derivados de la evidencia analizada, sin pretender establecer relaciones de causalidad directa. Las proyecciones formuladas se fundamentan en indicadores de desempeño urbano, experiencias documentadas en contextos comparables y criterios técnicos de planificación de la movilidad. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como estimaciones razonadas que orientan la toma de decisiones estratégicas, más que como efectos causales verificados empíricamente, manteniendo coherencia con el carácter propositivo del estudio.

Resultados

Propuesta de infraestructura y gestión

Con base en el diagnóstico, se plantea una estrategia multimodal que abarca infraestructura, operaciones y políticas públicas. En infraestructura, se recomienda construir estacionamientos seguros para bicicletas en todos los nodos de alto flujo identificados (terminal, universidades, mercados, hospitales), inspirados en ejemplos internacionales de almacenamiento seguro (Siqueira et al., 2024). Se propone desarrollar una red de ciclovías protegidas que conecte estos nodos con los principales barrios residenciales, priorizando la continuidad y la seguridad (p.ej. separación física de vehículos) como factor determinante de uso. Simultáneamente, se mejorarán las aceras: ampliación del ancho peatonal, nivelación de losas, instalación de rampas de accesibilidad, iluminación adecuada y señalización/semaforización prioritaria para peatones en cruces. Estas acciones se alinean con recomendaciones internacionales que vinculan aceras seguras con disminución de accidentes viales y promoción de caminata (Ogilvie et al., 2012).

En el ámbito operativo y de gestión, se sugiere implementar un sistema de tarifa integrada entre el bus urbano y un futuro sistema de bicicleta pública o compartida. Esto facilitaría el pago combinado, incentivando transbordos bici-bus sin costo adicional. Además, se propone que las paradas de bus incluyan normativas para reservar espacio de estacionamiento de bicicletas adyacente,

siguiendo protocolos vistos en ciudades con integración bici-bus exitosos (Kosmidis & Müller-Eie, 2023). Se recomienda incentivar la participación de los operadores de buses en programas de convivencia vial y capacitación en movilidad activa, con el fin de reducir conflictos con ciclistas y peatones – una estrategia destacada en estudios de seguridad vial. Finalmente, se incorporarán herramientas tecnológicas de gestión: sensores de conteo vehicular y de bicicletas, sistemas de monitoreo remoto, y aplicaciones móviles que informen al usuario sobre disponibilidad de bicicletas libres, rutas óptimas y tiempos de espera en rutas multimodales.

Complementariamente, en políticas públicas se sugiere la creación de un Observatorio de Movilidad Urbana en Riobamba, integrado por el Municipio, universidades locales y sociedad civil. Este organismo registraría indicadores de movilidad, seguridad vial y accesibilidad en tiempo real, facilitando la toma de decisiones basada en datos (tal como recomienda el BID, 2020, para proyectos urbanos). Se plantean además campañas de educación vial y sensibilización ciudadana sobre los beneficios de la movilidad activa, dirigidas tanto a usuarios como a conductores. La experiencia muestra que la conciencia pública es crucial para el éxito de iniciativas de cambio modal (Litman, 2021). Por último, se buscará financiamiento externo (p.ej. fondos de desarrollo sostenible) para complementar la inversión municipal en infraestructura.

Los resultados evidencian que la viabilidad de la integración bicicleta-bus-peatón no depende exclusivamente de la provisión de infraestructura física, sino de un conjunto de factores interrelacionados que incluyen la gestión operativa del transporte público, la coordinación institucional y la aceptación social del sistema. La identificación de nodos estratégicos urbanos como terminales de transporte, centros educativos, mercados y equipamientos de salud, permite priorizar intervenciones con alto potencial de impacto en términos de accesibilidad, reducción de tiempos de viaje y mejora de la seguridad vial. Asimismo, los resultados sugieren que una implementación gradual, acompañada de programas de capacitación y comunicación, que podría facilitar la adopción progresiva del sistema integrado por parte de la ciudadanía.

Beneficios esperados

La implementación de la integración propuesta genera múltiples beneficios proyectados. En el ámbito ambiental, se estima una reducción de emisiones de CO₂ cercana al 8% en cinco años, al incentivar el uso de la bicicleta y reducir viajes en vehículo privado. Socialmente, al fortalecer modos de bajo costo (caminar y bicicleta) se mejora la equidad en el acceso a la movilidad, beneficiando a la población de menores ingresos. Desde el punto de vista de salud pública, el mayor uso de la bici en desplazamientos diarios incrementaría significativamente la actividad física semanal de los riobambeños, agregando alrededor de 20–30 minutos de ejercicio moderado

diario (como lo indica la literatura internacional).

En términos económicos, se producirían ahorros tanto para los usuarios (menor gasto en transporte privado) como para el municipio (menor desgaste del pavimento por menor tráfico motorizado). Finalmente, se anticipa un efecto positivo en seguridad vial: al privilegiarse infraestructura dedicada a peatones y ciclistas y educarse a los conductores, la tasa de accidentes en intersecciones disminuiría (se proyecta una caída del 15–25% en los puntos clave). La Tabla 1 sintetiza indicadores actuales y metas de desempeño basadas en casos comparativos:

Tabla 1.

Indicadores de movilidad integrada en Riobamba (situación actual y metas a 5 años).

Indicador	Situación actual	Meta a 5 años	Caso de referencia
Participación de la bicicleta (ciclista en viajes)	~3%	10–12%	Fortaleza, Brasil (Siqueira et al., 2024)
Viajes multimodales bici-bus (porcentaje)	<5%	15–20%	Suzhou, China (Li et al., 2020)
Reducción de emisiones de CO ₂	Nivel actual	-10–15%	Promedio Latinoamérica (BID, 2020)
Actividad física semanal (promedio)	Baja	+20–30 minutos	Estudios internacionales (Ogilvie et al., 2012)
Accidentes en nodos críticos (%)	Frecuentes	-15–25%	Revisiones globales (Kosmidis & Müller-Eie, 2023)

Fuente: Elaboración propia a partir de los casos de referencia.

Dicusión

Los hallazgos del presente estudio se alinean con la evidencia empírica reportada en investigaciones recientes sobre integración modal en ciudades intermedias y contextos urbanos de escala media. En particular, el incremento proyectado de la participación modal de la bicicleta hasta un rango del 10-12% es consistente con los resultados obtenidos por Siquiera et al. (2024) en ciudades brasileñas, así como con los análisis desarrollados por Kosmidis y Müller-Eie (2023) en entornos europeos. No obstante, el caso de Riobamba presenta características específicas, como una estructura urbana relativamente compacta, distancia promedio cortas y una elevada proporción de viajes a pie, que podrían favorecer una adopción mas acelerada del ciclismo urbano con menores requerimientos de inversión inicial. Estas particularidades refuerzan la pertinencia de adaptar las estrategias internacionales a las condiciones locales, evitando modelos de aplicación homogénea.

Desde el enfoque de la sostenibilidad urbana, la integración entre bicicleta, transporte público y movilidad peatonal representa una estrategia de alto impacto para abordar simultáneamente las dimensiones ambiental, social y económica del desarrollo urbano. En el ámbito ambiental, la reducción del uso del vehículo privado contribuye a disminuir emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes locales. Desde la perspectiva social, el fortalecimiento de la movilidad activa y del transporte público mejora la equidad

en el acceso a oportunidades urbanas, especialmente para los grupos con los menores ingresos. En términos económicos, la integración modal permite optimizar el uso de la infraestructura existente y reducir costos asociados a la congestión. Estas contribuciones se alinean de manera directa con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 3, 11, 13, reforzando la relevancia del enfoque propuesto para la planificación urbana contemporánea.

Los hallazgos del estudio y la propuesta formulada son coherentes con la evidencia internacional sobre movilidad activa. Como indican Kosmidis & Müller-Eie (2023), la coordinación institucional y la calidad del transporte público son esenciales para lograr la sinergia bici-bus. En Riobamba, una atención especial debe darse a la gobernanza: el Municipio y las cooperativas de buses deben articular reglas claras (tarifas integradas, protocolos en paradas) para superar las limitaciones actuales. En este sentido, nuestra propuesta enfatiza la creación de marcos normativos y del observatorio local para fortalecer esa coordinación.

En línea con Siqueira et al. (2024), se destaca que la infraestructura protegida y los estacionamientos seguros son críticos. Sin embargo, dadas las distancias cortas y la densidad de Riobamba, se prioriza conectar nodos urbanos (terminal, universidades, mercados) mediante redes ciclistas continuas más que expandir extensamente la malla cicloviaria. Este enfoque concuerda con Rivasplata (2022), quien observó en Santiago que integrar facilidades ciclistas en hubs de transporte público maximiza

el beneficio en el último kilómetro y reduce el uso de autos. De forma similar, el sistema OV-Fiets de Holanda (Slinger, 2020) demuestra que dar acceso directo a bicicletas en nodos de transporte (tren en ese caso) fomenta la multimodalidad; nuestra propuesta considera módulos de bici pública en nodos selectos para replicar ese efecto.

Con respecto a la salud y actividad física, Ogilvie et al. (2012) documentaron que los usuarios de transporte público tienden a tener mayor actividad física semanal. Esto valida la estimación de que incorporar la bicicleta aumentaría en 20–30 minutos la actividad diaria promedio en Riobamba. Además, Litman (2021) subraya la importancia de la equidad en transporte, lo que apoya nuestra inclusión de vías para peatones y ciclistas, ya que estos modos de bajo costo benefician especialmente a los sectores vulnerables (gestión equitativa del sistema).

Las metas proyectadas (Tabla 1) están inspiradas en resultados de otros casos: alcanzar un 10–12% de viajes en bici se basa en la experiencia de Fortaleza; lograr 15–20% de viajes multimodales coincide con las constataciones en Suzhou (Li et al., 2020); y la estimación de reducción de emisiones y accidentes proviene de análisis regionales (BID, 2020) y revisiones internacionales. Aunque Riobamba tiene recursos más limitados que metrópolis, estos objetivos se consideran razonables dado su contexto actual y la evidencia de que mejoras integrales conducen a resultados similares en ciudades medianas (por ejemplo, metas

comparables alcanzadas en ciudades brasileñas de tamaño medio).

Conclusiones

Este estudio concluye que integrar la bicicleta, el bus y al peatón en Riobamba es una estrategia viable y con alto potencial de beneficios, siempre que se ejecute con rigor metodológico y voluntad política. Las experiencias internacionales revisadas demuestran que la disponibilidad de una red de transporte público de calidad, infraestructura ciclística segura y coordinación institucional efectiva son condiciones clave para el éxito. Adaptar estas lecciones al caso riobambeño implica priorizar la mejora de infraestructura (ciclovías protegidas, aceras continuas), sistemas de gestión (tarifas integradas, espacio para bicicletas en paradas) y políticas de educación y monitoreo.

Si bien el estudio presenta limitaciones asociadas a su carácter descriptivo, transversal y al uso predominante de información secundaria, los resultados obtenidos ofrecen una base técnica consistente para orientar la toma de decisiones en el ámbito de la planificación de la movilidad urbana. La propuesta desarrollada permite identificar líneas de acción concretas que pueden ser implementadas de manera progresiva por los gobiernos locales. Futuras investigaciones podrían profundizar este enfoque mediante estudios empíricos, encuestas de preferencia revelada y análisis longitudinales que permitan evaluar em impacto real de la implementación de

sistemas integrados de movilidad activa en ciudades intermedias.

De concretarse el plan propuesto, Riobamba podría experimentar un aumento sustancial en el uso de la bicicleta y en los viajes multimodales, así como mejoras en salud pública, reducción de emisiones y descongestión urbana. Si bien las metas son ambiciosas, la literatura indica que con recursos adecuados y participación ciudadana ellas son alcanzables (Siqueira et al., 2024; Rivasplata, 2022). La aplicación rigurosa de esta estrategia integrada posicionaría a Riobamba como modelo para otras ciudades intermedias del país.

Referencias

Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). Movilidad urbana sostenible en América Latina. Banco Interamericano de Desarrollo.

El Comercio. (2021, 12 de junio). Ciclovías en Quito: avances y desafíos. <https://www.elcomercio.com>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020). Encuesta nacional de empleo, desempleo y subempleo. INEC.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). Proyecciones poblacionales cantonales 2020–2030. INEC.

Kosmidis, I., & Müller-Eie, D. (2023). The synergy of bicycles and public transport: A systematic literature review. *Transport Reviews*, 44(1), 34–68.

<https://doi.org/10.1080/01441647.2023.2169934>

Li, J., Lu, Y., & Ling, L. (2020). The integration of public bicycle and metro transit: A case study in Suzhou, China. En *Proceedings of the International Conference on Transportation Engineering 2019* (pp. 1143–1154). Springer.

Litman, T. (2021). *Evaluating transportation equity: Guidance for incorporating distributional impacts in transport planning*. Victoria Transport Policy Institute.

Municipio de Cuenca. (2021). *Plan de movilidad sostenible y espacio público de Cuenca*. GAD Municipal del Cantón Cuenca.

GAD Municipal de Riobamba. (2021). *Plan de movilidad y transporte urbano de Riobamba*.

Ogilvie, D., Panter, J., Guell, C., Jones, A., & Mackett, R. (2012). Physical activity associated with public transport use — a review and modelling of potential benefits. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(7), 2454–2478. <https://doi.org/10.3390/ijerph9072454>

Rivasplata, C. R. (2022). Integrating bicycles and public transport in the developing world: The case of Santiago, Chile. *World Transport Policy & Practice*, 28(1), 14–27.

Siqueira, M. F., Loureiro, C. F. G., & de Oliveira Neto, F. M. (2024). Modeling choice determinants for bicycle–bus

integration in developing countries: Case study in Fortaleza, Brazil. *Journal of Transport Geography*, 118, 103672. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2024.103672>

Slinger, R. (2020). OV-Fiets: A success story of the Dutch bicycle–train integration. *Journal of Transport and Land Use*, 13(1), 1–14.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mi familia por ser un apoyo siempre en mi desarrollo personal y profesional.

Enviado: 21/12/2025
Aceptado: 06/01/2025
Publicado: 31/01/2026

<https://doi.org/10.65937/ciudadglocal.2026.21.2.1>

Determinantes socioeconómicos y vulnerabilidad en trabajadores de la industria ladrillera

Socioeconomic determinants and vulnerability among workers in the brickmaking industry

Flor Jael Virgen Espinoza

Estudiante de la licenciatura de Medicina en el Centro Universitario de Tlajomulco (CUTLAJO) por la Universidad de Guadalajara (UdeG), México. Correo electrónico: flor.virgen6382@alumnos.udg.mx ORCID id: <https://orcid.org/0009-0002-1481-3259>

María Pilar Toussaint Padilla

Licenciada en Medicina por la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG). Correo electrónico: maria.toussaint@edu.uag.mx ORCID id: <https://orcid.org/0009-0004-3750-0153>

Roberto Ulises Estrada Meza

Profesor del Centro Universitario de Tonalá (CUT), Universidad de Guadalajara y Consejero Asesor Permanente del Colegio de Profesionistas de la Movilidad Urbana del Estado de Jalisco (COMUJ). Integrante del Cuerpo Académico UDG-CA-1225 Estudios de Sostenibilidad y Grupos Vulnerables. Correo electrónico: roberto.estrada@academicos.udg.mx ORCID id: <https://orcid.org/0009-0002-1481-3259>

Marco Antonio Berger García

Profesor y Jefe del Departamento de Sistemas, Datos y Sociedad del Centro Universitario de Tlajomulco de Zúñiga (CUTLAJO), Universidad de Guadalajara. Integrante del Cuerpo Académico UDG-CA-1225 Estudios de Sostenibilidad y Grupos Vulnerables. Correo electrónico: marco.berger@cutlajomulco.udg.mx ORCID id: <https://orcid.org/0009-0001-6118-8698>

Alan Omar Solano Vázquez

Estudiante de la licenciatura de Medicina en el Centro Universitario de Tlajomulco (CUTLAJO) por la Universidad de Guadalajara (UdeG), México. Correo electrónico:



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial SinDerivadas4.0 Internacional.

alan.solano8167@alumnos.udg.mx ORCID id:
<https://orcid.org/0009-0002-8815-6087>

Emilio López Estrada

Estudiante de la licenciatura en Medicina,
Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG),
México. Correo electrónico:

emilio.estrada@edu.uag.mx ORCID id:
<https://orcid.org/0009-0009-8686-4064>

Resumen

Tlajomulco de Zúñiga es uno de los municipios del Área Metropolitana de Guadalajara con mayor número de ladrilleras. El ladrillo artesanal se produce a partir de materias orgánicas, principalmente arcilla, que posterior a su manipulación y secado al sol es introducida en hornos artesanales alimentados principalmente con leña. La salud pulmonar de los empleados se ve afectada por la exposición continua a gases, humo y polvo generados por la combustión. Asimismo, en esta población, que se distingue por tener ingresos inestables que dependen de la producción, los determinantes socioeconómicos constituyen un elemento importante. El artículo examina las circunstancias económicas y sociales de los ladrilleros de Tlajomulco de Zúñiga, tomando en cuenta el tiempo trabajado y su relación con la presencia de síntomas respiratorios y cambios en la función pulmonar. Para determinar la escolaridad, las condiciones de trabajo, el acceso a servicios y a la vivienda, se realizaron encuestas estructuradas a 43 empleados. Se utilizó como referencia el Índice de Rezago Social (IRS) y los criterios del CONEVAL (2020) para calcular un IRS. Además, se emplearon pruebas no paramétricas y estadística

descriptiva para asociar síntomas respiratorios reportados con las espirometrías. La regresión logística mostró que la posibilidad de informar síntomas respiratorios se incrementa en un 4.8% por cada año extra trabajado. Este resultado demuestra que el tiempo trabajado debe considerarse como un factor de riesgo para la percepción subjetiva de la enfermedad; por otro lado, el rezago social debe ser contemplado como un determinante social que extiende la exposición al riesgo.

Palabras clave: Ladrilleras, Síntomas respiratorios, Espirometría, Tiempo laborado, Rezago social.

Abstract

Tlajomulco de Zúñiga is one of the municipalities in the Guadalajara Metropolitan Area with the highest number of brick kilns. Artisanal brick is produced from organic materials, mainly clay, which, after being molded and sun-dried, is placed in artisanal kilns fueled primarily by firewood. Workers' pulmonary health is affected by continuous exposure to gases, smoke, and dust generated by combustion. Likewise, in this population—characterized by unstable incomes that depend on production—socioeconomic determinants constitute an important element. This article examines the economic and social circumstances of brick workers in Tlajomulco de Zúñiga, considering length of employment and its relationship with the presence of respiratory symptoms and changes in lung function. To determine educational level, working conditions, and access to

services and housing, structured surveys were administered to 43 workers. The Social Lag Index (SLI) and the CONEVAL (2020) criteria were used as references to calculate an SLI. In addition, nonparametric tests and descriptive statistics were employed to associate reported respiratory symptoms with spirometry results. Logistic regression showed that the likelihood of reporting respiratory symptoms increases by 4.8% for each additional year worked. This finding demonstrates that length of employment should be considered a risk factor for the subjective perception of disease; meanwhile, social lag should be regarded as a social determinant that prolongs exposure to risk.

Keywords: *Brick kilns, Respiratory symptoms, Spirometry, Length of employment, Social deprivation.*

Introducción

A lo largo de los años, las afectaciones en la calidad de vida de las personas a consecuencia de la contaminación atmosférica ha sido un tema que ha trascendido más allá de la salud pública y de las afectaciones ambientales, logrando tener a su vez un impacto socioeconómico. La contaminación atmosférica se puede entender como aquellas partículas o sustancias químicas que quedan suspendidas en el aire provenientes de actividades humanas como las plantas de fabricación o derivadas de fuentes naturales como volcanes o incendios forestales. (Gurmeet, 2020).

Dentro de la contaminación atmosférica existen diferentes contaminantes de acuerdo a la fuente (Ballester, 2005):

- **Primarios:** corresponden a aquellos que provienen desde la fuente de emisión, en el que predomina el dióxido de carbono (CO₂) o dióxido de Nitrógeno (NO₂).
- **Secundarios:** son consecuencias de las diferentes reacciones químicas y físicas que ocurren posterior a salir de la fuente de emisión y estar en contacto con la atmósfera como las partículas en suspensión (PM) o compuestos volátiles (COV).

La urbanización es de las principales fuentes de contaminación atmosférica. De acuerdo a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2018), se pueden distinguir cuatro fuentes de dicha contaminación: 1) fijas o puntuales (fábricas o industrias); 2) móviles (medio de transporte); 3) fuentes de área (agricultura, imprenta, etcétera) y 4) naturales (volcanes o erosión del suelo).

En México, existen diferentes sectores económicos que contribuyen a la emisión de diferentes partículas contaminantes, uno de ellos es la industria ladrillera.

El ladrillo es uno de los materiales más imprescindibles y comúnmente usados en las construcciones, esto se debe a que la arcilla (que es su principal base) posee propiedades bioquímicas que le permite ser más moldeable (Ortiz, 2015). Este material ha sufrido diferentes cambios en cuanto a su fabricación desde sus orígenes, pasando del adobe, el cual fue

modificado por su tendencia a sufrir daños por el agua, al desarrollo de técnicas de cocción que proveían una estabilidad conveniente para la construcción (Bianucci, 2009).

El arquitecto Avelardo Bianucci (2009) ofrece una explicación de la elaboración a partir de la materia prima del ladrillo artesanal. Bianucci menciona que el inicio de proceso es la extracción de la arcilla a través de excavaciones, posteriormente se realiza un amasado en pisaderos de barro con agua y un agregado de materia orgánica (como estiércol, aserrín, entre otros), después se deja secar y se lleva a la zona de moldeo como se muestra en la figura 1; una vez moldeado, es necesario que el adobe atraviese por un periodo de secado al sol en un periodo de uno o dos días (**Fotografía 1**).



Fotografía 1.

Fotografía tomada en una de las ladrilleras que participaron en este trabajo de investigación. Se observa la

elaboración artesanal de ladrillo en el proceso de moldeado y secado al sol.

Fuente: Foto propia a partir del trabajo en campo.

Una vez que se ha terminado el periodo de secado, es indispensable ingresar el material a los hornos hechos de adobes apilados en forma de pirámide, dejando en el interior un espacio para las boquillas las cuales son expuestas al fuego para la cocción del ladrillo (**Fotografía 2**). De acuerdo a lo comentado por los patrones y trabajadores de ladrilleras en Tlajomulco de Zúñiga, los hornos usan como método de combustión más común la leña y suelen estar encendidos alrededor de 3 días, tiempo en el que se garantiza una correcta cocción del material.



Fotografía 2.

Fotografía tomada en una de las ladrilleras que participaron en este trabajo de investigación. Se observa un horno artesanal utilizado para la fabricación tradicional de ladrillo.

Fuente: Foto propia a partir del trabajo en campo.

**Figura 1.**

Proceso de fabricación de ladrillo artesanal.

Fuente: Elaboración propia con base en Bianucci (2009).

Entendiendo el proceso de fabricación de ladrillos artesanales se pueden visualizar aquellos factores de riesgo para la salud que derivan de este oficio, entre los cuales destacan la afectación a la función pulmonar, derivado de la exposición laboral a materia particulada (PM), compuestos orgánicos volátiles (VOC) y humedad relativa.

Ante la inhalación de PM a nivel pulmonar, en respuesta al estrés

oxidativo se genera una respuesta inflamatoria que deriva en una alteración de las células pulmonares produciendo cambios incluso a nivel epigenético, derivando en el desarrollo de síntomas respiratorios como tos o disnea, o generando la exacerbación de enfermedades pulmonares previas como Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) o asma (Hamanaka & Mutlu, 2025). Por lo tanto, la exposición laboral constante es un factor clave que debe ser analizado en este sector. El tiempo de exposición y el lugar de residencia puede influenciar el encontrar una exposición ambiental más certera. Tal como lo mencionan Huang y Batterman (2020) en su análisis de estudios epidemiológicos, el tiempo de residencia puede ser usado como indicador de exposición ambiental, dicho estimación es más certera mientras el tiempo de residencia sea fijo y prolongado, logrando que se elimine cualquier sesgo. Así mismo, Hoek et al. (2024) por medio de revisiones de estudios de estudios epidemiológicos justifican el usar el tiempo de residencia como un factor para una estimación más certera de la exposición a contaminación con el hecho del desconocimiento de los patrones de movilidad de aquellos que no cuentan con una vivienda fija en el sitio de estudio de interés.

Sin embargo, ante cualquier aspecto que afecte la calidad de vida de la población, deben ser considerados los determinantes sociales de la salud. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021) los determinantes sociales de la salud son aquellas circunstancias en las que una persona

nace, se desarrolla y muere que afectan su calidad de vida; entre dichas características se encuentra el contexto socioeconómico y político que engloba las clases sociales y la distribución de poderes y recursos.

La salud tiene un impacto directo en la economía y viceversa, por un lado, cuando existe población con algún problema de salud esto puede dificultar la fuerza de los trabajadores, constituyendo así en un rezago en la producción (George et al, 2017) ; por otro lado, si no existe un correcto ingreso económico, la atención médica puede ser limitada puesto que existen diversos servicios médicos (sobre todo en segundo o tercer nivel de atención médica) que son costosos o que no son tan accesibles para la población general, condicionando la salud y calidad de vida de la población.

México es un país que reconoce la salud como un derecho universal, sin embargo, el sistema de salud actual se encuentra en una segmentación (separación por posición laboral) que condiciona el acceso equitativo a los servicios de salud, donde aquellos trabajadores que tienen el beneficio de contar con seguro social por parte de sus empleadores, son aquellos que disponen de mayores recursos para su atención médica (Meneses, 2025). Dicha segregación, termina por dejar desamparados a aquellos que no cuentan con el beneficio del seguro social, tal es el caso de la industria ladrillera.

De acuerdo a los datos recabados por Data México (2025) a través de la

Secretaría de Economía, los trabajadores en la elaboración de productos de cemento, cal, yeso, azulejo, piedra y ladrilleros, en conjunto durante el primer trimestre de 2025 alcanzaron un 87.4% en informalidad laboral. Dentro de los datos recabados también se aprecia que la mayor concentración de trabajadores con trabajo informal corresponden a aquellos que se encuentran en un rango de 45-54 años de edad, alcanzado hasta un 85.6% del total de trabajadores en estas edades. La informalidad laboral es aún más trascendental cuando priva de aquellos servicios que por ley deberían ser otorgados a los trabajadores, como lo es el seguro social.

En México se ha buscado dar visibilidad a las carencias a las que se expone el sector ladrillero. Parra Rudy (2024) ofrece una perspectiva de la realidad en una ladrillera de San Luis Potosí, evidenciando por medio de narrativas de los mismos trabajadores carencias laborales y en salud influenciadas por el mercado y la demanda inestable de ladrillo, producto del aumento o disminución según la temporalidad. Al ser un trabajo que se paga según la producción, si está disminuye, el pago a los empleados disminuye, por lo que los ladrilleros se ven en la necesidad o de esperar a las temporadas de alta demanda sin trabajo o buscar otro trabajo mientras la demanda sube, motivo por el cuál se vuelve complicado establecer contratos formales. Parra también hace mención de la vulnerabilidad de este oficio, puesto que no se cuenta con equipo de protección para su realización y al considerarse “artesanal” su elaboración es con el uso de sus manos y pies (de

acuerdo a la etapa de elaboración), dejándolos expuestos a lesiones con alta probabilidad de contaminación que deriven en alguna infección.

La informalidad, la falta de equipo de protección personal y la falta de acceso a servicios de salud pública, colocan a este sector en un margen de riesgo, dejándolos relativamente desprotegidos ante algún daño en su salud, catalogado como vulnerabilidad social (Juárez y Velasco, 2017). La vulnerabilidad social se determina por el grado de satisfacción, cobertura y calidad de las necesidades básicas absolutas, abarcando el acceso a salud, alimentación, educación, ingreso y vivienda.

La producción de ladrillo artesanal es un trabajo que no cuenta con un salario fijo, puesto que se paga a los trabajadores según la cantidad de ladrillos que produzcan (a destajo).

En una investigación realizada en productoras de ladrillo artesanal de Oaxaca (Ramos et al, 2019) se analizó el contexto de pobreza de los trabajadores por medio de una revisión bibliográfica y trabajo de campo. Ramos y sus colaboradores correlacionaron los factores asociados a la pobreza y su actividad económica tomando como referencia los antecedentes en la literatura, para realizar un trabajo de campo a través de cuestionarios socioeconómicos, logrando identificar a los trabajadores con bajos ingresos que a la par tienen familias numerosas (mayores de 4 personas), perjudicando diferentes estratos de la vida como la

alimentación o el acceso a servicios básicos.

De acuerdo a Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social (CONEVAL, 2020) el Rezago Social es una medida que evalúa el acceso a derechos sociales como la educación, acceso a servicios de salud, calidad de vivienda y acceso a servicios básicos, siendo evaluado en distintos niveles territoriales. Es importante distinguir entre los conceptos de rezago social y pobreza. Una persona se encuentra en pobreza cuando tiene al menos una carencia social y no cuenta con las posibilidades ni los medios para cubrir dicha necesidad (CONEVAL,2020), mientras que el rezago social se centra en la carencia de acceso a los derechos sociales (CONEVAL,2020).

La irregularidad en cuanto a los pagos dependientes de la afluencia de trabajo en la industria ladrillera puede ser perjudicial en diferentes etapas del año para los trabajadores, ya sea en temporadas de lluvia donde la producción tiene que parar porque necesita existir un periodo de secado al sol, o durante la temporada invernal donde los gases de efecto invernadero suelen aumentar. Ante las irregularidades de este oficio es importante considerar a la par de la afectación en la salud pulmonar, el rezago social de los trabajadores.

Objetivo

El objetivo general fue caracterizar las condiciones socioeconómicas y la vulnerabilidad social de trabajadores de

la industria ladrillera artesanal de Tlajomulco de Zúñiga y analizar su relación con síntomas respiratorios y función pulmonar; como objetivos específicos se buscó documentar las principales condiciones del entorno y del proceso productivo asociadas a exposición a polvos y humos; describir escolaridad, vivienda, acceso a servicios y condiciones laborales; estimar el nivel de vulnerabilidad social mediante un índice basado en criterios del CONEVAL y evaluar la función pulmonar mediante espirometría e identificar patrones ventilatorios.

Metodología

Se realizó un estudio de tipo observacional, transversal y descriptivo en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, seleccionado como sitio de estudio por ser el principal polo de producción de ladrillo artesanal dentro del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG). Con una población de 727,750 habitantes (INEGI, 2020), Tlajomulco ha experimentado una transición demográfica acelerada que ha forzado la convergencia de zonas residenciales de alta densidad con enclaves de industria informal, particularmente en las localidades de San Agustín, Santa Cruz de las Flores y San Juan Evangelista. La pertinencia de Tlajomulco de Zúñiga como epicentro de esta investigación, por encima de otros municipios del Área Metropolitana de Guadalajara, se sustenta en una convergencia de factores geográficos, ambientales y estructurales.

En primer lugar, la configuración topográfica del municipio como zona de cuenca facilita el estancamiento de masas de aire, lo que, sumado a la alta frecuencia de inversiones térmicas, exacerba la retención de material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀) y compuestos orgánicos volátiles derivados de la combustión de biomasa. En segundo lugar, el municipio concentra la mayor densidad de fuentes fijas de tipo artesanal en la región, operando bajo un modelo de informalidad laboral que aprovecha la disponibilidad local de arcilla y perpetúa ciclos de exposición crónica.

Finalmente, el marcado contraste entre el acelerado crecimiento inmobiliario y el rezago social de las comunidades ladrilleras en nodos como San Agustín y Santa Cruz de las Flores consolida un entorno de vulnerabilidad socioeconómica; en este contexto, la falta de acceso a servicios de salud y la inestabilidad de ingresos actúan como determinantes sociales que potencian el impacto de la exposición laboral acumulada sobre la función pulmonar de los trabajadores. Orientado a caracterizar las condiciones socioeconómicas de trabajadores de la industria ladrillera artesanal y su relación con síntomas respiratorios y función pulmonar. Se aplicaron encuestas a trabajadores para evaluar escolaridad, vivienda, acceso a servicios básicos como electricidad, agua, salud y condiciones laborales para lograr establecer el grado de vulnerabilidad social. De manera complementaria, se consideró un componente ambiental mediante medición directa de PM y VOC, utilizando sensores portátiles. Se

relacionaron estas variables y los años laborando en la industria ladrillera con los resultados de espirometrías realizadas con equipo validado, así como síntomas respiratorios reportados. A partir de los datos obtenidos con las espirometrías, se registraron FVC, FEV1 y FEV1/FVC para su posterior correlación con las variables previamente mencionadas.

La recolección de datos se realizó a través de encuestas físicas en las ladrilleras artesanales localizadas en Tlajomulco de Zúñiga y sus alrededores, en un periodo de campo comprendido entre junio y julio del 2025. Pese a que la producción de ladrillo suele tener un cese por temporadas ya sea de baja demanda o de lluvias o temporada invernal, logramos hacer las entrevistas sin que alguno de estos factores estuviera presente en las semanas destinadas al trabajo de campo.

La población objetivo fueron trabajadores activos en ladrilleras artesanales. Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, invitando la participación de trabajadores disponibles durante las visitas de campo; el tamaño final de muestra fue de 43 trabajadores, reduciéndose a 38 debido a que no todas las espirometrías fueron de la calidad adecuada para ser consideradas como válidas. El tamaño de la muestra se justifica por un enfoque de factibilidad en una población de difícil acceso, donde el reclutamiento depende del trabajador durante la jornada, la autorización a puntos de trabajo y la logística de aplicar instrumentos en campo, asimismo, el objetivo del estudio fue descriptivo, con el fin de describir

tendencias y estimar magnitudes iniciales.

Se incluyeron participantes que fueran trabajadores activos en una ladrillera artesanal del municipio, con una residencia mínima de 2 años en la zona y que aceptaron participar de manera voluntaria mediante consentimiento informado. Etiquetado de inclusión de la residencia mínima de 2 años se basa en estudios ambientales y epidemiológicos, que han sustentado que el tiempo de residencia fija genera resultados más certeros en cuanto a la exposición real a los contaminantes que se desean evaluar.

Se excluyeron personas con condiciones que impidieron realizar maniobras espirométricas aceptables o con contraindicaciones clínicas para la prueba, considerándose éstas como: problemas cardíacos recientes, infecciones respiratorias activas, neumotórax reciente, hemoptisis, aneurismas (García-Río et al., 2013), así como aquellos que presentaran una exacerbación respiratoria al momento de evaluación, finalmente se excluyó a personas que se negaron a completar la encuesta o pruebas especificadas.

Se aplicó una encuesta para obtener variables socioeconómicas, condiciones de vivienda, acceso a servicios, seguridad social y condiciones laborales, entre otras. Para estimar el nivel de vulnerabilidad social de cada trabajador, se creó un IRS utilizando variables clave de rezago social obtenidas de la CONEVAL (CONEVAL, 2020). Cada variable fue codificada de forma binaria asignando un punto a cada condición que representa una desventaja

social. Los puntajes individuales se sumaron para obtener una puntuación total de vulnerabilidad y posteriormente se clasificó en tres niveles: Baja vulnerabilidad (0-5), Media vulnerabilidad (6-9) y Alta vulnerabilidad (10-14).

Para interpretar los resultados de las espirometrías se utilizó el sistema GLI (Global Lung Function Initiative), considerando el Z-score se obtuvo el patrón de cada espirometría como obstructivo, restrictivo, mixto o normal (Francis, 2020).

Para el procesamiento y análisis estadístico de los datos se utilizó el software IBM SPSS Statistics y el lenguaje de programación Python, mediante bibliotecas especializadas como: pandas, scipy.stats y matplotlib. Se utilizó estadística descriptiva para caracterizar las condiciones generales socioeconómicas y clínicas, utilizando frecuencias absolutas, porcentajes y medidas de tendencia central según el tipo de variable. Se aplicaron pruebas de relación no paramétrica entre nivel de vulnerabilidad social, años laborados y presencia de alteraciones pulmonares ya sea clínicas o reveladas a través de la espirometría. Para el análisis inferencial bivariado se aplicaron las pruebas Chi-Cuadrada y Test U de Mann-Whitney debido a que las variables principales no presentaron distribución normal. La asociación significativa se cuantificó mediante Regresión logística para obtener la Razón de Momios (OR) y el IC. El nivel de significancia fue de < 0.05 . Los datos utilizados en este estudio están disponibles públicamente en Zenodo: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18396666>.

Resultados

Se encuestó y evaluó a 38 trabajadores de la industria ladrillera en Tlajomulco de Zúñiga. La edad promedio fue de 43 años de edad (DE: 16.75). En relación a las medidas antropométricas el IMC promedio fue de 25.87 (DE: 4.40), y la media con respecto a la saturación de oxígeno fue de 90. El 100% eran hombres, y la mayoría contaba con un nivel educativo básico, siendo primaria (N=16) el nivel escolar más alto alcanzado. En cuanto al acceso a servicios de salud, 80% de los trabajadores no contaba con seguridad social, por lo que refieren que, cuando enferman, acuden a consulta médica privada o a la cruz verde.

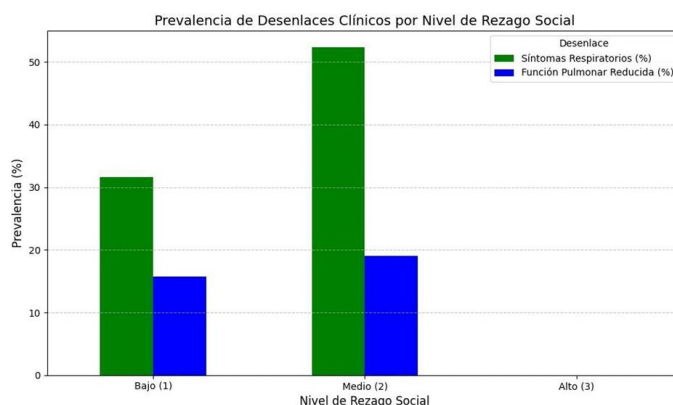
De los 38 trabajadores encuestados, el 4.6% se encuentran con una tasa de rezago social alta, el 42% nivel medio y el 53.4% nivel bajo. Se logró observar que los trabajadores en condiciones de mayor vulnerabilidad social reportaron baja escolaridad y menor acceso a servicios de salud. Respecto a la exposición laboral, la mediana de años trabajados en la industria ladrillera fue de 22 años (RIQ: 28.5), observándose que aquellos con nivel de rezago social alto, presentaron una mediana de años de exposición significativamente mayor (31 años), en contraste con el grupo bajo (10 años).

Del total de la muestra, solo dos participantes (5.3%) reportaron exposición a humo de leña en el hogar, mientras que el 94.7% no presentó este antecedente, observándose una baja variabilidad de esta característica dentro de la población estudiada (DE:0.22).

No se logró establecer una relación clara sobre la etapa del proceso de elaboración del ladrillero en la cual participan, y el daño pulmonar, debido a que la mayoría (51%), participan en todas las etapas de elaboración del ladrillo. Se observó una alta prevalencia de síntomas respiratorios (44.7%), así como disfunción pulmonar (18.6%), sin embargo, como se observa en la **Gráfica 1**, no se encontró asociación significativa entre el nivel de IRS y los desenlaces clínicos ($p=0.172$), ni entre la función pulmonar y las variables de exposición ($p=0.371$). Sobre la salud de los trabajadores, se encontró que únicamente el 8.8% de los trabajadores refieren presentar alguna enfermedad respiratoria, y con respecto a los síntomas respiratorios el más comúnmente reportado fue tos (33%), seguido de disnea (11.11%) y, por último sibilancias (4%). La espirometría reveló que el 57% ($N=4$) de los pacientes con daño en la espirometría, presentaron patrón obstructivo leve, el 28% ($N=2$) patrón obstructivo moderado, y el 2.22% ($N=1$) patrón obstructivo severo. Aunado a esto, el 22.22% de los trabajadores refieren alguna patología diagnosticada de base, a pesar de no ser de origen respiratorio, y el 13% ($N=6$) mencionan que toman algún medicamento para tratar su enfermedad.

El hallazgo estadísticamente significativo se encontró en la exposición acumulada del trabajador ($p=0.039$). La regresión logística reveló que por cada año adicional laborado, la probabilidad de reportar síntomas respiratorios aumenta en 4.8% ($OR=1.048$; $IC=95\%[1.006,1.091]$) como se observa en la **Gráfica 2**. Sin embargo, cuando se les realizó la pregunta de manera directa sobre la

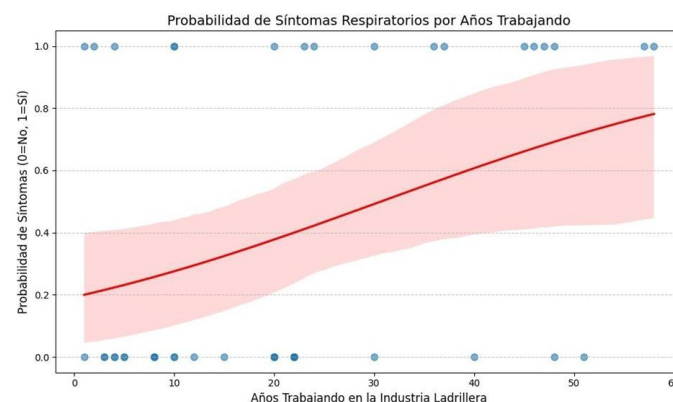
percepción del daño pulmonar causado por el humo al cual se exponen durante su trabajo, el 49% respondió que no perciben daño pulmonar ocasionado por el humo de su trabajo.



Gráfica 1.

El gráfico compara el porcentaje de trabajadores con Síntomas y Alteración Pulmonar en los tres niveles de vulnerabilidad social. En el nivel de IRS alto no se observan trabajadores con síntomas respiratorios ni alteraciones espirométricas. Por lo que el análisis bivariado no encontró una asociación estadísticamente significativa con el nivel de vulnerabilidad social.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 2.

La línea curva representa la probabilidad estimada de reportar síntomas respiratorios, ajustada por la exposición acumulada (Años Trabajando). La curva ascendente demuestra una asociación estadísticamente significativa, revelando que el riesgo de padecer síntomas aumenta en 4.8%, por cada año adicional en la industria ladrillera.

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

La prevalencia de síntomas respiratorios en la población ladrillera posiciona a este sector como un grupo de estudio para la salud pública, cuya exposición crónica a humo de biomasa representa una amenaza para su salud respiratoria. Aunque el rezago social no mostró una relación directa con las alteraciones en la función pulmonar de los trabajadores, sí se observó una asociación estadísticamente significativa entre la exposición acumulada en trabajadores con mayor antigüedad y la morbilidad: evidenciando que, por cada año adicional trabajado, la probabilidad de reportar síntomas respiratorios aumenta en 4.8%.

Este hallazgo coincide con la literatura, que reporta que la inhalación prolongada de material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀) y compuestos orgánicos volátiles, producto de la quema de biomasa, puede inducir inflamación crónica en las vías respiratorias y, con el tiempo, contribuir al desarrollo de enfermedades como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Es importante considerar que las enfermedades respiratorias por exposición a biomasa pueden tardar años

en manifestarse clínicamente, así como lograr observar alteraciones en la espirometría (Galvis-Vizcaíno et al., 2021). Esto podría explicar la baja proporción de patrones espirométricos alterados en nuestra muestra a pesar de la alta prevalencia de síntomas. Asimismo, la espirometría tiene limitaciones como prueba diagnóstica en etapas iniciales de la enfermedad. (García-Río et al., 2013). Por lo tanto, debería considerarse realizar estudios longitudinales.

Finalmente, el resultado evidencia que la dosis de exposición (tiempo laborado) debe ser considerado como factor de riesgo en la percepción subjetiva de la enfermedad, mientras que el rezago social debe considerarse como un determinante social clave que prolonga la exposición de riesgo, limita el acceso a servicios de salud y dificulta el abandono de fuentes energéticas contaminantes.

Disponibilidad de los datos

Los datos recolectados y la base de datos codificada utilizada para los análisis se encuentran disponibles en acceso abierto en Zenodo:

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18396666>

También se encuentra disponible el cuestionario original y la versión codificada utilizada para el análisis estadístico. Esta publicación busca fomentar la transparencia y facilitar futuras investigaciones relacionadas con determinantes sociales y salud ocupacional.

Conclusiones

Los determinantes socioeconómicos en la población ladrillera son críticos. Si bien no se encontró una relación significativa con la Función Pulmonar, la exposición acumulada (años trabajados) es un factor de riesgo probado y significativo en el desarrollo de la sintomatología respiratoria. El tamaño de la muestra (N=43) que se redujo aún más debido a los factores antes mencionados (N=38), es una limitación clave que dificulta la detección de asociaciones entre la vulnerabilidad social y los desenlaces clínicos. Se requiere una necesidad urgente de intervención y vigilancia ocupacional, así como la realización de estudios longitudinales con mayor poder estadístico que incorporen factores protectores externos (como la actividad física y la nutrición) para comprender completamente la compleja dinámica de la salud en esta población vulnerable.

Desde la salud pública y la salud laboral este artículo cobra relevancia al integrar la importancia de enfoques multidisciplinarios que combinados con la exposición ambiental, las condiciones ambientales y los determinantes socioeconómicos promuevan estrategias de vigilancia epidemiológica, programas de detección y terapia temprana ante enfermedades respiratorias, así como el diseño de estrategias de educación en salud ocupacional para los empleados de las ladrilleras. Se necesitan investigaciones futuras con diseño longitudinal que permitan analizar de forma más profunda la vulnerabilidad social, la exposición acumulada y la salud respiratoria de los trabajadores de la industria de ladrillera.

Agradecimientos

Extendemos nuestro agradecimiento al Ayuntamiento de Tlajomulco de Zúñiga, que fue parte importante para poder establecer una relación directa con los patrones y trabajadores en las ladrilleras. Asimismo, agradecemos el gran trabajo de la Doctora e Investigadora Laura Karina Salas Salazar por sus conocimientos y crucial apoyo en la gestión del equipo y aplicación de las espirometrías; también agradecemos al Doctor Neumólogo Gustavo Adolfo Rosales Chávez por su capacitación y asesoramiento para la aplicación de espirometrías.

Por último, este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo y conocimiento de la Doctora María Azucena Arellano Avelar y la Doctora Paloma Gallegos Tejeda a quienes les debemos parte de la gestión con el Ayuntamiento y su disposición en el traslado hacia las diferentes ladrilleras.

Referencias

- Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. *Revista Española de Salud Pública*, 79(2), 159–175.
- Berumen-Rodríguez A.A., Pérez-Vázquez F.J., Díaz-Barriga F., Márquez-Mireles L.E., Flores-Ramírez R. (2021). Revisión del impacto del sector ladrillero sobre el ambiente y la salud humana en México. *Salud Pública de México*, 63(1), 100–108.
- Bianucci, M. A. (2009). El ladrillo: Orígenes y desarrollo (Cátedra Introducción a la Tecnología, Área de la Tecnología y la

Producción). Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional del Nordeste.

Consuelo V.Á., Del Pilar E.P.M., & Eugenia P.M.M. (2013). Determinantes sociales de la salud y el trabajo informal. Revista Costarricense de Salud Pública.

Francis, R. (2020). GLI Lung Function Calculator. Ersnet.org. <https://gli-calculator.ersnet.org/>

Galvis-Vizcaíno, S. A., Rosana, L.-B. I., Katherine, Pombo-Navas, María Yolanda, Rada- Carrillo, M. B., Vera-Brand, J., Rebolledo-Cobos, R. C., Galvis-Vizcaíno, S. A., Rosana García-Río, F., Calle, M., Burgos, F., Pere Casan, Campo, F. del, Galdiz, J. B., Giner, J., Nicolás González-Mangado, Ortega, F., & Maestu, L. P. (2013). Espirometría. Archivos de Bronconeumología, 49(9), 388–401. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2013.04.001>

George Quintero, R. S., Laborf Ruiz, R., Noa Legrá, G., & Noa Legrá, M. (2017). Una mirada a la economía de la salud. Revista Información Científica, 96(5), 978–986.

Gobierno de México, Secretaría de Economía. (2025). Trabajadores en la elaboración de productos de cemento, cal, yeso, azulejo, piedra y ladrilleros [Perfil ocupacional]. DataMéxico. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/occupation/trabajadores-en-la-elaboracion-de-productos-de-cemento-cal-yeso-azulejo-piedra-y-ladrilleros?percentageSelector=totalOptio>

González, N. (2019). Síntomas respiratorios en trabajadores de ladrilleras de Tunja

Boyacá, Colombia – Medicina Interna de México. <https://medicinainterna.org.mx/article/sintomas-respiratorios-en-trabajadores-de-ladrilleras-de-tunja-boyaca-colombia/>

H. Ayuntamiento de Tlajomulco de Zúñiga. (2024). Plan Municipal de Desarrollo y Gobernanza 2021-2024. <https://tlajomulco.gob.mx/>

Hamanaka, R. B., & Mutlu, G. M. (2025). Particulate matter air pollution: effects on the respiratory system. Journal of Clinical Investigation, 135(17), e194312. <https://doi.org/10.1172/JCI194312>

Hoek, G., Brunekreef, B., Goldbohm, S., Fischer, P., & van den Brandt, P. A. (2002). Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: A cohort study. BMJ, 324(7341), 1–5. <https://doi.org/10.1136/bmj.324.7341.1>

Huang, Y., & Batterman, S. (2000). Residence location as a measure of environmental exposure: A review of air pollution epidemiology studies. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 10, 66–85.

Índice Rezago Social 2020. (2020). Coneval.org.mx. https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2020.aspx

Instituto de Información Estadística y Geográfica del Estado de Jalisco (IIEG). (2021). Tlajomulco de Zúñiga: Diagnóstico municipal. <https://iieg.gob.mx/ns/wp->

content/uploads/2021/06/TlajomulcodeZ%C3%BA%C3%B1iga.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Censo de Población y Vivienda 2020: Principales resultados por localidad (ITER). <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

Juárez Gutiérrez, M. del C., & Velasco Hernández, G. (2016). Vulnerabilidad social y salud. En J. O. Moncada Maya & Á. López López (Coords.), *Geografía de México: Una reflexión espacial contemporánea* (cap. 35).

L.-B. I., Katherine, Pombo-Navas, María Yolanda, Rada-Carrillo, M. B., Vera-Brand, J., & Rebolledo-Cobos, R. C. (2021). Material particulado y trastornos de los sistemas cardiovascular y respiratorio en trabajadores de diferentes áreas: una revisión narrativa. *Revista de La Asociación Española de Especialistas En Medicina Del Trabajo*, 30(3), 362.

Meneses-Navarro, S. (2025). México frente a la universalidad en salud: desigualdad, segmentación y reformas contradictorias. *Gaceta Sanitaria*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2025.102533>

Ortiz Sanchez, M. E. (2015). Ladrillos en Sistemas Constructivos: Caracterización y Alteraciones. Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Ramos Soto, A. L., Sepúlveda-Aguirre, J., & Garcés Giraldo, L. F. (2019). Pequeñas y medianas empresas productoras de ladrillo artesanal en Oaxaca, México:

Contexto de pobreza. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 25(2), 40–50. Universidad del Zulia.

Rubio Campos, J. (2010). Precariedad laboral en México. Una propuesta de medición integral. *Revista Enfoques: Ciencia Política y Administración Pública*, 7(13), 77-87.

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET). (2023). Informe anual de la calidad del aire del Área Metropolitana de Guadalajara. Gobierno del Estado de Jalisco. <https://aire.jalisco.gob.mx/>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Fuentes de contaminación atmosférica. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/fuentes-de-contaminacion-atmosferica>

Singh Sarla, G. (2020). Air pollution: Health effects / Contaminación del aire: efectos sobre la salud. *Revista Medicina Legal de Costa Rica*, 37(1), 33-38.

World Health Organization. (2021). Social determinants of health (EB148.R2). 148th session of the Executive Board. World Health Organization.

Enviado: 19/12/2025

Aceptado: 06/01/2026

Publicado: 31/01/2026

<https://doi.org/10.65937/ciudadglocal.2026.19.2.1>

Análisis de la movilidad de las familias y la demanda estructural del horario extendido en la escuela primaria Ford 14 en Guadalajara

Analysis of Family Mobility and the Structural Demand for Extended School Hours at Ford 14 Elementary School in Guadalajara

Ricardo Rodríguez Morales

Doctor en Educación, profesor del Depto. de Economía y Ciencias Políticas, Centro Universitario de Tonalá. Universidad de Guadalajara. Correo electrónico:

ricardo.rmoraes@academicos.udg.mx ORCID id:

<https://orcid.org/0009-0008-0168-4076>

Rafael González Bravo

Doctor en Movilidad Urbana, Transporte y Territorio; profesor del Depto. de Ingeniería Industrial, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI). Universidad de Guadalajara. Correo electrónico:

rafael.gbravo@academicos.udg.mx ORCID id:

<https://orcid.org/0000-0002-2158-2578>

Manuel Corona Pérez

Doctor en Tecnologías de la Información, profesor del Departamento de Ciencias de la Información y Desarrollos Tecnológicos, Universidad de Guadalajara. Correo electrónico:

manuel.corona@academicos.udg.mx ORCID id:

<https://orcid.org/0009-0009-2423-6898>

Miguel Ángel González Ledesma

Estudiante de la Maestría en Gestión de Gobiernos Locales, Centro Universitario de Tonalá. Universidad de Guadalajara. Correo electrónico:

miguel.gonzalez4009@alumnos.udg.mx ORCID

id: <https://orcid.org/0009-0002-9724-250X>



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial SinDerivadas4.0 Internacional.

Resumen

Este estudio analiza las razones detrás de la elección de una escuela primaria de Horario Extendido Autogestionado (EHEA), modelo heredero del Programa Escuelas de Tiempo Completo que durante el periodo de su implementación demostró ventajas tanto académicas como de justicia social y económicas para los padres. Generalmente, la proximidad es el criterio principal en la elección de un centro escolar, ya que requiere un menor gasto tanto en tiempo como en dinero para los padres y permite la movilidad activa de los estudiantes, con ventajas significativas para la salud de los niños y para la sustentabilidad. Sin embargo, diversas condiciones de las familias también inciden en la elección de la escuela, tales como, la situación socioeconómica, las dinámicas familiares, en particular las del trabajo, y la percepción del prestigio de la escuela, entre otras. La escuela está ubicada en la colonia Las Torres, en Guadalajara, el 73.5% de sus estudiantes provienen de colonias distintas, algunas a más de 25 km. Los datos encontrados muestran que la escuela en estudio favorece las dinámicas familiares, especialmente las de movilidad y trabajo, en particular el trabajo femenino, lo que define la elección del Horario Extendido en lugar del Normal, superando a las ventajas de la cercanía entre la escuela y el hogar e incluso al prestigio y calidad de la escuela como factores en la elección.

Palabras clave: Horario extendido Autogestionado, Movilidad activa, Escuelas de tiempo completo, Economía familiar

Abstract

This study analyzes the reasons behind the choice of an Autonomous Extended School Day (AESD) primary school, a model inherited from the Full-Time Schools Program, which during its period of implementation demonstrated academic advantages as well as social justice and economic benefits for parents. Generally, proximity is the main criterion in the selection of a school, as it requires lower expenditures of both time and money for families and allows for students' active mobility, with significant benefits for children's health and sustainability. However, various family conditions also influence school choice, such as socioeconomic status, family dynamics—particularly work-related dynamics—and perceptions of school prestige, among others. The school is located in the Las Torres neighborhood in Guadalajara, yet 73.5% of its students come from other neighborhoods, some located more than 25 km away. The findings show that the school under study supports family dynamics, especially those related to mobility and work—particularly women's employment—which ultimately defines the preference for the Extended School Day over the regular schedule, outweighing proximity between home and school and even the school's prestige and perceived quality as determining factors in school choice.

Keywords: Autonomous extended school day, Active mobility, Full-time schools, Family economy.

Introducción

La movilidad en torno a las escuelas primarias, es una de las dinámicas familiares, que se expresa en un fenómeno que todo automovilista ha percibido en sus recorridos en las horas de entrada y de salida, se puede constatar que las calles alrededor de las escuelas se saturan con un exceso de vehículos. Ello a pesar de que, entre los criterios para elegir el centro escolar tenemos, en primer lugar, la proximidad entre el hogar y la escuela (Fajardo, Salom y Pitarch, 2021, pinillos et. Al., 2021) ya que los costes están directamente relacionados con las condicionantes socioeconómicas de las familias y las distancias por recorrer. En efecto, la elección de la escuela por su proximidad al hogar facilita la movilidad activa e incluso autónoma del niño deseable por múltiples razones, entre las que destacan la salud del niño, la economía familiar y la sustentabilidad.

Pero existen barreras que impiden la movilidad activa. Entre las principales barreras se encuentran la percepción de inseguridad, la distancia y la conveniencia (por ejemplo, el prestigio de la escuela o las facilidades que aporta para facilitar las dinámicas laborales), entre otras.

En el caso de la escuela Ford 14, caracterizada por ofrecer un servicio de Horario Extendido Autogestionado HEA, se encontró que el 73.2% de los niños provienen de colonias distintas a la que está ubicada la escuela, algunas situadas a más de 25 kilómetros, lo que evidencia fuertemente la barrera distancia y descarta la proximidad escuela-hogar como factor principal en la elección de la

escuela y, a la vez, descarta la movilidad activa de los niños. Por su parte, la barrera conveniencia se reveló como un factor muy importante en la elección de la escuela, se materializa en las facilidades que representa el HEA para las dinámicas familiares, especialmente para las laborales y la movilidad relacionada y es particularmente fuerte en el caso de las madres cabeza de familia. Se encontró que también es importante el prestigio de la escuela, derivado de la calidad de su programa educativo, en la elección de la escuela y que la convierte en un polo atractor de estudiantes.

Antecedentes

El Programa Escuelas de Tiempo Completo (PETC) se implementó en México en 2009 con el propósito de fortalecer la educación básica a través de ampliar y usar eficientemente del horario escolar (SEP, 2019), se planteó aumentar gradualmente las jornadas escolares para llegar a entre 6 y 8 horas diarias (SEP, 2017) y aprovechar ese tiempo adicional en el desarrollo académico, deportivo y cultural de los niños. Especial relevancia tomó el impulso a la vida saludable (SEP, 2016), que en muchas escuelas se materializó en proveer de desayuno y/o comida a los niños.

El desarrollo del programa generó una considerable masa de evidencia sobre sus beneficios. En lo académico, se demostró que tenía impacto positivo y significativo en el aprovechamiento de los estudiantes (Silveyra, Yañez y Bedolla, 2018, IMCO 2022a) lo que fue evidente en pruebas como Enlace y Planea (Luna y Velásquez 2019, SEP, 2020). Se registró un

incremento de 25.64 puntos porcentuales en el promedio de la prueba de español y así como una reducción del 16 % en el nivel más bajo (Luna y Velásquez 2019). En matemáticas se redujo 10% la proporción de alumnos con niveles insuficientes (IMCO, 2022b). En un estudio, más de la mitad de los directores de escuelas públicas de educación básica señalaron que con el horario de tiempo completo la escuela pública era incluso mejor que algunas privadas, aun considerando la mayor cantidad de recursos de estas últimas (Langford, 2014).

Pero donde más se pudo apreciar el efecto del PETC y no sólo en el ámbito académico, sino en la reducción de la desigualdad y en la provisión de beneficios sociales tangibles, fue en las comunidades más marginadas (Silveyra, et.al., 2018). El programa contribuyó a la reducción del 9% del rezago educativo grave y una disminución del 20% de la tasa de abandono escolar, impacto notable en la escuela pública y especialmente en las zonas rurales (IMCO, 2022a), lo que en su momento contribuyó a disminuir las brechas de desigualdad (Ruíz, 2022), esto en un país que presenta las mayores desigualdades económicas en el mundo (Latapí, 2002).

Para las comunidades en condiciones de vulnerabilidad la provisión de alimentación fue particularmente relevante, el desayuno provisto era la primera comida de siete de cada diez niños. Ello no sólo aportaba a su desarrollo sino que fortaleció las dinámicas familiares y sociales en particular la participación laboral de las madres, se identificó un aumento en cinco puntos

porcentuales (Silveyra, et.al, 2018) y un aumento en 1.8 en las horas que trabajaban a la semana (IMCO, 2022c) esto evidencia la contribución de este modelo educativo a economía los hogares.

A pesar de la evidencia de estos logros, el Gobierno Federal inició la eliminación del PETC en 2018 y culminó su cancelación en 2021 (IMCO, 2022a) sustituyéndolo por el programa La Escuela es Nuestra (LEEN) (SEP, 2023) que no compensó cuantitativamente ni cualitativamente al programa cancelado (Priego, 2024). La transición de un programa a otro fue objeto de una amplia e intensa crítica, especialmente porque LEEN se centró en la infraestructura y dejó de lado el horario extendido y la alimentación, que eran componentes claves en los logros del PETC, para algunas voces, esto fue una acción claramente regresiva que, incluso, vulneró los derechos humanos (Vázquez, 2023).

Más allá de las críticas, la resistencia se materializó en el surgimiento de un modelo alternativo en algunas escuelas, derivado en gran parte del PETC y que llamaremos Escuelas de Horario Extendido Auto-gestionado (EHEA). Las EHEA que sobreviven trabajando, tienen en común una dirección de plantel fuerte y dinámica, una organización solidaria de padres de familia que financia el programa, profesores comprometidos y dispuestos a laborar más horas y una escuela de un solo turno, lo que permite utilizar las instalaciones para el horario extendido, donde se realizan actividades extracurriculares que, generalmente, incluyen apoyo en las áreas básicas como matemáticas y español, además de

actividades deportivas, culturales y recreativas y, en algunos casos, alimentación sana.

Una de las preguntas iniciales que este trabajo intentó explorar es ¿qué factores determinan la elección de la escuela? Desde el punto de vista de la movilidad activa, la que involucra caminar o usar la bicicleta, la respuesta es bastante obvia: la más cercana a casa. Pero la movilidad escolar activa enfrenta fuertes barreras, Hermida et.al., (2021) señalan que una de las barreras más importantes para la movilidad activa de los estudiantes es la distancia. Otra barrera es la denominada conveniencia, por ejemplo, cuando la escuela queda cerca de la ruta al trabajo del padre o madre que lleva al niño y la movilidad independiente no es una opción, otra razón de conveniencia es la reputación de la escuela.

En el caso de la escuela Ford 14, concurren varias barreras a la movilidad activa. En primer lugar, evidentemente, la distancia, la Escuela recibe a niños provenientes, en su mayoría, de distancias muy considerables, por encima de los 3 kilómetros máximos recomendados. En segundo lugar, se tiene la conveniencia de optar por el Horario Extendido, lo que favorece quienes trabajan en las inmediaciones de la escuela. En tercer lugar, la conveniencia de la condición de prestigio.

Derivado de esta situación, se decidió analizar qué convierte a esta escuela en un centro de atracción con una influencia geográfica que abarca 65 colonias y prácticamente todos los municipios de la Zona metropolitana de Guadalajara y

explorar cómo se relacionan las dinámicas familiares, en especial las de movilidad y trabajo, con las barreras para la movilidad activa denominadas conveniencia y distancia.

Una escuela resiliente, aportaciones a las dinámicas familiares

La escuela primaria Héroes de la Nación (Ford 14) ubicada en la Colonia las Torres del municipio de Guadalajara es una de las escuelas que continuaron trabajando en los pilares del PETC, es decir en la extensión del horario y la alimentación de los niños. Su programa educativo, lo denominamos Horario Extendido Auto-gestionado (HEA) por ser financiado principalmente por las aportaciones de los padres de familia y porque esos recursos, así como los provenientes de otras gestiones que realizan los directores, son administrados por la dirección de la escuela y la rendición de cuentas es de ésta última instancia a la organización de padres de familia, sin que medie autoridad superior.

Dado que han quedado demostradas las ventajas del horario de tiempo completo en las dimensiones escolares, principalmente la mejora del aprovechamiento educativo, así como en la alimentación de los niños. En este trabajo nos concentramos en estudiar cómo las ventajas del Horario Extendido (HE) favorecen a las dinámicas familiares, principalmente a través de la conveniencia para enlazar y coordinar las actividades familiares y la movilidad relacionada con el trabajo de los padres, en particular con el de las madres,

especialmente las solteras, en un contexto de estrés urbano.

Indicadores de Estrés Urbano en la Zona metropolitana de Guadalajara

La evidencia empírica confirma que la Zona metropolitana de Guadalajara (ZMG) opera con niveles de estrés logístico superiores a la Ciudad de México y Monterrey, lo que incluye congestión vehicular, cuellos de botella, saturación de espacios y vialidades por las necesidades logísticas, todo ello genera fatiga física y estrés en los conductores, lo que incluso ha sido asociado al aumento de la violencia doméstica (Beland y Brent 2018).

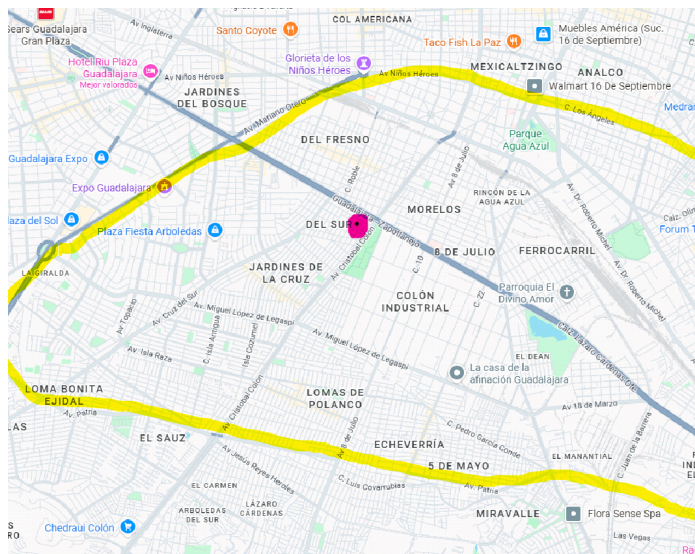
Los tiempos de traslado promedio de los jefes de familia en Ciudad de México y Monterrey registraron 68.5 min y 72.8 respectivamente, mientras que en la ZMG se registraron 85.5min (El Informador, 2019), destacando Tlajomulco de Zúñiga con 106.1 min. (Infonavit, 2018a) y Zapopan con 95.7 min. (Infonavit, 2018b). Esto es derivado del crecimiento no planificado de la ciudad, lo que obliga a las familias de escasos recursos a vivir en la periferia lejos de los centros de trabajo. El tiempo de traslado también se asocia a la falta acciones estructurales para mejorar no sólo la infraestructura vial sino el transporte público urbano, lo que contribuiría a disminuir los viajes particulares largos en automóvil (Lupano y Sánchez, 2008).

La escasez de opciones confiables (no sólo en comodidad, sino en la seguridad de llegar a tiempo y, principalmente, la seguridad personal) lleva a muchos a depender y preferir el automóvil privado,

lo que incrementa los gastos familiares y contribuye a la congestión vial (López, García y Garrido, 2024). En efecto quienes tienen más accesibilidad a los recursos que ofrecen las ciudades y su desarrollo optan por el automóvil privado (Calonge-Reillo, 2018), lo que tiende a saturar las vías y a congestionar el tráfico particularmente en torno a las escuelas en horas de entrada que suelen coincidir con las horas pico.

Otros autores atribuyen la congestión vial a la distribución centralizada de Guadalajara y a la falta de anillos periféricos conectores, la necesidad de visitar el centro sólo para hacer conexiones y transbordos lo que incrementa no sólo el tiempo de traslado (Mijangos, 1998) sino el congestionamiento vehicular en algunas zonas y nodos.

Al respecto el área alrededor de la escuela Ford 14 cuenta con importante vías vehiculares, comenzando con la Calzada Lázaro Cárdenas, con mucho la principal vía del área de influencia de la escuela, casi en el cruce la Avenida Cruz del Sur (centro vial aproximado) y definiendo su área de influencia inmediata la Avenida Mariano Otero, la Av. Patria, la Av. Cristóbal Colón, y Av. Niños Héroes, todas ellas congestionadas o saturadas en el horario de entrada a trabajos y escuelas.



Mapa 1.

Área de influencia inmediata de la Escuela Ford 14.

Fuente: Elaboración propia Utilizando la aplicación Google Maps.

Los padres de familia llevan a sus hijos desde lugares mucho más lejos que esta primera área de influencia, pero finalmente, a la hora de la llegada, se concentran alrededor de la escuela contribuyendo al congestionamiento de la zona. Por lo que no sólo recorren grandes distancias, sino que forman parte del congestionamiento vehicular en las horas pico.

Objetivo

Describir como el horario extendido, las dinámicas familiares (de movilidad y trabajo), el prestigio y proximidad escuela-

hogar definen la elección de la Escuela en el caso de la Ford 14.

Metodología

Se realizó un estudio de caso, de corte descriptivo.

El instrumento principal para el análisis fue la cédula de información de cada estudiante, que integra entre otros datos, nombre del niño o niña, género, edad, grado, si está inscrito en el programa de HE, domicilio¹, aunque no siempre completo, nombre de la madre y padre, si trabajan o no, se consideraron todos los expedientes disponibles, incluyendo todos los grados. Se aprovechan también las entrevistas a directivo y personal clave (3 entrevistas) e información recopilada en las visitas de campo de una indagatoria en curso al momento de la toma de datos para este trabajo.

Resultados

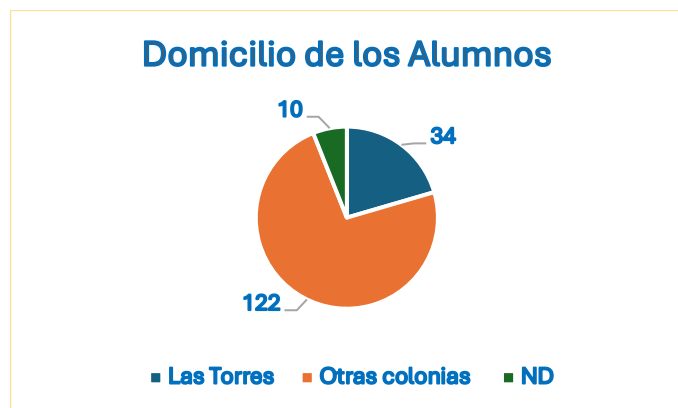
El domicilio, la distancia en la selección del Horario Extendido.

Se encontró que, de los 166 expedientes, a los que se tuvo acceso, un total de 122 estudiantes no viven en la misma colonia donde se encuentra ubicada la escuela en estudio, esto representa el 73.5 % del total, lo que evidencia la movilidad como un

¹ Los datos de domicilio completo no son obligatorios y de cualquier manera, por confidencialidad no los usaremos salvo la colonia para calcular distancia y tiempo empleado en llegar al plantel. Por otro lado los datos de las madres están

prácticamente completos, no así los del padre, esto tanto porque son las madres las que inscriben y registran los datos de los niños como porque hay un gran porcentaje de abandono paterno (entrevistas 1, 2 y 3)

fuerte componente en la elección de la escuela, descartando a la proximidad escuela-hogar como factor principal.



Gráfica 1.

Domicilio de los estudiantes de la Escuela primaria Héroes de la Nación (Ford 14).

Fuente: Elaboración propia con datos de los expedientes escolares de los estudiantes.

También se encontró que sólo el 20% de los estudiantes de esta escuela viven en la misma colonia, por lo que estos pueden desarrollar la movilidad activa, pero no se obtuvo el dato. No se cuenta con el dato del 6% restante².

Los estudiantes que no viven en la colonia donde se ubica la escuela provienen de 64 colonias diferentes, ubicadas prácticamente en todos los municipios de la zona Conurbada de Guadalajara. A la cabeza se ubica Guadalajara con un total de 31 colonias que aportan estudiantes a esta escuela, le sigue Tlaquepaque con 20, Zapopan con 9

y El Salto con 2, mientras que Tonalá y Tlajomulco una cada uno³. Esto da una idea de la dispersión geográfica de los domicilios de los estudiantes.

El aporte de estudiantes por municipio se distribuye prácticamente en el mismo orden, a la cabeza Guadalajara con el 69%, Tlaquepaque 15% y Zapopan con el 8%, el resto proviene de los demás municipios de la Zona Conurbada.

Selección de horario

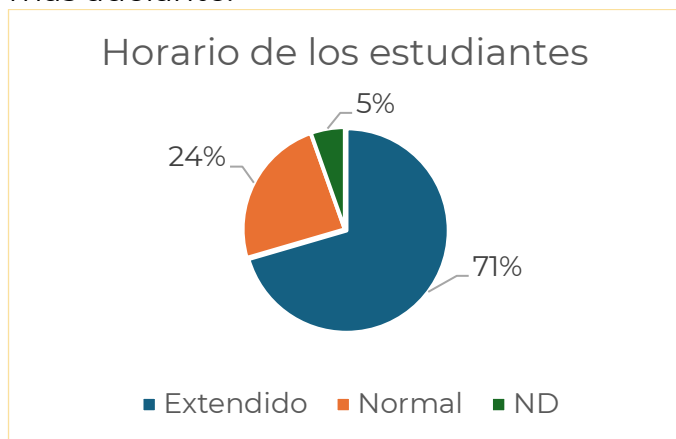
La selección del horario, ya sea Normal (N) o Extendido (E), es una decisión que no condiciona la escuela, en este sentido hay mucha flexibilidad. El horario extendido inicia 20 minutos antes que el normal, esto para permitir desayunar a los niños, sin embargo, no es obligatorio llegar a desayunar, algunos padres prefieren llevar a sus hijos, ya desayunados, a la hora de entrada del HN, aunque tengan a sus hijos inscritos en el HE, y algunos niños del HN desayunan en la escuela. En tanto que, a la salida del HE algunos padres recogen a sus niños antes del horario de salida, lo que les permite maximizar sus dinámicas familiares y de trabajo.

Al analizar un poco más los datos, encontramos que la selección de los padres de familia por el horario extendido (71%) está ligada a la colonia de procedencia (73.5% de alumnos provenientes de otra colonia) y posiblemente a las actividades laborales y

² En el instrumento del expediente escolar del estudiante a que tuvimos acceso, no se exige que tenga domicilio, en la mayoría de las veces se tiene la colonia y, en algunos casos, calle y número, pero por tratarse de datos sensibles solo usaremos la colonia y Código postal para referencias y análisis.

³ No se cuenta con el dato de la colonia en 10 casos, no se exige su llenado.

dinámicas familiares, que se explorarán más adelante.

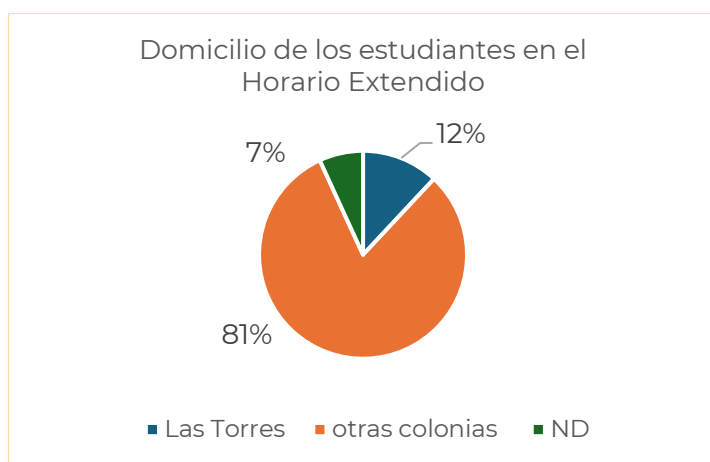


Gráfica 2.

Distribución de la selección del horario.

Fuente: Elaboración propia con datos de los expedientes escolares de los estudiantes.

Del total de estudiantes que toman el servicio de horario extendido el 81% proviene de otra colonia diferente a la que se encuentra la escuela, sólo el 12% vive en la misma⁴.

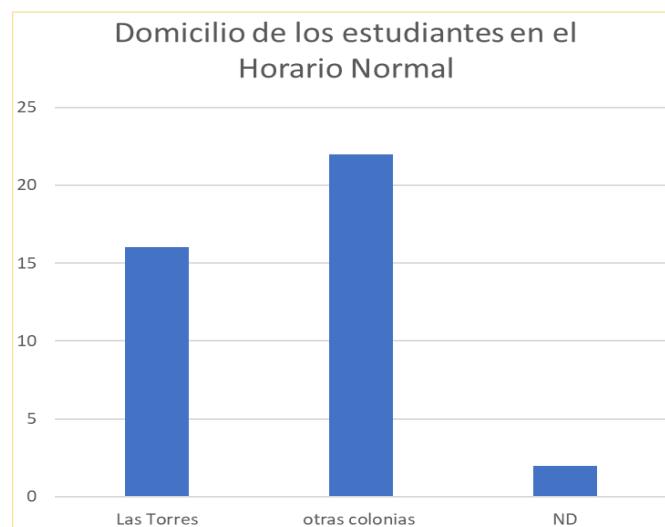


Gráfica 3.

Colonia del domicilio de los estudiantes en horario extendido.

Fuente: Elaboración propia con datos de los expedientes escolares de los estudiantes.

Un dato aparentemente contradictorio es que, de los estudiantes que no toman el horario extendido, el 55% (22 estudiantes) provienen de otras colonias lo que implica que el esfuerzo de estos padres por llevar a sus hijos a esta escuela no está relacionado con la ventaja de su cuidado por un tiempo mayor, sino con el prestigio logrado, lo que apunta a confirmar la percepción de la dirección de la escuela⁵, en el sentido de que inicialmente los padres escogen la escuela por las facilidades de horario, alimentación y cuidado pero que al final se quedan por la calidad educativa del programa.



Gráfica 4.

Colonia del domicilio de los estudiantes en Horario Normal.

⁴ No se dispone de datos de domicilio en el 7% de los casos.

⁵ Entrevistas 1 y 2 (a directivo).

Fuente: Elaboración propia con datos de los expedientes escolares de los estudiantes.

Trabajo y selección del horario extendido

Los datos muestran que se escoge el HE principalmente por las facilidades que representa para trabajar y cumplir con las dinámicas familiares que esto conlleva, por eso es importante analizar cómo se expresan las diferentes condiciones laborales de las familias comparando las que declaran los padres de familia que optaron por el HE y las correspondientes a los que prefirieron el HN.

Tabla 1.

Comparación de la situación laboral familiar entre los horarios extendido y normal.

Situación laboral familiar	Horario					
	Extendido	%	Normal	%	Total	%
Trabajan los dos padres	77	65.8	21	52.5	98	62.4
Trabaja uno de los dos padres	117	100.0	39	97.5	156	99.4
No trabaja ninguno	0	0.0	0	0	0	0.0
Trabaja la madre	111	94.9	31	77.5	142	90.4
Trabaja sólo la madre	13	11.1	4	10	17	10.8
Trabaja sólo la madre 2	33	28.2	10	25	43	27.4
No trabaja la madre	6	5.1	9	22.5	15	9.6

Dato						
trabajo de la madre	1	0.9	0	0	1	0.6
ND						
Trabaja el padre	83	70.9	29	72.5	112	71.3
Trabaja sólo el padre	4	3.4	8	20	12	7.6
No trabaja el padre	13	11.1	4	10	17	10.8
Dato						
trabajo del padre ND	21	17.9	7	17.5	28	16.9
Total	117	100	40	100	157	100

Fuente: Elaboración propia con datos de los expedientes escolares de los estudiantes.

Como se puede apreciar en la tabla 1. el 62.4% de las familias optaron por más de un trabajo por familia. El desarrollo de esta dinámica familiar se ve favorecido por las facilidades del HE. Para el caso de esta escuela el porcentaje de ambos padres trabajando es 13 puntos porcentuales mayor en el HE que en el HN.

En el caso de las madres trabajadoras las ventajas del HE se vuelven más decisivas y se expresan con claridad registrándose un 94.9% de madres trabajadoras en comparación con un 77.5% en el HN lo que marca una diferencia de 17.4 puntos porcentuales.

Si analizamos los datos de la madre como único proveedor familiar registrado, tenemos que en el HE se registra el 11.1% en comparación con el 10% del HN, datos que a primera vista aparecen muy cercanos, lo que señala poca relevancia.

Pero cuando consideramos los datos no disponibles y las omisiones la diferencia es mucho más significativa, vale la pena hacer el ejercicio, considerando que hay un sub registro sistemático, debido a que las madres no quieren informar sobre sus parejas, sobre todo en los casos en que tienen problemas o no viven con el padre de sus hijos⁶. En la **Tabla 1** se aprecia la condición Trabaja sólo la madre 2, que incluye los datos no disponibles (DN) encontramos que los porcentajes suben en ambos horarios aunque proporcionalmente más en HE. Lo que se debe al sub registro de padre ausente y sugiere una mayor carga de las responsabilidades y esfuerzos de las madres solteras que las que muestran los datos registrados.

Por otra parte, los datos relativos al trabajo de los padres, en ambos casos presentan porcentajes menores que el trabajo femenino, en el caso del HE un 95% de trabajo femenino en comparación con 71% del trabajo masculino, una diferencia de 24 puntos porcentuales. Mientras que en el HN la diferencia es de 5 puntos, 77.5% para el trabajo de las madres y 72.5 para los padres. En todo caso, la diferencia en puntos porcentuales es significativamente más grande en el HE (24 puntos) que en el HN (5 puntos) lo que sugiere la prevalencia de una mayor presión económica para las mamás que eligieron el HE. Y que, lo eligieron precisamente, porque este horario apoya mejor sus dinámicas familiares.

Algunos datos más, que abonan la idea anterior, es que el porcentaje de las madres que no trabajan es mayor en el HN por 17 puntos porcentuales, además el porcentaje de trabajo de ambos padres es 13 puntos menor en el HN, lo que sugiere que cuando el padre es buen proveedor, la necesidad de trabajo remunerado de la madre se reduce y es más fácil optar por el HN.

Distancia, tiempo y costos en la selección del horario extendido

Los niños son llevados por sus padres desde 64 colonias distintas a la que se ubica la escuela, dato que llama la atención. Aunque la mayoría están cerca de la escuela, enfrentan una carga vehicular y tráfico intenso en la zona y horario de entrada lo que aumenta el tiempo de traslado. Esto crea presiones y estrés en la dinámica familiar. También llama la atención que 26 niños son llevados desde distancias considerables (hasta 24.9 kilómetros), lo que implica mayores costos en tiempo y dinero, mientras que otros ocho padres enfrentan distancias entre 25 y 40 kilómetros para llevar sus hijos a la escuela, lo que conlleva mayores presiones e incluso riesgos.

⁶ La directora, que tiene contacto cercano con las madres de familia, percibe que el número de madres solteras es mucho

más alto que el reportado en los instrumentos Entrevista 1 y 2, visita de campo 1 y 2).

Tabla 2.Distancias, tiempos y costos promedio⁷.

Anillo	Alumnos (#)	D. Estimada (km)	D. Estimada Promedio	T Estimado medio (Min.)	Costo medio estudiantes
Hiperlocal	60	2.5 -7.4	4.95	7.89	14.60
Urbano Central	62	7.5 a 13.9	10.7	23.68	31.57
Suburbano Intermedio	26	14 a 24.9	19.45	44.17	57.38
Periférico Extendido	8	25 a 40	32	78.88	94.40
Total General	156	2.5 a 40	15.96	23.86	47.09

Fuente: Elaboración propia con datos de los expedientes escolares de los estudiantes.

En la **Tabla 2** se aprecia que sólo el 38% de los niños llegan en los primeros 10 minutos, mientras que el 62% de los padres enfrenta particulares dificultades no sólo en tiempo y dinero, sino en estrés derivado de la distancia mayor y el congestionamiento vehicular, especialmente los anillos “Suburbano intermedio” y Periférico extendido.

Tan sólo el costo individual del transporte del 62% de los niños excede el costo de alimentación individual que implica estar en el HE y que es costado por las cabezas de familia, que es de 30 pesos diarios⁸ y eso tan sólo considerando el traslado de casa a la escuela⁹. Tanto esfuerzo refleja la necesidad de los padres de familia por organizar sus dinámicas familiares, poniendo como uno de los

pilares la educación integral y el cuidado de sus hijos. En este esfuerzo se ven apoyados por el programa de HE de la escuela en estudio.

Conclusiones

El principal objetivo del PETC se centró en la mejora del aprovechamiento escolar medible y al mismo tiempo de las condiciones que favorecen el desarrollo integral de los niños, lo que incluye cultura, actividad física y, especialmente, la alimentación. Por su parte el modelo de HEA en la escuela Ford 14 rescata tanto las actividades extracurriculares como la alimentación pilares del PETC.

Los datos obtenidos muestran que el 73.5% de los alumnos de la primaria Ford 14 son llevados por sus padres desde colonias diferentes a la que se ubica la escuela y solo el 20% de los alumnos viven en la misma colonia. Del total de estudiantes que toman el servicio de HE el 81% proviene de otra colonia diferente a la que se encuentra la escuela y sólo el 12% vive en la misma. Lo que descarta la proximidad escuela-hogar como principal factor en la elección del plantel escolar.

Por otro lado, se encontró que, sin considerar el turno elegido, en el 99% de los casos trabaja al menos uno de los dos padres¹⁰, en el 62.4% de los casos trabajan los dos padres, en el caso de trabajo sólo la madre el porcentaje registrado es del

⁷ Se considera un mínimo de 2.5 km, viaje sólo ida, vehículo sedán típico con rendimiento de 8 litros en hora pico, combustible regular a precio mercado 23.6 promedio en octubre. Los anillos fueron definidos por los rangos de distancia.

⁸ 600 pesos por niño por 20 días hábiles.

⁹ Para el costo total faltaría considerar al menos los traslados escuela-trabajo-escuela- casa.

¹⁰ Sin considerar los datos no disponibles, este dato no es obligatorio proporcionarlo.

10.8%, pero considerando el sub registro, puede llegar al 30%¹¹, lo que demuestra que esta escuela ofrece, además de los beneficios para los niños, condiciones favorables para que las familias, desarrollen las dinámicas de movilidad que les permite trabajar y obtener los recursos para sustentarse, especialmente para las madres trabajadoras.

Si analizamos por turno, en el normal el porcentaje de trabajo de ambos padres baja a 52.5 % y el Extendido sube a 65.8. una diferencia de 13.3 puntos porcentuales. Lo que comprueba la hipótesis de que la elección de Horario Extendido por las familias se debe a la conveniencia que se materializa en las facilidades que presenta para las dinámicas familiares de trabajo y movilidad.

El análisis por género dejó claro que en ambos horarios el porcentaje de madres que trabajan supera al de los padres, 90.4% de trabajo femenino contra 71.3 de masculino, una diferencia de 19 puntos. Al explorar por turnos, en el HE encontramos que la diferencia se profundiza llegando a 24 puntos, mientras que en el HN se reduce a sólo 3 puntos. Lo que nuevamente confirma la hipótesis de la elección de la escuela por conveniencia, por las facilidades que presenta el horario Extendido a las dinámicas de trabajo y movilidad, en especial para las madres.

Al analizar los casos de madres solteras los datos sugieren una mayor carga de

esfuerzos y estrés. Aquí es muy claro que la Escuela Ford 14, en particular su HE, funciona como un pivote y pilar de sus dinámicas familiares de trabajo y movilidad.

El horario extendido es elegido mayoritariamente por las familias que enfrentan múltiples barreras, como las de distancia, tiempo e insuficiencia de apoyo parental, el HE se constituye en una solución práctica tanto para solventar la larga distancia como para la inserción laboral de ambos padres o la situación de madre soltera.

De cualquier manera, los esfuerzos de los padres en tiempo y dinero para llevar a sus hijos a la escuela Ford 14 desde distancias considerables, en especial en los casos extremos y que no aprovechan el HE, muestra que la calidad del servicio educativo es otro factor de elección.

Un dato que no se consignó en el formato revisado y que posiblemente influya en la elección de la escuela y, particularmente en la elección del HE, es la ubicación del domicilio del trabajo del proveedor de la familia que lleva el niños a la escuela¹². Será necesario indagar con las familias los domicilios de los trabajos de ambos padres para poder establecer mejor las rutas (triangulación casa-escuela-trabajo), así como tiempos y costos.

este dato no se consignó en el formato estudiado en la mayoría de los casos, al no ser obligatorio y quizá por ser un tema delicado, particularmente en el caso de padre ausente, prácticamente quedó en blanco en casi todos los casos.

¹¹ Entrevista a directivo.

¹² Se sabe que un 30 % de los padres de familia trabajan en la zona de influencia del Mercado de Abastos (Entrevista a directivo), pero

Referencias

Beland, L. P., Brent, D. A. (2018). Traffic and crime. *Journal of Public Economics* 160, 96–116. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2018.03.002>

Calonge-Reillo, F. (2018). Recursos de movilidad y accesibilidad urbana en los municipios del sur del área metropolitana de Guadalajara, México. *Urbano*, 21(38), 48–57. <https://doi.org/10.22320/07183607.2018.21.38.04>

El Informador. (2 de julio de 2019). La ZMG supera a la CDMX en tiempo de traslados al trabajo. <https://www.informador.mx/jalisco/La-ZMG-supera-a-la-CDMX-en-tiempo-de-traslados-al-trabajo--20190702-0021.html>

Fajardo Magraner, F., Salom Carrasco, J., & Pirtach Garrido, M.D. (2022). Criterios de elección de centro y segregación escolar en la ciudad de Valencia. *Investigaciones Geográficas*, (77), 339–362. <https://doi.org/10.14198/INGEO.19086>

GDL En Bici (2019) La ZMG supera a la CDMX en tiempo de traslados al trabajo. Blog, fecha de acceso: octubre 2 de 2025, <https://gdlenbici.org/2019/07/02/la-zmg-supera-a-la-cdmx-en-tiempo-de-traslados-al-trabajo/>

Latapí, S. P. (2002) Distintas escuelas, diferentes oportunidades. Los retos para la igualdad de oportunidades en Latinoamérica (Reseña) en *Revista Mexicana de Investigación Educativa* septiembre-diciembre 2002.

López Domínguez, M. G., García de Santiago, G. y Garrido Vega, J.J.(2024) Efectos distributivos de las nuevas políticas para desalentar el uso del vehículo en zonas urbanas de México.

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte. Instituto Mexicano del Transporte. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt839.pdf>

Luna Bazaldúa, Diego Armando. y Velázquez Villa, Pablo Gerardo (2019) Evaluación del impacto del Programa de Escuelas de Tiempo Completo en medidas de logro académico de centros escolares en México. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (México), vol. XLIX, núm. 2, pp. 87-120, 2019, fecha de acceso: septiembre 3, 2025,

Jorge A. Lupano y Ricardo J. Sánchez (2008) Políticas de movilidad urbana e infraestructura urbana de transporte. Documento de proyecto. Cepal. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/27615726-880d-4f58-99bf-9e8ba06f83d3/content>

Hermida, Carla, Naranjo, Gabriela, Peña, Jaime, Quezada, Adriana, & Orellana, Daniel. (2021). Avances en el conocimiento de la relación entre la movilidad activa a la escuela y el entorno urbano. *Revista de urbanismo*, (45), 182–198. <https://dx.doi.org/10.5354/0717-5051.2021.58168>

Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. (2018a). Índice de Satisfacción con el Acreditado (ISA) Tlajomulco de Zúñiga.

<https://infonavit.smart-ed.mx/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=f813c26b6e8d8bdea95c095b1e1d590c>

Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. (2018b). Índice de Satisfacción con el Acreditado (ISA) Zapopan. <https://infonavit.smart-ed.mx/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=7873aed9718156c4ced0da8e1eda631c>

Instituto Mexicano Para La Competitividad (IMCO) (2022b) Los estados pueden implementar el Programa de Escuelas ... - IMCO, Blog del instituto. <https://imco.org.mx/los-estados-pueden-implementar-por-su-cuenta-el-programa-de-escuelas-de-tiempo-completo-para-reducir-la-desigualdad-educativa/>

Instituto Mexicano Para La Competitividad (2022a) Escuelas de Tiempo Completo: Un programa para combatir la desigualdad educativa. Blog. <https://imco.org.mx/eliminar-el-programa-de-escuelas-de-tiempo-completo-refuerza-la-desigualdad/>

Instituto Mexicano Para La Competitividad (2022c) Eliminar el Programa de Escuelas de Tiempo Completo refuerza la desigualdad <https://imco.org.mx/eliminar-el-programa-de-escuelas-de-tiempo-completo-refuerza-la-desigualdad/>

Mijangos Castellanos, Víctor Manuel (1998) Estructura urbana y transporte público en el área metropolitana de Guadalajara. El Colegio de México ProQuest Dissertations

& Theses, 28922074. <https://www.proquest.com/openview/075f83c2fc3a8ad98869d71d9ab1bad1/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

Navarro Hernández, María Del Refugio, Villanueva Ruelas, Dora Patricia (2015) Escuela de tiempo completo, ¿opción de mejora educativa?. Universidad Autónoma de Nayarit. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/1653>

Pinillos-Patiño, Yisel, Herazo-Beltrán, Yaneth, Ronald Tocora-Andrade, Ronald, José Aramendiz-Mejía, José, Yohan Botello-Montero, Yohan, Vilardy-Armenta, José y Rafael Bravo-Córdoba Rafael (2021) Transporte activo: distancia entre el hogar y la escuela. Retos, número 44, (2º trimestre) <https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.90499>

Priego, L. B. (2024). ¿Primero los pobres? Un análisis del programa La Escuela es Nuestra. El Colegio de México y la Universidad de Monterrey.

Ruiz Cuéllar, Guadalupe. (2022). Las escuelas de tiempo completo en México ¿Tienen futuro?. Revista mexicana de investigación educativa, 27(93), 359-368. Epub 06 de junio de 2022. Recuperado en 18 de diciembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662022000200359&lng=es&tlng=es

Secretaría de Educación (2023) Acuerdo Número 17/12/23 por el que se emiten Reglas de Operación del Programa La Escuela es Nuestra para el Ejercicio Fiscal 2024. Diario Oficial de la Federación.

<https://laescuelaesnuestra.sep.gob.mx/normatividad>

Secretaría de Educación Pública (2019) Reglas de Operación del Programa Escuelas de Tiempo Completo para el ejercicio fiscal 2019 índice - DOF, fecha de acceso: septiembre 3, 2025, https://www.dof.gob.mx/2019/SEP/ANEXO_AL_ACUERDO_08_02_19.pdf

Secretaría de Educación Pública (2016) Conoce más sobre las Escuelas de Tiempo Completo. Blog en la página oficial www.gob.mx, fecha de acceso: septiembre 3, 2025.

Silveyra, Marcela, Mónica Yáñez y Juan Bedoya (2018) ¿Qué impacto tiene el Programa Escuelas de Tiempo Completo en los estudiantes de educación básica?: Evaluación del programa en México 2007-2016. Documento del Banco Mundial. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/157301536217801694/pdf/129769-WP-PUBLIC-SPANISH-EscuelasTiempoCompletoBajaRes.pdf>

Vázquez Avedillo, José Fernando (2023) La eliminación de las escuelas de tiempo completo en México, Un tema de derechos humanos. Revista Internacional de Derechos Humanos Vol. 13 Núm. 2 <https://ojs.austral.edu.ar/index.php/ridh/article/view/819>

Enviado: 19/12/2025

Aceptado: 06/01/2025

Publicado: 01/02/2026

<https://doi.org/10.65937/ciudadglocal.2026.22.2.1>

Salud ambiental y función pulmonar en trabajadores de la industria ladrillera de Tlajomulco de Zúñiga

Environmental Health and Pulmonary Function in Workers of the Brickmaking Industry in Tlajomulco de Zúñiga

Clarissa Canales Barrera

Estudiante de la licenciatura en Médico Cirujano y Partero en el Centro Universitario de Tlajomulco (CUTLAJO), Universidad de Guadalajara. Participante del Programa de Fomento a la Investigación "Delfín, 2025". Correo electrónico: clarissa.canales5776@alumnos.udg.mx ORCID id: <https://orcid.org/0009-0008-0677-2876>

Fátima Daniela Medina Gómez

Estudiante de la licenciatura en Médico Cirujano y Partero en el Centro Universitario de Tlajomulco (CUTLAJO), Universidad de Guadalajara. Participante del Programa de Fomento a la Investigación "Delfín, 2025". Correo electrónico: fatima.medina8111@alumnos.udg.mx ORCID id: <https://orcid.org/0009-0009-4131-8238>

Gabriel González García

Estudiante de la licenciatura en Médico Cirujano y Partero en el Centro Universitario de Tlajomulco (CUTLAJO), Universidad de Guadalajara. Participante del Programa de Fomento a la Investigación "Delfín, 2025". Correo electrónico: gabrielglezg140204@gmail.com ORCID id: <https://orcid.org/0009-0009-6044-3499>

Laura Karina Salas Salazar

Jefa del Departamento de Vida Saludable y Promoción de la Salud del Centro Universitario de Tlajomulco (CUTLAJO). SNII Nivel I. Universidad de Guadalajara. Cuerpo Académico UDG-CA 1225 Estudios de Sostenibilidad y Grupos Vulnerables. Correo electrónico: laura.salas@cutlajomulco.udg.mx ORCID id: <https://orcid.org/0009-0006-8656-2750>



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial SinDerivadas4.0 Internacional.

Gustavo Adolfo Rosales Chávez

Profesor de Neumología del Centro Universitario de Tlajomulco (CUTLAJO). Universidad de Guadalajara. Correo electrónico:

gustavo.rosales@academicos.udg.mx ORCID id: <https://orcid.org/0000-0002-8275-8004>

Resumen

La producción artesanal de ladrillo es una actividad económica relevante en zonas periurbanas de México; sin embargo, suele realizarse en informalidad y pobre regulación ambiental. En Tlajomulco de Zúñiga esta industria impacta en la calidad del aire y expone a trabajadores y comunidades cercanas a riesgos respiratorios. El objetivo del estudio fue evaluar los niveles de material particulado PM_{2.5} y PM₁₀ en un parque ladrillero y analizar su asociación con la función pulmonar de los trabajadores. Mediante un diseño observacional transversal se midieron PM_{2.5} y PM₁₀ en tres zonas del parque, comparando los resultados con los límites de la OMS y SEMARNAT. Además, se aplicaron encuestas y espirometrías a 36 trabajadores, interpretadas según estándares internacionales. La zona de horneado presentó las mayores concentraciones de PM_{2.5} llegando hasta 2624.9 µg/m³, excediendo más de 50 veces los límites establecidos por la OMS y la SEMARNAT. En cuanto a PM₁₀, el valor máximo alcanzó 4496.2 µg/m³ rebasando más de 100 veces el límite de la OMS. En la evaluación de la función pulmonar (n=36), el 19.5% de los trabajadores presentaron un patrón obstructivo y se identificó una correlación negativa significativa entre los años trabajados y la relación FEV₁/FVC ($\rho = -0.347$; $p = 0.038$). Los hallazgos muestran

cómo dicha actividad económica ubicada en la periferia urbana puede generar degradación ambiental sin que sus efectos en salud se manifiesten inmediatamente. Esta situación revela formas de vulnerabilidad estructural asociadas a la producción del espacio urbano donde la exposición ambiental, la informalidad laboral y la limitada vigilancia sanitaria convergen.

Palabras clave: Exposición laboral, Industria ladrillera, Zonas periurbanas, Salud ocupacional, Función pulmonar, Contaminación ambiental.

Abstract

Artisanal brick production is a relevant economic activity in peri-urban areas of Mexico; however, it is often carried out under conditions of informality and poor environmental regulation. In Tlajomulco de Zúñiga, this industry impacts air quality and exposes workers and nearby communities to respiratory risks. The aim of the study was to assess PM_{2.5} and PM₁₀ particulate matter levels in a brick kiln cluster and to analyze their association with workers' lung function. Using a cross-sectional observational design, PM_{2.5} and PM₁₀ were measured in three zones of the cluster, and results were compared with WHO and SEMARNAT limits. In addition, surveys and spirometry tests were administered to 36 workers and interpreted according to international standards. The firing zone showed the highest PM_{2.5} concentrations, reaching up to 2624.9 µg/m³, exceeding WHO and SEMARNAT limits by more than 50 times. As for PM₁₀, the maximum value reached 4496.2

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, surpassing the WHO limit by more than 100 times. In the lung function assessment ($n=36$), 19.5% of workers presented an obstructive pattern, and a significant negative correlation was identified between years worked and the FEV1/FVC ratio ($\rho=-0.347$; $p=0.038$). The findings show how this economic activity, located in the urban periphery, can generate environmental degradation without immediate manifestations of health effects. This situation reveals forms of structural vulnerability associated with the production of urban space, where environmental exposure, labor informality, and limited health surveillance converge.

Keywords: Occupational exposure, brick-making industry, periurban areas, occupational health, lung function, environmental pollution.

Introducción

La producción artesanal de ladrillo constituye una de las principales actividades económicas en numerosos territorios periurbanos en México y América Latina, ya que permite el abastecimiento de insumos básicos para la expansión urbana y el sector de la construcción. Sin embargo, esta actividad se desarrolla, en la mayoría de los casos, bajo condiciones de informalidad productiva, baja tecnificación y limitada regulación ambiental, lo que la convierte en una fuente relevante de degradación ambiental local y de exposición ocupacional a contaminantes atmosféricos. Debido a esto, la industria ladrillera artesanal representa un ejemplo

paradigmático de un fenómeno glocal: responde a dinámicas económicas y demandas urbanas de gran escala, generalmente habitados por poblaciones socialmente vulnerables.

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), en México, existen aproximadamente 17,000 talleres ladrilleros, en su mayoría de carácter artesanal, que utilizan tecnologías tradicionales de cocción y combustibles de bajo costo y fácil acceso. El tipo de horno más frecuente es el horno tradicional fijo (alrededor del 75%), seguido del horno de campaña (22%) y, en una proporción mínima, el horno tipo MK2. Estos sistemas emplean biomasa forestal y una amplia variedad de residuos -orgánicos, de manejo especial e incluso residuos peligrosos, como aceites usados, textiles, llantas y plásticos- lo que incrementa de manera significativa las emisiones de material particulado ($\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10}), hidrocarburos aromáticos policíclicos, dióxido de azufre y otros contaminantes atmosféricos con efectos nocivos sobre la salud humana y el ambiente.

En el estado de Jalisco, la industria ladrillera ocupa un lugar relevante en términos productivos y el municipio de Tlajomulco de Zúñiga se ha consolidado como uno de los territorios donde esta actividad se concentra. Según el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), en 2024 se registraron en el municipio 47 establecimientos dedicados a la fabricación de productos de arcilla para la construcción, sin considerar aquellos que

operan fuera de los registros formales. Esta concentración de talleres en zonas periurbanas genera paisajes productivos caracterizados por altos niveles de contaminación atmosférica local, que afectan tanto a los trabajadores como a las poblaciones circundantes.

La exposición crónica a material particulado fino se ha asociado de manera consistente con una mayor incidencia de enfermedades respiratorias tales como bronquitis, Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), asma e infecciones respiratorias, así como con alteraciones subclínicas de la función pulmonar. No obstante, en contextos de informalidad productiva y escasa vigilancia ambiental, como el de la industria ladrillera artesanal, estas exposiciones suelen permanecer ocultas y poco documentadas, especialmente desde una perspectiva que integre simultáneamente las dimensiones ambiental, ocupacional, social y territorial del problema.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar los niveles de material particulado PM_{2.5} y PM₁₀ en diferentes zonas de un parque ladrillero del municipio de Tlajomulco de Zúñiga y analizar su asociación con la función pulmonar de los trabajadores expuestos. A través de este abordaje se busca no sólo aportar evidencia sobre la magnitud de la contaminación ambiental generada por esta actividad, sino también contribuir a la comprensión de sus implicaciones en términos de salud ocupacional e injusticia ambiental en territorios periurbanos, donde los beneficios económicos de la producción se distribuyen de manera

desigual frente a los costos ambientales y sanitarios que recaen predominantemente sobre poblaciones específicas.

Metodología

Se realizó un estudio observacional, transversal y analítico para evaluar los niveles de contaminación ambiental de la producción artesanal de ladrillo en Tlajomulco de Zúñiga mediante la medición de PM_{2.5} y PM₁₀, así como identificar las asociaciones de la exposición ocupacional a contaminantes atmosféricos sobre la función pulmonar de los trabajadores de la industria ladrillera en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.

Para la evaluación de los niveles de contaminantes ambientales, el día 17 de junio del 2025 se realizaron mediciones de las concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀ en tres zonas estratégicas del parque ladrillero el cual fue seleccionado como muestra por conveniencia. La zona periférica (donde se trasladan los trabajadores a sus lugares de labores y se cargan los ladrillos en los camiones que posteriormente los distribuirán), la zona de fabricación (en la que los trabajadores hacen la mezcla y moldeado del ladrillo) y la zona de horneado (donde se localizan los hornos empleados para la cocción de los ladrillos). Se realizaron 60 mediciones seriadas en cada una de las zonas antes mencionadas mediante un dispositivo portátil desarrollado por el departamento de ingeniería mecatrónica del Centro Universitario de Tlajomulco el cual funciona mediante el sensor SENSIRION SEN 54 el cual es capaz de medir

concentraciones de PM 1.0, PM2.5, PM4 y PM10, así como Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) y humedad relativa, calibrado según TSI DustTrak™ DRX 8533 Ambient Mode. Presenta error estándar de ~10% para las concentraciones de material particulado, ~4.5% para la humedad relativa y ~15 puntos índice en los VOC, lo cual representa una limitación, ya que los valores obtenidos tendrán dicho margen de error.

Posteriormente, el análisis se realizó con estadística descriptiva y comparación con los límites establecidos por la NOM-025-SSA1-2014 (SEMARNAT/SSA) y las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Para la ejecución del proyecto, se establecieron alianzas estratégicas con el H. Ayuntamiento de Tlajomulco de Zúñiga, el Hospital Civil de Guadalajara “Dr. Juan I. Menchaca” y el Centro Universitario de Tonalá, lo que permitió garantizar el acceso al campo, la capacitación técnica y el soporte metodológico.

Por otro lado, en el componente de salud se incluyeron a trabajadores activos de la industria ladrillera mayores de 18 años que aceptaron participar de manera voluntaria y firmaron el consentimiento informado, con lo cual se aplicaron 43 encuestas estructuradas a trabajadores de tres ladrilleras ubicadas en Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco las cuales fueron seleccionadas por conveniencia. Del total de 43 participantes, se realizaron únicamente 39 pruebas espirométricas debido a que no se realizaron dichas evaluaciones en participantes con

contraindicaciones médicas para la realización de la maniobra. 36 espirometrías cumplieron con los criterios de calidad y aceptabilidad de la European Respiratory Society. Se excluyeron las espirometrías que no cumplieron con dichos criterios, así como aquellas en las que había incapacidad para realizar la maniobra de forma adecuada. Por lo anterior el tamaño de la muestra se redujo a 36 (n=36).

La interpretación de los resultados espirométricos se realizó conforme a los criterios de la European Respiratory Society, evaluando patrones restrictivos y obstructivos. Los patrones obstructivos se clasificaron en leve, moderado y severo según la puntuación Z del FEV1. Asimismo, se determinó el Límite Inferior de la Normalidad (LIN) del cociente FEV1/FVC utilizando las ecuaciones de referencia GLI, ajustadas por edad, sexo, talla y etnia. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba t de Student para la comparación de las medias de los parámetros de función pulmonar (FEV1, FVC, FEV1/FVC) entre grupos de exposición diferenciados.

Además, se aplicó la prueba de Chi-cuadrada (χ^2) con el fin de evaluar la asociación entre los patrones espirométricos obtenidos y la etapa del proceso de elaboración del ladrillo en la que se encontraban los trabajadores. De manera adicional, se empleó la correlación de Pearson (r) para determinar la relación lineal entre el tiempo de exposición laboral (expresado en años) y los valores de función pulmonar. Todos los análisis estadísticos fueron efectuados mediante el software Statistical Package for the Social Sciences [SPSS, versión

29.0.2.0 (20)], estableciendo un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$.

Resultados

A partir de las 60 mediciones realizadas en cada una de las zonas antes descritas del parque ladrillero se obtuvieron las concentraciones presentadas en la **Tabla 1** (ANEXOS), en la que se puede identificar que la zona 1 es la que presentó menores concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀, lo que contrasta fuertemente con la zona 3 de horneado en la que se obtuvieron cifras de hasta 2624.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{2.5} y hasta 4496.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM₁₀.

Tabla 1.

Resultados de las concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀ en las 3 localizaciones muestreadas del parque ladrillero.

ID	Zona 1: periférica		Zona 2: de fabricación		Zona 3: de horneado	
	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀
1	22.3	22.3	1184.3	2031.1	1037.9	1474.7
2	22.3	22.3	1184.1	2030.6	1073.9	1567.3
3	22.3	22.3	1183.1	2028.7	1199.3	1795.2
4	22.4	22.4	1181.6	2025.4	1337.6	2044.9
5	22.4	22.4	1179.1	2020.1	1463.4	2276
6	22.5	22.5	1177	2015.5	1589.7	2507.1
7	22.6	22.6	1175.8	2012.8	1727.4	2755.7
8	22.8	22.8	1175.1	2011.3	1829.1	2945.7
9	22.9	22.9	1174.9	2010.9	1893	3073
10	23	23	1175	2011.1	1926.6	3148.8
11	23.2	23.2	1175	2011.2	1945	3197.2
12	23.2	23.2	1174.5	2010.3	1991	3303.3
13	23.3	23.3	1173.6	2008.7	2010.9	3348.6
14	23.5	23.5	1172.2	2006.1	2032.8	3396
15	23.6	23.6	1169.1	1999.9	2052.9	3439.3
16	23.7	23.7	1161.8	1985.8	2072.7	3481.1
17	23.7	23.7	1157.4	1977	2091	3519.5
18	23.7	23.7	1152.9	1967.9	2107.5	3554.1
19	23.8	23.8	1148.7	1959.4	2122.8	3585.9
20	23.7	23.7	1145.4	1952.5	2137	3615.4
21	23.7	23.7	1143.6	1948.9	2150.7	3643.5
22	23.6	23.6	1142.8	1947.4	2164.1	3670.6
23	23.5	23.5	1142.5	1947.1	2177.4	3696.9
24	23.4	23.4	1141.7	1945.6	2189.8	3721.6

25	23.3	23.3	1141	1944.2	2202.4	3746
26	23.2	23.2	1140.3	1942.7	2214.3	3769.1
27	23	23	1139.2	1940.5	2225.3	3790.2
28	22.8	22.8	1138.7	1939.6	2234.8	3808.7
29	22.4	22.4	1138	1938.3	2243.2	3825.1
30	22.3	22.3	1137.5	1937.4	2264.5	3864.8
31	22.2	22.2	1137	1936.6	2282.6	3897.2
32	22.1	22.1	1137.6	1937.9	2305.8	3938
33	22.1	22.1	1138.4	1939.6	2324.1	3970.4
34	22	22	1141	1945.2	2341.1	4000.6
35	22	22	1142.6	1948.4	2356.1	4027.2
36	21.8	21.8	1143.4	1949.9	2367.5	4047.6
37	21.7	21.7	1143.9	1951.1	2381.1	4071.7
38	21.5	21.5	1144.6	1952.5	2400.2	4105.1
39	21.4	21.4	1145.6	1954.4	2412.8	4127.4
40	21.4	21.4	1145.6	1954.5	2421	4141.9
41	21.4	21.4	1145.4	1954.1	2427.2	4153
42	21.3	21.3	1144.1	1951.1	2436.5	4169.4
43	21.3	21.3	1142.9	1948.6	2459.1	4208.6
44	21.4	21.4	1141	1944.4	2474.5	4235.3
45	21.5	21.5	1139.5	1941	2484	4251.9
46	21.5	21.5	1136.7	1935	2489.7	4262
47	21.5	21.5	1132	1925.1	2494.1	4269.9
48	21.4	21.4	1123.1	1906.6	2500.6	4281.6
49	21.4	21.4	1112.7	1884.8	2502.1	4284.5
50	21.4	21.4	1102.2	1862.8	2502.3	4285
51	21.5	21.5	1093.7	1844.7	2500.7	4282.6
52	21.5	21.5	1083.4	1822.6	2498.3	4278.6
53	21.6	21.6	1083	1821.3	2495.7	4274.3
54	21.6	21.6	1084.2	1823.2	2493	4270
55	21.7	21.7	1087.6	1829.7	2490.5	4265.7
56	21.7	21.7	1090.8	1835.8	2487.9	4261.4
57	21.8	21.8	1094.4	1842.9	2485.4	4257.2
58	21.8	21.8	1098.5	1851.1	2487.9	4261.6
59	21.8	21.8	1102.2	1858.3	2510.9	4300.9
60	21.8	21.8	1106.1	1866	2624.9	4496.2

Nota: ID: Identificar de toma. PM 2.5: material particulado fino de menos de 2,5 μm . PM 10: material particulado de menos de 10 μm .

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Los datos anteriores fueron promediados y se identificó el pico máximo de cada una de las zonas, lo cual posteriormente fue comparado con los límites establecidos por la OMS y la SEMARNAT (**Tabla 2**). Las guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre (2005) establecen como valores máximos permisibles para PM₁₀ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas, y para PM_{2.5} 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas. Por su parte, la NOM-025-SSA1-2014 "Salud ambiental. Valores límite

permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación” describe como valores máximos permisibles en el territorio nacional 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM10 y a 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5 en 24 horas.

Tabla 2.

Comparación de las concentraciones de PM2.5 y PM10 medidas en las zonas del parque ladrillero con los valores máximos permisibles establecidos por la OMS y la SEMARNAT.

	Valores máx. permisibles en 24h		Valores estándar Tlajo. en 24h	Valores obtenidos					
	SM	OMS	27/06/25	Perif.		Fabricación		Horneado	
	RT			Md	Pmáx	Md	Pmáx	Md	Pmáx
PM2.5	4 5	25	8	22.05	23.8	1145.2	1184.3	1831.4	2624.9
PM10	75	50	23	22.05	23.8	1948.55	2031.1	2985.45	4496.2

Notas: Md= Mediana; Pmáx= Pico máximo; SMRT = SEMARNAT; Perif= Periferia; PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$); PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y de Recursos Naturales. OMS: Organización Mundial de la Salud. PM 2.5: material particulado fino de menos de 2,5 μm . PM 10: material particulado de menos de 10 μm .

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

En la zona periférica (zona 1) el valor promedio de las concentraciones de PM2.5 fue de 22.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que la concentración máxima fue de 23.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por su parte el promedio de las concentraciones de PM10 como su punto máximo presentaron los mismos valores que los del PM2.5. Ninguno de estos contaminantes superó los valores máximos establecidos por la OMS y la SEMARNAT (**Tabla 3**).

Por otro lado, en la zona 2 o de fabricación las concentraciones tanto de PM2.5 como de PM10 rebasan significativamente los límites máximos

permisibles. En cuanto a PM2.5, su concentración promedio en esta área fue de 1145.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, alcanzando picos de hasta 1184.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, hasta 26.3 veces el límite de SEMARNAT y 47.4 veces el valor máximo de la OMS. De la misma manera, las concentraciones de PM10 promedio fueron de 1948.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ llegando a cifras de 2031.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo así hasta 27.1 y 40.6 veces superiores a los límites establecidos por la SEMARNAT y la OMS, respectivamente.

La zona 3 (de horneado) fue la que presentó las mayores concentraciones de material particulado. La concentración promedio de PM2.5 fue de 1831.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que su pico máximo fue de 2624.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ excediendo 58.3 veces el límite de SEMARNAT y 105 veces el de la OMS. En cuanto a PM10, el valor promedio fue de 2624.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en tanto que su concentración máxima alcanzó hasta 4496.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rebasando más de 100 veces el valor límite permisible por la Organización Mundial de la Salud.

Tabla 3.

Veces que se superaron los límites normativos de material particulado acorde a la OMS y a la SEMARNAT en las zonas de muestreo del parque ladrillero.

Norma	Contaminante	Zona	Límite	Prom	Pico
SEMARNAT	PM2.5	1	45	0.49	0.53
SEMARNAT	PM2.5	2	45	25.45	26.32
SEMARNAT	PM2.5	3	45	40.70	58.33
SEMARNAT	PM10	1	75	0.29	0.32
SEMARNAT	PM10	2	75	25.98	27.08
SEMARNAT	PM10	3	75	39.81	59.95
OMS	PM2.5	1	25	0.88	0.95
OMS	PM2.5	2	25	45.81	47.37
OMS	PM2.5	3	25	73.26	105.0
OMS	PM10	1	50	0.44	0.48
OMS	PM10	2	50	38.97	40.62
OMS	PM10	3	50	59.71	89.92

Notas: Los valores representan la razón entre la concentración medida y el valor límite normativo. Valores >1 indican excedencia del límite.

Zona 1= Periférica, **Zona 2=** Fabricación, **Zona 3=** Horneado. Límite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y de Recursos Naturales. OMS: Organización Mundial de la Salud. PM 2.5: material particulado fino de menos de $2,5 \mu\text{m}$. PM 10: material particulado de menos de $10 \mu\text{m}$.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

En cuanto a las características sociodemográficas, el 100% de los participantes fueron hombres ($n=36$). La edad presentó una media de 46.81 ± 14.9 años, con un rango de 20 a 67 años y una mediana de 47 años.

La mayor parte de los trabajadores reportó participar en más de una etapa del proceso de elaboración del ladrillo. La etapa más frecuente fue la mezcla de materiales (83.3%), seguido de las etapas de recolección de materiales, secado y horneado, cada una con una participación del 69.4%. Finalmente, la etapa de distribución fue la menos frecuente con 30.6%.

Respecto a los patrones espirométricos identificados, la mayoría de los trabajadores presentó una espirometría normal (80.6%). Entre los patrones alterados, se observó un patrón obstructivo leve en el 11.1% de los trabajadores, seguido del patrón obstructivo moderado (5.6%) y el patrón obstructivo severo (2.8%). No se identificaron patrones restrictivos en la muestra evaluada.

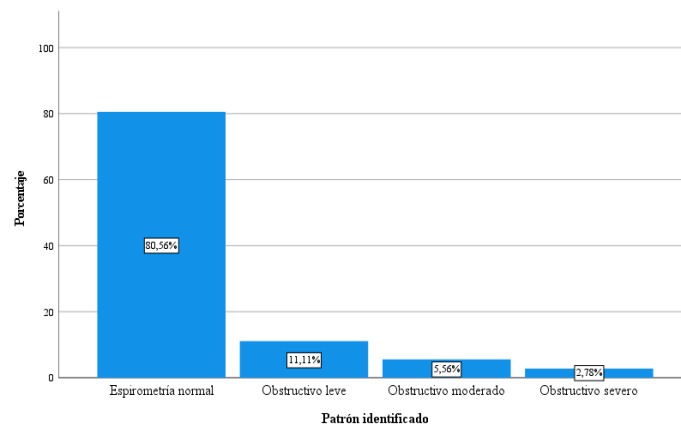
Tabla 4.

Patrones espirométricos en trabajadores de la industria ladrillera.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Espirometría normal	29	80.6	80.6
Obstructivo leve	4	11.1	11.1
Obstructivo moderado	2	5.6	5.6
Obstructivo severo	1	2.8	2.8
Total	36	100	100

Notas: Se presentan la frecuencia y el porcentaje de trabajadores con espirometría normal y patrones obstructivos leves, moderados y severos. No se identificaron patrones restrictivos.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.



Gráfica 1.

Distribución de los patrones espirométricos en trabajadores de la industria ladrillera.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Se compararon los valores de la capacidad vital forzada (FVC) entre los trabajadores que participaban en la etapa de horneado y aquellos que no. La variable mostró una

distribución normal, por lo que se aplicó la prueba t de Student, sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($p \geq 0.05$).

Tabla 5.

Comparación de la capacidad vital forzada (FVC) según la participación en la etapa de horneado.

<i>Participación en horneado</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>
No	11	4.22	0.554
Si	25	4.21	0.93

Notas: Se compararon los valores de FVC entre los trabajadores que participaron y los que no participaron en la etapa de horneado. La variable presentó una distribución normal, por lo que se aplicó la prueba t de Student ($t=0.004$, $p=0.997$). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p \geq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

De forma similar, los valores del volumen espiratorio forzado durante el primer segundo (FEV1) mostraron una distribución normal y se aplicó la prueba t de Student; sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas al comparar a los trabajadores con y sin participación en la etapa de horneado ($p \geq 0.05$).

Tabla 6.

Comparación del volumen espiratorio forzado durante el primer segundo (FEV1) según la participación en la etapa de horneado.

<i>Participación en horneado</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>
No	11	3.26	0.750
Si	25	3.00	0.840

Notas: Se compararon los valores de FEV1 entre los trabajadores que participaron y los que no participaron en la etapa de horneado. La variable presentó una distribución normal, por lo que se aplicó la prueba t de Student ($t=0.875$, $p=0.388$). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p \geq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Asimismo, la relación FEV1/FVC fue evaluada; no obstante, esta variable no presentó una distribución normal por lo que se aplicó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre trabajadores con y sin participación en la etapa de horneado ($p \geq 0.05$).

Tabla 7.

Relación FEV1/FVC según la participación en la etapa de horneado.

<i>Participación en horneado</i>	<i>N</i>	<i>Rango promedio</i>	<i>Suma de rangos</i>
No	11	19.64	216.00
Si	25	18.00	450.00

Notas: La relación FEV1/FVC no presentó una distribución normal, por lo que se aplicó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney ($U=125.000$, $p=0.688$) para la comparación entre grupos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$).

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

De esta forma, se evaluó la asociación entre patrones espirométricos normales y alterados y su relación con la participación en la etapa de horneado por medio de tablas de contingencia. Debido a la presencia de recuentos esperados bajos, se empleó la prueba exacta de Fisher, no obstante, no se identificó una asociación

estadísticamente significativa entre ambas variables (p=1.000).

Tabla 8. Asociación entre patrones espirométricos y participación en la etapa de horneado.

		Participa en la etapa de horneado		Total
		No	Si	
Normal	Recuento	9	20	29
	Recuento esperado	8.9	20.1	29
	% dentro de Patrón normal vs alterado	31.00%	69.00%	100.00%
Alterado	Recuento	2	5	7
	Recuento esperado	2.1	4.9	7
	% dentro de Patrón normal vs alterado	28.60%	71.40%	100.00%
Total	Recuento	11	25	36
	Recuento esperado	11	25	36
	% dentro de Patrón normal vs alterado	30.60%	69.40%	100.00%

Notas: Se muestran los recuentos y porcentajes de trabajadores con patrones espirométricos normales y alterados de acuerdo a su participación en la etapa de horneado. La prueba exacta de Fisher mostró que no hay una asociación significativa entre ambas variables (significación exacta bilateral=1). Adicionalmente, la prueba χ2 de Personal mostró χ2=0.899 (significación asintótica bilateral= 0.899). Dos casillas (50.0%) han esperado un recuento menor que 5 (recuento mínimo esperado= 2.14).

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Finalmente, dado que los años trabajados no presentaron una distribución normal, se utilizó la prueba de correlación de Spearman para evaluar su relación con los parámetros de función pulmonar. No se observó una correlación significativa entre

los años trabajados y la capacidad vital forzada (ρ=0.015; p=0.931) ni con el volumen espiratorio forzado durante el primer segundo (ρ=-0.146; p=0.394). Sin embargo, se identificó una correlación negativa significativa entre los años trabajados y la relación FEV1/FVC (ρ=-0.347; p=0.038).

Tabla 9. Correlación entre años trabajados y parámetros de función pulmonar.

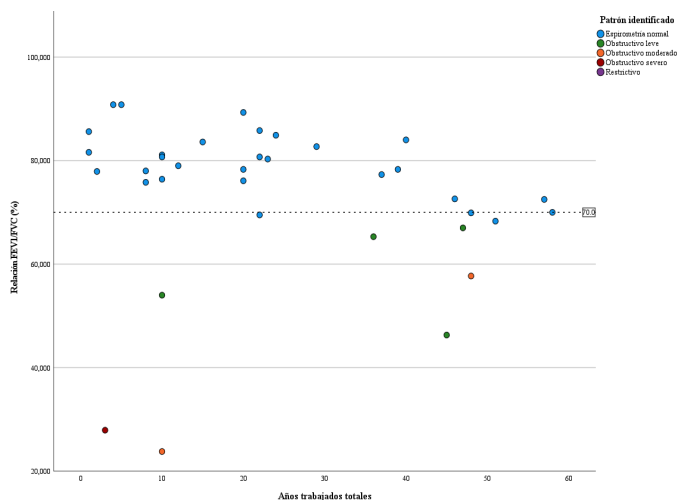
		Años trabajados totales	Capacidad vital forzada (FVC)	Vol. respiratorio forzado durante el primer segundo (FEV1)	Relación FEV1/FVC
Años trabajados totales	Coef. corr.	1	0.015	-0.146	-0.347*
	Sig. (bilateral)		0.931	0.394	0.038
	N	36	36	36	36

*. La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral)

Notas: Se muestra la correlación de Spearman (ρ) entre los años trabajados y los parámetros de función pulmonar. Se identificó una correlación negativa significativa entre los años trabajados y la relación FEV1/FVC (ρ=-0.347; p=0.038). No se observaron correlaciones significativas con FVC ni FEV1.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

En la Gráfica 2 Cada punto representa a un trabajador, coloreado según el patrón espirométrico identificado. La línea discontinua indica el valor de referencia del 70%, punto de corte para la identificación de obstrucción. Se observa una correlación negativa significativa entre los años trabajados y la relación FEV1/FVC (ρ=-0.347; p=0.038).



Gráfica 2.

Relación entre los años trabajados y el cociente FEV1/FVC.

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

Discusión

El presente estudio evaluó los niveles de contaminantes ambientales PM_{2.5} y PM₁₀ de la producción artesanal de ladrillo en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga y su relación con la función pulmonar de los trabajadores expuestos, documentando concentraciones extremadamente elevadas de dicho material particulado, principalmente en las zonas de fabricación y horneado. Dichos niveles superaron de manera significativa tanto los límites establecidos por la normatividad nacional como por las guías internacionales de calidad del aire, lo que confirma que la industria ladrillera artesanal constituye una fuente relevante de contaminación atmosférica local, con potenciales efectos adversos no sólo para los trabajadores que se exponen de forma directa, sino también para las

comunidades que habitan en los territorios circundantes.

Las concentraciones máximas de PM_{2.5} registradas, que alcanzaron valores superiores a 4,000 µg/m³ en la zona de horneado, reflejan condiciones de exposición aguda altamente nocivas y de magnitud excepcional en comparación con las reportadas en otros contextos urbanos e industriales. Estos niveles exceden en más de dos órdenes de magnitud los valores recomendados por la OMS y concuerdan con estudios nacionales que señalan la quema de biomasa y residuos como una de las principales fuentes de partículas finas en este sector productivo. La precariedad tecnológica de los hornos, junto con la ausencia de sistemas de controles de emisiones, explica en gran medida la magnitud de las concentraciones observadas y evidencia una forma de producción característica de territorios periurbanos donde convergen dinámicas globales de demanda con arreglos productivos locales informales y ambientalmente intensivos.

En el componente de salud, si bien la mayoría de los trabajadores evaluados presentó patrones espirométricos dentro de rangos considerados normales, se identificó una proporción no despreciable de alteraciones obstructivas, principalmente en grado de leve y moderado. Este hallazgo es consistente con la evidencia que asocia la exposición crónica a material particulado con procesos inflamatorios de la vía aérea y deterioro progresivo de la función pulmonar, incluso en ausencia de sintomatología clínica manifiesta. La ausencia de patrones restrictivos podría

explicarse tanto por la naturaleza del contaminante predominante, que se asocia con mayor frecuencia a daño obstructivo, como por el perfil relativamente activo y laboralmente funcional de la población estudiada, lo que sugiere la posible presencia de un sesgo del trabajador sano.

No se identificaron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros espirométricos (FVC, FEV1 y FEV1/FVC) al comparar a los trabajadores que participaban en la etapa de horneado frente a aquellos que no lo hacían. Este resultado sugiere que la exposición a contaminantes atmosféricos dentro del parque ladrillero no se restringe a una fase específica del proceso productivo, sino que se distribuye de manera generalizada en el área, afectando a la población trabajadora. La participación simultánea en distintas etapas productivas refuerza la noción de un entorno ambiental compartido más que de riesgos diferenciados por actividad.

Sin embargo, la correlación negativa significativa identificada entre los años trabajados y la relación FEV1/FVC sugiere la presencia de un efecto acumulativo de la exposición ocupacional a contaminantes atmosféricos sobre la función pulmonar, particularmente sobre el componente obstructivo. Este hallazgo es relevante, ya que indica que el daño respiratorio puede desarrollarse de manera progresiva y subclínica, aun cuando los valores individuales se mantengan dentro de rangos considerados normales en un momento determinado. Este comportamiento es consistente con lo reportado en la

literatura, donde se ha descrito un deterioro gradual del cociente FEV1/FVC asociado a exposiciones crónicas a material particulado y gases de combustión.

No obstante, el presente estudio presenta algunas limitaciones a considerar. En primer lugar, el tamaño de la muestra fue relativamente reducido y se obtuvo mediante un muestreo por conveniencia, lo cual limita la generalización de los resultados obtenidos frente a otros entornos ladrilleros, aunque no invalidan la relevancia territorial de los resultados obtenidos.

Adicionalmente, la evaluación de la exposición se realizó mediante mediciones ambientales por zona y no a través de un monitoreo personal individual, por lo que las concentraciones registradas representan niveles ambientales del entorno laboral y no el riesgo ocupacional de cada trabajador. Esta aproximación puede generar una clasificación no diferencial de la exposición, lo que podría atenuar las asociaciones observadas entre contaminación y función pulmonar. No obstante, la magnitud de las concentraciones y su amplia excedencia respecto a los límites normativos permiten afirmar la existencia de un entorno ambiental altamente nocivo.

Finalmente, el análisis de salud se realizó desde una escala poblacional y territorial, por lo que no se incorporaron de manera exhaustiva características clínicas individuales que pudieran actuar como factores de confusión, respondiendo al

objetivo del estudio, permitiendo la documentación de la influencia de un territorio ambientalmente degradado se expresa en indicadores de salud de una población laboralmente expuesta.

En conjunto, los resultados del estudio evidencian una disociación entre la magnitud del impacto ambiental documentado y las alteraciones funcionales detectadas mediante la evaluación espirométrica, lo que no excluye la posibilidad de daño subclínico ni el desarrollo de enfermedad respiratoria crónica a largo plazo. Desde una perspectiva socioambiental, estos hallazgos ponen en evidencia una situación de vulnerabilidad estructural en la que confluyen informalidad laboral, elevada exposición ambiental, limitada vigilancia sanitaria y escaso acceso a medidas preventivas, concentrando de manera desproporcionada los riesgos ambientales y sanitarios en trabajadores y comunidades periurbanas.

El presente estudio enseña la necesidad de fortalecer las estrategias de vigilancia ambiental y de salud ocupacional en el sector ladrillero artesanal, así como de promover procesos de transición tecnológica hacia sistemas de producción más limpios y eficientes. Asimismo, resalta la importancia de incorporar una perspectiva territorial y de justicia ambiental en el diseño de políticas públicas orientadas no sólo a la reducción de emisiones contaminantes, sino también a la protección de la salud de las poblaciones que sostienen, desde la informalidad, actividades económicas funcionales a los procesos contemporáneos de urbanización.

Conclusiones

La producción artesanal de ladrillo en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga genera concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀ que exceden ampliamente los límites permisibles nacionales e internacionales de calidad del aire, particularmente en las zonas de fabricación y horneado, lo que evidencia un impacto ambiental significativo asociado a esta actividad productiva. Estas condiciones confirman que la industria ladrillera artesanal constituye una fuente importante de contaminación atmosférica en territorios periurbanos.

En el componente de salud, aunque la mayoría de los trabajadores evaluados presentó una función pulmonar dentro de los parámetros normales, se identificó una proporción de patrones obstructivos y una asociación negativa entre los años de exposición laboral y la relación FEV₁/FVC, lo que sugiere un posible efecto acumulativo de la exposición crónica a contaminantes atmosféricos sobre la función pulmonar. La ausencia de diferencias significativas entre etapas específicas del proceso productivo refuerza la noción de una exposición ambiental generalizada dentro del entorno laboral, más que de riesgos diferenciados por actividad.

En términos socioterritoriales, los hallazgos del estudio muestran como una actividad productiva informal, ubicada en la periferia urbana, puede generar niveles extremos de degradación ambiental sin que sus efectos en salud se manifiesten de forma inmediata o plenamente visible a través de indicadores clínicos

convencionales. Esta situación revela formas de vulnerabilidad estructural asociadas a la producción del espacio urbano, donde la exposición ambiental, la informalidad laboral y la limitada vigilancia sanitaria convergen, desplazando los riesgos ambientales y de salud hacia poblaciones trabajadoras y comunidades periurbanas.

Referencias

Benítez-Pérez R.E., Torre-Bouscoulet L., Villca-Alá N., et al. (2016). Espirometría: recomendaciones y procedimiento. *Neumología y Cirugía de Tórax*, 75(2), 173–190.

Berumen-Rodríguez A.A., Pérez-Vázquez F.J., Díaz-Barriga F., Márquez-Mireles L.E., Flores-Ramírez R. (2021). Revisión del impacto del sector ladrillero sobre el ambiente y la salud humana en México. *Salud Pública de México*, 63(1), 100–108.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2016). Análisis de mercado del sector de la construcción y proyecto piloto a nivel región, basado en un portafolio de políticas públicas, con el objetivo de reducir los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), de las ladrilleras artesanales en México. SEMARNAT.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/252837/Final_report_pub_final_290817.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE).

<https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denu/e/>

León Madariaga, P., Vidal Flores, F., Rodríguez Márquez, T., Castro Jiménez, A., Arrazola Cortés, I., García Carlo, Á., Martínez Oliveira, S., Hernández Jiménez, R., & Castro Díaz, M. (s.f.). Estudio de la cadena de valor del sector ladrillero del Estado de Jalisco. Centro de Investigaciones Económicas y Sociales, Unidad Académica de Ciencias Sociales, Económicas y Administrativas, Universidad Autónoma de Guadalajara. <https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/2016.%20Estudio%20de%20la%20Cadena%20de%20Valor%20del%20Sector.pdf>

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. DOF - Diario Oficial de la Federación.

Organización Mundial de la Salud (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre Actualización mundial 2005. Who.int.

https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf