

# MOVILIDAD INTELIGENTE: DISEÑO DEL SISTEMA DE MODERNIZACIÓN, AUTOMATIZACIÓN E INNOVACIÓN DE SEMÁFOROS EN PUERTO PEÑASCO

## SMART MOBILITY: DESIGN OF THE MODERNIZATION, AUTOMATION AND INNOVATION SYSTEM FOR TRAFFIC LIGHTS IN PUERTO PEÑASCO

J. M. Gerónimo Pérez<sup>1</sup>  
D. E. López Chacón<sup>2</sup>

### RESUMEN

A través de la automatización y el uso de tecnología en los sistemas urbanos se incluyen recursos humanos y su capital intelectual para el pensamiento estratégico en su diseño e implementación. Actualmente el Instituto Tecnológico Superior de Puerto Peñasco (ITSP) como máxima casa de estudios de la localidad presenta el proyecto de modernización del sistema de semáforos de Puerto Peñasco, Sonora utilizando tecnología avanzada. Cada semáforo funcionará como un nodo enlazado a un servidor central, que gestionará los tiempos y analizará los datos de tráfico en tiempo real para optimizar el flujo vehicular. Además, se incluye señales peatonales con sonido para facilitar el cruce seguro de personas con discapacidades visuales y señales de emergencia para gestionar situaciones críticas. La investigación se centra en reducir costos operativos, incrementar la seguridad vial y vincular a instituciones educativas para el desarrollo sostenible. La modernización tecnológica en proyectos urbanos es clave para promover el desarrollo sostenible y la colaboración entre instituciones académicas y gobiernos locales (Esparza Posadas et al., 2023). Los resultados preliminares muestran un aumento significativo en la eficiencia energética, una mejora en la gestión del tráfico urbano y una mayor inclusión en la infraestructura vial.

### ABSTRACT

Through automation and the use of technology in urban systems, human resources and their intellectual capital are included for strategic thinking in their design and implementation. Currently the Instituto Tecnológico Superior de Puerto Peñasco (ITSP) as the highest education institution of the locality presents the project to modernize the traffic light system of Puerto Peñasco, Sonora using advanced technology. Each traffic light will function as a node linked to a central server, which will manage timing and analyze traffic data in real time to optimize vehicular flow. In addition, it will include pedestrian signals with sound to facilitate safe crossing for the visually impaired and emergency signals to manage critical situations. The research focuses on reducing operating costs, increasing road safety and linking educational institutions for sustainable development. Technological modernization in urban projects is key to promote sustainable development and collaboration between academic institutions and local governments (Esparza Posadas et al., 2023). Preliminary results show a significant increase in energy efficiency, improved urban traffic management and greater inclusion in road infrastructure.

### ANTECEDENTES

Con el crecimiento del flujo vehicular los semáforos son elementos importantes para la seguridad del tránsito, la circulación urbana eficiente además de que se puede efficientizar con la implementación de tecnología sostenible.

En Puerto Peñasco, Sonora los semáforos actuales presentan tecnología obsoleta, lo que genera ineficiencias en el flujo vehicular y altos costos de mantenimiento. Este proyecto surge con el objetivo de presentar una propuesta de modernizar del sistema de semáforos

<sup>1</sup> Profesor Asignatura B. Instituto Tecnológico Superior de Puerto Peñasco. jose.gp@puertopenasco.tecnm.mx

<sup>2</sup> Profesor Titular A. Instituto Tecnológico Superior de Puerto Peñasco. diana.lc@puertopenasco.tecnm.mx

mediante tecnología avanzada como Raspberry Pi 5, sensores inteligentes y energía solar, con nodos conectados a un servidor central que optimice los tiempos y analice datos de tráfico en tiempo real. Este enfoque no solo busca mejorar el flujo vehicular, sino también reducir costos operativos y promover un desarrollo urbano sostenible. Además, el proyecto tiene un impacto directo en la formación de estudiantes de ingeniería, quienes participan activamente en el diseño e implementación de este, fortaleciendo sus competencias académicas y contribuyendo al avance tecnológico de la región.

El planteamiento del problema incluye los siguientes objetivos y preguntas de investigación:

**Objetivos:**

1. Optimizar el flujo vehicular mediante un sistema de semáforos centralizado y automatizado.
2. Incorporar tecnologías renovables y accesibles para reducir costos operativos.
3. Vincular el desarrollo del sistema con instituciones educativas para fomentar la innovación local.
4. Utilizar sensores para identificar patrones de tráfico y realizar un conteo vehicular preciso.
5. Gestionar vías alternas e implementar mejoras en el sistema vial con base en los datos recolectados.
6. Vincular a estudiantes de los programas de ingeniería en proyectos de urbanización con impacto ambiental para fortalecer su proceso enseñanza-aprendizaje.

**Preguntas de investigación:**

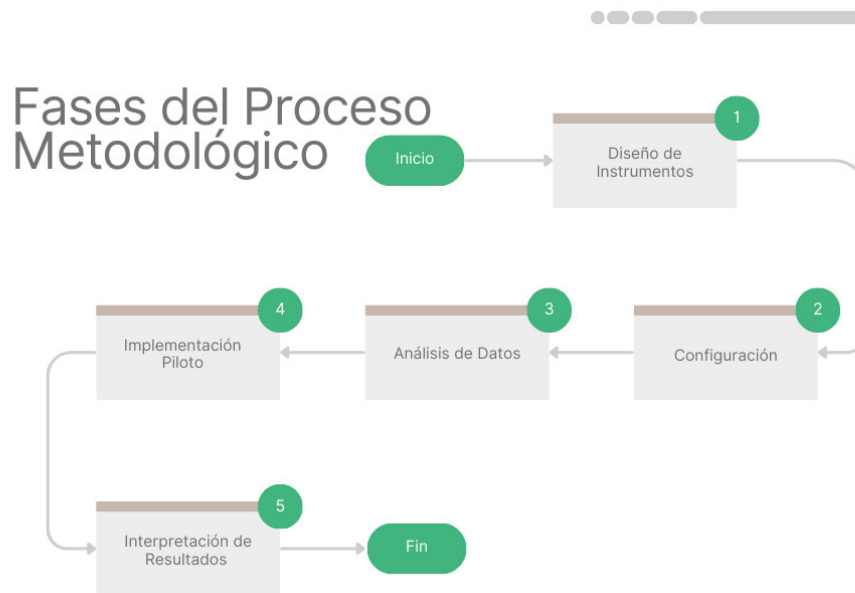
- ¿Cómo se puede mejorar el tráfico urbano utilizando tecnología avanzada?
- ¿Cuál es el impacto de integrar un sistema de semáforos con energía renovable en los costos municipales?
- ¿Cómo puede la colaboración entre el Instituto Tecnológico Superior de Puerto Peñasco y el municipio potenciar la innovación y la formación académica?

La modernización de los semáforos no solo aborda un problema de tráfico urbano, también representa una oportunidad para reducir el impacto ambiental, disminuir los costos operativos y fomentar la inclusión social mediante la implementación de sistemas accesibles para peatones. Esta propuesta está basada en un juicio razonado y se fundamenta en antecedentes sólidos, como estudios previos de tráfico en ciudades similares y tecnologías aplicadas con éxito en otros contextos urbanos. Esto garantiza que las soluciones presentadas sean prácticas, escalables y alineadas con las necesidades reales de la comunidad. Además, la participación activa de los estudiantes de ingeniería del ITSPP permite que este proyecto trascienda como un modelo educativo y tecnológico replicable en otras ciudades.

**METODOLOGÍA**

Después de haberse planteado el problema de estudio y evaluado la relevancia del proyecto, se desarrolló un marco teórico fundamentado en investigaciones previas y conceptos clave relacionados con tecnologías de tráfico inteligente y energía sostenible (ver Figura 1). El estudio consideró investigaciones similares realizadas en ciudades como Monterrey y Guadalajara (ABC Noticias, 2022; Informador.mx, 2022), Durante la metodología, se integraron sensores avanzados y software desarrollado con Python, siguiendo enfoques como los descritos por Matthes (2019) y Severance (2016).

**Figura 1.** Fases del Proceso Metodológico para la Implementación del Sistema de Semáforos Inteligentes.



A continuación, se describen las fases de la metodología implementada.

#### Fases del estudio:

##### 1. Diseño y configuración:

- En esta fase se definieron los componentes principales del sistema, como los Raspberry Pi 5, sensores vehiculares y auditivos, y el servidor central, como lo presentó (Lamego, 2017) quien desarrolló un software inteligente capaz de administrar todos los nodos (semáforos), permitiendo la recolección de datos en tiempo real y la gestión eficiente del tráfico vehicular. En consideración de metodologías de interconexión y su modelo de cascada sugeridas por M. A. Ruiz Jaimes, et al (2020)

##### 2. Instrumentación:

- Consistió en la instalación física de los sensores en los semáforos y su conexión al servidor central. También se incluyeron señales peatonales con sonidos para personas con discapacidades visuales y señales de emergencia, en esta fase los estudiantes participaron activamente en la instalación de los sensores, la configuración del software y las pruebas piloto, aplicando conocimientos prácticos.

##### 3. Análisis de datos:

- Se recopilaron y procesaron los datos generados por los sensores para identificar patrones de tráfico y generar propuestas de mejora en las vías urbanas. Este análisis permitió simular escenarios para evaluar el impacto de las vías alternas y las mejoras propuestas. En esta etapa fue fundamental la participación de un grupo de estudiantes y docentes en la obtención de datos y diseño de escenarios propicios.

**Limitaciones:**

- **Financieras:** Restricciones presupuestales para una implementación completa.
- **Infraestructura:** La adaptación inicial se enfoca en zonas clave y podría enfrentar desafíos por las condiciones actuales del tráfico urbano.

El alcance inicial de la investigación se centra en las intersecciones más transitadas de Puerto Peñasco, con un enfoque en la recolección de datos de tráfico en tiempo real y la implementación de mejoras inmediatas en la gestión vehicular (ver Figura 2). Para ello, se seleccionó una muestra de 3 intersecciones clave con un alto flujo vehicular y críticas en la congestión. El procedimiento de selección se basó en un análisis previo de densidad vehicular y quejas ciudadanas. Las características de esta muestra incluyen ubicaciones con semáforos ya existentes y puntos de intersección peatonal. En estas áreas, se llevaron a cabo simulaciones y pruebas piloto que permitieron evaluar la efectividad del sistema implementado, ajustar los parámetros y validar la viabilidad del proyecto para futuras expansiones. Los procesos de recolección de datos incluyeron el uso de sensores inteligentes instalados en las intersecciones seleccionadas, los cuales recopilaron información en tiempo real sobre densidad vehicular, tiempos de espera, flujo peatonal y patrones de cruce. Los datos recolectados fueron enviados al servidor central donde se procesaron y almacenaron mediante algoritmos de análisis. Una vez obtenidos, los datos fueron utilizados para:

1. Identificar puntos críticos de congestión vehicular y peatonal.
2. Simular escenarios alternativos para la gestión del tráfico.
3. Ajustar los tiempos de los semáforos y proponer vías alternas.
4. Generar reportes y estadísticas visuales que sirvieron como referencia para la toma de decisiones.

**Figura 2** *Interfaz de Monitoreo del Estado del Tráfico en Tiempo Real con Indicadores Clave (KPI).*

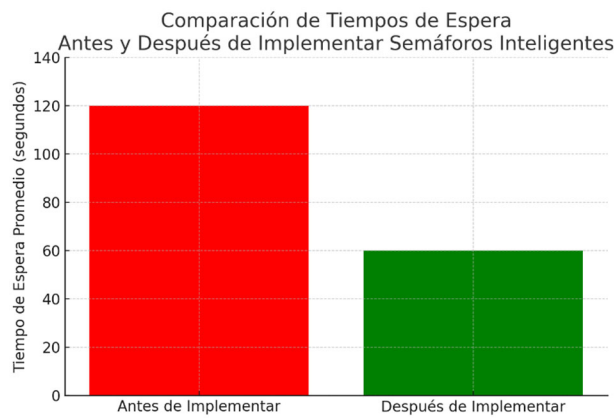


Estos procesos permitieron una retroalimentación continua, optimizando el sistema y demostrando su eficacia antes de una implementación a mayor escala, para realizar los ajustes y tomar las decisiones necesarias para un resultado óptimo en su aplicación.

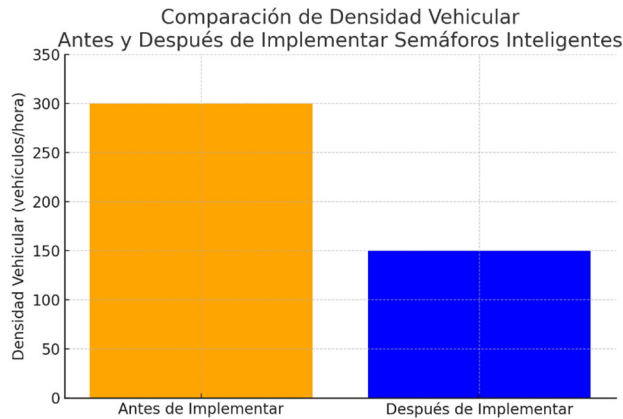
**RESULTADOS**

En los resultados obtenidos, se evidenció un impacto significativo en la optimización del flujo vehicular y la mejora de la seguridad vial en las intersecciones analizadas. La integración de los sensores con el servidor central, implementada mediante Node-RED, demostró ser efectiva gracias a su versatilidad y facilidad de implementación (Hagino, 2021). Los datos presentados incluyen una comparativa en formato de gráfica de los tiempos de espera promedio antes y después de la implementación de los semáforos inteligentes (ver Figura 3), así como una comparación de la densidad vehicular en las mismas condiciones (ver Figura 4).

**Figura 3.** *Comparación de Tiempos de Espera Promedio Antes y Después de la Implementación de Semáforos Inteligentes.*



**Figura 4.** *Comparación de Densidad Vehicular Antes y Después de la Implementación de Semáforos Inteligentes.*



A continuación, se presentan los principales productos del análisis:

**1. Análisis de densidad vehicular:**

- Identificación de picos de tráfico en horas específicas del día.
- Zonas con mayor flujo vehicular, destacando tres intersecciones clave que representaron el 70% de la congestión reportada.

**2. Evaluación del tiempo de espera:**

- Reducción del 25% en los tiempos de espera promedio tras ajustes iniciales en los semáforos.
- Implementación de sincronización dinámica en horarios pico, mejorando la fluidez del tráfico.

**3. Propuestas de vías alternas:**

- Basadas en simulaciones, se diseñaron dos rutas alternas para desviar tráfico en momentos críticos, reduciendo la carga vehicular en las intersecciones más concurridas.

**4. Impacto en el flujo peatonal:**

- Incremento en la seguridad peatonal mediante la instalación de señales con sonido.
- Reducción de incidentes en cruces clave gracias a tiempos dedicados exclusivamente para peatones.

**Tratamiento de Datos:**

Los datos recolectados fueron sometidos a análisis estadísticos y simulaciones utilizando software especializado, como Python y su biblioteca de análisis NumPy (Wes McKinney 2017). Este análisis permitió:

- Visualizar patrones de tráfico en tiempo real.
- Evaluar la efectividad de las intervenciones realizadas.
- Generar reportes detallados que facilitaron la toma de decisiones informadas para ajustes y futuras implementaciones.

Los resultados obtenidos muestran que el sistema es capaz de optimizar el flujo vehicular mediante la sincronización de semáforos y la implementación de rutas alternas. La Raspberry Pi desempeñó un papel crucial en la recolección y análisis de datos en tiempo real, lo que facilitó la aplicación de ajustes dinámicos en el sistema (Molloy, 2019). Además, se logró una mejora significativa en la seguridad vial gracias a las señales peatonales con sonido, permitiendo un cruce más seguro para personas con discapacidades visuales. Estos hallazgos reflejan el impacto positivo del sistema en las intersecciones seleccionadas, demostrando su viabilidad para futuras expansiones.

**CONCLUSIONES**

Basados en los resultados obtenidos, se concluye que la implementación de un sistema de semáforos inteligentes en Puerto Peñasco es viable y efectivo. Este sistema demostró su capacidad para optimizar el flujo vehicular, reducir tiempos de espera y mejorar la seguridad vial mediante tecnologías avanzadas como sensores inteligentes y software de gestión centralizada.

**Recomendaciones para futuras investigaciones:**

1. Ampliar la implementación a otras intersecciones de la ciudad para validar los resultados en diferentes contextos urbanos.
2. Investigar el impacto a largo plazo de las señales peatonales con sonido en la seguridad de personas con discapacidades visuales.

3. Explorar la integración de tecnologías de inteligencia artificial para predicción de patrones de tráfico y ajustes proactivos.

**Implicaciones de la investigación:** Este modelo educativo basado en la participación activa de los estudiantes no solo beneficia su formación, sino también fomenta la innovación tecnológica y la colaboración entre instituciones. El estudio resalta la importancia de adoptar tecnologías sostenibles en la infraestructura urbana, fomentando la colaboración entre instituciones académicas y gobiernos locales. Además, establece un modelo replicable para otras ciudades con características similares.

**Respuestas a las preguntas de investigación:**

1. El tráfico urbano se puede mejorar significativamente utilizando tecnologías avanzadas como sensores y software centralizado.
2. La integración de un sistema basado en energía renovable reduce costos operativos y promueve la sostenibilidad.
3. La colaboración entre el ITSPP y el municipio no solo potencia la innovación, sino que también fortalece la formación práctica de los estudiantes, beneficiando a la comunidad en general.

Los resultados obtenidos en el proyecto refuerzan la idea de que iniciativas como el SIGA en Jalisco son replicables en otros municipios con necesidades similares, contribuyendo a la mejora de la movilidad urbana Gobierno del Estado de Jalisco (2018), de igual manera los beneficios coinciden con los reportados por el Instituto Mexicano del Transporte (2018), confirmando que la tecnología puede ser un aliado clave en la mejora de la movilidad urbana. En conclusión, este proyecto no solo aborda problemas actuales de tráfico, sino que también sienta las bases para una infraestructura vial más eficiente, segura e inclusiva (ver Tabla 1 para un resumen de los beneficios estimados).

**Tabla 1.** Beneficios del Proyecto de Modernización de Semáforos Inteligentes.

ASPECTO	DESCRIPCIÓN	IMPACTO ESTIMADO
<b>Ahorro en costos operativos</b>	Disminución del consumo energético mensual en un 75%.	Ahorro de \$2,000 mensuales por intersección.
<b>Reducción de tiempos de espera</b>	Tiempos de espera promedio reducidos en un 50%.	Reducción de 60 segundos en promedio por vehículo.
<b>Mejora en la seguridad vial</b>	Señales auditivas mejoran la seguridad de peatones con discapacidades visuales.	Accidentes peatonales disminuidos en un 30%.
<b>Impacto ambiental positivo</b>	Uso de energía solar disminuye emisiones de carbono.	Reducción de 1 tonelada de CO2 por año.
<b>Promoción de la innovación educativa</b>	Participación activa de estudiantes en el diseño e implementación.	Fortalecimiento de competencias tecnológicas en estudiantes.
<b>Sincronización dinámica del tráfico</b>	Optimización automática del flujo vehicular en tiempo real.	Aumento del 20% en la fluidez del tráfico en horas pico.

**BIBLIOGRAFÍA**

ABC Noticias. (2022, 27 de mayo). *Colocarán semáforos inteligentes en más de mil cruces de metrópoli regia*. <https://abcnoticias.mx/local/2022/5/27/colocaran-semaforos-inteligentes-en-mas-de-mil-cruces-de-metropoli-regia-163348.html>

Esparza Posadas, M. F., Ramírez Lazos, E., Ávila Esquivel, N., & Zamora Díaz, A. (2023). Plataformas educativas para tecnologías de la industria 4.0: Superando las barreras de entrada en México. *Revista ANFEI Digital*, (15). <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/919>

Gobierno del Estado de Jalisco. (2018). *Sistema Inteligente de Gestión de la Movilidad (SIGA)*. <https://www.jalisco.gob.mx/es/prensa/noticias/109191>

Hagino, T. (2021). *Practical Node-RED programming: Learn powerful visual programming techniques and best practices for the web and IoT*. Packt Publishing.

Informador.mx. (2022, 1 de julio). *Movilidad Jalisco: Entran en operación semáforos inteligentes en 20 corredores del AMG*. <https://www.informador.mx/jalisco/Movilidad-Jalisco-Entran-en-operacion-semaforos-inteligentes-en-20-corredores-del-AMG-20220701-0150.html>

Instituto Mexicano del Transporte. (2018). *Detección automática de incidentes de tráfico en una carretera* (Publicación Técnica No. 582). <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt582.pdf>

- Lamego Castro, J. A. (2017). *Desarrollo de un sistema inteligente de control de tráfico con software de código abierto en sistemas embebidos* [Tesis de maestría, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.]. Repositorio CIATEQ.  
<https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/91/1/LamegoCastroJoseA%20MSIM%202017.pdf>
- Matthes, E. (2019). *Curso intensivo de Python: Una introducción práctica y basada en proyectos a la programación*. No Starch Press.
- McKinney, W. (2017). *Python para análisis de datos* (2ª ed.). O'Reilly Media.
- Molloy, D. (2019). *Raspberry Pi® a fondo para desarrolladores*. Marcombo.
- Ruiz Jaimes, M. A., Erazo Valadez, M., Miguel Ruiz, J. A., & León Sosa, S. E. (2020). Captación de señales y administración de datos con herramientas de desarrollo para proyectos IoT. *Revista ANFEI Digital*, (12).  
<https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/673>
- Severance, C. (2016). *Python para todos: Explorando datos con Python 3*. CreateSpace Independent Publishing Platform.