













Integration of a Vehicle Congestion Detection and Alert Prototype in the city of Arequipa.

Mateo Flores-Gutierrez, Bach¹, Edwin Herrera-Ramos, Bach², Mathias Apaza-Cornejo, Bach³, Eddu Valeriano-Cuba, Bach⁴
, Camila Juarez-Alvarez, Lic⁵, José Esquicha-Tejada, Ph.D⁶
Universidad Católica de Santa María, Peru,
¹mateo.flores@ucsm.edu.pe, ²edwin.herrera@ucsm.edu.pe, ³mathias.apaza@ucsm.edu.pe, ⁴eddu.valeriano@ucsm.edu.pe,
⁵71625685@ucsm.edu.pe, ⁶jesquicha@ucsm.edu.pe

Abstract– Previous research has shown that cities present vehicular congestion. This research focuses on the development of a prototype for detecting and warning of traffic congestion using cameras with multiple sensors to identify the number of vehicles present in an area. The population of Arequipa was 87% satisfied with the perception and effectiveness of the proposed prototype. The importance of using technological advances helps to provide solutions to society by providing real-time information on faster alternative routes, based on the number of vehicles present and estimates of arrival time to avoid traffic, and an economic and financial analysis was performed so that municipalities can appreciate the profitability of using this proposal.

Keywords– Vehicle traffic, detection sensors, cameras, Arequipa, Congestion alert.

Integración de un Prototipo de Detección y Alerta de Congestión Vehicular en la ciudad de Arequipa

Mateo Flores-Gutierrez, Bach¹, Edwin Herrera-Ramos, Bach², Mathias Apaza-Cornejo, Bach³, Eddu Valeriano-Cuba, Bach⁴, Camila Juarez-Alvarez, Lic⁵, José Esquicha-Tejada, Ph.D⁶

Universidad Católica de Santa María, Perú,

¹mateo.flores@ucsm.edu.pe, ²edwin.herrera@ucsm.edu.pe, ³mathias.apaza@ucsm.edu.pe, ⁴eddu.valeriano@ucsm.edu.pe, ⁵71625685@ucsm.edu.pe, ⁶jesquicha@ucsm.edu.pe

Resumen— *En investigaciones previas se tiene conocimiento que las ciudades presentan congestión vehicular. La presente investigación se centra en el desarrollo de un prototipo de detección y alerta de congestión vehicular utilizando cámaras con múltiples sensores para identificar la cantidad de vehículos presentes en una zona. Se tuvo un 87% de satisfacción de la población de Arequipa de la percepción y efectividad del prototipo propuesto. La importancia de usar los avances tecnológicos ayuda a brindar soluciones a la sociedad proporcionando información en tiempo real sobre rutas alternativas más rápidas, basándose en la cantidad de vehículos presentes y estimaciones del tiempo de llegada para evitar tráfico, además se realizó un análisis económico financiero para que los municipios puedan apreciar la rentabilidad del uso de esta propuesta.*

Palabras clave: *Tráfico de vehículos, sensores de detección, cámaras, Arequipa, Alerta de congestión.*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la congestión vehicular representa uno de los mayores desafíos para la movilidad urbana [1]. Las ciudades en todo el mundo enfrentan problemas crecientes relacionados con el tráfico, que no solo afectan la calidad de vida de los ciudadanos, sino que también tienen un impacto significativo en la economía y el medio ambiente [2]. Ante esta problemática, surge la necesidad de implementar soluciones tecnológicas avanzadas que permitan un monitoreo y gestión eficiente del tráfico en tiempo real.

La propuesta está diseñada para abordar estos desafíos, utilizando una combinación de cámaras de detección de tráfico, procesamiento de datos y comunicación en tiempo real; este sistema ofrece una herramienta integral para la gestión del flujo vehicular. Su principal objetivo es proporcionar información precisa y oportuna sobre el estado del tráfico, alertando a conductores y autoridades sobre posibles congestiones y sugiriendo rutas alternativas para mejorar la movilidad. Esta investigación se fundamenta en la integración de diversas tecnologías, incluyendo sensores de radar, cámaras de tiempo de vuelo (ToF), módulos GPS y algoritmos de procesamiento de imágenes y datos. La implementación de este sistema no solo busca optimizar la circulación vehicular, sino también reducir el impacto ambiental asociado a los atascos de tráfico y mejorar la seguridad vial.

En este artículo, se presenta una visión detallada del desarrollo y funcionamiento, destacando sus componentes

clave, las tecnologías utilizadas y los beneficios esperados de su implementación. A través de esta solución, se pretende ofrecer una respuesta efectiva a uno de los problemas más acuciantes de las ciudades modernas, contribuyendo así a la creación de entornos urbanos más sostenibles y eficientes

II. ANTECEDENTES

Según la investigación de Machaca Ninacansaya, este elaboró un prototipo de semaforización inteligente e interactivo que le permitirá a los estudiantes utilizar nuevas tecnologías. Él utilizó la plataforma Arduino, con el fin de controlar los semáforos peatonales y vehiculares, incluso con un sistema fotovoltaico. El sistema controla el semáforo de manera inteligente con algoritmos para la toma de decisiones, y aprovechamiento de la energía solar a través del sistema fotovoltaico [3]

Santamaría y Moscol desarrollaron un sistema de semáforo inteligente (SSI), que fue basado en inteligencia artificial específicamente en lógica difusa, imágenes algoritmos de visión, OpenCV y Highgui, dependiendo de la densidad vehicular capturada por las cámaras web; además tiene la peculiaridad de cambios de las luces de semáforo en función de las condiciones que se presenten en la zona. [4]

Castro desarrolló un sistema inteligente de control de tráfico (SICT) está hecho en código abierto sobre plataformas de sistemas embebidos. El sistema detecta por medio de cámaras de video a los vehículos y peatones para determinar el patrón de cambio de luces de los semáforos [5]

Vigoya Morales, con el uso de técnicas basadas en aprendizaje automático supervisado, propone la detección de anomalías de tráfico en IoT mediante la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático supervisado. Se utilizó el protocolo MQTT y el protocolo CoAP que están basados en los datos de una red de sensores de temperatura de un CPD real. Para la clasificación, se aplicaron Regresiones Lineales, Naive Bayes, Random Forest, Máquinas de Vectores de Soporte y AdaBoost. Tras utilizar diversas técnicas y algoritmos de preprocesado, así como hiper parametrización para la optimización de los modelos. Los modelos basados en árboles presentan los mejores resultados. [6]

III. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La congestión vehicular es un fenómeno que afecta a numerosas ciudades alrededor del mundo, con consecuencias negativas tanto para los individuos como para la sociedad en general [7]. Este problema se manifiesta en varias formas, incluyendo retrasos en el tiempo de viaje, aumento en el consumo de combustible, incremento en las emisiones de gases contaminantes, y una mayor incidencia de accidentes de tráfico.

A. Crecimiento Poblacional y Urbanización

El aumento de la población y la urbanización intensiva han llevado a un incremento significativo en el número de vehículos en las carreteras. Muchas ciudades no han podido expandir su infraestructura vial a un ritmo que mantenga el paso con este crecimiento, lo que resulta en calles y autopistas abarrotadas [8].

B. Diseño Ineficiente de la Infraestructura

En muchas áreas urbanas, la infraestructura vial no está diseñada para manejar el volumen actual de tráfico. Las intersecciones mal planificadas, la falta de carriles adicionales y la ausencia de rutas alternativas contribuyen a la formación de cuellos de botella y atascos [9].

C. Deficiente Gestión del Tráfico en Tiempo Real

La falta de sistemas avanzados de gestión del tráfico que puedan monitorear y responder dinámicamente a las condiciones del tráfico es un problema significativo. Sin herramientas adecuadas para detectar y gestionar el tráfico en tiempo real, las ciudades no pueden optimizar el flujo vehicular ni mitigar los atascos de manera eficaz [10].

D. Dependencia del Automóvil Privado

La preferencia por el uso del automóvil privado sobre otras formas de transporte, como el transporte público o la bicicleta, incrementa la cantidad de vehículos en las carreteras. Esta dependencia se ve exacerbada por la falta de opciones de transporte público eficientes y accesibles [11].

Impactos de la Congestión Vehicular [12]:

A. Económicos

La congestión vehicular tiene un costo económico significativo debido a la pérdida de tiempo y productividad. Los retrasos en el transporte de bienes y servicios también pueden afectar negativamente a las empresas y la economía en general.

B. Ambientales

Los vehículos atrapados en el tráfico consumen más combustible y emiten mayores cantidades de gases contaminantes, como el dióxido de carbono (CO₂) y

otros compuestos nocivos, contribuyendo a la contaminación del aire y al cambio climático.

C. Sociales

Los atascos de tráfico afectan la calidad de vida de las personas, aumentando los niveles de estrés y reduciendo el tiempo disponible para actividades personales y familiares. Además, la congestión vehicular puede incrementar el riesgo de accidentes de tráfico, poniendo en peligro la seguridad de los conductores y peatones.

Estos son algunos impactos de la congestión vehicular, pero para tener un mejor análisis de la problemática se deberá realizar una muestra significativa, para cumplir con la investigación propuesta.

Según [13], para calcular el tamaño de la muestra de una población finita, se utiliza la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \dots (1)$$

Donde:

p: Proporción (o porcentaje) de individuos que tienen una característica.

q: Proporción (o porcentaje) de individuos que no tienen la característica.

Z: El número de unidades de desviación que indica el nivel de confianza adoptado, elevado al cuadrado. (Se utilizará el 90%, siendo el valor de Z = 1.645).

N: Tamaño de la población.

d: El error muestral considerado, elevado al cuadrado (Se utilizará el 90% siendo el valor de d = 0.1).

n: Tamaño de la muestra de la población.

El tamaño de la población total de la ciudad de Arequipa (N), según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) [14], es de 1.316 000 habitantes.

$$n = \frac{1316000 * 1.645^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2 * (1316000 - 1) + 1.645^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 100 \text{ encuestas}$$

IV. MÉTODOS Y MATERIALES

Para conseguir que nuestro sistema funcione primero debemos tener conocimiento sobre qué materiales y para qué sectores o población será utilizado, empezando con los Materiales:

- Cámaras (ToF3D). - Es una cámara que integra sensores que miden la distancia mediante pulsos de luz [15] (ver fig.1).



Fig. 1 Cámara Tof3D



Fig. 3 Placa Electrónica RaspberryPi

- Sensores de radar y microondas (RCWL-0516). - Son sensores que detectan movimiento y la presencia usando las ondas electromagnéticas de alta frecuencia [16]
- Sensor fotoeléctrico reflectivo difuso (E3Z-D61). - Es un sensor que detecta objetos midiendo la luz reflejada, no es necesario de un reflector [17]
- Módulo Wifi (ESP8266). - Es un módulo que tiene mejores características que el Arduino UNO [19], ya que tiene conectividad Wifi y capacidad de conectarse a equipo IoT [18]
- Módulo GPS. - Es un módulo que se usa para recibir señales satelitales para determinar la ubicación geográfica, es compatible con diferentes placas electrónicas.
- Servomotores (SG90). - Son motores de que nos permiten girar a ángulos específicos, es muy utilizado para mover diferentes articulaciones de un robot [13] (ver fig. 2)



Fig. 2 Servomotores

- Sensores de temperatura y humedad (DHT11).- Es un sensor que nos permite medir la temperatura y humedad del ambiente en el rango de 0 a 50 grados Celsius [13]
- Micrófonos y antenas GSM. - Son componentes que son utilizados en los sistemas de telecomunicaciones, con el GSM nos permite conectarnos a las redes celulares y transmitir datos (voz, texto, internet) [13]
- Placas electrónicas y soportes modulares, existe una gran variedad de placas electrónicas como el Arduino [19], o el conocido Raspberry Pi [18] (ver fig. 3)

V. PRESUPUESTO

Para encontrar nuestro presupuesto del producto general debemos tomar en cuenta todos los componentes que vamos a utilizar para realizar nuestro proyecto final. Se realizó la siguiente tabla:

TABLA I
COMPONENTES

Componentes	Cantidad (Und)	Precio
Cámaras (ToF3D)	1	\$/100
Sensor de Radar	1	\$/20
Sensor Microondas (RCWL-0516)	1	\$/15
Sensor fotoeléctrico reflectivo difuso (E3Z-D61)	1	\$/10
Modulo Wifi	1	\$/7
Módulo GPS	1	\$/20
Servomotores (SG90)	2	\$/8
Sensor de temperatura y humedad (DHT11)	1	\$/44
Micrófono	1	\$/10
Antena GSM	1	\$/22
Placa Electrónica	1	\$/105
Soportes Modulares	3	\$/30

Según esta tabla costaría alrededor de \$/391 dólares, esto podemos redondearlo a \$/400 por la variación que puede haber en los precios de cada componente. Este precio solo sería para la creación del sistema ya que tomará por separado el posible mantenimiento que se llevará a cabo en el sistema o las actualizaciones que puedan ocurrir.

VI. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

Para realizar el análisis financiero, se consideró los tres primeros años del proyecto, con un crecimiento gradual de ventas de acuerdo con los municipios en la ciudad de Arequipa, que serán el mercado objetivo de este proyecto. Se planea vender cada año 2 Sistemas de Detección y Alerta de

Congestión Vehicular para los municipios que tengan más afluencias vehicular.

En la Tabla II, se puede observar el flujo de caja, donde se consideró un 40% del costo de producción para el mantenimiento del prototipo. El precio de venta del Sistema de Detección y Alerta de Congestión Vehicular será de 800 dólares.

TABLA II
FLUJO DE CAJA

Flujo de Caja				
Años	0	1	2	3
Ingresos				
Ventas		\$ 800.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
Capital Inicial	-\$ 400.00			
Total Ingresos	-\$ 400.00	\$ 800.00	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
Egresos				
Costos de Producción		\$ 400.00	\$ 800.00	\$ 800.00
Mantenimiento		\$ 160.00	\$ 320.00	\$ 320.00
Proceso de Instalación		\$ 100	\$ 100	\$ 100
Actualización del Software			\$ 40	\$ 40
Total Egresos	\$ -	\$ 660.00	\$ 1,260.00	\$ 1,260.00
Saldo de Efectivo	-\$ 400.00	\$ 140.00	\$ 340.00	\$ 340.00
Saldo de Efectivo Acumulado	-\$ 400.00	-\$ 260.00	\$ 80.00	\$ 420.00

A. Análisis VAN (Valor Actual Neto)

El VAN es un indicador financiero que evalúa los flujos de ingresos y gastos futuros del proyecto, con el fin de determinar si un proyecto es viable.

$$VAN = -A + \frac{Q1}{(1+k)^1} + \frac{Q2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Qn}{(1+k)^n}$$

Donde:

- A: Inversión inicial
- Q: Flujos de caja
- k: Tasa de actualización
- n: Número de periodos

Se reemplazaron los datos, utilizando la información del Banco Central de Reserva del Perú, que es del 11% teniendo como resultado un VAN de \$ 250.68 siendo un resultado positivo, se puede afirmar que este proyecto es bueno y rentable.

B. Análisis del TIR (Tasa interna del retorno)

El TIR es el porcentaje de ingresos que se obtiene de manera periódica con respecto a una inversión.

Fórmula:

$$0 = \sum (Fn / (1 + TIR)^n) - I_0$$

Donde:

- Fn = Flujos netos de efectivo en el período n
- n = Número de períodos
- I₀ = Inversión inicial

Se reemplazan los datos, obteniendo una TIR de 39.55%, siendo mayor a la tasa de 11%, por lo que se puede interpretar como un proyecto rentable.

C. Análisis PR (Periodo de recuperación)

El PR es un indicador que sirve para medir en cuanto tiempo se recuperará el total invertido de un proyecto.

La fórmula para obtener el PR es la siguiente:

$$PR = a + [(b - c)/d]$$

Donde:

- a= Año anterior inmediato a que se recupere la inversión
- b= Inversión inicial
- c= Suma de los flujos de efectivo anteriores
- d= FNE (Flujo Neto de Efectivo) del año en que satisface la inversión

En la Tabla III, se puede observar que el año anterior a que se recupere la inversión es el año 1, se reemplazaron los datos según la formula y se obtuvo un resultado que el periodo de recuperación de la inversión es de 1 año y 11 meses.

TABLA III
ANÁLISIS PARA OBTENER EL PR

Años	0	1	2	3
F.N.E	-\$ 400.00	\$ 140.00	\$ 340.00	\$ 340.00
Saldo actualizado	-\$ 400.00	\$ 126.13	\$ 275.95	\$ 248.61
Saldo actualizado acumulado	-\$ 400.00	-\$ 273.87	\$ 2.08	\$ 250.68
Tasa de descuento	11%			

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha realizado una encuesta a 100 pobladores de Arequipa. Para obtener información inicial, se consultó la edad de los encuestados. Los principales grupos de edad corresponden al 40% del total de la muestra, compuesto por personas de entre 18 y 24 años, mientras que el 20% está dividido equitativamente entre menores de 18 años y aquellos que tienen entre 24 y 35 años. (ver fig. 4).

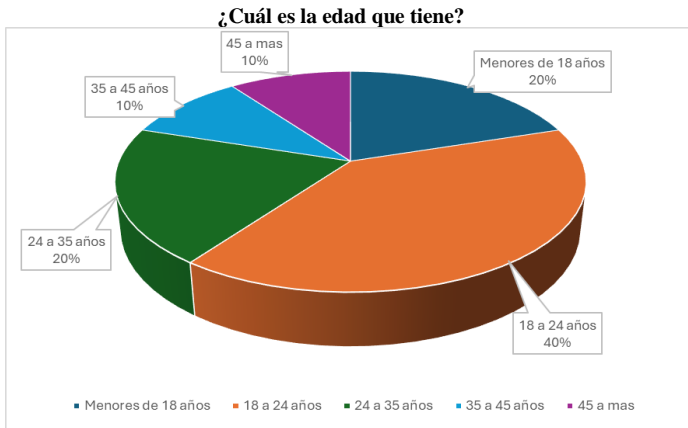


Fig 4. Resultados Edad de Encuestados

Luego respecto a la ocupación que tenían los encuestados, el 60% se encuentra estudiando, el 30% es empleado, es decir, trabaja bajo una empresa, y el otro 10% es independiente (ver fig. 5).

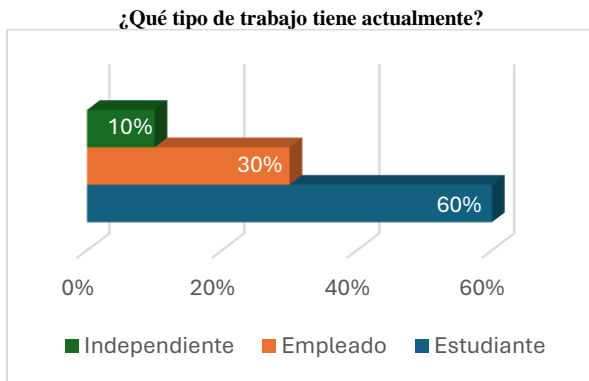


Fig 5. Resultados Ocupación de Encuestados

Se optó por analizar el contexto de cada encuestado y sus hábitos en el uso de las vías de tránsito, preguntando con qué frecuencia utilizan vehículos. Como era previsible, el 60% de los encuestados indicó que usan vehículos diariamente (ver fig. 6).

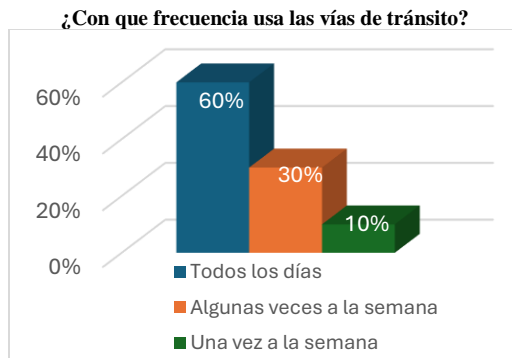


Fig 6. Resultados de frecuencia de uso de vehículos

También, se indagó directamente sobre la frecuencia con la que los encuestados se ven involucrados en situaciones de tráfico. Los resultados revelan que todos los participantes han estado expuestos a este fenómeno, y un 40% lo experimenta a diario. (ver fig. 7).

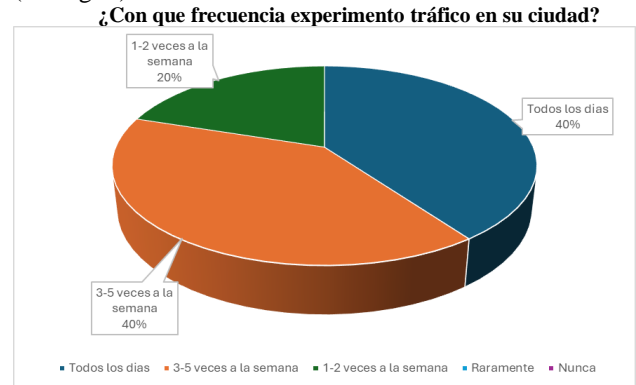


Fig 7. Resultados Frecuencia del Tráfico

Después, se presentó la propuesta de esta investigación, indagando si los encuestados ya tenían algún conocimiento previo sobre las tecnologías de detección de tráfico. Sorprendentemente, el 70% indicó que no estaba al tanto de ellas. (ver fig. 8).

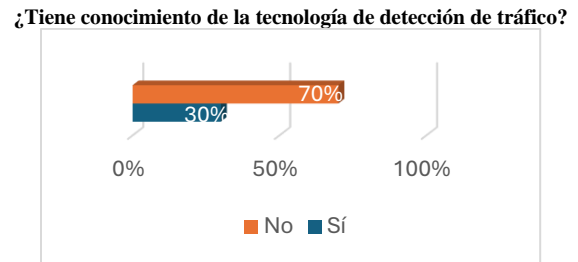


Fig 8. Resultados Conocimiento previo de encuestados

De igual forma, se les preguntó a los encuestados qué tipo de información les gustaría recibir sobre el tráfico para evitar contratiempos o molestias. las opciones incluían conocer los lugares donde hay tráfico, la duración del tráfico, las causas de este o una combinación de todas estas. La opción más seleccionada fue "Todas las anteriores", con un 40%. (ver fig. 9)

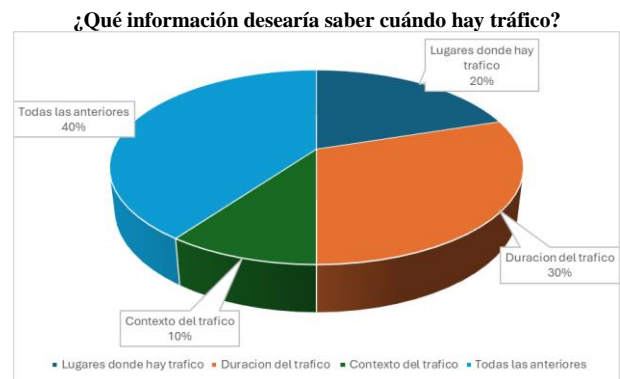


Fig 9. Resultados Deseos de encuestados

Finalmente, se preguntó si estaban satisfechos que se implemente nuestra propuesta en la ciudad para disminuir el tráfico urbano, el 87% está satisfecho (ver fig. 10).

¿Estaría satisfecho en tenerlo implementada la propuesta en la ciudad?

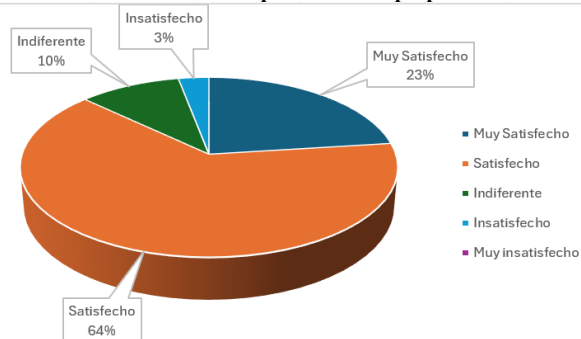


Fig 10. Resultados Deseos de encuestados

La muestra que hemos seleccionado, en su mayoría estudiantes universitarios, como muchos otros que poseen un vehículo o viajan en transporte público, y todos se han visto envueltos en el tráfico, lo que muestra que es un problema muy presente en la sociedad. Además, los encuestados no poseen conocimiento sobre las tecnologías de detección de tráfico, lo que impide que tengan una idea clara de cómo abordar este problema. En este punto, se les presentó una propuesta en nuestra investigación para contribuir a la solución de los problemas de congestión.

Dado el impacto multifacético de la congestión vehicular, es crucial desarrollar e implementar soluciones innovadoras que puedan abordar este problema de manera integral. Sistemas avanzados de detección y alerta de congestión vehicular [20], como el propuesto en este proyecto, ofrecen una respuesta prometedora. Al proporcionar información en tiempo real sobre las condiciones del tráfico y sugerir rutas alternativas, estos sistemas pueden ayudar a optimizar el flujo vehicular, reducir los tiempos de viaje y disminuir el impacto ambiental, contribuyendo así a la creación de ciudades más sostenibles y habitables.

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema de detección y alerta de congestión vehicular es capaz de identificar y contar vehículos con una alta precisión [21], incluso en condiciones de tráfico denso. Las pruebas realizadas en entornos reales mostraron que el sistema puede estimar la densidad de tráfico en tiempo real, proporcionando datos valiosos para la gestión del tráfico y la planificación urbana.

El desarrollo de un sistema de detección y alerta de congestión vehicular ofrece una solución innovadora a uno de los problemas más críticos en la gestión del tráfico urbano: la congestión vehicular. La implementación de tecnologías avanzadas como cámaras de vigilancia [5], sensores de radar y algoritmos de procesamiento de imágenes [6] permite monitorear y analizar el flujo de tráfico en tiempo real [4]. Esta capacidad no solo mejora la eficiencia del sistema de transporte, sino que también contribuye significativamente a la reducción

de emisiones de gases contaminantes al optimizar las rutas de los vehículos.

VII. LIMITACIONES

Como toda propuesta nueva tiene limitaciones que hacen pensar que será difícil su implementación, como puede suceder en la ciudad de Arequipa propuesta en esta investigación. Si analizamos la propuesta, presenta limitaciones como es la cámara ToF3D que es precisa en condiciones óptimas, pero cuando hay condiciones climáticas como lluvia o niebla puede afectar su funcionamiento, sin embargo, la ventaja de la ciudad de Arequipa es que muy pocos días llueve o presenta neblina en el año. Luego, otra limitante que existe es la compatibilidad con las múltiples tecnologías que se usan, por lo cual es necesario necesitar de una arquitectura de software modular, para que puedan vincularse y actualizar regularmente al sistema. También, la siguiente limitante se da cuando se utiliza muchas cámaras en diferentes intersecciones de una ciudad que están interconectadas por medio del internet, por lo cual, es necesario pensar en la capacidad de procesamiento, teniendo la necesidad de implementar la computación en la nube o sistemas de procesamiento distribuido que logren asegurar el escalamiento de la solución. Finalmente, el problema de usar tecnología es que cada cierto tiempo se debe realizar mantenimiento o actualización del sistema, ya que al estar expuestas las cámaras, se suele necesitar una limpieza de los sensores o actuadores para que siga funcionando correctamente o la necesidad de actualizar el software por presentar errores mínimos que ocasionen desperfectos en el funcionamiento del día a día.

VIII. CONCLUSIÓN

La investigación ha demostrado una satisfacción prometedora para enfrentar el problema de la congestión vehicular en áreas urbanas. A través de la implementación de tecnologías avanzadas como cámaras ToF3D, sensores de radar, módulos GPS y algoritmos de procesamiento de imágenes, el sistema es capaz de monitorear el tráfico en tiempo real y proporcionar alertas precisas y oportunas a los conductores y autoridades. Con la encuesta aplicada a la población de Arequipa, se mostró una satisfacción con la propuesta planteada con un 87%, destacando la utilidad de las alertas y las rutas alternativas propuestas.

RECONOCIMIENTO

Expresar nuestro sincero agradecimiento a la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales de la Universidad Católica de Santa María, en particular a la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Católica de Santa María, por proporcionarnos los conocimientos fundamentales que han sido de gran ayuda en la elaboración de este documento científico.

REFERENCIAS

- [1] L. J. Cevallos-torres, E. P. R. Tamayo, C. A. V. Vásquez, and J. I. S. Moreira. Análisis de la Gestión de Movilidad Vehicular Urbana utilizando Mapas Cognitivos Difusos. *Revista Tecnológica-ESPOL*, vol. 32, no 1, p. 8-8, 2020.
- [2] S. M. Pérez, J. S. Reátegui, and A. S. Mendoza. Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura. *Inventum*, vol. 16, no 30, p. 20-30, 2021.
- [3] A. R. Machaca Ninacansaya. “Análisis y diseño de un sistema de control de tráfico vehicular utilizando semáforos inteligentes con tecnología Arduino,” Tesis de pregrado, Universidad Estatal del sur de Manabí, 2017. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/996>
- [4] M. V. B. Santamaría, and M. F. R. Moscol. Semáforos inteligentes para la regulación del tráfico vehicular. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 1, no 1, p. 37-37, 2014.
- [5] J. A. L. Castro . Desarrollo de un sistema inteligente de control de tráfico con software de código abierto en sistemas embebidos. Trabajo de maestría, Jalisco, CIATEQ, México, 2017. <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1020/91>
- [6] I. V. Vigoya Morales, Aplicación de algoritmos de aprendizaje automático para la detección de anomalías de tráfico en entornos IoT. 2023. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/33306>
- [7] R. Quezada Jaya. Metodología para optimización de intersecciones viales a nivel con congestión vehicular en ciudades de hasta 300000 habitantes. Tesis de Maestría. Machala; Universidad Técnica de Machala. 2024.
- [8] Xinran Yu, Semiha Ergan. Estimating power demand shaving capacity of buildings on an urban scale using extracted demand response profiles through machine learning models, *Applied Energy*, Volume 310, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118579>.
- [9] Bichiou, Youssef. Vehicle Platooning: An Energy Consumption Perspective. Conference: 2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). 1-6. 2020. <http://dx.doi.org/10.1109/ITSC45102.2020.9294525>
- [10]X. Wang, Z. Ning, and L. Wang. Offloading in Internet of Vehicles: A Fog-Enabled Real-Time Traffic Management System. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14, 4568-4578. 2018. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2816590>
- [11]T. Angotti, and E. Hanhardt. Problems and Prospects for Healthy Mixed-use Communities in New York City. *Planning Practice & Research*, 16(2), 145–154. 2001. <https://doi.org/10.1080/02697450120077352>
- [12]L. Marceliano, L. Sandoval, M. Silvera, F. Campos, Influence of the modulus of elasticity of the asphalt layer considering vehicular congestion in urban intersections. Monitoreo del consumo de energía eléctrica domestica con arduino,” Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, vol. 2021-July <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.424>.
- [13]X. Pérez-Palomino, K. Rosas-Paredes, and J. Esquicha-Tejada, “Low-Cost Gas Leak Detection and Surveillance System for Single Family Homes Using Wit.ai, Raspberry Pi and Arduino,” *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 16, no. 9, pp. 206–216, 2022, doi: 10.3991/ijim.v16i09.30177.
- [14]Instituto Nacional de Estadísticas e informática, “Arequipa alberga a 1 millón 316 mil habitantes”, 2022, <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/arequipa-alberga-a-1-millon-316mil-habitantes-9903> (accessed Jun. 23, 2024).
- [15]J. Thomas, Evaluation des neuen Akzeleromyographen TOF 3D im Vergleich zu dem etablierten TOF Watch SX. Tesis Doctoral. Universität zu Köln. 2024. <https://kups.ub.uni-koeln.de/72071/>
- [16]W. Triyoga, Y. A. Suryo, and R. P. Astutik. Rancang Sistem Keamanan Pada Laboratorium Berbasis Internet Of Things Menggunakan Rcw1 Sebagai Pendeteksi Gerakan. *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, 2023, vol. 2, no 6, p. 1593-1606.
- [17]C. Numthong, , T. Phattanaphibul, and P. Chantawila, Design and Implementation of IIoT for Controlling and Monitoring in Food Packing Production Line. En *International Conference on Creative Technology*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 357-368
- [18]J. Esquicha-Tejada and J. Copa-Pineda, “Integration of an IoT system - Photovoltaic system to optimize the consumption of drinking water in the irrigation of gardens in the City of Arequipa,” Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, no. July 2020, pp. 27–31, 2020, doi: 10.18687/LACCEI2020.1.1.212
- [19]H. Montes Romero, A. Pacheco Huachaca, H. Ramos Jara, and J. Esquicha Tejada, “Monitoreo del consumo de energía eléctrica domestica con arduino,” Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, vol. 2017-July, no. July, pp. 1–5, 2017, doi: 10.18687/LACCEI2017.1.1.253.
- [20] O. Martínez Trillos y O. D. J. Cepeda Llanes, "Sistema de transporte público y detección de paraderos en Santa Marta," 2024. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/34653?locale-attribute=pt>
- [21] A. J. Martínez Samper, "Diseño e Implementación de una Metodología basada en Inteligencia Artificial capaz de Contar y Clasificar Vehículos en los Accesos de Aeropuertos y de Reconocer Vehículos Aeroportuarios," 2022.