

IoT and new technologies to improve Smart Parking efficiency: Systematic Review

Fatima del Rosario Reyes Salazar¹, Jhanpier Jack Valdivia Rios¹, Haymin Teresa Ráez Martínez¹, Gustavo Henry Pachas Quispe¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U20218523@utp.edu.pe, U20249983@utp.edu.pe, C19240@utp.edu.pe, C24336@utp.edu.pe

Abstract – In the context of the global demographic increase and the growing adoption of new technologies in our daily lives, innovative systems are being developed in various sectors, including vehicle parking. This Systematic Literature Review (SLR), focuses on identifying technological advances in the Internet of Things (IoT), smart sensors, cameras with identification systems, as well as Big Data management, in order to thrive in the integration of Smart Parking. Seventy Scopus articles published as of 2019 were reviewed, of which 32 studies met the PICO model criteria. Within all the technologies analyzed, data and information management stands out as the most employed in the selected papers, underlining its crucial role in the implementation of smart parking solutions. The combination of technologies such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), and Machine Learning (ML), has significantly expanded the ability to process data, transforming it into useful information and improving the traditional processes present in parking lots. The integration of sensors and cameras with machine learning and artificial intelligence algorithms facilitates vehicle identification, offering a robust and adaptable solution to the specific needs of each city.

Keywords- Intelligent Parking, Internet of Things, Machine Learning, Artificial Intelligence, Sensors.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

IoT y nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia del Smart Parking: Revisión Sistemática

Fatima del Rosario Reyes Salazar¹, Jhanpier Jack Valdivia Rios¹, Haymin Teresa Ráez Martínez¹, Gustavo Henry Pachas Quispe¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U20218523@utp.edu.pe, U20249983@utp.edu.pe, C19240@utp.edu.pe, C24336@utp.edu.pe

Resumen– En el contexto del aumento demográfico global y la creciente adopción de nuevas tecnologías en nuestra vida cotidiana, se están desarrollando sistemas innovadores en diversos sectores, entre ellos, el estacionamiento de vehículos. Esta Revisión Sistemática de Literatura (RSL), se centra en identificar los avances tecnológicos en el Internet de las Cosas (IoT), los sensores inteligentes, cámaras con sistemas de identificación, así como el manejo de Big Data, con la finalidad de prosperar en la integración del Smart Parking. Se revisaron 70 artículos de Scopus publicados a partir del año 2019, de los cuales 32 estudios cumplieron con los criterios del modelo PICO. Dentro de todas las tecnologías analizadas, la gestión de datos e información destaca como la más empleada en los trabajos seleccionados, subrayando su papel crucial en la ejecución de soluciones de estacionamiento inteligente. La combinación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA), y el Aprendizaje Automático (ML), ha ampliado significativamente la capacidad de procesar datos, transformándolos en información útil y mejorando los procesos tradicionales presentes en los estacionamientos. La integración de sensores y cámaras con algoritmos de aprendizaje automático e inteligencia artificial facilita la identificación de vehículos, ofreciendo una solución robusta y adaptable a las necesidades específicas de cada ciudad.

Palabras clave- Aparcamiento Inteligente, Internet de las Cosas, Aprendizaje Automático, Inteligencia Artificial, Sensores

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en las grandes ciudades alrededor del mundo se está lidiando con las consecuencias del rápido desarrollo de la urbanización e industrialización. Entre ellas, una de las más graves es la congestión del tráfico debido a la deficiente gestión de los espacios de estacionamiento, sobre todo en los lugares más transitados por los automovilistas en las ciudades. En años recientes, con el crecimiento de la población y el número de coches en las metrópolis, conseguir un espacio de aparcamiento libre en los horarios de mayor congestión vehicular se ha convertido en una tarea tardada y tediosa.

Durante los próximos 30 años, se prevé que la población mundial crecerá en más del 10%, es así como el 70% se alcanzará en el 2050, y la mayoría de las personas residirán en las regiones metropolitanas de sus países [1]. Este pronóstico va acorde con las estimaciones realizadas en el Perú por parte del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), donde se calcula una población peruana aproximada de 33

millones 726 mil habitantes en el año 2023, con predicciones al 2050 de alcanzar las 39 millones 363 mil personas. De estas, el 82,6% residen en zonas urbanas [2], se evidencia que el 30% del tráfico se debe a la búsqueda de espacios disponibles en los lugares de aparcamiento [3]. La situación se acentúa en los lugares más visitados, por ejemplo, en París se estima que cada conductor pierde en promedio 4 años de su vida en encontrar una plaza donde aparcar [4]. A esta problemática, la acompaña el consumo desproporcionado de combustibles fósiles y la contaminación que afecta a la metrópolis. Un ejemplo concreto es la ciudad de Los Ángeles donde los vehículos en la búsqueda de aparcamiento emiten 730 toneladas de CO₂ y queman alrededor de 47.000 galones de gasolina al año [5].

Para mejorar las condiciones presentes, se han desarrollado diversos sistemas de gestión de aparcamientos que mejoran el monitoreo y manejo de las plazas disponibles, mediante la combinación de tecnologías que sumadas conforman una red del Internet de las Cosas (IoT) [6]. Esta terminología se refiere a la infraestructura formada por elementos reales, como vehículos, edificios e incluso aparatos electrónicos, conectados por internet y capaces de recopilar e intercambiar datos entre ellos [1]. Ya para el 2008, el número de dispositivos interconectados superó a toda la población mundial, y la cantidad sigue creciendo hasta nuestros días [7]. Con el aumento de las tecnologías enlazadas a través de internet, también incrementa el flujo de información que envían a diario, debido a esto, surgen nuevas aplicaciones de análisis que recopilan, establecen relaciones inteligentes a los datos y aportando a la toma de decisiones, esto conduce a la Inteligencia Artificial a través de algoritmos de ML [8]. La IA tiene un impacto significativo en mejorar las experiencias diarias de los usuarios, como muestra de ello, el sistema de vigilancia de estacionamiento basado en Edge AI, que se encarga de detectar las plazas ocupadas de los parqueos vehiculares en tiempo real, usando algoritmos y computación de borde [9].

El uso de la tecnología IoT en los nuevos sistemas de aparcamiento está impulsado por la conexión e intercambio de información que aporta al momento de integrar los dispositivos de videovigilancia con los sensores y otras alternativas de solución en la integración de un aparcamiento inteligente [10], [11], además de poseer las características necesarias para implementar este nuevo sistema, como el largo alcance de datos, alta velocidad de transferencia de

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

información, sumado al bajo consumo energético y diversas opciones rentables de despliegue. En este contexto, el Internet de las Cosas y la Computación en la Nube impulsan el desarrollo de servicios de estacionamiento automatizados y las ciudades inteligentes [7]. Estos servicios incluyen el procesamiento con exactitud, la detección de ubicación, gestión de datos y procesamiento de carga para capturar y coordinar con el entorno, lo que aporta directamente a la movilidad y el futuro sistema de transporte de las personas [12], [13].

Al respecto se encontró un caso en la universidad del Valle de México [12], sobre la implementación de un sistema de aparcamiento SEI-UVM, el cual se encarga de gestionar, controlar y reservar una plaza de aparcamiento determinada por medio de una aplicación móvil en tiempo real. A su vez, se destaca el uso de un SPIN-V, que contiene un sensor de distancia para la detección de los vehículos que ingresan al estacionamiento, una cámara con el fin de obtener la imagen de la matrícula del vehículo, un indicador LED y un timbre que informará el estado actual, libre o reservada, de una plaza de aparcamiento en específico. Esta propuesta estará disponible para el usuario las 24 horas del día, los 7 días de la semana y contempla tecnologías como IoT e IA para el desarrollo e interacción entre usuario y sistema. También, la visión lógica a transmitir es la modularidad, reducción del tiempo, inversión económica y la flexibilidad de adaptarse a diversos modelos de negocio. No obstante, resaltan las limitaciones en velocidad de respuesta y consumo de energía.

Este impulso que dio México a la ciudad de Guadalajara al implementar el Smart Parking ha garantizado progreso de su infraestructura vehicular. El sistema ofrece un mayor control y promueve la transformación de una ciudad tradicional hacia una Smart City y orientada al futuro. A pesar de la inversión necesaria para la instalación y mantenimiento del sistema, se espera que brinde ayuda a todos los ciudadanos en los procesos de reserva de espacios de estacionamiento.

Otro caso se sitúa en Londres [16], en el distrito de Westminster el cual trata sobre un estudio de los problemas de congestión vehicular y la adopción de nuevas tecnologías para ubicar y controlar la disponibilidad de plazas de aparcamiento. En dicha investigación, se da a conocer la importancia de implementar un Smart Parking para mejorar el orden y la inversión económica que conllevaría si se ejecuta. La propuesta desarrollada tiene limitaciones en cuanto al manejo de datos personales, seguridad, privacidad, además del desconocimiento del tema por parte de los ciudadanos en el distrito. A pesar de ello, el ayuntamiento de Westminster ha destinado £890,000 al plan de aparcamiento inteligente con el objetivo de lograr un avance significativo en el transporte del municipio y generar impacto positivo en la vida de numerosas personas mediante la gestión de la congestión vehicular.

Si bien es cierto que el uso de ML, IA e IoT engloba a las aplicaciones inteligentes, es importante destacar la diversidad de algoritmos que se emplean con el propósito de ayudar en la gestión del tráfico, como la optimización de rutas a través de

sistemas GPS, y tecnologías para prevenir, detectar e informar sobre accidentes de tránsito en caso de que ocurran. Teniendo en cuenta estos avances, se afirma que existen muchas posibilidades de gestionar el congestionamiento vehicular y las plazas de aparcamiento de manera eficiente y práctica.

Es importante destacar que, si bien la solución del Smart Parking tiene el potencial de reducir la tasa de contaminación ambiental, disminuir los costos del transporte y ahorrar tiempo [7], también es crucial reconocer cuáles son sus limitaciones. Estas pueden variar dependiendo específicamente de cómo y dónde se desea desarrollar el sistema. Pueden abarcar desde aspectos económicos hasta legales, considerando la seguridad en los datos de usuarios y el manejo de información telemétrica privada [5], [7], [12], [16].

Durante el avance de la RSL se ha contemplado diversas alternativas que utilizan IoT, entre ellas se encontraron la integración con componentes Arduino, aplicaciones de dispositivos Android y sensores infrarrojos encargados del rastreo y posterior reserva de espacios de estacionamiento [14], [15], pero surgen inconvenientes como la alta demanda en el número de sensores y controladores necesarios para la instalación del sistema, sumado a los amplios costos de mantenimiento.

Al lograr convertir el transporte metropolitano en un sistema eficiente, con el Smart Parking se contribuirá a reducir la congestión vehicular, y las emisiones contaminantes en la atmósfera, haciendo a nuestras ciudades más limpias y eficientes. Es por lo que, en ciudades europeas, estadounidenses y japonesas ya se han implementado sistemas con tecnologías avanzadas [5], [16]. El estacionamiento inteligente ayuda a los automovilistas a localizar, reservar y pagar el aparcamiento de manera efectiva utilizando las TIC [8], [17], [18].

En ese contexto, esta RSL propone revisar las investigaciones realizadas sobre sistemas de parqueo inteligente que integran a las tecnologías más actuales, avanzadas y probadas internacionalmente. El objetivo está centrado en analizar las tendencias tecnológicas de IoT e ML en el transporte inteligente, y los beneficios que aportaría a las zonas críticas de interés en las ciudades para una mejora en la eficiencia del estacionamiento. Los estudios analizados apuntan a los esfuerzos de sostenibilidad y reducción de emisiones contaminantes en el ambiente, al lograr una mejor gestión del tráfico y circulación de vehículos. Si disminuimos el tiempo en la búsqueda de plazas disponibles en un aparcamiento, se minimiza el consumo innecesario de combustible y las emisiones contaminantes asociadas.

Esta revisión brinda los datos necesarios que permiten abordar los desafíos asociados al estacionar en las ciudades más grandes y transitadas, donde por el crecimiento global de la población, encontrar un lugar disponible para estacionar se ha convertido en un desafío diario. En ese sentido, se considera que el estacionamiento tradicional ha quedado rezagado frente a las innovaciones tecnológicas de IoT y Smart Cities presentes en las principales metrópolis de todo el

mundo, se evidencia la necesidad de investigar y evaluar las nuevas tecnologías destinadas a resolver este problema. Al mismo tiempo, se proporciona información relevante de las tecnologías relacionadas, que pueden influir positivamente en la vida de los ciudadanos, impactando directamente en el tráfico, reduciendo los tiempos de espera para estacionar. Además, aporta conocimientos para investigaciones futuras en el ámbito, contribuyendo al avance continuo en soluciones de Smart Parking, por lo que constituye un verdadero aporte para los lectores interesados en indagar literatura respecto al tema.

La estructura de esta revisión sistemática está detallada a continuación. La sección 2, Metodología, resume los métodos empleados en la revisión sistemática de la literatura, destacando desde la formulación técnica de preguntas PICO hasta las operaciones que guían la selección de los trabajos abordados en esta revisión según el flujo de PRISMA. En la sección 3, Resultados, se presenta de manera organizada la información obtenida después del análisis de los estudios investigados sobre las tecnologías utilizadas en el contexto de la modernización del estacionamiento. La sección 4, Discusión, está enfocada en analizar las tecnologías innovadoras y su rendimiento, contrastando la implementación, las perspectivas actuales y las limitaciones tanto en entornos reales como experimentales. Por último, la sección 5, Conclusiones, destaca los hallazgos principales y las limitaciones de esta RSL, proporcionando orientación para trabajos futuros en el campo del Smart Parking.

II. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta RSL, se realizó una búsqueda exhaustiva de fuentes de información en la base de datos Scopus. Esta búsqueda, emplea la metodología de revisión sistemática, en conjunto con la estrategia PICO y sus variantes para recopilar estudios relevantes que estén alineados al problema de investigación y propuesta de solución determinada y, por último, la estrategia PRISMA enfocada a elegir los trabajos referenciados en esta revisión.

A. Formulación de PICO

La formulación de las preguntas está relacionada directamente con el problema a investigar y diseñada de manera sencilla para obtener respuestas precisas. Los componentes de la pregunta deben tener: (P) población, (I) intervención, (C) comparación y (O) resultados, pero adicionalmente tiene elementos como (C) contexto y (T) tiempo. Asimismo, tienen un impacto significativo para la sociedad, debido a la estimulación de curiosidad y creatividad en las personas, promoviendo el pensamiento crítico y reflexivo respecto al tema [19].

1) Identificación de componentes PICO

En base a ello, se precisa los componentes de PICO que significan lo siguiente: población, intervención, comparación y resultados, además, en esta estructura se añadió el contexto y tiempo que detalla la investigación de las tecnologías más utilizadas en un Smart Parking.

Después de la identificación por cada ítem de PICO, se formuló la pregunta de indagación en el formato planteado.

¿Qué modelos de IoT y ML se utilizan actualmente para mejorar la eficiencia de un Smart Parking comparado con los métodos de gestión de un aparcamiento en una universidad en el año 2023?

Para examinar los artículos, se dividió la pregunta general formulada en interrogantes específicas que se enfocan en los componentes de PICO. A su vez, se procedió a buscar las palabras claves o principales que se adecuen a las preguntas planteadas y contengan relación o sincronía con el tema de investigación; luego, se incorporó el uso del conector OR y las comillas (“”) para términos compuestos. Dicha información, es mostrada en la Tabla I.

TABLA I
COMPONENTES DE PICO CON SUS PREGUNTAS Y PALABRAS ESPECÍFICAS

P	Población	Smart Parking	¿Cómo se implementa un sistema de Smart Parking?	"Smart Parking" OR "Parking System" OR Vehicle OR Application
I	Intervención	Modelos de IoT y ML integrados en cámaras y sensores en un aparcamiento	¿Qué modelos de IoT y ML se ajustan a la realidad?	"Internet of Things" OR Sensors OR "Machine Learning" OR "Big data" OR "Artificial Intelligence"
C	Comparación	Métodos o formas de gestión de un aparcamiento	¿Qué tan eficaz ha resultado en comparación con otros métodos de aparcamiento?	Method OR Management OR "Vehicle detection techniques"
O	Resultados	Nivel de eficiencia y gestión	¿Qué conclusiones han obtenido en estos modelos y qué limitaciones se han presentado?	Efficiency OR Service OR Control OR Planning
C	Contexto	Universidad	¿Cuáles son los vehículos automovilísticos que se han considerado para esta investigación?	University OR "higher education" OR Education OR "University Studies"
T	Tiempo	Año 2023	¿En qué año está situado la problemática planteada?	City OR "Smart City" OR Urban OR "Traffic Congestion" OR Traffic OR "Illegal parking"

2) Sintaxis de la fórmula PICO

Por último, se relacionó las palabras claves de cada pregunta específica entre sí con el operador AND.

Para depurar los resultados, se realizó una ecuación de búsqueda que muestra la cantidad de artículos relacionados con la investigación, generados por la unión de las palabras claves que componen las interrogantes de PICO, usando OR y AND. Esta fórmula, se describe en la Tabla II.

TABLA II
ECUACIÓN DE BÚSQUEDA DE PICO CON LAS PALABRAS CLAVES

Ecuación de búsqueda sin criterios de inclusión y exclusión

(TITLE-ABS-KEY ("Smart Parking" OR "Parking System" OR vehicle OR application OR car) AND TITLE-ABS-KEY ("Internet of Things" OR sensors OR "Machine Learning" OR "Big data" OR "Artificial Intelligence") AND TITLE-ABS-KEY (method OR management OR "Vehicle detection techniques") AND TITLE-ABS-KEY (efficiency OR service OR control OR planning OR quality) AND TITLE-ABS-KEY (university OR "higher education" OR education OR "University Studies") AND TITLE-ABS-KEY (city OR "Smart City" OR urban OR "Traffic Congestion" OR traffic OR "Illegal parking" OR building))

Tras la ecuación, se incorporó filtros específicos para disminuir la cantidad de artículos y obtener documentos relacionados con la investigación. Dichos filtros son:

- El tipo de idioma del artículo: solo se aceptó con idiomas no diferentes al español, inglés y portugués.
- El año de publicación: no debe ser menores al 2019
- El tipo de publicación: no se usó publicaciones de Conference Paper, pero, se utilizó los otros tipos de publicación como libros, artículos científicos, entre otros.
- Los artículos deben tener acceso libre

Luego de concretada la ecuación de búsqueda, se procedió a insertarla en el repositorio “Scopus” para visualizar los resultados finales de los artículos. El primer resultado generado en Scopus sin criterios y limitaciones dio 1088 artículos, sin embargo, es una cantidad muy alta y ocasionó que se redujera las palabras claves que no tenían relevancia, dando como nueva muestra 619 artículos. Posteriormente, se utilizó algunos de los criterios de exclusión para reducir las fuentes que se usaron en la RSL. Esto dio como resultado 70 artículos.

3) *Criterios de búsqueda empleados*

a) **Criterios de inclusión**

- **I1:** Los estudios deben abordar la implementación de un Smart Parking.
- **I2:** Los estudios deben analizar, describir y aplicar métodos tecnológicos relacionados a un aparcamiento inteligente o Smart Parking.
- **I3:** Los estudios se han desarrollados en un entorno actual en una universidad, edificio, ciudad u otro lugar de estudio en específico.
- **I4:** Los estudios incluidos deben reportar mejoras o estadísticas de la aplicación de un Smart Parking.
- **I5:** Los estudios incluidos deben usar tecnologías actuales.
- **I6:** Los estudios deben ser extraídos de artículos originales de revisión, científico, revistas y libros.
- **I7:** Los estudios deben incluir ensayos de prueba o simulación de opciones para implementar un Smart Parking

b) **Criterios de exclusión**

- **E1:** Publicaciones en idiomas diferentes al inglés, español y portugués.
- **E2:** Artículos publicados hace más de 5 años (2018 hacia atrás).
- **E3:** Estudios desarrollados que no presenten mejoras o información estadísticas sobre la implementación de un Smart Parking.
- **E4:** Documentos de extensión menor a 16 páginas.
- **E5:** Documentos que utilicen métodos tradicionales o tecnologías en desuso actualmente.
- **E6:** Publicaciones de Conference Papers
- **E7:** No cuenten con Open Access

B. *Prisma*

En la elección de los artículos de la RSL, se utilizó la metodología PRISMA [20], dividiéndola en 2 partes. La 1era consta en identificar los estudios considerados a incluir, y la 2da consiste en crear una matriz que recopila y administra la información de los estudios para el desarrollo del análisis.

1) *Proceso de identificación*

La elección de los artículos constó de 5 partes: la identificación de los trabajos, los criterios de duplicidad, elegibilidad, selección y sesgo. En la parte de identificación, la búsqueda se realizó íntegramente en Scopus, debido a su cobertura y reputación. Scopus cubre diversas disciplinas científicas y ofrece acceso a una amplia gama de literatura académica, además de rigurosos procesos de selección y evaluación para garantizar la confiabilidad de los artículos.

2) *Eliminar artículos duplicados*

En esta etapa de eliminación, no se identificaron artículos duplicados, todos los documentos fueron obtenidos exclusivamente de la base de datos bibliográfica Scopus.

3) *Proceso de elegibilidad*

La fase de elegibilidad consta de 2 partes: primero, se excluyó los registros que no cumplieron con el criterio de Open Access, reduciendo los registros a 70, y segundo, los artículos cuyo enfoque central no se relacionan con Smart Parking, consiguiendo 32 registros en Mendeley.

4) *Proceso de selección*

Como último paso, se seleccionó los artículos que no cumplían con los criterios de extensión, restringiendo los resultados a documentos de 16 páginas o más. Finalmente, quedando 32 artículos que serán parte de la RSL.

En la Fig.1, se detalla el Diagrama PRISMA.

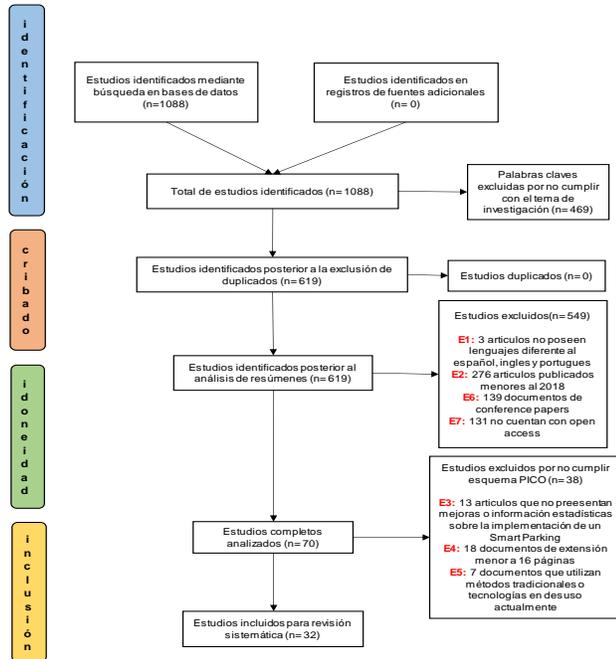


Fig.1 Diagrama PRISMA del trabajo de investigación

III. RESULTADOS

A continuación, se presenta el informe que resume los datos recopilados de los diversos artículos analizados en la RSL. La información se organizó en tablas que proporcionan detalles de los hallazgos. Esta sección, se enfoca en aclarar las tecnologías más utilizadas actualmente en la integración de la IA y IoT, específicamente en el uso de sistemas inteligentes de aparcamiento (Smart Parking).

A. Ítems para tabla de extracción de datos

1) RQ1: ¿Cómo se implementa un sistema de Smart Parking?

Para este estudio, se investigó sobre la visión por computadora la cual ayuda a identificar espacios de estacionamiento disponibles mediante el análisis de datos recolectados por las cámaras posicionadas en el parqueo. Dicha información tiene apoyo de la tecnología Harris Corner Detector (HCD) porque utiliza el Smart Parking basado en cámaras que da imágenes detalladas para localizar las esquinas y dimensiones de las plazas de aparcamiento, es decir, es un proceso que implica vigilancia de imágenes para detectar vehículos estacionados con ayuda de sensores [14].

Pero, para entender sobre el tema, se ha comenzado un estudio sobre Smart Parking como concepto.

Por ello, en este apartado, se han extraído de 32 artículos, las definiciones de Smart Parking más utilizadas por cada autor, presenta una comprensión organizada de las tendencias y tipos La Fig.2 evidencia las definiciones que se repiten con mayor y menor frecuencia entre los autores. A su vez, dicha

información ayuda a entender los conceptos o perspectivas que tienen los artículos relacionados a la implementación y significado de Smart Parking. A continuación, se da detalle a lo explicado anteriormente:

CATEGORÍA: Tipo de definiciones utilizadas en el estudio

En esta categoría de estudio, se organizan las definiciones específicas con el fin de comprender las perspectivas o enfoques minuciosos que los autores quieren dar a conocer por medio de sus artículos con relación a la implementación de un Smart Parking.

Dado este tema de investigación, se visualiza en la Fig.2 las definiciones más y menos usadas por los autores. Dicha información que se recolectó, es clasificada en 13 definiciones específicas, dando como resultados los siguientes porcentajes altos: En primer lugar, se obtuvo con un 14% de autores tienen el concepto más detallado de Smart Parking el cual es una “Aplicación” [1], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], mientras que, un 13% explica la definición como una “Transmisión de datos” [1], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [13], [14], [15], [16], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], y por último, un 11% tiene la perspectiva sobre un “Software de ruta” [1], [3], [5], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [21], [23], [25], [26], [31], [35].

Los puntos de vista de los creadores dan hincapié a la información extraída sobre el estudio realizado. Sin embargo, hubo otros conceptos poco relevantes entre los autores, pero igual se ha considerado y son los siguientes: un 4% piensa que trata de un “Seguimiento de vehículos” [1], [12], [14], [15], [26], [29], [30], [31], [33], otros tienen la perspectiva de un 4% que es “Identificación de placas” [1], [3], [4], [8], [9], [12], [13], [14], [34], y para finalizar, otros autores poseen un 4% en la “Reserva de aparcamiento” [1], [3], [9], [12], [16], [17], [18], [21], [35].

En la Fig. 2, se muestra las diversas definiciones utilizadas en los artículos de manera general.

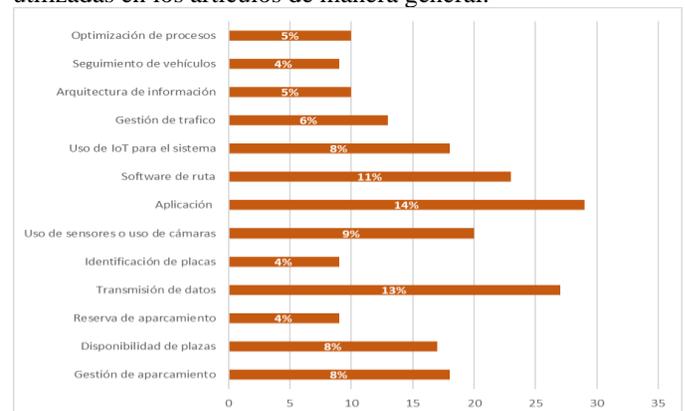


Fig.2 Tipos de definiciones utilizadas en los artículos a nivel general

2) RQ2: ¿Qué utilidades tiene implementar un Smart Parking en una universidad?

Para este apartado, se proporciona información sobre los tipos de utilidades que contribuyen a la implementación de un sistema inteligente de aparcamiento. De los 32 artículos utilizados, se recolectaron las utilidades que se usaron para las instalaciones por artículo. Estos datos dan una perspectiva al optar e instalar una utilidad referente a este tema, pero la información de las instalaciones se obtuvo de manera específica que englobe la idea de los autores. A continuación, se colocó la información proporcionada de los artículos en la Fig.4 y se especificó las 9 instalaciones determinadas para el tema planteado. Dichas respuestas, arrojó que la mayor instalación usada por cada autor en las utilidades es “Tecnologías” con una cantidad de 50 y, por otro lado, las instalaciones poco utilizadas son “Aplicación móvil” y “Monitoreo de datos” con 4.

CATEGORÍA: Tipo de utilidades usadas en el estudio

En la Fig.3, se explica las instalaciones utilizadas por utilidad y autores

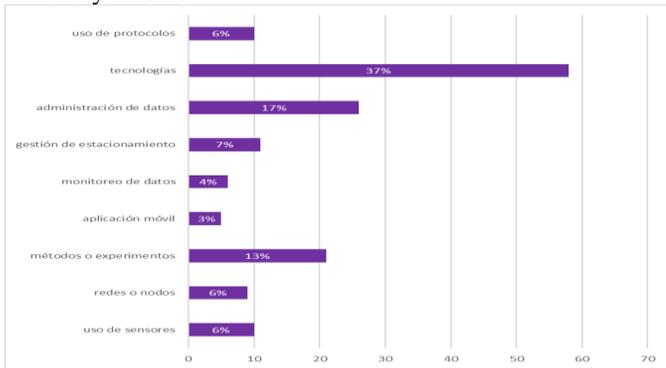


Fig.3 Tipos de instalaciones usadas por utilidad

Después de la clasificación de información obtenida en la Fig.3, se realizó las estadísticas específicas para dar como resultado que un 37% representa 58 tipos de “tecnologías” como generales los cuales son IA, IoT, Big Data, entre otros, y específicas como LPWAN, iRTDS, TCP/IP, entre otros, fueron usadas por los autores para las utilidades [3], [4], [5], [6], [10], [15], [22] [28], [29], [30], [31], [32], [33], [35]. A su vez, el ítem que sigue al anterior es “administración de datos” con un 17% que hace referencia a 26 sistemas o software que manejan y administran los datos recolectados y, por último, se destaca el uso de “métodos o experimentos” entre los autores porque cuenta con un porcentaje de 13% que representa 21.

3) RQ3: ¿Qué modelos de IoT y ML se ajustan a la realidad?

CATEGORÍA 1: Tecnologías de los métodos

En la Fig.4, se resume la obtención de resultados sobre los métodos tecnológicos orientados al Internet de las Cosas y Aprendizaje Automático para el desarrollo de un sistema de aparcamiento inteligente adaptado a la realidad. También, se enfatiza cada método presente de los autores en sus artículos,

se especifica las tecnologías utilizadas para dar a entender su uso en la integración de los proyectos estudiados.

A su vez, se destaca en la Fig.4 que la tecnología más utilizada en los métodos es “Software o nube” por tener un porcentaje del 20% que representa 30 usos por métodos según los estudios y autores [1], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [11], [12], [14], [18], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], sin embargo, se reflejó poca presencia de la tecnología “5G” porque tiene un porcentaje del 3% representado en 4 usos [9], [22], [23], [24].

CATEGORÍA: Métodos con las tecnologías utilizadas en el estudio

En la Fig. 4, se detalla las tecnologías usadas por métodos de cada artículo.

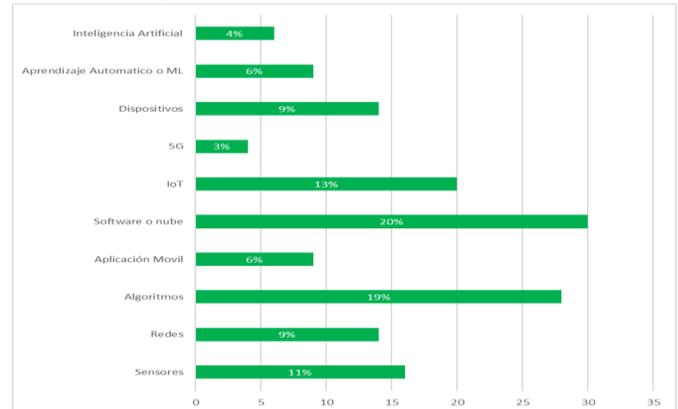


Fig.4 Tecnologías utilizadas según los métodos de los autores

CATEGORÍA 2: Métodos

Con respecto a este punto, se clasificaron los datos obtenidos por cada autor sobre los métodos y términos utilizados para entender las ideas y especificaciones de sus documentos. Por tal motivo, se generalizó en 7 términos la información con el fin de comprender los métodos que usaron en la explicación de la ejecución del tema de sus respectivos estudios referentes o similares al estudio de Smart Parking.

Tras establecer los ítems necesarios, se organizó los datos en un gráfico y se muestra en la Fig.5 para reflejar que se usaron varios métodos de investigación y, por eso, hay diversos términos que redundan por coincidencia. En la Fig.5, se destaca que la mayoría de los métodos utilizados por los autores fue “Sistema o software” porque contiene un porcentaje de 48% que representa una cantidad de 46 usos de dicho término en los artículos en general [1], [3], [4], [5], [6], [9], [10], [13], [15], [17], [18], [22], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35]. No obstante, se visualiza que hubo 2 métodos poco usados como “Protocolos” [5], [8], [21] y “Congestionamiento vehicular” [4], [13], presenta un porcentaje del 4% que interpreta la cantidad de 3 usos.

CATEGORÍA: Tipo de métodos utilizados en el estudio

En la Fig.5, se explica los tipos de términos usados en los métodos por cada artículo.

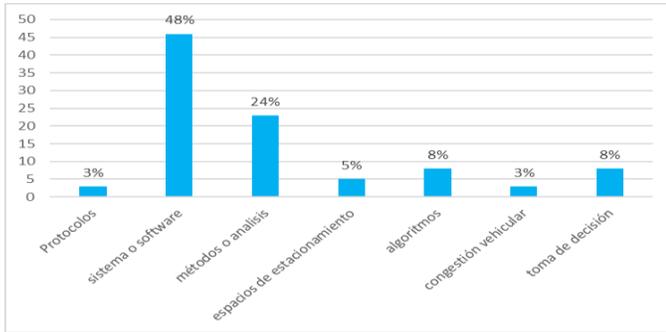


Fig.5 Términos utilizados en los métodos de los autores y artículos

CATEGORÍA 3: Modelos

Respecto a esta sección, se explican los modelos empleados en cada artículo. Los datos clasificados por cada modelo utilizado son 9 los equipos, variables o términos específicos que identifiquen al referente como tal. En la Fig.6, se refleja que la mayor cantidad de equipos, términos y variables es “Uso de tecnologías” con un porcentaje de 43% que representa el número 63 [1], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [21], [22], [24], [25], [26], [27], [28], [30], [31], [32], [33], [34], [35]. Pero, también se encontró que un autor no especifico en su artículo el modelo utilizado, no obstante, se consideró en el estudio y representa un 1% [29].

CATEGORÍA: Tipo de modelos utilizados en el estudio

En la Fig.6, se relaciona los equipos, términos y variables utilizadas por los modelos.

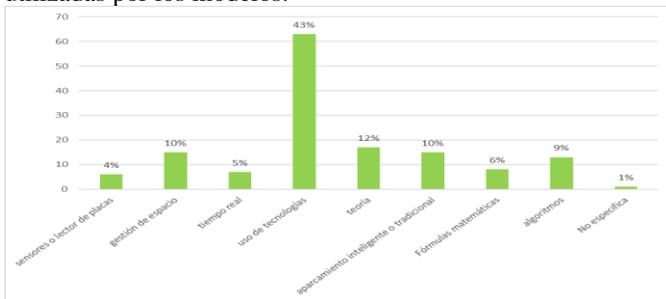


Fig.6 Equipos, términos y variables usados en los modelos de los autores

4) *RQ4: ¿Qué conclusiones han obtenido en estos modelos y qué limitaciones se han presentado?*

CATEGORÍA 1: Limitaciones

En la revisión sistemática de la literatura, se analizaron 32 artículos para abordar las cuestiones planteadas. El siguiente gráfico detalla las diversas limitaciones identificadas que surgieron durante el examen de los estudios seleccionados. La Fig.7 destaca particularmente la limitación relacionada con el hardware y el software, con 12 menciones [5] [7], [8], [10], [13], [1], [18], [24], [25], [26], [27], [28], [33], representando el 20% de todas las limitaciones encontradas. Estos aspectos

se consideran como componentes indispensables para la integración de soluciones inteligentes en un estacionamiento convencional y para su posterior escalabilidad. Adicionalmente, se observa que la limitación climática es la menos frecuente entre las identificadas, con apenas 3 menciones [9], [15], [29], representando el 5%.

CATEGORÍA: Tipo de limitaciones identificadas en el estudio

En la Fig.7, se muestra las limitaciones específicas en los artículos y autores.

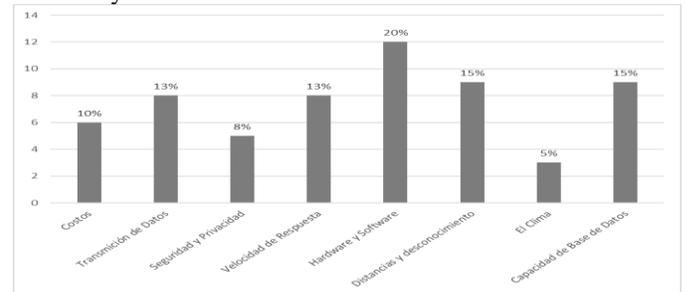


Fig.7 Limitaciones específicas en los artículos de manera general

5) *RQ4: ¿Qué conclusiones han obtenido en estos modelos y qué limitaciones se han presentado?*

CATEGORÍA 2: Soluciones

En esta RSL, se presentan los datos de frecuencia de las soluciones utilizadas en los estudios para la implementación de un sistema inteligente de aparcamiento. Según los datos extraídos de los 32 artículos analizados, se han identificado 61 tecnologías, clasificadas en 8 categorías distintas. En la Fig.8 muestra que la categoría más comúnmente empleada se centra en la gestión de información, presente en 13 de los 32 artículos revisados [1], [5], [6], [7], [9], [10], [11], [14], [17], [22], [23], [27], [30], [32], [33], [34] representando el 23% del total de participación, mientras que las soluciones orientadas a la seguridad de los usuarios es la menos representativa, con apenas el 7% del total y participando solo en 3 artículos [3], [18], [25].

CATEGORÍA: Tipo de soluciones utilizadas en el estudio

En esta Fig.8, se detallan las soluciones planteadas en los artículos.

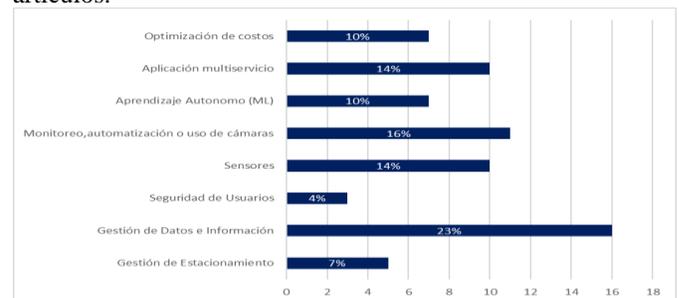


Fig.8 Soluciones planteadas en los artículos de manera general

6) RQ5: ¿Qué tan eficaz ha resultado en comparación con otros métodos de aparcamiento?

Para obtener datos favorables de la implementación de un sistema de aparcamiento inteligente o a fines, se recolectó y analizó la eficiencia de las propuestas de mejora de cada artículo y autores. Es por lo que, en la Fig.9, se visualiza la eficiencia de la investigación e implementación de cada idea. Sin embargo, se encontró en el artículo [16] no fue efectiva la propuesta de un aparcamiento inteligente y esto se debe a la falta de conocimiento de las personas del lugar. A su vez, se obtuvo un porcentaje mayor el cual es 59% que representa a 19 artículos concuerdan que sus implementaciones fueron eficientes [1], [3], [4], [5], [6], [8], [11], [12], [13], [15], [18], [22], [24], [25], [27], [30], [31], [32], [33], mientras que, el 19% que simboliza a 6 artículos fueron muy eficientes su investigación [7, 14, 21, 26, 34, 35], y finalmente, el 19% que hace representación de 6 artículos fueron poco eficientes en la ejecución del proyecto [9], [10], [17], [23], [28], [29].

CATEGORÍA: Nivel de eficiencia en el estudio

En la Fig.9, se visualiza los niveles de eficiencia por artículo de investigación.

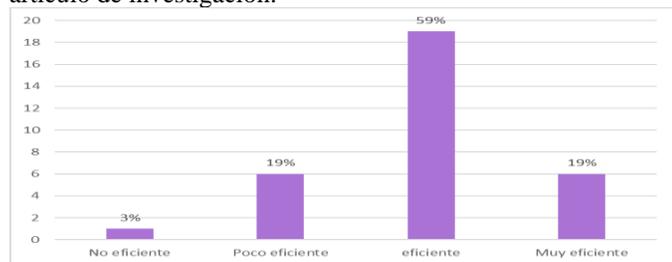


Fig.9 Niveles de eficiencia de los planteadas en los artículos de manera general gráfico detalla las diversas limitaciones

7) RQ6: ¿En qué año está situado la problemática planteada?

Para el estudio, se utilizó 32 artículos relacionados a Smart Parking o a fines, es por lo que, se buscó dichas fuentes desde el 2019 para adelante y se clasificó en la Fig.10 por años de publicación. A su vez, dichos artículos son organizados por análisis cuantitativos y cualitativos, sin embargo, se evidenció que existe una cantidad mayor de artículos cualitativos por tener 22 de 32 documentos, mientras que hay 10 de 32 análisis cuantitativos. A continuación, se observa gráficamente los datos recolectados.

CATEGORÍA: Año de los artículos utilizados en el estudio

En la Fig. 10, se muestra los años de publicación de cada artículo en general.

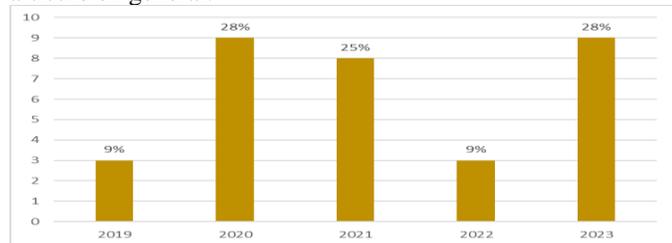


Fig.10 Años de publicación de los artículos de manera general

IV. DISCUSIÓN

Durante este estudio de revisión, se encontró una gran diversidad de tecnologías para la integración de un sistema de Smart Parking. A partir de los resultados obtenidos, el objetivo se centra en identificar cuáles son las más eficientes. Los datos revelan que el 39% de los sistemas de aparcamiento estudiados se apoyan en algoritmos y software, en comparación con la utilización de IA y ML que representan el 10%. Esta discrepancia podría atribuirse al aún prematuro uso de estas tecnologías en entornos físicos, específicamente en la gestión de vehículos en aparcamientos. Este panorama contrasta con los resultados reportados en otras revisiones [7], [10], [35], donde la IA y el ML desempeñan un papel más destacado, representando el 44% de las tecnologías analizadas. Además, se observa que los sensores constituyen el 11%, posicionándose como una de las tecnologías más relevantes en soluciones de aparcamiento inteligente. En contraste, la integración de dispositivos 5G muestra la menor tasa de adopción, apenas alcanzando el 3% y estando presente en cuatro artículos [9], [22], [23], [24].

En el análisis de todos los artículos de revisión considerados para esta RSL, se observa que tres definiciones destacan como las más recurrentes: la transmisión de datos, el software de ruta y la aplicación. Estas tres categorías representan más de un tercio de todas las formas de constituir un sistema de Smart Parking, totalizando un 38% de las definiciones específicas recopiladas. Este hallazgo resalta la significativa importancia otorgada a la transmisión y comunicación de datos entre dispositivos en el contexto de sistemas de estacionamiento inteligentes. En contraste, se observa un bajo uso de las definiciones relacionadas con el seguimiento de vehículos, la identificación de placas y la reserva de aparcamiento. Cada categoría es la menos frecuente, representa apenas un 4 % individualmente y suman un 12 % de las definiciones encontradas. Esta discrepancia sugiere un uso más limitado o un desarrollo aún inicial de estos paradigmas en la integración de Smart Parking en la actualidad.

Se han evaluado los niveles de eficacia de los 32 artículos de revisión al comparar sus métodos tecnológicos con los enfoques de estacionamiento tradicionales. Se observa que la mayoría, concretamente 19 de los trabajos, se sitúan en un nivel eficiente de uso, mientras que 6 se consideraron muy eficientes. Sin embargo, el artículo [16] se evaluó como no eficiente por varios problemas identificados en su ejecución. La principal razón es la resistencia a la adopción de nuevas tecnologías en comunidades poco resilientes, lo que destaca la importancia de llevar a cabo planes de aceptación de nuevas tecnologías en las sociedades donde se desea utilizar un sistema inteligente de aparcamiento.

De las limitaciones del desarrollo, destaca la prevalencia de Hardware y Software, que representa más de un quinto de las limitaciones revisadas, con una participación del 20 %, y

está presente en 12 de los 32 artículos utilizados en esta revisión [5], [7], [8], [10], [16], [24], [25], [26], [27], [28], [33], [35]. Esta representación resalta la importancia de los recursos disponibles, especialmente en cuanto a Software y Hardware, al integrar soluciones tecnológicas en propuestas de estacionamiento tradicionales que requieren manejar grandes volúmenes de datos y herramientas en Big Data. En contraste con este resultado, la limitación categorizada por factores climáticos es la menos frecuente, con solo el 5% [9], [15], [29]. Este hallazgo sugiere la adaptabilidad climática inherente a las soluciones inteligentes de aparcamiento utilizadas en los estudios recopilados.

En el caso específico de la Universidad del Valle de México en Guadalajara, se enfrenta a la limitación de costos, que tiene el 10% de representación, estando en 6 artículos [4], [13], [18], [26], [28], [31], esto debido al alto consumo de energía y el criterio de disponibilidad 24/7 del sistema, así como la integración de sensores con cámaras de identificación. El costo impuso un desafío presupuestario que se manejó con eficiencia. Para superar este obstáculo, la universidad utilizó lo mínimo indispensable en la implementación del Smart Parking, obteniendo resultados positivos y mejoras en la organización de los lugares de aparcamiento mientras avanza hacia su objetivo de transformarse en una Smart City orientada al futuro. Por otro lado, en el distrito de Westminster, Londres, se enfrentaron a la limitación de la seguridad y privacidad de los datos con representación del 8%, apareciendo en 5 estudios [11], [17], [23], [25], [32], siendo estos aspectos críticos a tener en cuenta, especialmente cuando se trata de implementar tecnologías como sensores y cámaras en sitios públicos. Los datos recopilados por estos sistemas deben ser protegidos adecuadamente para evitar posibles brechas de seguridad o infracciones de privacidad. En la encuesta que se realizó en el municipio, se consultó a la población su opinión sobre el Smart Parking que costó £890,000, obteniendo principalmente resultados que reflejan desconfianza y temor sobre el manejo de datos personales y el gran desconocimiento de la mayoría de la población acerca de estos sistemas novedosos de aparcamiento. Esto refleja la importancia de comunicar y publicitar los beneficios que brindan las nuevas tecnologías en las que invierten las autoridades, con el objetivo de mantener informado a los ciudadanos y que utilicen las innovaciones ideadas para mejorar sus experiencias diarias.

Para finalizar la discusión, se recomienda la integración de sistemas enfocados al desarrollo de Software y algoritmos, adoptando progresivamente los paradigmas de IA y ML. En el transcurso de esta RSL, se ha resaltado la importancia de innovar mediante nuevas soluciones tecnológicas que hagan uso de estas metodologías, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas, haciendo énfasis en el ahorro de recurso y tiempo. La transmisión eficiente y robusta de grandes volúmenes de datos, en conjunto con los recursos disponibles de Hardware y Software sumado a criterios de aceptabilidad de las ciudades son los principales factores por tomar en cuenta cuando se realiza un Smart Parking que

requiere funciones de IoT para el procesamiento y comunicación de la información en tiempo real. Resulta esencial destacar la importancia de planes estratégicos abocados en la aceptación y adopción de las nuevas tecnologías utilizadas en los sistemas de aparcamiento. Promover los beneficios de manera efectiva facilitará la adaptación de la población, contribuyendo así al éxito y la eficacia de la integración de un sistema de aparcamiento inteligente.

V. CONCLUSIONES

Esta investigación ha identificado las tecnologías más utilizadas para la integración de soluciones de aparcamiento inteligente, destacando el Internet de las Cosas orientado a sensores, por su capacidad adaptativa y la cantidad de información que es capaz de aportar del entorno físico de un aparcamiento. Entre los métodos evaluados, integrar cámaras con sistemas de identificación es la opción más eficiente en costos de uso, permitiendo reconocer la ocupación de plazas de aparcamiento y comunicar la disponibilidad de lugares en tiempo real. La solución más empleada para sistemas de Smart Parking es la “Gestión de Datos e Información”, con una tasa de uso del 23% por la importancia que representa en la implementación de soluciones inteligentes. La capacidad del Hardware y Software es la limitación primordial al utilizar un sistema de SmartParking, y está directamente relacionada con la escalabilidad de este. En la fase de implementar la solución tecnológica, es primordial establecer dentro del plan de integración un estudio de los beneficios que conlleva realizar el proyecto, y en base a ello, comunicar a las personas que podrán hacer uso del sistema. Para futuras investigaciones, se sugiere explorar la integración de sensores y cámaras en conjunto con los algoritmos. Esta combinación podría abordar posibles deficiencias en la identificación de vehículos en un aparcamiento, proporcionando una solución más robusta y adaptable. Adicionalmente, se plantea la necesidad de integrar a los sistemas de Smart Parking las principales innovaciones tecnológicas, como la IA para identificar elementos visuales y las placas de los coches. Además del ML, especialmente utilizado en las ciudades inteligentes para promover la integración total de la sociedad en beneficio de sus tareas diarias, consolidando de esta forma un entorno más eficiente y conectado.

REFERENCIAS

- [1] M. Whaiduzzaman *et al.*, “A Review of Emerging Technologies for IoT-Based Smart Cities,” *Sensors* 2022, Vol. 22, Page 9271, vol. 22, no. 23, p. 9271, Nov. 2022, doi: 10.3390/S22239271.
- [2] “Población peruana alcanzó los 33 millones 726 mil personas en el año 2023 - Noticias - Instituto Nacional de Estadística e Informática - Plataforma del Estado Peruano.” Accessed: Jan. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/795336-poblacion-peruana-alcanzo-los-33-millones-726-mil-personas-en-el-ano-2023>
- [3] M. Khalid, K. Wang, N. Aslam, Y. Cao, N. Ahmad, and M. K. Khan, “From smart parking towards autonomous valet parking: A survey, challenges and future Works,” *Journal of Network and Computer*

- Applications*, vol. 175, p. 102935, Feb. 2021, doi: 10.1016/J.JNCA.2020.102935.
- [4] M. Coulibaly, A. Errami, S. Belkhala, and H. Medromi, "A Live Smart Parking Demonstrator: Architecture, Data Flows, and Deployment," *Energies* 2021, Vol. 14, Page 1827, vol. 14, no. 7, p. 1827, Mar. 2021, doi: 10.3390/EN14071827.
 - [5] J. J. Barriga *et al.*, "Smart Parking: A Literature Review from the Technological Perspective," *Applied Sciences* 2019, Vol. 9, Page 4569, vol. 9, no. 21, p. 4569, Oct. 2019, doi: 10.3390/APP9214569.
 - [6] F. Castro-Jul, R. D. Redondo, A. Fernández-Vilas, S. Chabridon, and D. Conan, "Fog Architectures and Sensor Location Certification in Distributed Event-Based Systems," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.3390/s19010104.
 - [7] F. Zantalis, G. Koulouras, S. Karabetsos, and D. Kandris, "A Review of Machine Learning and IoT in Smart Transportation," *Future Internet* 2019, Vol. 11, Page 94, vol. 11, no. 4, p. 94, Apr. 2019, doi: 10.3390/FI11040094.
 - [8] L. Belli *et al.*, "IoT-enabled smart sustainable cities: Challenges and approaches," *Smart Cities*, vol. 3, no. 3, pp. 1039–1071, Sep. 2020, doi: 10.3390/SMARTCITIES3030052.
 - [9] E. Badidi, Z. Mahrez, and E. Sabir, "Fog computing for smart cities' big data management and analytics: A review," *Future Internet*, vol. 12, no. 11, pp. 1–29, Nov. 2020, doi: 10.3390/FI12110190.
 - [10] A. S. Syed, D. Sierra-Sosa, A. Kumar, and A. Elmaghaby, "IoT in Smart Cities: A Survey of Technologies, Practices and Challenges," *Smart Cities* 2021, Vol. 4, Pages 429–475, vol. 4, no. 2, pp. 429–475, Mar. 2021, doi: 10.3390/SMARTCITIES4020024.
 - [11] A. Dirin, I. Oliver, and T. H. Laine, "A Security Framework for Increasing Data and Device Integrity in Internet of Things Systems," *Sensors*, vol. 23, no. 17, Sep. 2023, doi: 10.3390/S23177532.
 - [12] L. F. Luque-Vega, D. A. Michel-Torres, E. Lopez-Neri, M. A. Carlos-Mancilla, and L. E. González-Jiménez, "IoT Smart Parking System Based on the Visual-Aided Smart Vehicle Presence Sensor: SPIN-V," *Sensors* 2020, Vol. 20, Page 1476, vol. 20, no. 5, p. 1476, Mar. 2020, doi: 10.3390/S20051476.
 - [13] A. Ali, N. Ayub, M. Shiraz, N. Ullah, A. Gani, and M. A. Qureshi, "Traffic efficiency models for urban traffic management using mobile crowd sensing: A survey," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 23, Dec. 2021, doi: 10.3390/SU132313068.
 - [14] B. Liu, H. Lai, S. Kan, and C. Chan, "Camera-Based Smart Parking System Using Perspective Transformation," *Smart Cities* 2023, Vol. 6, Pages 1167–1184, vol. 6, no. 2, pp. 1167–1184, Apr. 2023, doi: 10.3390/SMARTCITIES6020056.
 - [15] T. Samak, C. Samak, S. Kandhasamy, V. Krovi, and M. Xie, "AutoDRIVE: A Comprehensive, Flexible and Integrated Digital Twin Ecosystem for Autonomous Driving Research & Education," *Robotics*, vol. 12, no. 3, 2023, doi: 10.3390/robotics12030077.
 - [16] G. Peng, P. D. Clough, A. Madden, F. Xing, and B. Zhang, "Investigating the Usage of IoT-Based Smart Parking Services in the Borough of Westminster," *Journal of Global Information Management*, vol. 29, no. 6, Nov. 2021, doi: 10.4018/JGIM.20211101.OA25.
 - [17] Q. Chen, Z. Wang, Y. Gong, R. B. M. De Koster, and W. Chen, "Performance evaluation of compact automated parking systems with mobile application and customer service priority," *Int J Prod Res*, vol. 59, no. 10, pp. 2926–2959, 2021, doi: 10.1080/00207543.2020.1743895.
 - [18] O. O. Olakanmi, "SAPMS: A secure and anonymous parking management system for autonomous vehicles," *International Journal of Information and Computer Security*, vol. 12, no. 1, pp. 20–39, 2020, doi: 10.1504/IJICS.2020.103996.
 - [19] M. P. C. Arias, Z. C. López, M. Del Mar Cachaya Polanco, L. A. S. Leiva, and S. C. Alvira, "A case study on the characterization of the conceptions and beliefs of teachers of Natural Sciences in continuous training from the formulation and use of questions," *Revista Eureka*, vol. 19, no. 2, Apr. 2022, doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i2.2601.
 - [20] S. V. Antolinez and M. V. Trujillo, "Comunidades de práctica y su estrategia según etapa de ciclo de vida: revisión sistemática desde directrices PRISMA," *ECONÓMICAS CUC*, vol. 44, no. 1, pp. 175–202, Nov. 2023, doi: 10.17981/ECONCUC.44.1.2023.ORG.5.
 - [21] A. Hilmani, A. Maizate, and L. Hassouni, "Hierarchical Protocol Based on Recursive Clusters for Smart Parking Applications Using Internet of Things (IOT)," *Wirel Commun Mob Comput*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/9179530.
 - [22] J. Santa, R. Sanchez-Iborra, P. Rodriguez-Rey, L. Bernal-Escobedo, and A. F. Skarmeta, "LPWAN-Based vehicular monitoring platform with a generic IP Network interface," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 2, Jan. 2019, doi: 10.3390/S19020264.
 - [23] H. Pikner, R. Sell, J. Majak, and K. Karjust, "Safety System Assessment Case Study of Automated Vehicle Shuttle," *Electronics (Switzerland)*, vol. 11, no. 7, Apr. 2022, doi: 10.3390/ELECTRONICS11071162.
 - [24] A. Al-Ansi, A. M. Al-Ansi, A. Muthanna, I. A. Elgendy, and A. Koucheryavy, "Survey on intelligence edge computing in 6G: Characteristics, challenges, potential use cases, and market drivers," *Future Internet*, vol. 13, no. 5, May 2021, doi: 10.3390/FI13050118.
 - [25] J. V. Botello, A. P. Mesa, F. A. Rodríguez, D. Díaz-López, P. Nespoli, and F. G. Mármol, "BlockSIEM: Protecting smart city services through a blockchain-based and distributed SIEM," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 16, pp. 1–22, Aug. 2020, doi: 10.3390/S20164636.
 - [26] O. D. Jimoh, L. A. Ajao, O. O. Adeleke, and S. S. Kolo, "A Vehicle Tracking System Using Greedy Forwarding Algorithms for Public Transportation in Urban Arterial," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 191706–191725, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3031488.
 - [27] M. Pishgar, S. F. Issa, M. Sietsema, P. Pratap, and H. Darabi, "Redeca: A novel framework to review artificial intelligence and its applications in occupational safety and health," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 18, no. 13, Jul. 2021, doi: 10.3390/IJERPH18136705.
 - [28] K. Gaska and A. Generowicz, "SMART Computational Solutions for the Optimization of Selected Technology Processes as an Innovation and Progress in Improving Energy Efficiency of Smart Cities—A Case Study," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 13, 2020, doi: 10.3390/en13133338.
 - [29] S. Masri, K. Cox, L. Flores, J. Rea, and J. Wu, "Community-Engaged Use of Low-Cost Sensors to Assess the Spatial Distribution of PM_{2.5} Concentrations across Disadvantaged Communities: Results from a Pilot Study in Santa Ana, CA," *Atmosphere (Basel)*, vol. 13, no. 2, 2022, doi: 10.3390/atmos13020304.
 - [30] N. Elbeheiry and R. S. Balog, "Technologies Driving the Shift to Smart Farming: A Review," *IEEE Sens J*, vol. 23, no. 3, pp. 1752–1769, 2023, doi: 10.1109/JSEN.2022.3225183.
 - [31] S. Merino *et al.*, "Dynamic Reconfiguration to Optimize Energy Production on Moving Photovoltaic Panels," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 14, 2023, doi: 10.3390/su151410858.
 - [32] M. Barati, "Open Government Data Programs and Information Privacy Concerns: A Literature Review," *JeDEM*, vol. 15, no. 1, p. 2023, Dec. 2023, doi: 10.29379/jedem.v15i1.759.
 - [33] S. Samanta, "Enhancing Data Security in Smart Cities with a Smart Contract-based Architecture and Hyperledger Fabric," Dec. 2023, doi: 10.21203/RS.3.RS-3747878/V1.
 - [34] R. Hasan Sarker, M. Azam Hossain, J. Ali, and M. Faisal Khan, "A Trust-Based Secure Parking Allocation for IoT-Enabled Sustainable Smart Cities," *Sustainability* 2023, Vol. 15, Page 6916, vol. 15, no. 8, p. 6916, Apr. 2023, doi: 10.3390/SU15086916.
 - [35] T. Yigitcanlar, K. C. Desouza, L. Butler, and F. Roozkhosh, "Contributions and risks of artificial intelligence (AI) in building smarter cities: Insights from a systematic review of the literature," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 6, 2020, doi: 10.3390/EN13061473.