



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

MOVILIDAD Y TRANSPORTE INTELIGENTE: UNA REVISIÓN DE APLICACIONES Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN EL CONTEXTO DE UNA CIUDAD INTELIGENTE

Smart mobility and transportation: a review of emerging applications and technologies in the context of a smart city

JOSÉ ALEJANDRO FRANCO CALDERON¹, ENRIQUE ESTUPIÑAN ESCALANTE²

Recibido:12 de abril de 2023. Aceptado:31 de mayo de 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2023.v10.n20.a142>

RESUMEN

El presente artículo examina diversas aplicaciones y tecnologías emergentes en el campo del transporte inteligente que busca mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de los sistemas de transporte mediante el uso de tecnologías de la información y la comunicación. En la revisión, se exploran los aspectos clave en los que las políticas gubernamentales pueden influir en la planificación del crecimiento de una ciudad, se aborda el concepto de ciudades inteligentes, transporte y movilidad inteligente y se realiza una revisión de aplicaciones que aportan soluciones en este contexto, se analizan las ventajas y desafíos de cada una de estas, así como su impacto potencial en la sociedad y el medio ambiente. Además, el artículo destaca la importancia de la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos en tiempo real para mejorar la toma de decisiones en el transporte inteligente, abordando temas relacionados con la privacidad y seguridad de los datos en este contexto, es así como, el papel transformador de las aplicaciones y tecnologías en el transporte, y su implementación adecuada puede contribuir a la construcción de ciudades más inteligentes, conectadas y sostenibles en el futuro.

Palabras clave: Movilidad; Transporte; Ciudades Inteligentes; Desarrollo sostenible.

ABSTRACT

This article examines various applications and emerging technologies in the field of intelligent transportation that seeks to improve the efficiency, safety and sustainability of transportation systems through the use of technology, the information and the communication. The review explores key aspects in which government policies can influence the planning of a city's growth, the concept of smart cities is addressed, intelligent transportation and mobility and a review of applications that provide solutions in this context is carried out, the advantages and challenges of each of these are analyzed, as well as their potential impact on society and the environment. Furthermore, the article highlights the importance of collecting and analyzing large volumes of data in real time to improve decision-making in intelligent transportation, addressing issues related to data privacy and security in this context, thus, the transformative role of applications and technologies in transportation, and their proper implementation can contribute to the construction of smarter, more connected and sustainable cities in the future.

Keywords: Mobility; Transport; Smart cities; Sustainable development.

-
- 1 Ingeniero Electrónico y Magister en electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito", especialista en diseño de aplicaciones para televisión digital interactiva y en administración de tecnologías de la información para la comunicación virtual de la Universidad Manuela Beltrán, Docente investigador de la facultad de ingeniería adscrito al Grupo de Investigación, Desarrollo e Innovación Sostenible -GIDIS de la Corporación Universitaria Republicana. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3931-2186> Correo electrónico: alejing@urepublicana.edu.co
 - 2 Ingeniero Electricista. Master of Science Communications Technology. Profesor Asociado de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9002-0731> Correo electrónico: enrique.estupinan@escuelaing.edu.co

I. INTRODUCCIÓN

LAS CIUDADES se clasifican hoy en día en términos de desarrollo sostenible, logrando identificar cuáles de ellas poseen desempeños adecuados, pero se debe tener en cuenta el contexto, el tamaño y los recursos disponibles que rodean el crecimiento homogéneo de cada ciudad[1]. La planificación para determinar el crecimiento de una determinada ciudad estará sujeta entonces a políticas gubernamentales que establecen directrices y normativas para el desarrollo urbano. Estas políticas son fundamentales para guiar el crecimiento y asegurarse de que las ciudades del futuro sean sostenibles, eficientes y brinden una alta calidad de vida para sus habitantes.

Algunos aspectos clave en los que las políticas gubernamentales pueden influir en la planificación del crecimiento de una ciudad son:

Zonificación y uso del suelo: Las políticas de zonificación determinan qué áreas de la ciudad están destinadas a fines residenciales, comerciales, industriales, recreativos, etc. Establecer un uso adecuado del suelo contribuye a un desarrollo urbano ordenado y evita problemas como la expansión caótica y el congestionamiento[2].

Medio ambiente y sostenibilidad: Las políticas ambientales pueden establecer normativas para la conservación de áreas verdes, la protección de espacios naturales y la implementación de prácticas de construcción sostenibles. Esto asegura que el crecimiento de la ciudad se realice en armonía con el medio ambiente[3].

Vivienda y desarrollo urbano inclusivo: Las políticas pueden abordar la vivienda asequible y el desarrollo urbano inclusivo, asegurando que todas las personas tengan acceso a una vivienda digna y que el crecimiento de la ciudad no genere desigualdades socioeconómicas[4].

Servicios públicos y equipamientos: Las políticas pueden determinar la ubicación y el acceso a servicios públicos como escuelas, hospitales, parques, centros comerciales, etc., para asegurar que los ciudadanos tengan acceso a los recursos necesarios para una buena calidad de vida[5].

Desarrollo económico: Las políticas pueden promover el desarrollo económico sostenible, fomentando la creación de empleo, atrayendo inversiones y apoyando a las empresas locales[6].

Transporte y movilidad: Las políticas gubernamentales pueden promover el desarrollo de infraestructuras de transporte público eficientes, incentivar el uso de modos de transporte sostenibles como caminar y andar en bicicleta, y establecer regulaciones para el tráfico vehicular[7]. Un buen enfoque en transporte y movilidad ayuda a reducir la congestión y la contaminación en las ciudades.

En ese sentido, estas políticas gubernamentales proporcionan una visión estratégica para el crecimiento y desarrollo de la ciudad, garantizando que este sea planificado, coordinado y sostenible en el largo plazo. La colaboración entre gobiernos locales, expertos en urbanismo y la participación de la comunidad son esenciales para asegurar que las políticas sean adecuadas y respondan a las necesidades y deseos de los ciudadanos.

II. CIUDADES INTELIGENTES

El concepto de Smart Cities o Ciudades Inteligentes ha ganado relevancia en la última década como una respuesta a los desafíos que enfrentan las áreas urbanas en un mundo cada vez más conectado y tecnológico. Una Smart City utiliza la tecnología y la información para mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos, optimizar la gestión de recursos y servicios, y promover un desarrollo urbano sostenible y eficiente. Fig. 1.



Fig. 1. La ciudad inteligente[8].

Las Ciudades Inteligentes utilizan tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para recopilar y analizar datos en tiempo real, contando con infraestructuras inteligentes, como sensores, redes de comunicación y sistemas de gestión integrados, que permiten monitorear y controlar diferentes aspectos urbanos, como el tráfico, el consumo de energía y la gestión de residuos[9].

De esta forma, las Smart Cities promueven prácticas sostenibles en el uso de recursos y en la gestión ambiental, con el objetivo de reducir la huella ecológica y mitigar el impacto ambiental. Es así como, se fomenta el uso de sistemas de transporte público eficientes, así como soluciones de movilidad compartida y alternativas de transporte sostenibles para reducir la congestión del tráfico y mejorar la calidad del aire[3].

Por lo anterior, el objetivo principal de una Smart City es mejorar la calidad de vida de sus habitantes, brindando servicios eficientes, seguridad, acceso a la educación y la salud, y espacios públicos adecuados para el esparcimiento y la convivencia.

Desde el contexto mundial, Norte América, Japón, Corea del Sur, China, India y parte de Europa han dado pasos realmente significativos en torno al tema medioambiental, esto en gran medida debido al compromiso acordado en la Convención Macro de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) el cual fijó como meta que para finales del año 2020 los países considerados como los mayores productores de Gases de Efecto Invernadero (GEI) reduzcan dichas emisiones en un 5.4% con relación a la década de los 90[10]. Todo un reto para las ciudades del futuro si tenemos en cuenta que estas serán las que albergarán gran parte de la población mundial.

Latinoamérica por otro lado no es ajena a esta tendencia, países como México, Argentina, Uruguay, Brasil y Colombia hacen esfuerzos significativos al reconocer en estudios preliminares que no son grandes productores de los GEI en comparación con el resto del mundo, pero no por ello son ajenos a brindar soluciones eficientes para las ciudades del mañana. Por este motivo desarrollan estudios y pruebas piloto que aportan soluciones a las ciudades actuales[11], hasta la puesta en marcha de proyectos para educar a la población entorno al

desarrollo sostenible de ciudades en crecimiento[12]. Aproximaciones que se ven tímidas con relación a las tecnologías disponibles y su implementación en países como Estados Unidos, Inglaterra, Japón, Corea del Sur o China, los cuales sugieren una hoja de ruta que promueve un avance más significativo en el tema medioambiental sin depender del ritmo de cada país.

III. TRANSPORTE Y MOVILIDAD INTELIGENTE

El transporte y movilidad inteligente hacen referencia a la aplicación de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el ámbito del transporte y la movilidad urbana con el objetivo de mejorar la eficiencia, seguridad, sostenibilidad y comodidad en el desplazamiento de personas y mercancías en las ciudades.

Se utilizan sistemas de comunicación avanzados, como sensores, redes de comunicación y dispositivos conectados, para recopilar datos en tiempo real sobre el tráfico, el estado de las carreteras, el transporte público, entre otros aspectos relevantes para la movilidad. Esto fomenta la implementación de sistemas de transporte público inteligentes, que incluyen aplicaciones móviles para planificar rutas, información en tiempo real sobre horarios y ubicaciones de autobuses o trenes, y sistemas de pago electrónico[13]. Fig. 2.

Dentro del contexto de la movilidad inteligente, se produce una integración sinérgica de múltiples elementos con el objetivo de optimizar y facilitar la gestión de sistemas de parqueo en entornos urbanos. Estos elementos abarcan una variedad de áreas y tecnologías para mejorar la eficiencia, la experiencia del usuario y la sostenibilidad en la movilidad urbana. Algunos de estos elementos son:

Gestión integrada de tarifas, pagos y reservas digitales: esta función implica la digitalización de procesos de tarifas y pagos para los espacios de estacionamiento, donde los usuarios pueden realizar pagos y reservas a través de aplicaciones móviles, lo que agiliza el proceso y permite una mayor transparencia en los costos asociados al estacionamiento.

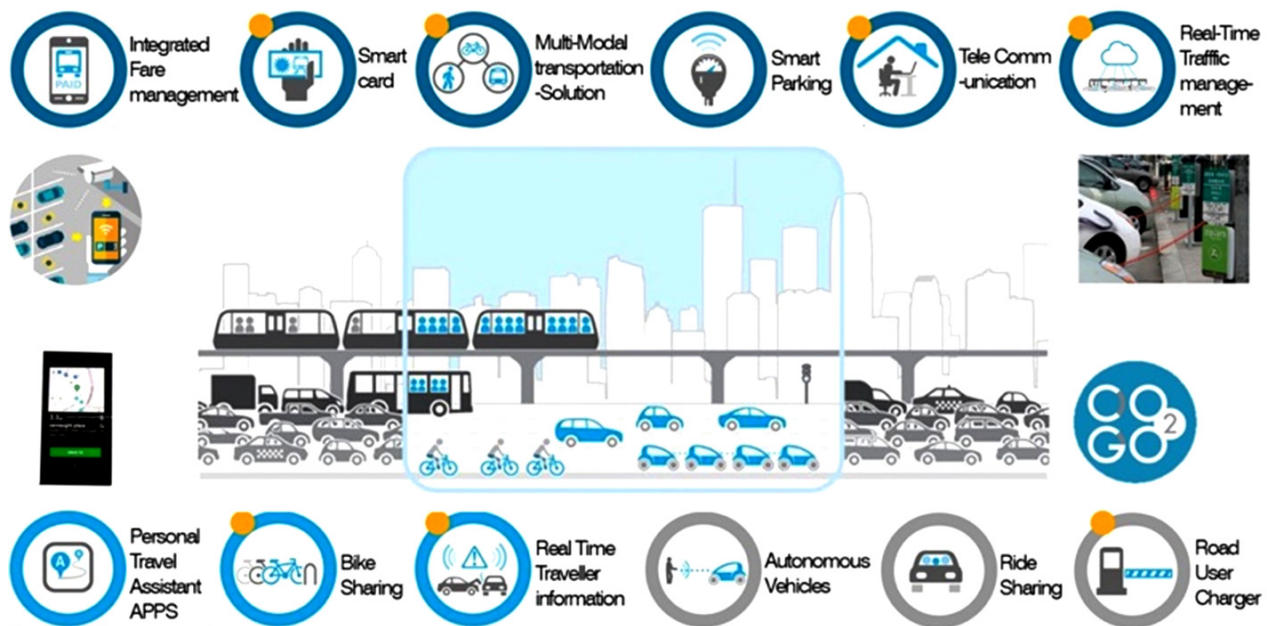


Fig. 2. Ecosistema de la Movilidad Inteligente[14]

Administración del tráfico en tiempo real: la gestión del tráfico en tiempo real se conecta con los sistemas de parqueo para monitorear la disponibilidad de espacios y dirigir a los conductores hacia áreas de estacionamiento vacías, reduciendo la congestión, minimizando la búsqueda de espacios y mejorando la fluidez del tráfico.

Asistencia en viajes: los sistemas de parqueo inteligente pueden brindar asistencia en la planificación de rutas y viajes, de esta manera, las aplicaciones pueden ofrecer sugerencias sobre la disponibilidad de estacionamiento en destino, combinando información de tráfico y datos de ocupación en tiempo real.

Sensores e Internet de las Cosas (IoT): la tecnología de sensores y el Internet de las Cosas se utilizan para monitorear la ocupación de espacios de estacionamiento en tiempo real, permitiendo una gestión más precisa y actualizada de la disponibilidad de espacios.

Análisis de datos: la recopilación y el análisis de datos sobre el uso de espacios de estacionamiento pueden proporcionar información valiosa para optimizar la distribución de espacios y tomar decisiones informadas sobre políticas de tarifas y gestión del tráfico.

Sistemas de pago electrónico y sin contacto: la integración de sistemas de pago electrónico y sin contacto simplifica el proceso de pago, lo que resulta en una experiencia más conveniente para los usuarios y reduce la necesidad de efectivo.

Plataformas de movilidad compartida: las plataformas de movilidad compartida, como los servicios de bicicletas y scooters compartidos, también pueden integrarse en sistemas de parqueo inteligente para proporcionar opciones de transporte interconectadas.

Tecnologías de Geolocalización: las tecnologías de geolocalización permiten a los usuarios encontrar fácilmente espacios de estacionamiento disponibles en función de su ubicación actual.

Integración con sistemas de transporte público: la integración de sistemas de parqueo con sistemas de transporte público puede promover la intermodalidad al ofrecer opciones de estacionamiento cercanas a estaciones de transporte público.

La integración de estos elementos tiene como objetivo mejorar la eficiencia de los sistemas de parqueo, reducir la congestión del tráfico y ofrecer una experiencia más fluida y conveniente para los usuarios, al tiempo que contribuye a una movi-

lidad más sostenible en las ciudades. Por esta razón, el propósito del presente artículo es revisar las aplicaciones y soluciones tecnológicas que están dirigidas a este ecosistema de la movilidad inteligente.

IV. REVISIÓN PRELIMINAR DE APLICACIONES EN EL CONTEXTO DEL TRANSPORTE INTELIGENTE

A continuación, se resume una serie de trabajos que aportan soluciones en el contexto global de la movilidad inteligente.

En Barcelona (España), se propuso un modelo matemático para la ciudad de que simuló la liberación / ocupación de espacios de parqueo y analizó su impacto en la congestión vehicular, comprobando la relación casi directa entre el aumento en la densidad de tráfico y la dinámica de búsqueda, selección y ubicación de un parqueadero.

Singapur, Londres y Oslo implementan un sistema dinámico de pago basado en la cantidad de flujo vehicular en una determinada vía, de allí surgen la propuesta de un sistema de cobro por congestión[15].

En otros trabajos, se propone sistemas de procesamiento de señales de video y mediante técnicas de visión artificial determinar de manera automática la disponibilidad de espacios en los parqueaderos[17].

Además de visión artificial, se propone un sistema que usa agentes inteligentes y considera una negociación de precios entre el parqueadero y el vehículo. El sistema se propone como una alternativa de comercio electrónico en donde pretende visibilizar los parqueaderos y que estos sean mejor aprovechados por los conductores, buscando una sana competencia entre administradores de parqueaderos y usuarios[18].

Existe, otra propuesta de un sistema de gestión dinámico de carriles vehiculares para compartir de una forma adecuada el espacio durante el tráfico. El modelo está basado en la visualización de datos y la adquisición de estos por medio de redes de sensores, segmentando y clasificando los vehículos que están en la vía para ubicarlos adecuada-

mente según la densidad de tráfico y los carriles disponibles. Concluye que el aumento de carriles por sí solo no soluciona la problemática de la densidad de tráfico. Es decir que, al aumentar el número de carriles estos deberán estar ligados a un sistema de gestión inteligente para el mejor su aprovechamiento[19].

El uso de una cámara web para determinar espacios libres en tiempo real propone el estudio, análisis e implementación de un prototipo de parqueadero inteligente presentando problemas al determinar la mejor ubicación de las cámaras. Concluye con grandes problemas debido a oclusiones ya sea por otros vehículos, personas u objetos que afectaban la visualización y posterior conteo de espacios disponibles[19].

Mediante lógica difusa y técnicas de programación se propone un sistema inteligente en la búsqueda de parqueaderos, el propósito particular es realizar un inventario de espacios disponibles[20].

El uso de redes de sensores inalámbricos para crear un sistema de monitoreo vehicular inteligente como una estrategia para mejorar el flujo de vehículos, permite el uso de tecnologías emergentes para el monitoreo de tráfico vehicular[21]

Parkit es una plataforma inteligente para la gestión de estacionamientos públicos o privados. Hace uso de redes de sensores magnéticos conectados inalámbricamente[22].

Por otro lado, el sistema iPARKING hace uso de la red de parquímetros públicos de la ciudad para la instalación y monitoreo de sensores de forma inalámbrica[23].

Existe una gran diversidad de aplicaciones orientadas a la optimización de tráfico y de los sistemas de parqueo, sin embargo, poco o nada servirán algunas de las soluciones anteriormente mencionadas, si no se logra cambiar los deficientes sistemas de transporte masivo y políticas gubernamentales poco estrictas en torno a la regulación y uso del suelo para la administración y gestión de parqueaderos, que contribuyen de forma negativa al flujo vehicular en una ciudad. La solución no solo estaría en crear nuevos sitios de parqueo, sino hacer de los que están disponibles lugares más eficientes con el ciudadano y el medio ambiente[25].

Actualmente existen una gran cantidad de dispositivos que permiten sensor y enviar información a través de redes móviles cada vez más rápidas y eficientes, por otro lado, la cantidad de procesamiento de información que un computador puede lograr ha ido aumentando sustancialmente hace unas décadas, todo ello sumado a la continua mejora en técnicas algorítmicas para el aprovechamiento y explotación al máximo de dicha información. Este contexto parece hoy en día ser muy favorable para la propuesta de sistemas de parqueaderos inteligentes analizados desde distintas perspectivas, tanto así que la revisión de trabajos aquí expuesta relaciona sensores, tecnologías de conexión y visualización de datos con la propuesta de algoritmos para la solución específica de problemas relacionados con la gestión de espacios de parqueaderos.

Existen soluciones que analizan un parqueadero en particular, como el caso de la combinación de sensores infrarrojo y de ultrasonido comunicados de forma inalámbrica en una red local mediante tecnología Xbee. Otros, presentan una visualización en tiempo real de la ocupación del parqueadero integrando un sistema móvil y web basado en Node.js y MySQL, junto con el uso de cámaras web, gran angulares e IP, así como de sensores de ultrasonido conectados directamente a internet para lograr determinar la ocupación en tiempo real integrando infraestructura existente[26]. En otro proyecto, el análisis clásico de imágenes, por medio de aprendizaje automático para determinar la ocupación de un espacio de parqueadero, se ha probado un algoritmo de poda aleatoria del árbol de clasificación para procesar grandes volúmenes de imágenes y así catalogar adecuadamente la información presente independiente de las condiciones de luz y de los posibles obstáculos[27].

Otra solución probada de forma experimental en un parqueadero subterráneo, se construyó con sensores PIR, cámaras IP y computadores de palcas reducida como la Raspberry Pi3 que en conjunto con información del usuario proponen un algoritmo de búsqueda lineal optimizado que mejor ubica al vehículo con el lugar en donde se debe estacionar[28].

Otra propuesta que se presenta es a partir de un modelo de tres capas de sensores magnéticos ubicados en distintas partes del estacionamiento, capa uno en la entrada, capa dos en la salida y capa

tres en los pasillos y lugares propios a estacionar en el parqueadero, esta información se relaciona con distintos algoritmos para obtener mejoras en los cálculos promedios y dinámicas propias del parqueadero mediante visualización móvil y web[29].

De forma general se hace una revisión de distintos sensores utilizados en un grupo de parqueaderos inteligentes, allí se analiza la relevancia de los distintos sensores y la integración posible con otras tecnologías. Se evidencia entonces que no todos los sensores existentes son adecuados para todo tipo de estacionamiento, esto está condicionado debido a entornos medioambientales y de aplicación según los modelos de datos[30].

Otro enfoque distinto para la gestión de espacios en un parqueadero se aborda no solo desde la óptica de sensado, procesado de información y visualización, donde se automatiza el proceso de estacionar un vehículo mediante un sistema de guía interno inteligente. El sistema sabe el estado general de ocupación del parqueadero y mediante control difuso e información en tiempo real acomoda el vehículo en el mejor espacio disponible. Esto permite que un usuario del sistema no tenga que esperar tiempo al momento de buscar y acomodar su vehículo en el parqueadero, logrando reducir el tiempo invertido en dicho proceso hasta en 30 minutos según una prueba experimental realizada del sistema en un parqueadero de una cadena de supermercados[31]. Un proceso similar al anteriormente descrito[32] donde el vehículo guía no lo hace mediante control difuso sino mediante la aplicación de algoritmos genéticos para la búsqueda del “espacio libre”, además el usuario debe indicarle al sistema un tiempo tentativo durante el cual hará uso de dicho espacio, todo con el fin de mejorar el algoritmo de negociaciones del sistema.

Cuando la gestión de espacios de parqueadero no solo hace referencia a uno de ellos sino a un conjunto de estos, se presenta entonces un entorno de múltiples variantes, esto presupone la integración dinámica entre múltiples estacionamientos y vehículos. Una forma inteligente de gestionar espacios en varios parqueaderos, donde se evalúa la posibilidad de reservar un cupo y proponen para ello un modelo de precio dinámico para la separar el mismo. El modelo es generado mediante un

análisis de Poisson que relaciona la cantidad de vehículos solicitando reservas, la cantidad de tráfico en la zona de llegada y la variación del tiempo con relación al precio del parqueadero, se demuestra que el modelo no solo ayuda a los conductores con el proceso de planeación del viaje sino a los administradores del parqueadero, ya que les permite evidenciar una mejora significativa en los ingresos percibidos al hacer un uso completo de los recursos propios del estacionamiento durante periodos de tiempo que se consideraban de poca demanda[33].

Dentro de la anterior dinámica de múltiples parqueaderos – vehículos y la posible interacción para gestionarlos de forma eficiente se encuentran soluciones de múltiples agentes, donde se contemplan factores tales como la ubicación inicial, la ubicación del destino, el costo por estacionar, volumen del flujo vehicular e información de infraestructura vial existente para ubicar a los conductores de la manera más adecuada en grupos de estacionamiento en vía y en centros o campus universitarios. Hacen uso de distintas técnicas algorítmicas de búsquedas heurísticas para lograr la integración completa de toda la información. El problema general con este tipo de análisis para múltiples agentes es la obtención de información verídica y “en tiempo real” bajo el cual se alimenta el sistema, ya que no todas las ciudades presentan los mismos recursos y desarrollos tecnológicos que puedan hacer viable la integración en sí[34].

Por otro lado, se hace una revisión a distintas aplicaciones móviles para la búsqueda de estacionamientos, donde se pretende analizar estas en términos de: seguridad de información, fuga de privacidad, islas de información en las búsquedas de estacionamientos y brechas digitales. Se encuentra que muchas aplicaciones son percibidas como inseguras y potencialmente pueden representar un riesgo a la privacidad, por el lado de las islas de información encuentran como factor primordial el no tener información actualizada o en tiempo real por parte de los operadores de los parqueaderos y la brecha digital demuestra ser grande al no tener infraestructura en la ciudad para comunicar sensores con servidores y estos a su vez con los usuarios[35].

Por último, se hace una revisión de distintas técnicas y sistemas implementados para la búsqueda

inteligente de espacios de parqueadero. Allí se resumen técnicas tanto para uno como para múltiples estacionamientos, integración de sensores y algoritmos, así como de ventajas y desventajas de los grandes sistemas interconectados para la organización armoniosa de la información[36].

V. VENTAJAS Y DESAFÍOS

La revisión preliminar de aplicaciones en el contexto del transporte inteligente implica analizar y evaluar diversas aplicaciones y soluciones tecnológicas que están siendo utilizadas para mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad en el ámbito del transporte y específicamente en los sistemas de parqueo, de esta manera, se tiene una visión general de cómo la tecnología está impactando la movilidad urbana y cómo estas aplicaciones pueden beneficiar a los usuarios y a las ciudades en general.

Al investigar sobre aplicaciones y soluciones se encuentran desarrollos relacionados con navegación, sistemas de transporte público, sistemas de parqueo inteligente, plataformas de movilidad compartida, entre otras, integrando tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y la analítica de datos. Estas aplicaciones brindan en común funcionalidades y servicios que pretenden mejorar la experiencia del usuario, así como contribuir a la eficiencia del transporte y la movilidad. Lo anterior incide en el ahorro de tiempo, reducción de emisiones, optimización del tráfico, reducción de congestión, incentivos para la movilidad sostenible, etc.

Sin embargo, tras las ventajas, los desafíos que pueden surgir en este tipo de desarrollos están orientados a la privacidad de los datos y la adopción de estas herramientas tecnológicas por parte de la población.

A medida que las aplicaciones de movilidad inteligente recopilan y utilizan datos de ubicación, hábitos de viaje y otros datos personales para proporcionar servicios personalizados y mejorar la eficiencia, surge la preocupación por la privacidad de los datos. Los usuarios pueden estar preocupados por cómo se almacenan, protegen y utilizan sus datos personales y de ubicación, por tanto debe existir un consentimiento informado, para asegurarse de que los usuarios comprendan cómo se

recopilan y utilizan sus datos y darles la opción de proporcionar su consentimiento. Además, se deben implementar medidas de seguridad sólidas para proteger los datos contra el acceso no autorizado y las brechas de seguridad, proporcionando información clara y detallada sobre cómo se utilizan los datos, con quién se comparten y cómo se benefician los usuarios.

VI. CONCLUSIONES

Con la revisión de literatura, se concluye en el panorama actual de la Movilidad Inteligente y aplicaciones tecnológicas que el desarrollo es incipiente; existen diversas propuestas y trabajos que pueden contribuir a una movilidad más sostenible, eficiente y accesible para todos los ciudadanos, pero depende de otras variables como políticas en movilidad, acuerdos que unifiquen metodologías de implementación y funcionamiento a partir de tecnologías, estrategias de financiamiento, y una mayor conciencia ciudadana sobre los beneficios de la movilidad inteligente.

En el panorama actual de la Movilidad Inteligente, se han identificado diversas aplicaciones tecnológicas que buscan mejorar la movilidad urbana. Estas incluyen sistemas de parque bajo el uso de datos en tiempo real para optimizar rutas y horarios, sistemas de estacionamiento inteligente que ayudan a los conductores a encontrar espacios libres, y soluciones de tráfico entre otras.

Sin embargo, el desarrollo de la movilidad inteligente se enfrenta a varios desafíos y barreras que deben superarse, pues es necesario contar con políticas en movilidad que promuevan e impulsen el desarrollo de soluciones inteligentes y sostenibles. La colaboración entre entidades gubernamentales, empresas y la sociedad civil es esencial para establecer marcos normativos y legales adecuados que fomenten la adopción de tecnologías de movilidad inteligente.

La diversidad de propuestas y soluciones tecnológicas disponibles puede dificultar la adopción a gran escala. Es fundamental establecer acuerdos y estándares que unifiquen las metodologías de implementación y funcionamiento para lograr una mayor interoperabilidad entre diferentes sis-

temas y facilitar la colaboración entre actores involucrados.

El desarrollo e implementación de tecnologías de movilidad inteligente requieren inversiones significativas. Es necesario encontrar estrategias de financiamiento sostenibles, ya sea a través de fondos públicos, inversión privada o modelos de asociación público-privada, para garantizar la viabilidad y continuidad de estos proyectos.

La adopción exitosa de soluciones de movilidad inteligente también depende de la conciencia y aceptación por parte de los ciudadanos. Es esencial educar a la población sobre los beneficios de estas tecnologías, como la reducción de la congestión, la mejora de la calidad del aire y la disminución de las emisiones de carbono.

A pesar de estos desafíos, existen grandes oportunidades para transformar la movilidad urbana a través de la tecnología. La movilidad inteligente tiene el potencial de mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas de transporte, reducir la contaminación y mejorar la calidad de vida en las ciudades. Con el trabajo conjunto de todos los actores involucrados, se puede avanzar hacia una movilidad más inteligente, accesible y sostenible para todos los ciudadanos.

REFERENCIAS

- [1] L. Soumaya, How to strategize smart cities: Revealing the SMART model. *Journal of Business Research*, 68, 1414–1419. 2015.
- [2] Estudio general de suelos y zonificación de tierras, Departamento de Guainía. Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014.
- [3] G. A. Rodríguez, B. Londoño Toro, G.J. Herrera Carrascal, Ciudades ambientalmente sostenibles. Colombia, Editorial Universidad del Rosario, 2008.
- [4] Cultura: futuro urbano: informe mundial sobre la cultura para el desarrollo urbano sostenible. Francia: UNESCO Publishing. 2017.
- [5] I. Kunz, Usos de suelo y territorio: tipos y lógicas de localización en la ciudad de México. México: Plaza y Valdés. 2003.
- [6] L. Abad Aragón, Estrategias de innovación industrial y desarrollo económico en las ciudades intermedias de España. España: Fundación BBVA. 2010.

- [7] M. Herce Vallejo, *Sobre la movilidad en la ciudad: Propuestas para recuperar un derecho ciudadano*. España: Reverte. 2019.
- [8] La ciudad inteligente. <http://www.automation-sense.com/medias/images/ville-intelligente.jpg>
- [9] M. Rivero, *Smart cities: una visión para el ciudadano*. España: LID Editorial Empresarial, S.L. 2016.
- [10] R. Hernández & H. Bastidas, *Uso de las Tic en el cambio climático global en Colombia*. *Clepsidra* (19), 37-46. 2015.
- [11] H. Vivas, P. Britos, N. García & M. Cambarieri, *Estudio y Evaluación de Tecnologías de la Información y la Comunicación para el Desarrollo de Ciudades Inteligentes*. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 147-151. 2013.
- [12] O. Vélez, *Adaptación ciudadana a las Tecnologías de Información y Comunicación en "Smart Cities" desde una perspectiva de la educación para el desarrollo sostenible, caso Medellín-Colombia*. 487-494. 2015.
- [13] *Hacia una movilidad limpia e inteligente: transporte y medio ambiente en Europa*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. 2016.
- [14] *Ecosistema de la Movilidad Inteligente*. <http://portfolio.cept.ac.in/wp-content/uploads/2015/03/Untitled-3-1024x512.jpg>.
- [15] M. Roca-Riu, E. Fernández & M. Estrada, *Parking slot assignment for urban distribution: Models and formulations*. *Omega*, 57, 157-175. 2015.
- [16] E. Gonzales, *Coordinated pricing for cars and transit in cities with hypercongestion*. *Economics of Transportation. Journal of the ITEA*, 4, 64-81. 2015.
- [17] D. Veintimilla, Y. Sigüencia & E. Nieto, *Diseño de un sistema inteligente de parqueo vehicular mediante videograbación e implementación de un prototipo de prueba para la FIEE*. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 2014.
- [18] S. Y. Chou, S. W. Lin & C. Li, *Dynamic parking negotiation and guidance using an agent-based platform*. *Expert Systems with Applications*, 35, 805-817. 2008.
- [19] Y. Macas, P. García & A. Sánchez, *Estudio y Análisis de prototipo de parqueaderos inteligentes en zona azul del Distrito Metropolitano de Quito*. Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. 2015.
- [20] D. Teodorovic & P. Lucic, *Intelligent parking systems*. *European Journal of Operational Research*, 175, 1666-1681. 2006.
- [21] D. Silva, J. Henao, C. Pedraza & F. Vega, *Uso de tecnologías emergentes para el monitoreo de tráfico vehicular*. *Actas de Ingeniería*, 139-144. 2015.
- [22] A. Formoso, A. Mazilli & R. Sotelo, *ParkIt - Plataforma inteligente de estacionamiento público*. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 85-94. 2014.
- [23] J. Acosta, J. Tintos, & J. Guerrero, *i-PARKING: Sistema Inteligente para Control de Plazas de Estacionamiento en Vías Públicas de Zonas Urbanas*. *Research in Computing Science*, 9-16. 2014.
- [24] A. Pachón, T. Liscano & D. Montoya, *Service Development Model in Intelligent Transportation Systems for Colombian Cities*. *Sistemas & Telemática*, 31-48. 2015.
- [25] R. Grodi, D. Rawat & F. Rios, *Smart Parking: Parking Occupancy Monitoring and Visualization System for Smart Cities*. IEEE. 2016.
- [26] P. Sadhukhan, *An IoT-based E-Parking System for Smart Cities*. IEEE, 1062-1066. 2017.
- [27] W. Cho, S. Park, M. Kim & S. Han, *Robust Parking Occupancy Monitoring System Using Random Forests*, 2016.
- [28] D. Kanteti, D. Srikar & T. Ramesh, *Smart Parking System for Commercial Stretch In Cities*. *International Conference on Communication and Signal Processing*, 1285-1289. 2017.
- [29] N. Chen, L. Wang, L. Jia, H. Dong & H. Li, *Parking Survey Made Efficient in Intelligent Parking Systems*. ELSEVIER, 487-495. 2016.
- [30] V. Paidi, H. Fleyeh, J. Ha?kansson & R. Nyberg, *Smart parking sensors, technologies and applications for open parking lots: a review*. *IET Intelligent Transport Systems*, 1-7. 2018.
- [31] C. Wang, D. Bertrant & R. Chalon, *Dynamic road lane management study. A Smart City application*. *Transportation Research Part E*, 1-16. 2015.
- [32] D. Thomas & B. Kooor, *A Genetic Algorithm Approach to Autonomous Smart Vehicle Parking system*. ELSEVIER, 69-76. 2018.
- [33] Q. Tian, L. Yang, C. Wang & H. Huang, *Dynamic pricing for reservation-based parking system: A revenue T management method*. ELSEVIER, 36-44. 2018.
- [34] Y. Geng & C. Cassandras, *A new «Smart Parking» System Infrastructure and Implementation*. ELSEVIER, 1278-1287. 2012.
- [35] R. Ma, P. Lam & C. Leung, *Potential pitfalls of smart city development: A study on parking mobile applications (apps) in Hong Kong*. ELSEVIER, 1-13. 2018.
- [36] A. Faheem, S. Mahmud, G. Khan, M. Rahman & H. Zafar, *A Survey of Intelligent Car Parking System*. *Journal of Applied Research and Technology*, 714-726. 2013.

