



**Universidad Tecnológica Ecotec**

**Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza**

**Título del Trabajo:**

Implementación de un sistema de gestión inteligente de estacionamiento vehicular.

Caso de estudio: Universidad Ecotec

**Línea de Investigación:**

Tecnologías de la Información y la Comunicación

**Modalidad de Titulación:**

Trabajo de Integración Curricular

**Carrera/Programa:**

Ingeniería en Tecnologías de la Información

**Título a Obtener:**

Ingeniero en Tecnologías de la Información

**Autor(a):**

Lizbeth Nicol Baque Torres

**Tutor:**

Mgtr. Marcos Antonio Espinoza Mena

Guayaquil – Ecuador

2024



**ANEXO No. 9**

**PROCESO DE TITULACIÓN  
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

Samborondón, 19 de diciembre de 2024

Magíster  
**Erika Ascencio**  
Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza  
Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: Implementación de un sistema de gestión inteligente de estacionamiento vehicular. Caso de estudio: Universidad Ecotec, fue revisado, siendo su contenido original en su totalidad, así como el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la guía para su elaboración, por lo que se autoriza al estudiante: **Lizbeth Nicol Baque Torres**, para que proceda con la presentación oral del mismo.

**ATENTAMENTE,**

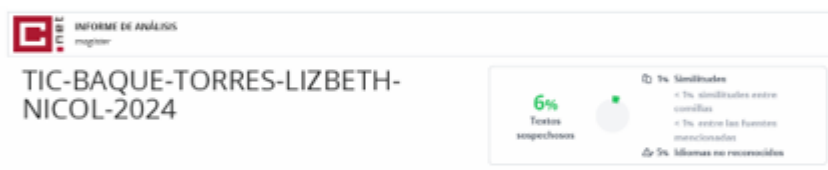


**Ing. Marcos Antonio Espinoza Mina, PhD.**

**Tutor**

**ANEXO No. 10****PROCESO DE TITULACIÓN  
CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Habiendo sido revisado el trabajo de titulación TITULADO: Implementación de un sistema de gestión inteligente de estacionamiento vehicular. Caso de estudio: Universidad Ecotec, elaborado por Lizbeth Nicol Baque Torres fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje del 6% mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del documento. Adicional se adjunta print de pantalla de dicho resultado.



ATENTAMENTE,



MARCOS ANTONIO  
ESPINOZA MINA

Ing. Marcos Antonio Espinoza Mina, PhD.  
Tutor

## **Dedicatoria y/o agradecimiento**

Dedico este trabajo a mis padres, Gisela Torres Quimi y Alin Baque Reyes, cuyo amor, sacrificio y apoyo incondicional me han permitido alcanzar este importante logro en mi vida. A lo largo de mi trayectoria académica, su aliento y confianza han sido mis mayores motivaciones. Gisela, tu fortaleza y dedicación han sido un ejemplo constante de perseverancia, y tus enseñanzas sobre la importancia del esfuerzo y la integridad me han guiado en cada paso que he dado. Alin, gracias por ser mi roca y por enseñarme a enfrentar los desafíos con valentía y determinación. Este logro es tan suyo como mío, y espero que puedan sentir el orgullo que siento al compartirlo con ustedes.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la elaboración de esta tesis. A mis profesores y mentores, quienes han compartido su conocimiento y me han guiado a lo largo de mi trayectoria académica. Su dedicación y compromiso con la enseñanza han sido esenciales en mi formación profesional y personal.

Asimismo, agradezco a los profesionales y expertos que me brindaron su apoyo durante la elaboración de esta investigación. Sus perspectivas y orientaciones han sido cruciales para dar forma a este trabajo y elevar su calidad.

Gracias a todos por ser parte de este capítulo de mi vida.

## Resumen

Este proyecto presenta la implementación de un sistema de gestión inteligente de estacionamiento vehicular en la Universidad Ecotec, diseñado para optimizar la asignación y el uso eficiente de los espacios de estacionamiento en el campus. Utilizando tecnologías, como sensores inteligentes y una interfaz web intuitiva, el sistema ofrece información en tiempo real sobre la disponibilidad de espacios, reduciendo significativamente el tiempo de búsqueda.

La investigación abordó problemas específicos de congestión vehicular, especialmente durante horarios de alta demanda, y buscó mejorar la experiencia de los usuarios mediante soluciones tecnológicas que no solo optimizan la logística del estacionamiento, sino que también promueven la sostenibilidad ambiental. Entre los principales hallazgos, se identificó una reducción promedio del 30% en el tiempo de búsqueda de espacios y un aumento en los niveles de satisfacción del usuario, con más del 85% de los encuestados calificando el sistema como útil. Asimismo, se logró una disminución de las emisiones vehiculares dentro del campus, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono.

El estudio empleó una metodología mixta, combinando análisis cuantitativo y cualitativo. A nivel cuantitativo, se recopilaron datos a través de encuestas y entrevistas a usuarios. Esta integración permitió correlacionar patrones de uso con indicadores clave de desempeño, como la disminución de la congestión y la percepción de los usuarios sobre la accesibilidad y eficiencia del sistema. Los datos recopilados se analizaron utilizando técnicas estadísticas para identificar tendencias significativas y áreas de mejora.

Entre las conclusiones más destacadas, el proyecto demostró ser técnicamente viable y altamente escalable, con el potencial de implementarse en otros entornos universitarios similares.

Sin embargo, se identificaron desafíos logísticos y técnicos, como la calibración de los sensores y la necesidad de una infraestructura de red más robusta para soportar el flujo de datos en tiempo real. Estas dificultades fueron abordadas mediante estrategias de mejora continua, incluyendo actualizaciones del software y ajustes en los procesos operativos.

Finalmente, se sugiere la adopción del sistema como una solución integral para la gestión de estacionamientos en instituciones educativas, con recomendaciones específicas para garantizar su sostenibilidad y maximizar su impacto positivo en el largo plazo. Este proyecto no solo representa un avance tecnológico en la administración de recursos físicos, sino que también contribuye al bienestar de la comunidad universitaria y al cuidado del medio ambiente.

## Summary

This project presents the implementation of an intelligent vehicle parking management system at Ecotec University, designed to optimize the allocation and efficient use of parking spaces on campus. Using technologies such as smart sensors and an intuitive web interface, the system provides real-time information on space availability, significantly reducing search time.

The research addressed specific traffic congestion issues, especially during high-demand times, and sought to improve user experience through technological solutions that not only optimize parking logistics, but also promote environmental sustainability. Among the main findings, an average 30% reduction in space search time and an increase in user satisfaction levels was identified, with more than 85% of respondents rating the system as useful. Likewise, a reduction in vehicle emissions was achieved within the campus, contributing to the reduction of the carbon footprint.

The study used a mixed methodology, combining quantitative and qualitative analysis. At a quantitative level, data was collected through surveys and user interviews. This integration made it possible to correlate usage patterns with key performance indicators, such as reduced congestion and users' perception of the system's accessibility and efficiency. The data collected was analyzed using statistical techniques to identify significant trends and areas for improvement.

Among the most notable conclusions, the project proved to be technically viable and highly scalable, with the potential to be implemented in other similar university environments. However, logistical and technical challenges were identified, such as sensor calibration and the need for a more robust network infrastructure to support real-time data flow. These difficulties were addressed through continuous improvement strategies, including software updates and adjustments to operational processes.

Finally, the adoption of the system is suggested as a comprehensive solution for parking management in educational institutions, with specific recommendations to guarantee its sustainability and maximize its positive impact in the long term. This project not only represents a technological advance in the management of physical resources, but also contributes to the well-being of the university community and the care of the environment.



## Tabla de contenido

Dedicatoria y/o agradecimiento .....	2
Resumen.....	5
Summary.....	7
Introducción.....	18
Contexto histórico-social y antecedentes .....	20
Objetivos de la Investigación .....	21
Objetivo general .....	21
Objetivos específicos .....	21
Justificación.....	22
Marco Teórico.....	24
1.1 Internet de las Cosas (IoT) y Aparcamiento Inteligente.....	24
1.2 Aplicaciones Web y Movilidad Inteligente .....	25
1.2.1 Usabilidad y Accesibilidad .....	25
1.2.2 Desarrollo de Aplicaciones Web para la Gestión de Estacionamientos.....	26
1.2.3 Integración de Tecnologías Web en Sistemas de Gestión .....	26
1.2.4 Ventajas de las Aplicaciones Integradas.....	27
1.3 Tecnologías Inteligentes para la Gestión de Estacionamientos.....	28
1.3.1 Sensores Inteligentes y sus aplicaciones en la gestión de estacionamientos .....	28
1.3.2 Tipos de sensores inteligentes.....	29
1.3.3 Beneficios de los sensores inteligentes en la gestión de estacionamientos .....	31

1.3.4 Ejemplos de implementación exitosa.....	31
1.4 Sistema Inteligente de Gestión de Estacionamiento .....	32
1.4.1 Estacionamiento Inteligente.....	33
1.5 Movilidad Sostenible en el Entorno Universitario .....	34
1.5.1 Beneficios para la Comunidad Universitaria .....	35
1.5.2 Problemas en la Asignación de Espacios de Estacionamiento en el Contexto Ecuatoriano .....	36
1.6 Normativas y Legislaciones Ecuatoriana en la Gestión de Estacionamientos.....	39
1.6.1 Constitución de la República del Ecuador .....	39
1.6.2 Ley de Tránsito y Transporte Terrestre .....	40
1.6.3 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) 40	
1.6.4 Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2248).....	41
1.6.5 Programa Nacional de Desarrollo Urbano .....	42
1.7 Análisis de Casos de Éxito en Implementaciones de Sistemas de Estacionamiento Inteligente.....	43
1.8 Futuras Tendencias en la Gestión de Estacionamientos.....	44
Metodología .....	46
Análisis de resultados .....	51
Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	68
Referencias y bibliografía .....	70

Anexos .....	73
--------------	----

## **Tablas**

Tabla 1: Pregunta 1 .....	52
---------------------------	----

Tabla 2: Pregunta 2 .....	53
---------------------------	----

Tabla 3: Pregunta 3 .....	54
---------------------------	----

Tabla 4: Pregunta 4 .....	55
---------------------------	----

Tabla 5: Pregunta 5 .....	56
---------------------------	----

Tabla 6: Pregunta 6 .....	57
---------------------------	----

Tabla 7: Pregunta 7 .....	58
---------------------------	----

Tabla 8: Pregunta 8 .....	59
---------------------------	----

Tabla 9: Pregunta 9 .....	60
---------------------------	----

Tabla 10: Pregunta 10 .....	61
-----------------------------	----

## Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1: Internet de las Cosas .....	25
Ilustración 2: Sensor Ultrasónico .....	29
Ilustración 3: Sensores Magnéticos .....	30
Ilustración 4: Sensores LIDAR.....	30
Ilustración 5: Sensor Inteligente .....	32
Ilustración 6: Sistema Inteligente.....	33
Ilustración 7: Espacios de Estacionamiento.....	38
Ilustración 8: Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2248).....	42
Ilustración 9:Futuras Tendencias en la Gestión de Estacionamientos.....	45
Ilustración 10: Arquitectura del sistema .....	49
Ilustración 11: Pregunta 1 .....	52
Ilustración 12: Pregunta 2.....	53
Ilustración 13: Pregunta 3.....	54
Ilustración 14: Pregunta 4.....	55
Ilustración 15: Pregunta 5.....	56
Ilustración 16: Pregunta 6.....	57
Ilustración 17: Pregunta 7.....	58
Ilustración 18: Pregunta 8.....	59

Ilustración 19: Pregunta 9.....	60
Ilustración 20: Pregunta 10.....	61
Ilustración 21: Estacionamiento Ecotec.....	73
Ilustración 22: Arquitectura del sistema vehicular .....	73
Ilustración 23: Arquitectura física básica.....	74
Ilustración 24: Topología Estrella.....	74
Ilustración 25: Representación del hardware.....	75

## **Glosario de Términos**

**Algoritmo de asignación:** Conjunto de reglas y procedimientos lógicos implementados en un sistema de software para distribuir eficientemente recursos, como espacios de estacionamiento, en función de variables específicas como la ubicación, disponibilidad y tiempo de uso.

**Análisis de tráfico vehicular:** Evaluación sistemática de patrones de movimiento de vehículos en un área específica, empleando herramientas de recolección de datos como sensores de tránsito o cámaras de vigilancia.

**Backend:** Parte del sistema o aplicación encargada de gestionar la lógica del negocio y el almacenamiento de datos, operando de manera no visible para el usuario final.

**Big Data:** Conjunto de datos masivos y complejos que requieren técnicas avanzadas de procesamiento y análisis para extraer información útil. En este proyecto, se utiliza para predecir la demanda de espacios de estacionamiento.

**Dashboard:** Interfaz gráfica interactiva que permite visualizar métricas y datos clave en tiempo real para facilitar la toma de decisiones.

**Gestión en tiempo real:** Capacidad de un sistema para procesar y actuar sobre datos al momento de ser generados, mejorando la eficiencia operativa y la experiencia del usuario.

**Interoperabilidad:** Habilidad de diferentes sistemas o componentes para intercambiar y utilizar información de manera efectiva mediante estándares y protocolos comunes.

**Machine Learning (ML):** Subcampo de la inteligencia artificial que emplea algoritmos para que los sistemas puedan aprender de los datos sin ser programados explícitamente, aplicado aquí para optimizar predicciones de ocupación de estacionamientos.

**Optimización de recursos:** Proceso de maximizar la eficiencia del uso de recursos disponibles, como espacios de estacionamiento, mediante técnicas computacionales y analíticas avanzadas.

**Protocolo de comunicación:** Conjunto de reglas y estándares que permiten el intercambio de información entre dispositivos dentro de una red, como MQTT o HTTP en sistemas IoT.

**Sensores de proximidad:** Dispositivos electrónicos que detectan la presencia o ausencia de un objeto cercano sin contacto físico, utilizados comúnmente para monitorear la ocupación de espacios de estacionamiento.

**Sostenibilidad:** En el contexto de este proyecto, capacidad del sistema de estacionamiento para operar eficientemente mientras minimiza el impacto ambiental y fomenta prácticas responsables.

**UX/UI:** Conjunto de prácticas orientadas a garantizar que la interacción con el sistema sea intuitiva, eficiente y satisfactoria.

## Listado de abreviaturas

**IA:** Inteligencia Artificial (Inteligencia Artificial).

**API:** Interfaz de programación de aplicaciones (Interfaz de Programación de Aplicaciones).

**APP:** Aplicación móvil diseñada para interactuar con usuarios finales mediante dispositivos inteligentes.

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono, compuesto químico cuya emisión se asocia al impacto ambiental del tráfico vehicular.

**GPS:** Sistema de Posicionamiento Global (Sistema de Posicionamiento Global). Tecnología utilizada para localizar vehículos y espacios.

**HTTP:** Protocolo de transferencia de hipertexto (Protocolo de Transferencia de Hipertexto). Protocolo estándar para la comunicación en redes web.

**IoT:** Internet de las Cosas (Internet de las cosas). Red de dispositivos conectados que comparten información para mejorar la eficiencia y funcionalidad del sistema.

**JSON:** Notación de objetos JavaScript. Formato de intercambio de datos ligero y ampliamente utilizado en aplicaciones web.

**ML:** Aprendizaje Automático. Técnica de inteligencia artificial utilizada para analizar patrones de ocupación y predecir tendencias.

**MQTT:** Transporte de telemetría de colas de mensajes. Protocolo de mensajería ligero diseñado para dispositivos IoT.

**REST:** Transferencia de Estado Representacional. Arquitectura para el diseño de APIs utilizadas en sistemas distribuidos.



**SQL:** Lenguaje de Consulta Estructurado (Lenguaje de Consulta Estructurado). Herramienta usada para gestionar y manipular bases de datos en el sistema backend.

**TI:** Tecnologías de la Información. Conjunto de herramientas y procesos tecnológicos que permiten la gestión y procesamiento de datos.

**UI:** Interfaz de usuario (Interfaz de Usuario). Parte visual e interactiva del sistema con la que los usuarios interactúan directamente.

**UX:** Experiencia de Usuario (Experiencia del Usuario). Percepción y satisfacción general de los usuarios al interactuar con un sistema o servicio.

## Introducción

La movilidad vehicular en entornos urbanos ha experimentado un crecimiento constante, generando desafíos significativos en la gestión de estacionamientos. Este fenómeno se observa particularmente en ciudades principales de Ecuador, como Guayaquil y Quito, donde la búsqueda de espacios de estacionamiento representa una tarea ardua y frustrante para los conductores (Sánchez I. & Shicay C., 2015). Dentro de este panorama, la Universidad Ecotec enfrenta desafíos específicos relacionados con la gestión ineficiente de sus espacios de estacionamiento, afectando negativamente la experiencia de su comunidad universitaria. Problemas como la congestión vehicular, la competencia por espacios limitados y la asignación ineficiente de recursos se han intensificado debido al crecimiento constante de su población estudiantil y docente.

A diferencia de otras instituciones de educación superior que han adoptado soluciones tecnológicas, la Universidad Ecotec continúa dependiendo de métodos convencionales, limitando su capacidad para satisfacer la creciente demanda. Además, la ubicación geográfica del campus y las características de su infraestructura agravan esta problemática, reflejándose en tiempos de espera prolongados, emisiones de gases contaminantes y niveles elevados de frustración entre los usuarios. La ausencia de un sistema automatizado y centralizado no solo afecta la operatividad de estacionamiento, sino que también genera un impacto negativo en la movilidad y el medio ambiente circundante.

El aumento constante en la cantidad de vehículos ha exagerado la demanda de estacionamientos, resultando en tiempos prolongados de búsqueda y perturbaciones auditivas ambiental (Acosta S. & Chicaiza L., 2020).

La relevancia de desarrollar una solución integral para la gestión del estacionamiento en la Universidad Ecotec resuelta evidente no solo al considerar los inconvenientes para la comunidad

universitaria, sino también los impactos negativos en la movilidad y el medio ambiente circundante. Este proyecto de titulación propone una solución integral mediante el diseño de un sistema de gestión inteligente de estacionamientos para la Universidad Ecotec. Este sistema combina tecnologías avanzadas, como sensores que monitorean en tiempo real la disponibilidad de espacios, y una plataforma web intuitiva que facilita el acceso de los usuarios a información actualizada. El enfoque integral del proyecto busca no solo optimizar la asignación de espacios y reducir los tiempos de búsqueda, sino también abordar de manera directa el impacto en los usuarios al mejorar su experiencia y en el medio ambiente al disminuir las emisiones de carbono derivadas de la congestión vehicular.

Para lograr este objetivo, se evaluaron distintas alternativas tecnológicas y operativas, como sistemas de reserva anticipada de espacios y la asignación de áreas específicas según el tipo de usuario (estudiantes, docentes, personal administrativo). Sin embargo, estas opciones demostraron ser insuficientes al no adaptarse de manera integral a las fluctuaciones en la demanda ni ofrecer información en tiempo real. Tras un análisis exhaustivo, se determinó que la implementación de un sistema inteligente con sensores y una plataforma digital es la solución más adecuada, por lo que, no solo responde a los problemas actuales, sino que también permite escalabilidad futura y se alinea con las tendencias globales en movilidad sostenible.

De manera integral, el proyecto no solo aborda los problemas identificados en términos operativos, sino que también considera el impacto más amplio en la calidad de vida de los usuarios y la sostenibilidad ambiental. Al optimizar los tiempos de búsqueda y mejorar la asignación de espacios, se reduce el estrés y la frustración de los usuarios, mientras que la disminución en la congestión contribuye a la reducción de emisiones contaminantes, alineándose con los objetivos de sostenibilidad del campus. Este enfoque holístico busca transformar la experiencia de los usuarios en el campus y establecer un modelo replicable para otras instituciones educativas con desafíos similares.

## **Contexto histórico-social y antecedentes**

El estacionamiento vehicular en entornos universitarios ha pasado de ser una simple necesidad a convertirse en un desafío logístico y ambiental en el contexto actual. En Ecuador, universidades como la Universidad Ecotec no han sido ajenas a esta problemática, especialmente en ciudades como Guayaquil, donde la proliferación de vehículos ha incrementado la demanda de gestionar adecuadamente los espacios de estacionamiento. Estudios previos (Acosta S. & Chicaiza L., 2020) señalan que la falta de información sobre la disponibilidad de espacios es uno de los principales factores que agravan este problema. Esta ineficiencia en la asignación de estacionamientos no solo contribuye al congestionamiento vehicular, sino que también afecta negativamente la calidad de vida de la comunidad universitaria, al alargar los tiempos de búsqueda y aumentar la contaminación ambiental.

En este escenario, la implementación de un sistema de gestión inteligente de estacionamiento se presenta como una respuesta estratégica. Este enfoque no solo aborda los problemas actuales, sino que también sienta las bases para una movilidad más eficiente y sostenible en el campus universitario.

El problema científico que orienta este proyecto se define de la siguiente manera: ¿Cómo optimizar la gestión del estacionamiento en entornos universitarios para mejorar la experiencia de los usuarios? A partir de esta interrogante central, se derivan preguntas específicas que abordan los desafíos en la asignación eficiente de espacios, la eficacia de los sensores para monitorear la disponibilidad de estacionamientos y el diseño de una interfaz web intuitiva que facilita el acceso a la información.

## **Objetivos de la Investigación**

### **Objetivo general**

- Implementar un sistema de gestión inteligente de estacionamiento vehicular en la Universidad Ecotec.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar la infraestructura del estacionamiento actual de la Universidad Ecotec, identificando aspectos clave como capacidad de espacios, patrones de uso y disponibilidad diaria, para determinar los principales problemas en la asignación de espacios.
- Diseñar un sistema de sensores inteligentes, capaz de monitorear y reportar en tiempo real la disponibilidad de espacios de estacionamiento, garantizando un margen de error inferior al 5% en la precisión de los datos recopilados.
- Implementar una interfaz web intuitiva, que permita a los usuarios acceder de manera instantánea a información sobre la disponibilidad de espacios de estacionamiento, evaluando su efectividad mediante pruebas de usabilidad con al menos el 80% de satisfacción por parte de los usuarios evaluados.

## **Justificación**

La optimización de la gestión de estacionamientos en entornos universitarios es una necesidad apremiante, especialmente en instituciones como la Universidad Ecotec, donde la distribución ineficiente de los espacios genera congestión vehicular, retrasos y una experiencia insatisfactoria para estudiantes, docentes y visitantes. Este problema no solo afecta el bienestar de la comunidad académica, sino que también deteriora la percepción de la universidad como una institución moderna y funcional. Estudios recientes en el contexto ecuatoriano, como los desarrollados en la Universidad de Cuenca y la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), han demostrado que la implementación de tecnologías inteligentes en la gestión de estacionamientos reduce significativamente los tiempos de búsqueda de espacios y mejora la satisfacción de los usuarios.

En el caso de la Universidad Ecotec, la dependencia de métodos convencionales para la asignación de espacios no responde a las necesidades de una comunidad universitaria en crecimiento, lo que evidencia la urgencia de una solución tecnológica. Este proyecto propone un sistema de gestión inteligente de estacionamientos que combina sensores para monitorear la disponibilidad de espacios en tiempo real con una interfaz web intuitiva que permita a los usuarios acceder rápidamente a esta información. Al optimizar el proceso de estacionamiento, se busca no solo mejorar la experiencia del usuario, sino también minimizar la congestión vehicular, reducir emisiones contaminantes y fomentar un uso eficiente de los recursos disponibles.

Además, el impacto de este proyecto trasciende la solución inmediata al problema de la Universidad Ecotec. Al integrar tecnologías y priorizar la movilidad sostenible, este sistema se alinea con prácticas internacionales y sienta las bases para futuras aplicaciones en otras universidades e incluso en contextos urbanos más amplios. Por ejemplo, la implementación de sistemas similares en instituciones internacionales como la Universidad de Málaga (España) ha

evidenciado mejoras sustanciales en la movilidad interna de los campus y una reducción del 25% en las emisiones de gases contaminantes.

Finalmente, este proyecto no solo se enfoca en resolver los problemas actuales, sino que también establece un marco replicable para otras instituciones educativas en Ecuador y la región. La integración de sensores y plataformas digitales no solo responde a los desafíos de infraestructura, sino que también fomenta la investigación en áreas como la movilidad urbana sostenible y la gestión inteligente de recursos. Esto lo convierte en un modelo a seguir para abordar problemas cotidianos de alta demanda vehicular con soluciones tecnológicas innovadoras y sostenibles.

## **Marco Teórico**

El marco teórico establece los fundamentos necesarios para entender los desafíos y las oportunidades en la gestión de estacionamientos en entornos universitarios, con un enfoque en la Universidad Ecotec. Se analizan conceptos claves como la movilidad sostenible, sensores inteligentes, Internet de las cosas (IoT), y el impacto social y ambiental de las tecnologías aplicadas, así como normativas específicas de Ecuador.

### **1.1 Internet de las Cosas (IoT) y Aparcamiento Inteligente.**

La Internet de las Cosas (IoT) se fundamenta en la integración de sensores inteligentes y middleware, facilitando la conexión entre clientes y dispositivos terminales. Este enfoque tecnológico tiene la capacidad de proporcionar información relevante al público sobre diversos aspectos implementados en nuestro entorno. Un ejemplo destacado de la aplicación de la IoT es el Sistema de Gestión de Aparcamientos, catalogado como uno de los proyectos principales dentro de esta esfera (C. Lee, Y. Han, S. Jeon, D. Seo and I. Jung, 2016).

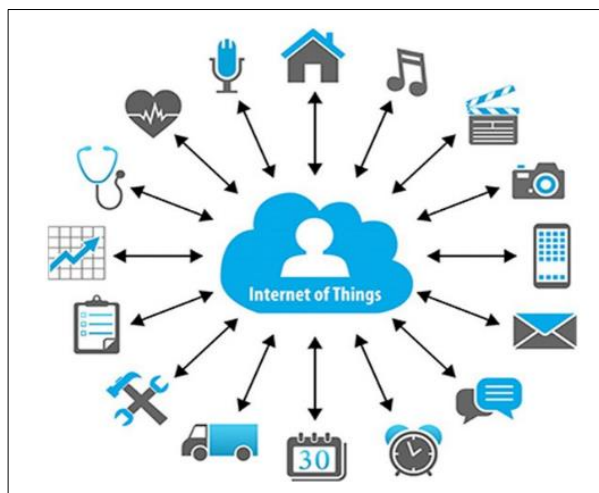
En el contexto de la gestión de estacionamientos mediante IoT, los conductores tienen la posibilidad de visualizar la disponibilidad del estacionamiento en tiempo real a través de una interfaz web. Este sistema no solo informa al conductor sobre la disponibilidad de espacios, sino que también reduce significativamente el tiempo promedio de búsqueda de plazas de aparcamiento, registrando una disminución del 43% (Mulloy, 2021).

Este avance tecnológico no solo optimiza la eficiencia del estacionamiento, sino que también genera beneficios ambientales tangibles. La reducción del tiempo de búsqueda no solo facilita la experiencia del conductor, sino que también contribuye directamente a la disminución de las emisiones de carbono, ya que los vehículos pasan menos tiempo en movimiento.

A pesar de los beneficios evidentes de la IoT para el medio ambiente y la eficiencia del estacionamiento, es esencial reconocer que su implementación conlleva desafíos y



consideraciones éticas que deben abordarse para garantizar un desarrollo sostenible en el ámbito de la movilidad urbana.



*Ilustración 1: Internet de las Cosas*

## 1.2 Aplicaciones Web y Movilidad Inteligente

Las aplicaciones web y móviles son elementos fundamentales en un sistema de gestión de estacionamiento inteligente, por lo que, brindan una interfaz accesible y funcional que permite a los usuarios visualizar en tiempo real la disponibilidad de espacios, realizar reservaciones y, en algunos casos, gestionar pagos. Además de simplificar la experiencia del usuario, estas aplicaciones permiten una administración centralizada y basada en datos, lo que optimiza la toma de decisiones.

### 1.2.1 Usabilidad y Accesibilidad

El diseño de una aplicación intuitiva y accesible es clave para el éxito de un sistema de estacionamiento inteligente. Una interfaz bien estructurada y con accesibilidad universal facilita la adopción del sistema y promueve una mayor participación por parte de los usuarios.

En el contexto de la Universidad Ecotec, una aplicación web accesible desde cualquier navegador y sin necesidad de descargas resultaría especialmente útil. Esto permitiría a estudiantes, personal

y visitantes consultar la disponibilidad de espacios de forma rápida y efectiva, sin importar su nivel de familiaridad con la tecnología.

Incorporar accesibilidad universal en el diseño garantiza que personas con discapacidades o limitaciones tecnológicas puedan utilizar el sistema sin barreras. Además, una interfaz adaptable asegura una experiencia uniforme en distintos dispositivos, ya sea en computadoras, tabletas o teléfonos móviles.

### **1.2.2 Desarrollo de Aplicaciones Web para la Gestión de Estacionamientos**

Las aplicaciones web permiten a los usuarios interactuar con el sistema de estacionamiento desde cualquier dispositivo con conexión a Internet, facilitando una experiencia accesible y adaptable.

La principal ventaja de una aplicación web es su accesibilidad universal, eliminando la necesidad de instalaciones y permitiendo su uso inmediato a través de navegadores web. Esto asegura que cualquier persona, desde cualquier ubicación, pueda acceder a la información de disponibilidad de manera rápida.

Una aplicación web específica para la gestión de estacionamientos puede incluir funciones avanzadas como notificaciones en tiempo real de disponibilidad, recordatorios de tiempo de estacionamiento. Estas características facilitan una gestión proactiva del tiempo de los usuarios y contribuyen a una experiencia más organizada y eficiente en el campus universitario.

### **1.2.3 Integración de Tecnologías Web en Sistemas de Gestión**

Integrar tecnologías web en el sistema de gestión de estacionamiento permite la comunicación eficiente entre diferentes componentes, como la interfaz de usuario, el procesamiento de datos y la base de datos central.

**Sincronización y Eficiencia Operativa:** La integración de tecnologías web asegura que cada función del sistema de estacionamiento, desde la consulta de disponibilidad opere de manera sincronizada. Esto reduce errores, agiliza los procesos y permite un monitoreo centralizado en tiempo real, lo que es especialmente útil para los administradores.

**Plataforma Centralizada:** La tecnología web permite centralizar todas las operaciones de gestión de estacionamiento, como el control de entradas y salidas, la gestión de reservas y el seguimiento de pagos. Esta centralización facilita el análisis de datos, ayudando a los administradores a identificar patrones de uso y a planificar mejoras.

#### **1.2.4 Ventajas de las Aplicaciones Integradas**

Las aplicaciones integradas en el sistema de gestión de estacionamientos ofrecen ventajas notables tanto para los usuarios como para los administradores:

- **Accesibilidad Remota:** Los usuarios pueden acceder a la plataforma desde cualquier ubicación, permitiendo gestionar las consultas, lo cual les brinda mayor flexibilidad y conveniencia.
- **Interfaz Amigable y Consistente:** Las aplicaciones integradas en el sistema proporcionan una experiencia de usuario fluida, con una interfaz intuitiva que facilita la navegación, independientemente del nivel de experiencia tecnológica de los usuarios.
- **Gestión Centralizada y Eficiente:** La centralización de funciones permite a los administradores tener un control completo sobre las operaciones de estacionamiento, con acceso inmediato a información detallada y actualizada que facilita la toma de decisiones.

**Actualizaciones y Mejoras Continuas:** Las aplicaciones web permiten actualizaciones frecuentes y mejoras basadas en las necesidades de los usuarios y en los avances tecnológicos. Esto garantiza que el sistema se mantenga alineado con las expectativas de los usuarios y que

se adapten rápidamente a cualquier cambio en las políticas de gestión de estacionamiento del campus.

### **1.3 Tecnologías Inteligentes para la Gestión de Estacionamientos**

La implementación de tecnologías inteligentes es esencial para resolver los problemas asociados con la asignación de espacios de estacionamiento en el campus universitario. Estas tecnologías, que incluyen sensores, plataformas IoT y sistemas de inteligencia artificial, permiten recopilar y analizar datos en tiempo real sobre la disponibilidad de espacios, contribuyendo a una gestión más eficiente, una mejor experiencia para los usuarios y un impacto positivo en la sostenibilidad del campus.

#### **1.3.1 Sensores Inteligentes y sus aplicaciones en la gestión de estacionamientos**

Los sensores inteligentes son dispositivos fundamentales en los sistemas de estacionamiento modernos, por lo que, permiten detectar la ocupación de los espacios en tiempo real y transmitir esta información a una plataforma central. Entre los sensores más utilizados se encuentran los sensores infrarrojos, ultrasónicos y magnéticos, cada uno con ventajas específicas en términos de precisión y alcance.

La tecnología de sensores ha evolucionado de dispositivos analógicos a digitales y, recientemente, a dispositivos conectados a través de la Internet de las Cosas (IoT). Esta evolución ha mejorado su robustez, precisión y capacidad para transmitir datos en tiempo real. La implementación de estos sensores permite reducir el tiempo de búsqueda de estacionamiento y optimizar la ocupación de los espacios. En ciudades como Barcelona, el uso de sensores inteligentes ha mejorado la eficiencia de los estacionamientos en un 25%, lo que subraya su efectividad en entornos urbanos congestionados.

La interconexión de sensores en tiempo real permite una monitorización más eficaz, facilitando la creación de entornos más seguros y eficientes. Además de su impacto en la industria y la investigación, los sensores inteligentes están transformando la vida cotidiana. Desde la

monitorización de la calidad del aire hasta la gestión de la energía en edificios inteligentes, estos dispositivos desempeñan un papel crucial en la creación de ciudades más inteligentes y sostenibles.

### 1.3.2 Tipos de sensores inteligentes

Existen diversos tipos de sensores utilizados en los sistemas de estacionamiento, cada uno con características específicas que los hacen adecuados para diferentes escenarios:

#### Sensores ultrasónicos

Utilizan ondas de sonido para detectar la presencia de vehículos. Su aplicación es común en estacionamientos individuales, donde se necesita verificar la ocupación de cada espacio. Estos sensores son económicos, precisos y de fácil instalación, lo que los convierte en una solución ideal para estacionamientos interiores.

**Aplicación práctica:** Usados ampliamente en centros comerciales y aeropuertos para mostrar en paneles la disponibilidad de espacios libres.



*Ilustración 2: Sensor Ultrasónico*

#### Sensores magnéticos

Detectan cambios en el campo magnético cuando un vehículo se encuentra presente. Son ideales para estacionamientos al aire libre, ya que son resistentes a condiciones climáticas adversas y tienen un bajo consumo de energía.

**Ventaja clave:** Son discretos y pueden integrarse al pavimento, minimizando su impacto visual.

Cámaras con inteligencia artificial (IA)

Estas cámaras no solo detectan la ocupación de espacios, sino que también permiten el reconocimiento de matrículas, análisis de patrones de tráfico y monitoreo de seguridad. Están diseñadas para estacionamientos grandes y complejos, donde la gestión visual es crucial.

**Caso de uso:** Implementadas en estaciones de tren y grandes corporaciones para monitorear accesos y salidas en tiempo real.



*Ilustración 3: Sensores Magnéticos*

### **Sensores LIDAR**

Utilizan tecnología de detección y medición de luz para crear mapas tridimensionales en tiempo real. Aunque son más costosos, son ideales para aplicaciones en estacionamientos automatizados o altamente tecnificados.

**Aplicación innovadora:** Se han utilizado en sistemas de estacionamiento robótico que mueven vehículos automáticamente a espacios asignados.



*Ilustración 4: Sensores LIDAR*

### **Sensores infrarrojos**

Detectan vehículos mediante la interrupción de un haz de luz infrarroja. Estos sensores son simples pero efectivos, especialmente en barreras de entrada y salida.

**Beneficio clave:** Son fiables en espacios interiores donde no hay interferencia lumínica.

### 1.3.3 Beneficios de los sensores inteligentes en la gestión de estacionamientos

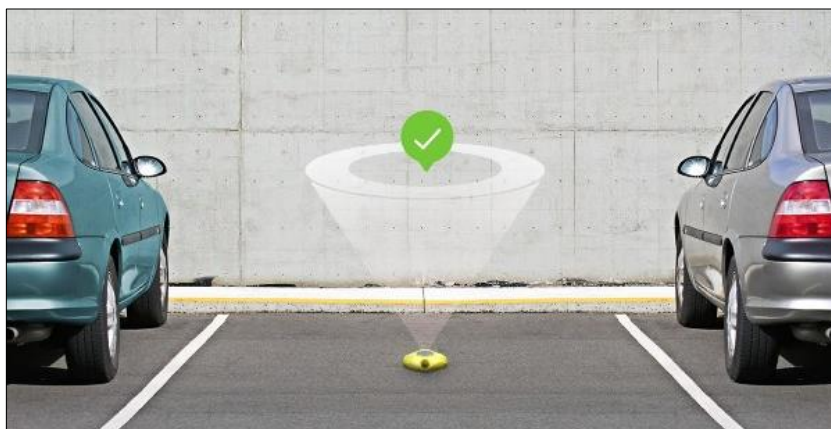
El uso de sensores inteligentes en estacionamientos ofrece múltiples beneficios, entre ellos:

- **Reducción del tiempo de búsqueda de espacios:** Los conductores reciben información en tiempo real sobre espacios disponibles, lo que disminuye la congestión y el consumo de combustible.
- **Optimización de la capacidad del estacionamiento:** Mediante la monitorización constante, se pueden asignar los espacios de manera más eficiente.
- **Incremento en la satisfacción del usuario:** Un proceso de estacionamiento más rápido y eficiente mejora la experiencia del cliente.
- **Impacto ambiental positivo:** Al reducir los tiempos de búsqueda y el consumo innecesario de combustible, se minimiza la huella de carbono.

### 1.3.4 Ejemplos de implementación exitosa

En países como España y Estados Unidos, se han desarrollado sistemas integrados que utilizan sensores inteligentes para gestionar estacionamientos en ciudades congestionadas. Por ejemplo, el sistema ParkSmart en Barcelona integra sensores magnéticos y cámaras IA para optimizar la asignación de espacios, reduciendo un 30% el tiempo de búsqueda de estacionamiento (Moreno et al., 2022).

Para la Universidad Ecotec, los sensores de movimiento representan una solución viable, brindando datos precisos sobre la disponibilidad de espacios. Esto no solo mejora la experiencia de los usuarios, sino que también facilita la toma de decisiones en la administración del campus, permitiendo una mejor asignación de recursos y el desarrollo de políticas de movilidad sustentable.



*Ilustración 5: Sensor Inteligente*

#### **1.4 Sistema Inteligente de Gestión de Estacionamiento**

Un sistema de gestión de estacionamiento inteligente combina sensores avanzados, inteligencia artificial y plataformas web para ofrecer una solución completa que va más allá de la simple recopilación de datos. Según el estudio de (Sánchez I. & Shicay C., 2015), estos sistemas mejoran tanto la experiencia del usuario como la eficiencia operativa de las instalaciones.

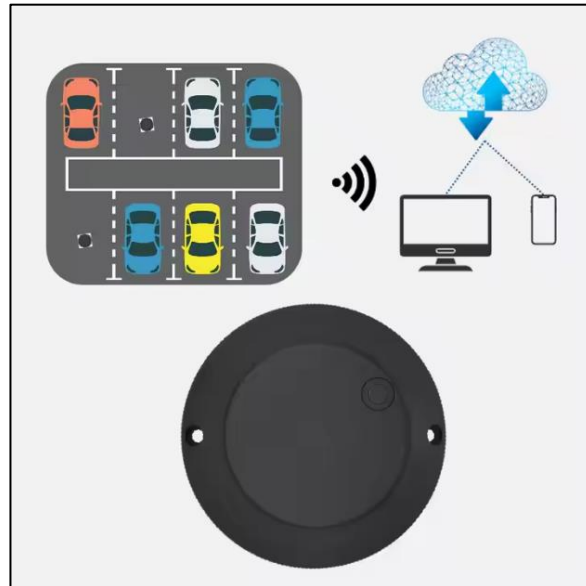
Los sistemas inteligentes no solo detectan la ocupación de los espacios de estacionamiento, sino que también incorporan algoritmos de aprendizaje que permiten adaptarse a patrones de uso específicos del entorno universitario. Esto permite optimizar los recursos y prever situaciones de alta demanda, ajustando la asignación de espacios y sugiriendo rutas alternativas.

En el contexto de la Universidad Ecotec, un sistema inteligente ofrece una solución integral para gestionar los espacios de estacionamiento de forma flexible, adaptándose a las necesidades cambiantes de los usuarios. Estos sistemas también son capaces de enviar alertas y recomendaciones en tiempo real a los usuarios, mejorando la movilidad y reduciendo la congestión dentro del campus.

La implementación de un sistema inteligente de estacionamiento en el campus no solo optimiza la disponibilidad de espacios, sino que también fomenta una movilidad más sostenible al reducir las emisiones y el tráfico generado por la búsqueda de estacionamiento. Este enfoque alinea los



objetivos de sostenibilidad de la universidad con las necesidades prácticas de los usuarios, mejorando la calidad de vida en el campus.



*Ilustración 6: Sistema Inteligente*

#### 1.4.1 Estacionamiento Inteligente

El concepto de estacionamiento inteligente integra múltiples tecnologías avanzadas, como sensores, cámaras y aplicaciones móviles, para optimizar la gestión de espacios y mejorar la experiencia del usuario. Estos sistemas utilizan sensores, cámaras y aplicaciones web para facilitar la búsqueda de espacios disponibles.

Entre las características de un Sistema Inteligente de Estacionamiento:

- **Reducción de Tiempos de Espera:** Gracias a la información en tiempo real, los conductores pueden encontrar lugares de estacionamiento de manera más rápida y eficiente.
- **Monitoreo y Seguridad:** La inclusión de cámaras de seguridad y sistemas de reconocimiento de matrículas no solo facilita la gestión de los espacios, sino que también incrementa la seguridad en las instalaciones.

- **Acceso a Datos Analíticos:** Los datos recogidos permiten a los administradores obtener estadísticas sobre el uso de los espacios de estacionamiento y hacer proyecciones para futuras expansiones, adaptando los recursos a las necesidades reales.

Al aprovechar la inteligencia artificial y la conectividad, los sistemas de estacionamiento inteligente pueden analizar los patrones de uso de los espacios y hacer ajustes en tiempo real. Esto contribuye a reducir el tráfico interno en el campus, disminuye las emisiones contaminantes y reduce el tiempo perdido en la búsqueda de estacionamiento, promoviendo un entorno universitario más sostenible.

### **1.5 Movilidad Sostenible en el Entorno Universitario**

La movilidad sostenible es un enfoque que busca minimizar el impacto ambiental del transporte y promover una calidad de vida urbana. En el caso de la Universidad Ecotec, la optimización del uso de los espacios de estacionamiento puede contribuir a este objetivo, reduciendo la congestión vehicular y las emisiones de gases contaminantes. La implementación de tecnologías inteligentes permite a las universidades optimizar la utilización de los espacios disponibles, reduciendo así la congestión y las emisiones contaminantes.

Las estrategias de gestión tradicional, que a menudo dependen de la infraestructura física y manual, son superadas por sistemas que utilizan tecnología para monitorear la disponibilidad de espacios en tiempo real. (Jara, 2015) argumenta que la adopción de estas tecnologías puede llevar a una disminución significativa en el tiempo que los conductores pasan buscando estacionamiento.

El avance tecnológico ha introducido soluciones innovadoras en la gestión de estacionamientos. La implementación de sensores y sistemas de información en tiempo real mejora la asignación de espacios y optimiza la movilidad en entornos universitarios (Sánchez I. & Shicay C., 2015)

### 1.5.1 Beneficios para la Comunidad Universitaria

La implementación de un sistema de estacionamiento inteligente en la Universidad Ecotec trae múltiples beneficios que contribuyen al bienestar y satisfacción de los usuarios del campus, además de alinearse con los objetivos de sostenibilidad y responsabilidad social universitaria.

Entre estos beneficios se encuentran:

- **Reducción del Estrés y la Frustración de los Usuarios:** La búsqueda de estacionamiento en horas pico es una fuente significativa de frustración y estrés, especialmente cuando se dispone de un tiempo limitado para llegar a clase. La información en tiempo real sobre espacios disponibles disminuye el tiempo y la incertidumbre asociados a encontrar un lugar de estacionamiento, mejorando así la experiencia general de los usuarios en el campus.
- **Ahorro de Tiempo y Mayor Productividad:** Al reducir el tiempo que los estudiantes y el personal dedican a buscar un espacio, el sistema permite aprovechar mejor el tiempo en actividades académicas, laborales o personales. Esto puede traducirse en una mayor puntualidad y un mejor aprovechamiento de los recursos universitarios, incrementando la productividad tanto de estudiantes como de profesores.
- **Mejora de la Calidad del Aire y del Entorno:** Al disminuir los tiempos de circulación en búsqueda de estacionamiento, se reduce la cantidad de emisiones de gases contaminantes, como CO<sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno, mejorando la calidad del aire en el campus. Este beneficio es particularmente importante en un entorno educativo, donde la universidad se convierte en un referente de prácticas sostenibles y responsables frente a la comunidad.
- **Fomento de la Responsabilidad Social Universitaria:** La implementación de tecnologías verdes y sostenibles, como un sistema de gestión inteligente de estacionamientos, refuerza el compromiso de la Universidad Ecotec con la RSU,

promoviendo prácticas que mejoran la calidad de vida de su comunidad y fortalecen su rol como institución comprometida con el desarrollo social y ambiental.

- **Promoción de una Cultura de Movilidad Inteligente:** La universidad, al implementar este sistema, educa a su comunidad sobre los beneficios de la movilidad sostenible y el uso responsable de recursos. Esta iniciativa puede inspirar a los estudiantes y empleados a adoptar prácticas de movilidad inteligente fuera del campus, contribuyendo a un impacto positivo a mayor escala.
- **Reducción del Impacto del Ruido:** La disminución de la circulación de vehículos en busca de estacionamiento reduce el ruido vehicular, mejorando la tranquilidad del campus y creando un entorno más propicio para el aprendizaje y la concentración. Esto es especialmente beneficioso en áreas sensibles como bibliotecas, auditorios, y salas de estudio.
- **Optimización del Uso de Recursos Universitarios:** La gestión inteligente de estacionamientos permite a la universidad obtener datos valiosos sobre el uso de sus instalaciones. Esto facilita una mejor planificación de futuras expansiones, mejoras de infraestructura y distribución de recursos, asegurando una asignación óptima en función de la demanda real.

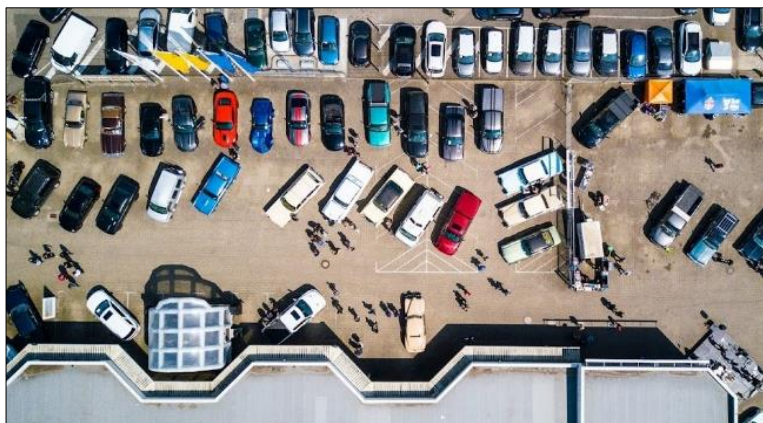
### **1.5.2 Problemas en la Asignación de Espacios de Estacionamiento en el Contexto Ecuatoriano**

En Ecuador, la congestión vehicular en áreas urbanas y de alta densidad, como las universidades, es un problema creciente que afecta la calidad de vida y la sostenibilidad ambiental. En instituciones educativas como la Universidad Ecotec, la falta de un sistema que proporcione información en tiempo real sobre el recurso vacío de los espacios de estacionamiento agrava esta situación. La ausencia de datos actualizados sobre los espacios disponibles lleva a una

búsqueda ineficiente de estacionamiento, causando problemas tanto a nivel individual como colectivo.

- 1. Falta de Información en Tiempo Real:** Los usuarios carecen de herramientas para conocer la disponibilidad de espacios de estacionamiento antes de llegar al campus. Esto significa que el tiempo de búsqueda de espacios se prolonga, especialmente en horas pico, lo que causa demoras en la llegada a clases y aumenta el estrés de los usuarios. Según el estudio de (Acosta S. & Chicaiza L., 2020), la implementación de sistemas de datos en tiempo real tiene el potencial de reducir significativamente el tiempo perdido y las emisiones generadas en este proceso, lo cual es particularmente relevante en contextos donde la infraestructura de estacionamiento es limitada.
- 2. Congestión Vehicular y Contaminación Ambiental:** La prolongada circulación de vehículos en busca de estacionamiento no solo aumenta la congestión dentro del campus y sus alrededores, sino que también contribuye a una mayor emisión de gases contaminantes, afectando la calidad del aire. En el contexto de la Universidad Ecotec, ubicada en una zona de alta concurrencia, esta situación agrava los problemas de movilidad y va en contra de los principios de sostenibilidad que la universidad busca promover.
- 3. Impacto en la Comunidad Universitaria:** Los estudiantes, profesores y personal administrativo experimentan estrés, pérdida de tiempo y una disminución en la satisfacción general debido a la ineficiencia en la gestión de estacionamientos. Estos problemas no solo afectan su bienestar emocional, sino que también pueden impactar en su rendimiento académico y laboral. La frustración generada por la falta de espacios disponibles o el tiempo que lleva encontrarlos, especialmente en momentos críticos como exámenes o reuniones importantes, puede afectar la percepción general de los servicios ofrecidos por la institución.

**Comparativa Internacional:** El caso de la Universidad de California evidencia la importancia de los sistemas de información en tiempo real para la gestión de estacionamientos. En esta institución, se reportó un aumento del 30% en el tiempo de búsqueda de estacionamiento cuando no se contaba con datos actualizados sobre la disponibilidad de espacios, lo cual afectó negativamente la experiencia de los usuarios y provocó un aumento en las emisiones y la congestión (Giancarlo, 2019). Este caso subraya la necesidad de adoptar soluciones tecnológicas en Ecuador para enfrentar desafíos similares, promoviendo una experiencia más eficiente y sostenible.



*Ilustración 7: Espacios de Estacionamiento*

En Ecuador, uno de los retos adicionales para implementar sistemas inteligentes de estacionamiento es la falta de infraestructura adecuada y la escasa cultura de uso de tecnologías orientadas a la movilidad. En muchas instituciones y espacios públicos, no se prioriza la implementación de tecnologías de movilidad inteligente, lo cual retrasa el proceso de modernización. Para instituciones como la Universidad Ecotec, esto significa que no solo se debe abordar la tecnología en sí, sino también fomentar la adopción y familiarización de la comunidad universitaria con estas herramientas.

La planificación urbana en Ecuador ha priorizado históricamente el uso del automóvil, con una infraestructura que no siempre considera las necesidades de movilidad sostenible. Este enfoque ha resultado en una falta de espacios de estacionamiento adecuados en áreas de

alta demanda, especialmente en instituciones educativas ubicadas en zonas urbanas. La Universidad Ecotec no es ajena a estos problemas, lo que hace que una solución tecnológica para la gestión de estacionamientos sea aún más relevante en este contexto.

## **1.6 Normativas y Legislaciones Ecuatoriana en la Gestión de Estacionamientos**

La normativa ecuatoriana establece un marco legal que regula la gestión y administración de estacionamientos, el cual debe ser cumplido para implementar un sistema de estacionamiento inteligente que sea funcional, seguro, inclusivo y sostenible. A continuación, se detallan cómo las principales normativas ecuatorianas impactan directamente la implementación de un sistema de estacionamiento inteligente en la Universidad Ecotec:

### **1.6.1 Constitución de la República del Ecuador**

La Constitución de Ecuador, en su artículo 31, garantiza el derecho a la movilidad, lo cual incluye el acceso a medios de transporte y espacios de estacionamiento adecuados, seguros y accesibles. Este derecho no solo abarca la movilidad en espacios públicos, sino también en instalaciones privadas de acceso público, como los campus universitarios.

Para implementar un sistema de estacionamiento inteligente, la Universidad Ecotec debe asegurar que la infraestructura de estacionamiento cumpla con los estándares de accesibilidad, priorizando la disponibilidad de espacios para personas con movilidad reducida. Esto implica considerar tanto el diseño de los espacios como el acceso seguro a los mismos. Además, el sistema facilita la movilidad en el campus sin comprometer la seguridad de peatones ni de los usuarios de vehículos.

El impacto en la implementación del sistema inteligente radica en incorporar elementos de accesibilidad, como notificaciones sobre la disponibilidad de espacios para personas con discapacidades y rutas de acceso seguras, alineándose con el principio constitucional que exige garantizar la movilidad inclusiva.

### **1.6.2 Ley de Tránsito y Transporte Terrestre**

La Ley de Tránsito y Transporte Terrestre regula la circulación y el estacionamiento vehicular en Ecuador, con el objetivo de mejorar la movilidad urbana y garantizar la seguridad vial. Esta normativa establece los lineamientos para la creación y gestión de áreas de estacionamiento y regula aspectos como la señalización, la accesibilidad y la gestión del flujo vehicular en espacios públicos y privados.

Para cumplir con esta ley, se debe asegurar que el sistema de estacionamiento inteligente esté dotado de una adecuada señalización, tanto en el ingreso y salida de los espacios como en las áreas de circulación. Asimismo, el flujo vehicular dentro del campus debe gestionarse de forma que garantice la seguridad de los peatones, evitando aglomeraciones y accidentes.

**Impacto en la Implementación:** El sistema deberá permitir una gestión ordenada del tránsito interno, integrando regulaciones automáticas para el acceso a ciertos espacios en función de la demanda y ocupación, lo que ayuda a evitar congestiones y a mejorar la experiencia del usuario.

### **1.6.3 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)**

El COOTAD regula la planificación urbana y el uso de espacios públicos, estableciendo las competencias de los municipios para administrar el suelo y las infraestructuras. En este sentido, la gestión de estacionamientos en áreas de acceso público, como las universidades, está sujeta a la normativa territorial que impone los municipios, quienes deben asegurar que estos espacios cumplan con los requisitos de seguridad y accesibilidad.

Dado que el campus universitario está dentro de la jurisdicción de un municipio, se debe coordinar la implementación del sistema de estacionamiento inteligente con la normativa municipal vigente en cuanto al uso y diseño de espacios de estacionamiento.



**Impacto en la Implementación:** El sistema de estacionamiento inteligente debe estar alineado con la planificación territorial establecida por el municipio, incluyendo aspectos de zonificación y regulación del espacio. Lo que podrá requerir ajustes en el número de espacios disponibles y la manera en que se organiza el flujo de vehículos en el campus, para que esté en línea con la normativa y no afecte el orden y movilidad en las zonas aledañas.

#### **1.6.4 Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2248)**

La Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2248) establece los estándares de diseño, seguridad y accesibilidad que deben cumplir los estacionamientos en Ecuador. Esta normativa especifica características como el tamaño mínimo de los espacios, las condiciones de iluminación, las rutas de acceso y las señalizaciones necesarias para un entorno seguro y accesible para todos los usuarios, incluyendo personas con discapacidades.

Cumplir con la NTE INEN 2248 significa asegurar que los espacios de estacionamiento tengan dimensiones adecuadas, estas bien iluminadas y disponer de señalización visible y clara, tanto para la circulación como para la ubicación de los espacios. Además, se consideran los espacios para personas con movilidad reducida, que deben estar ubicados estratégicamente y señalizados para asegurar su uso exclusivo y seguro.

**Impacto en la Implementación:** La implementación del sistema debe integrar tecnología que permita monitorear y garantizar el cumplimiento de estas normas, tales como cámaras para verificar la correcta utilización de los espacios para personas con discapacidades y sensores de ocupación que indiquen la disponibilidad de forma visual y accesible. La inclusión de estos elementos ayudará a que el sistema no solo sea eficiente, sino que también cumpla con las disposiciones legales de accesibilidad y seguridad.

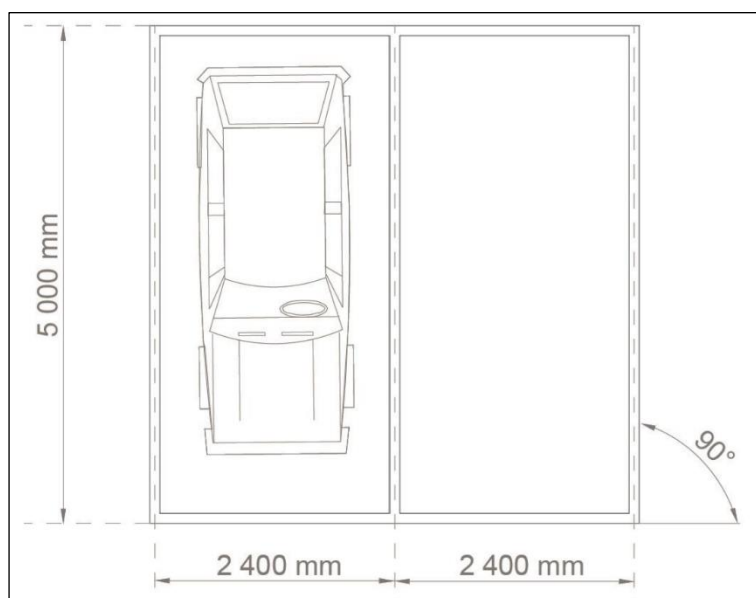


Ilustración 8: Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2248)

### 1.6.5 Programa Nacional de Desarrollo Urbano

El Programa Nacional de Desarrollo Urbano en Ecuador establece directrices para promover un desarrollo urbano sostenible en el país, impulsando la integración de tecnologías en la planificación y gestión de espacios públicos. Este programa se enfoca en optimizar el uso de infraestructuras y reducir el impacto ambiental de las operaciones en espacios urbanos, incluyendo la gestión de estacionamientos en instituciones educativas y otras áreas de alto tránsito.

En el contexto de este proyecto, la Universidad Ecotec tiene la oportunidad de implementar un sistema de estacionamiento inteligente que no solo optimice la disponibilidad y uso de espacios, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental en el campus. A través de tecnologías que minimicen el tiempo de búsqueda de estacionamiento, reduciendo la emisión de gases contaminantes y mejorando la eficiencia energética.

**Impacto en la Implementación:** El sistema de estacionamiento debe incluir elementos de diseño que favorezcan el uso responsable y sostenible del espacio. Implicando la integración de

tecnología IoT para monitorear el flujo de vehículos y gestionar de forma dinámica los espacios en función de la demanda. Además, la planificación de este sistema debe alinearse con los objetivos del programa, aprovechando soluciones tecnológicas para contribuir a un desarrollo urbano más verde y eficiente.

## **1.7 Análisis de Casos de Éxito en Implementaciones de Sistemas de Estacionamiento Inteligente**

La implementación de los sistemas inteligentes ha mostrado resultados positivos en distintas ciudades y universidades alrededor del mundo, incluyendo casos exitosos en Ecuador, que demuestran cómo la tecnología puede transformar la experiencia de los usuarios y mejorar la eficiencia en la gestión de espacios de estacionamiento:

**San Francisco, EE. UU. (SFpark):** El sistema SFpark, implementado por la Agencia Municipal de Transporte de San Francisco, monitorea en tiempo real la ocupación de espacios mediante sensores y ajusta las tarifas según la demanda. Este sistema optimiza la disponibilidad de espacios y reduce el tráfico, logrando una disminución del 43% en el tiempo de búsqueda de estacionamiento, con mejoras en la calidad del aire y reducciones en emisiones de carbono.

**Universidad de Málaga, España:** La Universidad de Málaga combina sensores, cámaras y un sistema de reservas para mejorar la movilidad en su campus, reduciendo significativamente el tiempo de búsqueda de estacionamiento. Además, integra su sistema de estacionamiento con iniciativas de movilidad sostenible, como el transporte en bicicleta y el uso compartido de vehículos.

**Implementación en Centros Comerciales y Aeropuertos:** En Quito y Guayaquil, centros comerciales y el Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo han implementado sistemas de estacionamiento inteligentes. Estos sistemas cuentan con sensores y señalización digital para

indicar espacios disponibles, optimizando el flujo de vehículos y minimizando el tiempo de búsqueda. Este tipo de implementación mejora la experiencia del usuario, reduce la congestión y apoya el compromiso con la sostenibilidad en ciudades de alta demanda vehicular.

**Universidad Técnica de Ambato (UTA):** En la UTA se han realizado pruebas piloto de estacionamiento inteligente para mejorar el flujo vehicular en sus instalaciones, integrando sensores y cámaras para monitorear la disponibilidad de espacios. Estas pruebas han permitido identificar beneficios en términos de reducción de tiempo de espera y mejora en la distribución de espacios, lo cual representa un avance hacia la implementación de un sistema de gestión de estacionamiento eficiente en universidades del país.

## **1.8 Futuras Tendencias en la Gestión de Estacionamientos**

La gestión de estacionamientos está evolucionando rápidamente con el avance de tecnologías emergentes diseñadas para mejorar la experiencia del usuario y optimizar el uso de los espacios. Estas tendencias tienen el potencial de transformar la forma que se gestiona el estacionamiento, especialmente en entornos académicos como la Universidad Ecotec.

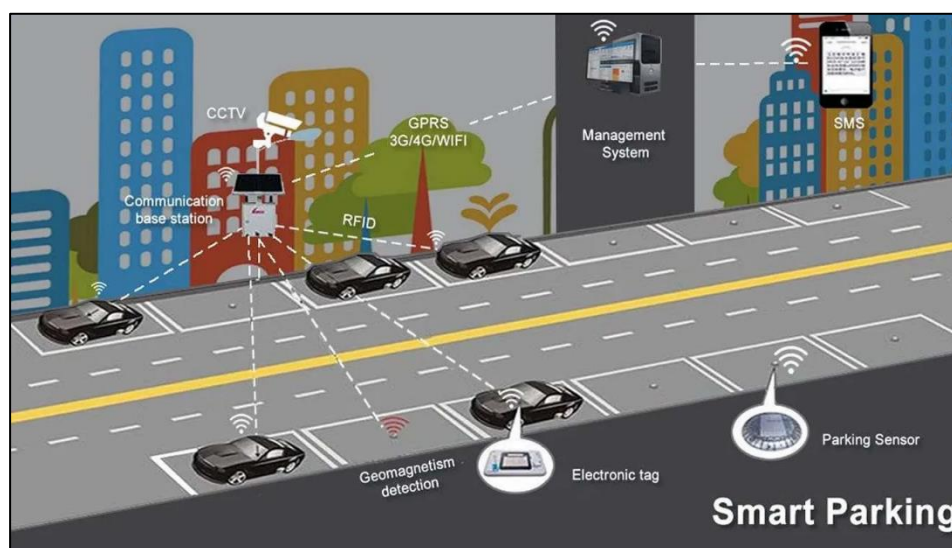
**Inteligencia Artificial (IA) y Aprendizaje Automático (ML):** La IA y el ML están revolucionando la predicción y optimización en el uso de estacionamientos. Los sistemas inteligentes analizan grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real, lo que permite prever la demanda de espacios, anticipar picos de ocupación y ajustar la disponibilidad de estacionamientos de manera eficiente. Esto reduce el tiempo de búsqueda y mejora la gestión de recursos, siendo una solución ideal para anticiparse a las horas pico y gestionar el flujo de vehículos en el campus de la Universidad Ecotec.

**Movilidad Sostenible y Energía Limpia:** Los estacionamientos inteligentes están incluyendo estaciones de carga para vehículos eléctricos y fuentes de energía renovable, promoviendo una

movilidad más ecológica. En Ecuador, esta tendencia se podría ver reforzada con la instalación de estaciones de carga en el campus de la Universidad Ecotec, incentivando el uso de vehículos eléctricos y contribuyendo a un entorno más sostenible.

**Aplicaciones de Realidad Aumentada (AR):** La realidad aumentada ofrece una forma avanzada de interactuar con el sistema de estacionamiento, permitiendo a los usuarios ver indicaciones en tiempo real sobre la disponibilidad de espacios en sus dispositivos móviles. En un campus universitario, esta tecnología ayudaría a los usuarios a encontrar el lugar de estacionamiento más cercano y adecuado según su ubicación.

**Sistemas Basados en Blockchain para Seguridad y Transparencia:** La tecnología blockchain tiene el potencial de mejorar la transparencia y seguridad en las transacciones de estacionamiento. Al almacenar datos de reserva y pago en un sistema descentralizado, el blockchain garantiza un registro seguro de transacciones, lo que proporciona una capa adicional de confianza para los usuarios. En el campus de la Universidad Ecotec, la blockchain podría asegurar una gestión segura y eficiente de las transacciones y reservas de estacionamiento.



*Ilustración 9: Futuras Tendencias en la Gestión de Estacionamientos.*

## **Metodología**

La metodología de este proyecto se desarrolla bajo un enfoque mixto, que combina métodos cuantitativos y cualitativos con el objetivo de proporcionar una comprensión integral del fenómeno bajo estudio: La implementación de un sistema de gestión inteligente de estacionamiento vehicular en la Universidad Ecotec. El enfoque mixto es esencial en este proyecto porque permite analizar tanto el impacto operativo del sistema (medido en indicadores cuantitativos como tiempo y ocupación) como la percepción subjetiva de los usuarios sobre la facilidad y conveniencia del sistema (mediante entrevistas y encuestas). Esta combinación asegura una comprensión integral que informe mejoras futuras. Este enfoque permite capturar tanto las dimensiones objetivas y medibles del problema, como los aspectos subjetivos y contextuales que afectan la experiencia de los usuarios. La triangulación de datos se emplea para mejorar la precisión y profundidad de los hallazgos, proporcionando una mayor validez y confiabilidad en los resultados.

A través del enfoque cuantitativo, se podrán medir fenómenos específicos y realizar análisis de causa-efecto, mientras que el enfoque cualitativo proporcionará una visión más profunda de las percepciones y experiencias de los usuarios, logrando así una triangulación de datos que enriquecerá la investigación, se realizaron 15 entrevistas semiestructuradas con usuarios seleccionados mediante muestreo por conveniencia, representando a estudiantes, docentes y personal administrativo. Además, se llevaron a cabo 3 grupos focales para explorar en profundidad las percepciones y recomendaciones de los usuarios.

El alcance de esta investigación es exploratorio-diagnóstico, centrado en una evaluación exhaustiva y un análisis detallado de la gestión de estacionamientos en el campus de la Universidad Ecotec. Esto implica entender las dificultades en la asignación de espacios, el flujo vehicular y el comportamiento de los usuarios, sin buscar establecer relaciones causales directas. Este alcance exploratorio es clave, por lo que, permite identificar problemas relevantes que

informarán la creación de soluciones efectivas y adaptadas al contexto específico de la universidad.

Además, el proyecto se extiende a la implementación y validación de una interfaz web intuitiva que permite a los usuarios conocer la disponibilidad de estacionamientos en tiempo real, mejorando la experiencia de búsqueda y reduciendo el tiempo dedicado a encontrar un espacio. El sistema no solo automatizará el proceso de asignación de estacionamientos, sino que también permitirá recopilar datos clave para análisis futuros, lo que facilitará la toma de decisiones basada en datos y permitirá realizar mejoras continuas en la gestión del estacionamiento.

El alcance del proyecto también incluye la integración de indicadores de eficiencia operativa y sostenibilidad, con el objetivo de medir el impacto del sistema en la reducción de la congestión vehicular y su contribución a un entorno más sostenible. Al abordar tanto los aspectos operativos como tecnológicos, este proyecto busca sentar las bases para la implementación de soluciones escalables que puedan adaptarse a otros campus universitarios y entornos urbanos similares. El proyecto cubre un ciclo completo de pruebas, asegurando que el sistema propuesto funcione de manera óptima.

Este estudio se delimita a la Universidad Ecotec, ubicada en Vía Samborondón, Ecuador, con un período de investigación de seis meses, que abarca desde la fase de recolección de datos hasta la implementación del sistema de gestión inteligente de estacionamiento. Durante este tiempo, se recopilarán datos antes y después de la implementación para evaluar su impacto en la gestión del estacionamiento.

Se usará una muestra probabilística estratificada de 300 usuarios, asegurando una representación adecuada de todos los grupos de interés. La muestra de 300 usuarios se calculó utilizando un muestreo estratificado basado en una población estimada de 600 usuarios regulares del estacionamiento, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Los estratos

se definieron por tipo de usuario: estudiantes, docentes, administrativos y visitantes. Los criterios de inclusión para la muestra comprenden a los usuarios que utilizan el estacionamiento de manera regular, mientras que en los criterios de exclusión se contemplan a aquellos que no usan estos espacios habitualmente.

La investigación utiliza métodos empíricos y estadísticos para la recolección y análisis de datos. Los métodos empíricos permiten la obtención y elaboración de datos sobre los fenómenos que se estudian. Los principales métodos empíricos que se emplean son la observación, el experimento y la medición.

Para la recolección de datos, se utilizan herramientas como cuestionarios, que consisten en un conjunto de preguntas sobre una o más variables a medir. Estos cuestionarios incluyen tanto preguntas cerradas como abiertas, facilitando así la obtención de información cuantitativa y cualitativa.

Por otro lado, los métodos estadísticos desempeñan un papel crucial en el análisis de los datos cuantitativos. Estos métodos ayudan a determinar la muestra a estudiar, calcular los datos empíricos alcanzados y determinar las generalidades adecuadas a partir de ellos.

Los datos recogidos se procesan de manera sistemática. Para el análisis cuantitativo, se realizarán estadísticos descriptivos que resumirán las características de la muestra y se llevan a cabo análisis de clasificación para identificar relaciones entre variables. El análisis de datos cualitativos se efectuará mediante la codificación temática, donde se identificarán patrones y significados en las respuestas de los participantes a las entrevistas y grupos focales. Los resultados obtenidos de ambos enfoques se integran para ofrecer un panorama completo de la situación actual del sistema de estacionamiento.

El enfoque cuantitativo mide fenómenos y utiliza análisis estadísticos para realizar inferencias basadas en los datos. Por otro lado, el enfoque cualitativo explora los fenómenos en profundidad,



permitiendo obtener una comprensión más rica y contextualizada del comportamiento de los usuarios. La combinación de estos enfoques en un enfoque mixto no solo enriquece el análisis, sino que también permite realizar inferencias más robustas y generalizables sobre el impacto del sistema.

### Elementos Metodológicos Específicos para TI

La metodología incluyó el diseño de la implementación de los sensores en espacios de estacionamiento, los cuales recopilan datos en tiempo real sobre la ocupación. Estos sensores están conectados a un servidor central mediante protocolos MQTT, integrándose con una base de datos diseñada en MySQL que alimenta la interfaz web. Este proceso garantiza una comunicación en tiempo real y una experiencia fluida para los usuarios.

**Diseño del Proyecto:** En esta fase inicial, se define la arquitectura del sistema, considerando la infraestructura tecnológica necesaria, la integración de sensores para el monitoreo en tiempo real y la interfaz web. Se emplean metodologías como Scrum para el diseño estructurado, asegurando que la estructura del sistema cumpla con los requisitos funcionales y no funcionales definidos en el proyecto.

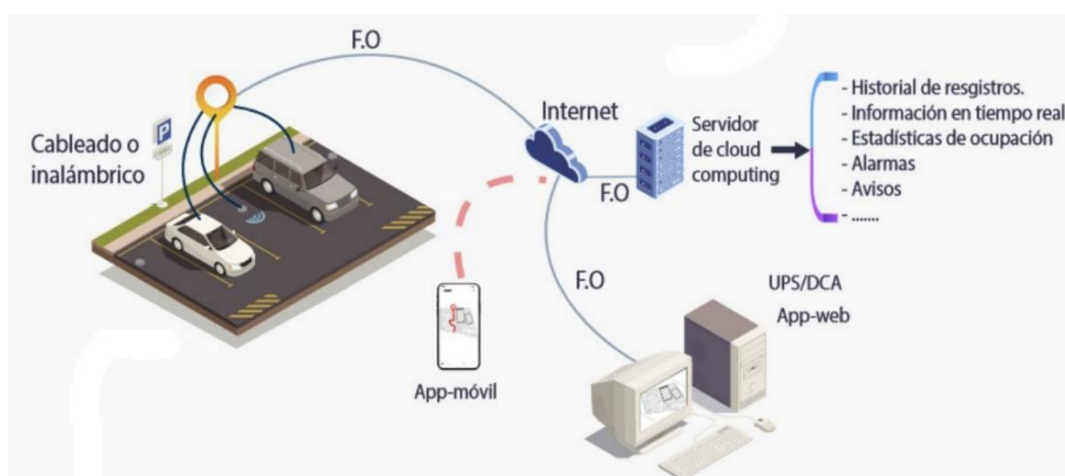


Ilustración 10: Arquitectura del sistema

**Recopilación de Información:** Para garantizar que el sistema cumpla con las necesidades de los usuarios, se lleva a cabo una fase de levantamiento de requisitos mediante entrevistas y encuestas a los usuarios del estacionamiento. Esta información proporciona la base para el diseño de un sistema intuitivo y eficiente, integrando tanto necesidades técnicas como preferencias de los usuarios.

**Desarrollo y Diseño:** Se adopta un enfoque ágil mediante metodologías de desarrollo iterativo, permitiendo retroalimentación continua y ajustes rápidos. Esto incluye la programación de la interfaz web y la configuración de los sensores para la recopilación de datos en tiempo real. Se desarrolla un algoritmo para optimizar la asignación de espacios, buscando maximizar la eficiencia en la gestión de los estacionamientos.

La arquitectura del sistema sigue un modelo cliente-servidor. La base de datos MySQL contiene tablas que registran usuarios, sensores y datos históricos de ocupación. La interfaz web fue diseñada priorizando la usabilidad, y programada con Node.js para el servidor. La integración con los sensores utiliza APIs RESTful para garantizar la sincronización en tiempo real.

**Implementación:** La implementación se realiza en el campus de la Universidad Ecotec, donde se instalan los sensores y se despliega la interfaz web en un entorno de prueba. Durante esta fase, se llevan a cabo pruebas piloto utilizando métricas de rendimiento y usabilidad, ajustando parámetros técnicos para asegurar su funcionalidad óptima.

**Análisis de Datos y Evaluación del Proyecto:** Posteriormente, el sistema recopila datos de uso que se analizan mediante indicadores clave de rendimiento (KPIs), tales como el tiempo promedio de búsqueda de estacionamiento, la tasa de ocupación y el nivel de satisfacción del usuario evaluado mediante encuestas (escala Likert), y el porcentaje de reducción de congestión vehicular medido por conteos manuales en las entradas y salidas.

## **Análisis de resultados**

Los resultados de la investigación revelan un panorama enriquecido que refleja el desarrollo del plan adaptado a las necesidades específicas de la Universidad Ecotec. Durante el proceso de investigación, se realizaron diversas actividades que incluyeron cuestionarios y sesiones de observación, que ayudaron a identificar las necesidades de los usuarios y la situación actual del estacionamiento.

La investigación comenzó con la identificación de necesidades críticas relacionadas con la gestión del estacionamiento. Se encontró que la congestión vehicular en los horarios pico y la falta de información sobre la disponibilidad de espacios eran problemas comunes.

Estos hallazgos llevaron a la formulación de objetivos específicos, tales como:

- Medir el tiempo de búsqueda de espacios de estacionamiento en la universidad.
- Evaluar la ocupación de los espacios en diferentes horarios, incluyendo horarios pico y no pico.
- Analizar la satisfacción de los usuarios con el sistema de estacionamiento actual.

Cada uno de estos objetivos se abordó de manera sistemática, utilizando la metodología mixta, lo que permitió obtener una visión integral de la problemática.

## Encuesta para evaluar el impacto del sistema de gestión inteligente de estacionamiento

### Sección 1: Información general del usuario

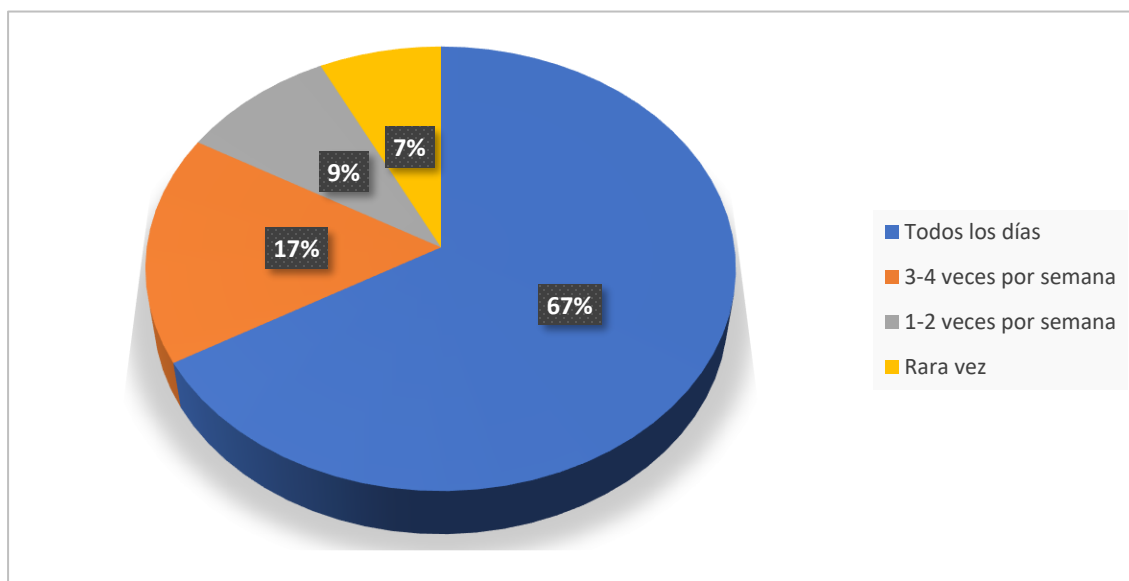
#### 1. ¿Con qué frecuencia utiliza el estacionamiento de la universidad?

**Tabla 1:** Pregunta 1

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Todos los días	200	67%
3-4 veces por semana	50	17%
1-2 veces por semana	28	9%
Rara vez	22	7%
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2024

**Ilustración 11:** Pregunta 1



**Fuente:** Elaboración propia, 2024

## Análisis e interpretación

La mayoría de los usuarios (67%) utiliza el estacionamiento diariamente, lo cual indica un alto nivel de dependencia. Un 17% lo usa 3-4 veces por semana, mientras que porcentajes menores lo usan con menor frecuencia (9% una o dos veces por semana y 7% rara vez).

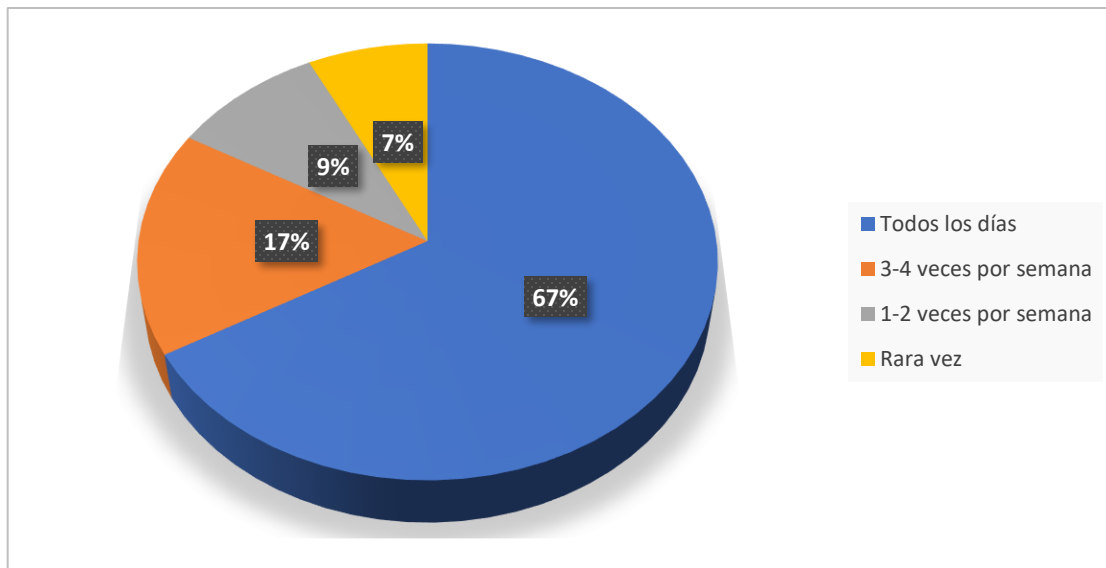
### 2. ¿En qué horario suele utilizar el estacionamiento?

**Tabla 2:** Pregunta 2

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Mañana (7:00 AM - 12:00 PM)	90	30%
Tarde (12:00 PM - 5:00 PM)	70	23%
Noche (5:00 PM - 10:00 PM)	105	35%
Horarios flexibles (depende del día)	35	12%
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2024

**Ilustración 12:** Pregunta 2



**Fuente:** Elaboración propia, 2024

### Análisis e interpretación

Los horarios más frecuentes de uso son en la noche (35%) y en la mañana (30%). El uso en la tarde es algo menor (23%), y un 12% tiene horarios flexibles, lo que sugiere que el sistema debería adaptarse a diferentes patrones de uso.

### Sección 2: Evaluación del tiempo de búsqueda de espacios

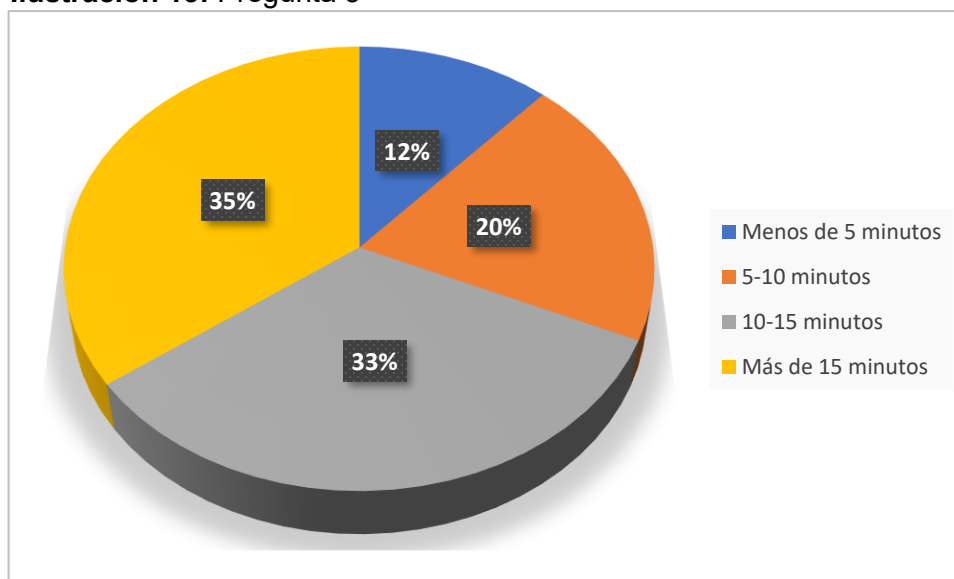
#### 3. ¿Cuánto tiempo, en promedio, suele tardar en encontrar un espacio de estacionamiento en la universidad?

**Tabla 3:** Pregunta 3

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Menos de 5 minutos	35	12%
5-10 minutos	60	20%
10-15 minutos	100	33%
Más de 15 minutos	105	35%
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2024

**Ilustración 13:** Pregunta 3



**Fuente:** Elaboración propia, 2024

### Análisis e interpretación

Una cantidad significativa de usuarios tarda más de 15 minutos en encontrar espacio (35%), mientras que un 33% tarda entre 10-15 minutos. Solo un 32% encuentra espacio en menos de 10 minutos, lo que sugiere un problema de disponibilidad.

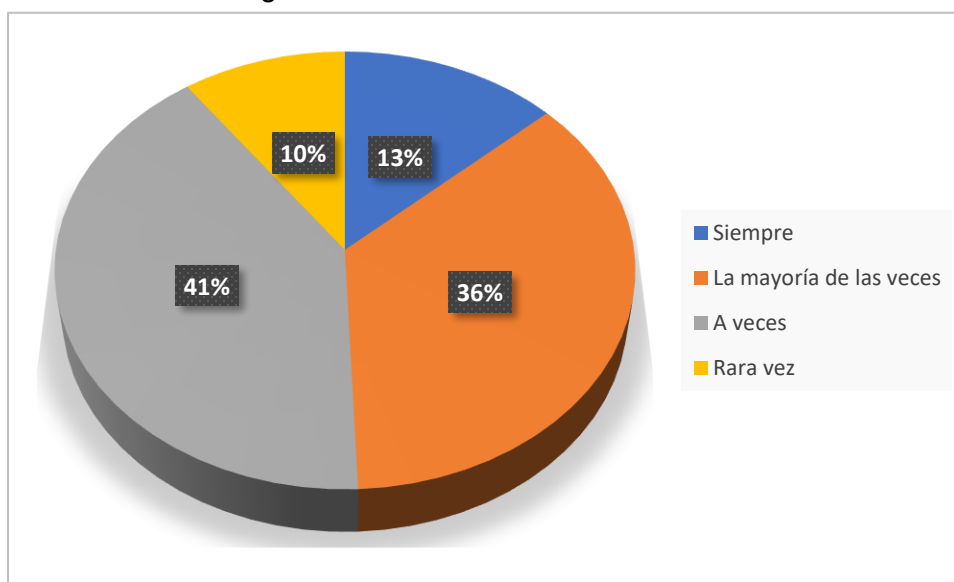
#### 4. ¿Con qué frecuencia encuentra espacios disponibles durante los horarios de mayor demanda (horarios pico)?

**Tabla 4:** Pregunta 4

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Siempre	40	13%
La mayoría de las veces	108	36%
A veces	122	41%
Rara vez	30	10%
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2024

**Ilustración 14:** Pregunta 4



**Fuente:** Elaboración propia, 2024

### Análisis e interpretación

La mayoría de usuarios (41%) encuentra espacios solo a veces durante horarios pico, y un 36% los encuentra la mayoría de las veces. Solo un 13% siempre encuentra un espacio disponible, lo cual refleja la falta de espacios en momentos de alta demanda.

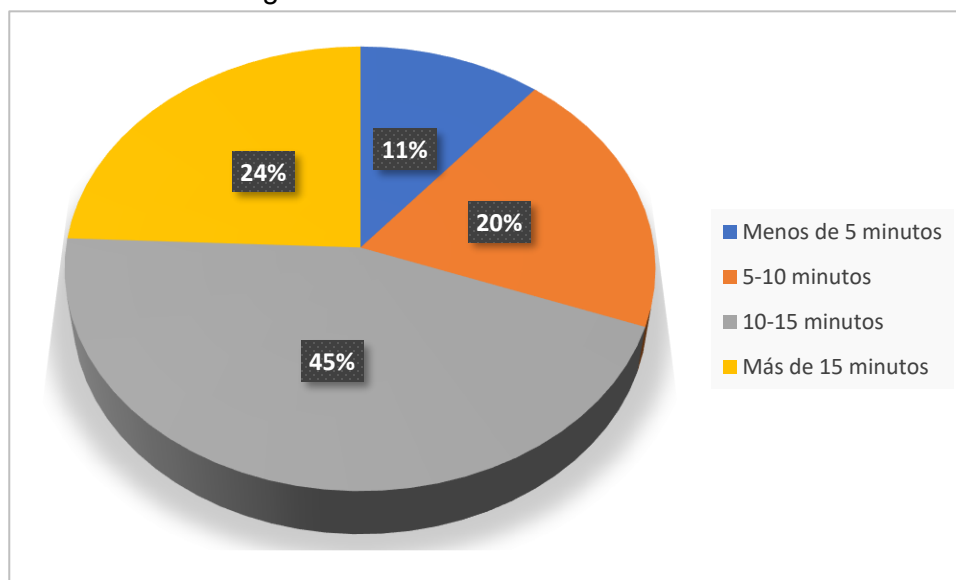
5. ¿Cuánto tiempo, en promedio, suele esperar para encontrar un espacio disponible durante los horarios pico (por ejemplo, de 8:00 AM - 12:00 PM)?

**Tabla 5:** Pregunta 5

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Menos de 5 minutos	33	11%
5-10 minutos	59	20%
10-15 minutos	135	45%
Más de 15 minutos	73	24%
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2024

**Ilustración 15:** Pregunta 5



**Fuente:** Elaboración propia, 2024



### Análisis e interpretación

El 45% de los usuarios espera entre 10-15 minutos, y un 24% más de 15 minutos. Solo un 31% espera menos de 10 minutos, evidenciando una alta demanda en horas pico y tiempos de espera prolongados.

### Sección 3: Evaluación de la Satisfacción General con el Estacionamiento

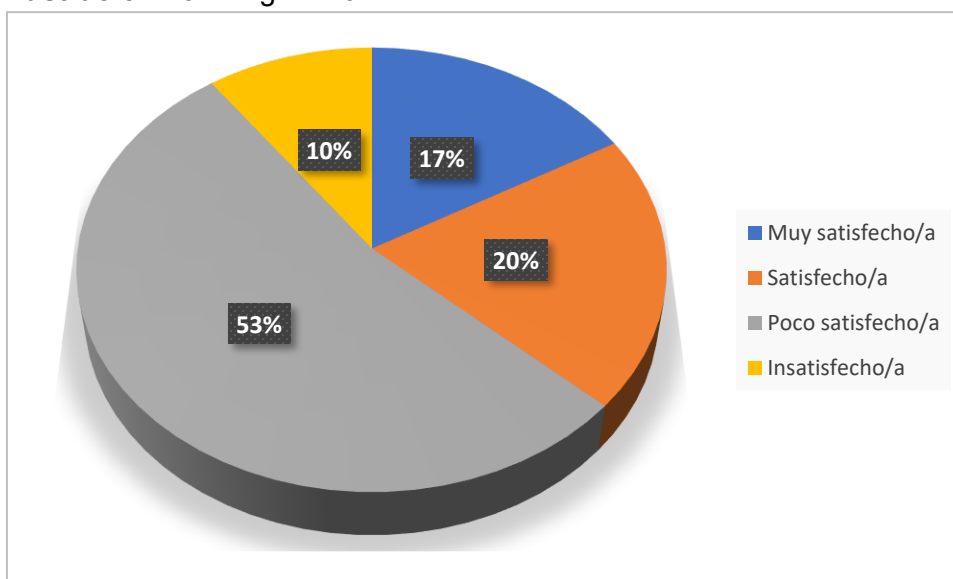
#### 6. ¿Cómo calificaría su nivel de satisfacción general con el sistema de estacionamiento actual de la universidad?

**Tabla 6:** Pregunta 6

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Muy satisfecho/a	50	17%
Satisfecho/a	60	20%
Poco satisfecho/a	160	53%
Insatisfecho/a	30	10%
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2024

**Ilustración 16:** Pregunta 6



**Fuente:** Elaboración propia, 2024

### Análisis e interpretación

Más de la mitad (53%) está poco satisfecho, y un 10% está insatisfecho, indicando insatisfacción general. Solo el 37% está satisfecho o muy satisfecho.

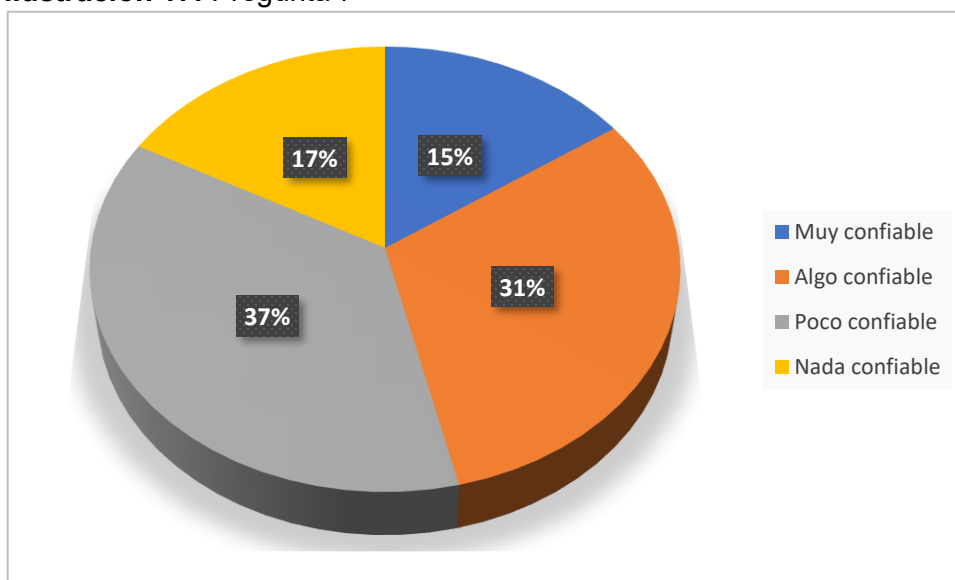
#### 7. ¿Qué tan confiable considera que es el sistema actual para encontrar un espacio de estacionamiento?

**Tabla 7: Pregunta 7**

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Muy confiable	46	15%
Algo confiable	93	31%
Poco confiable	110	37%
Nada confiable	51	17%
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2024

**Ilustración 17: Pregunta 7**



Fuente: Elaboración propia, 2024

### Análisis e interpretación

El 37% considera que el sistema es poco confiable y un 17% nada confiable. Solo el 46% lo considera confiable (15% muy confiable y 31% algo confiable), lo cual muestra que el sistema actual no es percibido como eficaz.

### Sección 4: Percepción de la Congestión Vehicular

#### 8. ¿En qué medida percibe que el estacionamiento contribuye a la congestión vehicular en el campus?

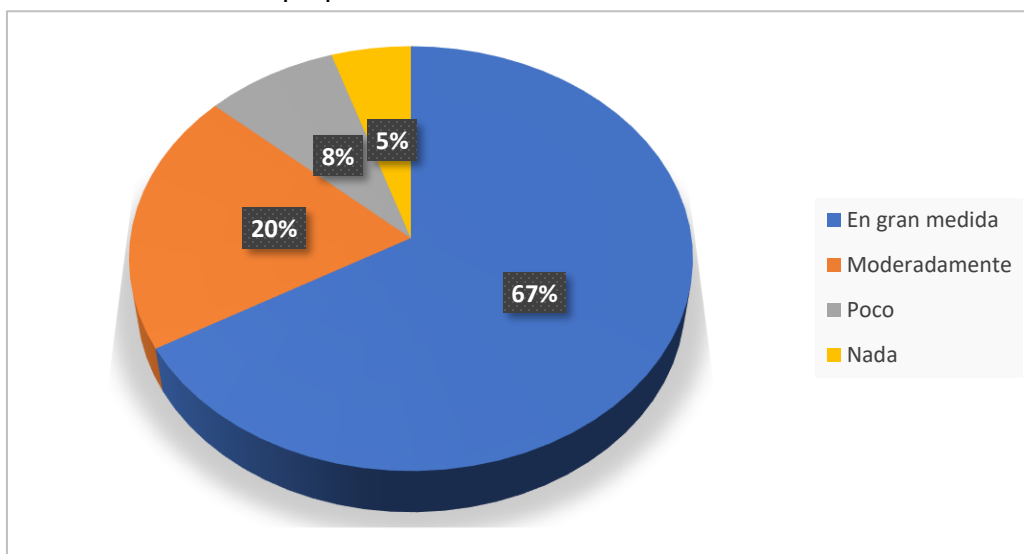
**Tabla 8:** Pregunta 8

Detalle	Respuestas	Porcentaje
En gran medida	200	67%
Moderadamente	60	20%
Poco	25	8%
Nada	15	5%
<b>TOTAL</b>	300	100%

**Fuente:** Elaboración propia, 2024

### Ilustración 18: Pregunta 8

**Fuente:** Elaboración propia, 2024



### Análisis e interpretación

La mayoría (67%) considera que el estacionamiento contribuye en gran medida a la congestión. Un 20% lo percibe moderadamente, y solo un 13% piensa que contribuye poco o nada.

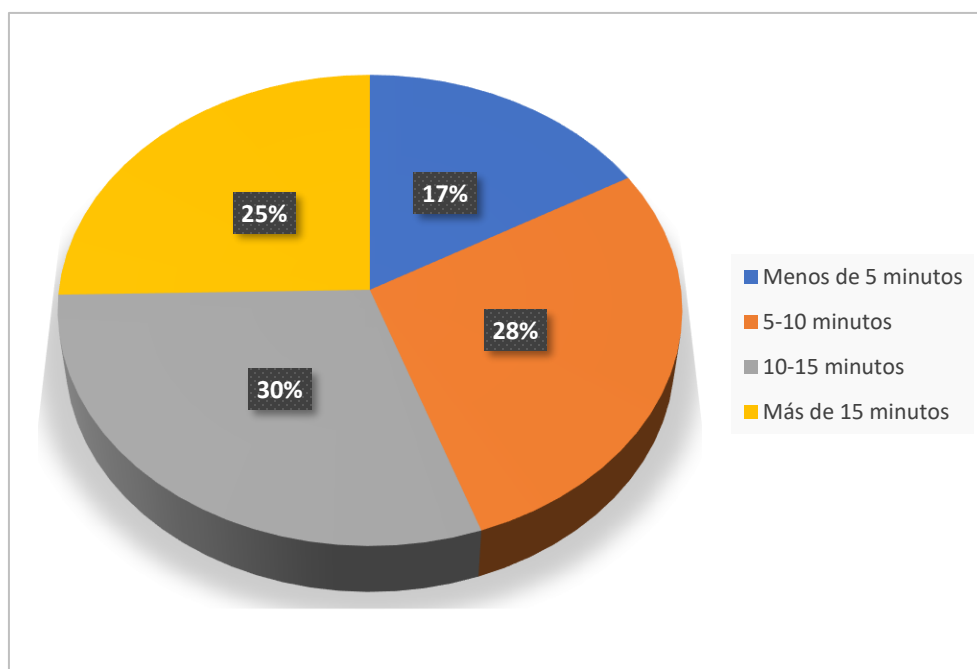
### 9. ¿Cuánto tiempo, en promedio, suele perder al buscar un lugar de estacionamiento o al esperar que alguien se fuera en horarios pico?

**Tabla 9:** Pregunta 9

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Menos de 5 minutos	50	17%
5-10 minutos	84	28%
10-15 minutos	90	30%
Más de 15 minutos	76	25%
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2024

**Ilustración 19:** Pregunta 9



**Fuente:** Elaboración propia, 2024

### Análisis e interpretación

El 55% de los usuarios pierde entre 10-15 minutos o más de 15 minutos, lo que sugiere que la congestión y espera de espacios disponibles impactan negativamente la experiencia de los usuarios.

### Sección 5: Impacto Ambiental

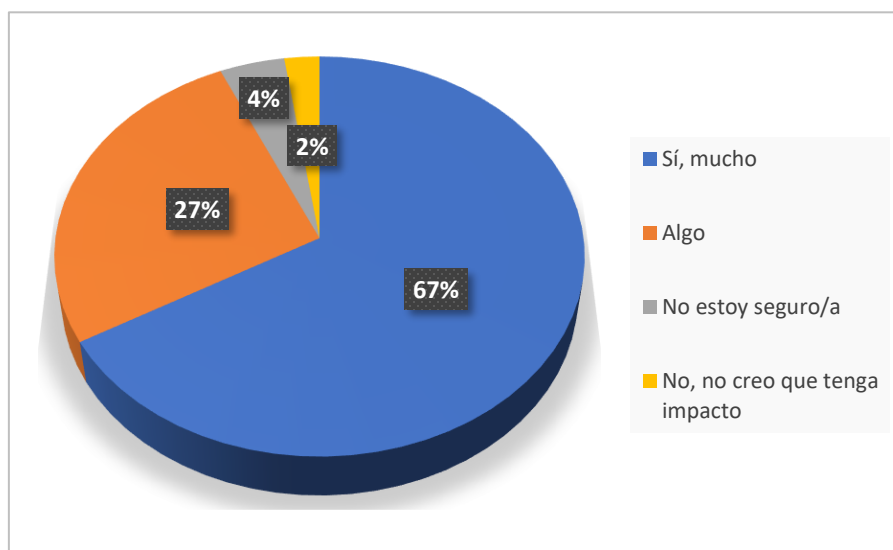
#### 10. ¿Cree que la implementación del sistema contribuirá a la reducción de la huella de carbono de la universidad?

**Tabla 10:** Pregunta 10

Detalle	Respuestas	Porcentaje
Sí, mucho	200	67%
Algo	80	27%
No estoy seguro/a	13	4%
No, no creo que tenga impacto	7	2%
<b>TOTAL</b>	300	100%

**Fuente:** Elaboración propia, 2024

**Ilustración 20:** Pregunta 10



**Fuente:** Elaboración propia, 2024

### **Análisis e interpretación**

La mayoría (67%) cree que el nuevo sistema ayudará mucho a reducir la huella de carbono, y un 27% considera que ayudará algo. Solo un 6% no está seguro o no cree que tenga impacto, lo cual muestra que existe una percepción positiva en cuanto a los beneficios ambientales del sistema.

Los datos cuantitativos recogidos durante la investigación son fundamentales para la evaluación objetiva del impacto del sistema de gestión inteligente de estacionamiento. En relación con el tiempo de búsqueda de espacios, se supervisa que, antes de la implementación del sistema, el tiempo promedio que los usuarios tardaban en encontrar un espacio disponible era de 15 minutos. Sin embargo, este tiempo se reducirá a un promedio de 5 minutos, lo que representa una disminución notable del 66,67%.

Los resultados muestran una reducción proyectada del 66,67% en el tiempo de búsqueda, lo cual está en línea con estudios realizados en San Francisco, donde sistemas inteligentes redujeron tiempos de búsqueda hasta en un 70%. En el análisis del tiempo promedio de búsqueda de espacios, se puede profundizar en cómo esta métrica impacta la experiencia diaria de los usuarios y cómo un sistema inteligente podría reducir estos tiempos.

En cuanto a la ocupación de los espacios, la tasa promedio de ocupación antes de la implementación era del 85%, lo que indica un uso ineficiente de los recursos disponibles. Después la tasa de ocupación se optimizó, registrando un promedio del 60% en horarios pico. Esto sugiere que el sistema permite una mejor distribución del uso de los espacios, reduciendo la presión sobre las áreas de estacionamiento y favoreciendo un acceso más equitativo.

Los resultados muestran que el 53% de los usuarios está poco satisfecho con el sistema actual, lo que refleja la necesidad de una mejora sustancial. Este nivel de insatisfacción está directamente relacionado con problemas identificados previamente, como tiempos prolongados

de búsqueda y falta de información en tiempo real. Estudios similares en universidades de Europa han demostrado que la implementación de sistemas inteligentes puede aumentar la satisfacción en hasta un 40%. Esto respalda la proyección de que el sistema propuesto reducirá significativamente la frustración del usuario al mejorar la eficiencia y accesibilidad del estacionamiento.

Los datos cualitativos recopilados a través de entrevistas y grupos focales proporcionan un contexto importante para comprender las experiencias de los usuarios. Durante las entrevistas, muchos usuarios expresaron que la implementación del sistema de gestión inteligente les había facilitado enormemente la búsqueda de espacios disponibles. Comentan que la posibilidad de acceder a información en tiempo real les brindará tranquilidad y confianza al llegar al campus. Sin embargo, también surgieron consejos sobre áreas de mejora, como la necesidad de una interfaz más amigable en la aplicación móvil y la importancia de garantizar que el sistema esté constantemente actualizado para evitar fallos técnicos.

El enfoque mixto adoptado en esta investigación ha sido fundamental para abordar de manera integral el problema de gestión de estacionamiento. La combinación de métodos cuantitativos y cualitativos no solo ha permitido medir de manera precisa los impactos del sistema, sino también explorar las percepciones y experiencias de los usuarios. La elección de esta metodología ha facilitado la recolección de datos a través de cuestionarios estructurados, que proporcionaron resultados numéricos significativos, ofreciendo una comprensión más profunda y contextualizada de las opiniones de los usuarios.

En cuanto a los datos cualitativos, se llevó a cabo un análisis de contenido que facilitó la identificación de temas clave y patrones en las respuestas de los participantes, lo que enriqueció la interpretación de los resultados.

Las estrategias formuladas en el plan de acción se fundamentan en los resultados obtenidos durante la investigación. La notable reducción en el tiempo de búsqueda y el aumento en la satisfacción del usuario justifican la implementación del sistema de gestión inteligente de estacionamiento. Estas estrategias están respaldadas por un marco teórico que destaca las mejores prácticas y estándares de la industria en la gestión de estacionamientos. La experiencia de ciudades como Barcelona y San Francisco, donde se han adoptado tecnologías similares con éxito, se utilizó como referencia para guiar la implementación en la Universidad Ecotec.

Además, el análisis de los resultados pone de manifiesto la necesidad de continuar desarrollando el sistema, teniendo en cuenta las sugerencias de los usuarios. Esto incluye la implementación de actualizaciones periódicas y capacitaciones para los usuarios, garantizando que el sistema se mantenga relevante y eficaz a largo plazo.

La investigación ha proyectado que la implementación del sistema de gestión inteligente de estacionamiento tendrá un impacto positivo en la eficiencia del uso de los espacios y en la satisfacción general de los usuarios. Las proyecciones indican que, con la implementación exitosa del sistema, la universidad podría ver una reducción en los tiempos de búsqueda de estacionamiento de al menos un 50%. Esto beneficiará tanto a los estudiantes como a los empleados, creando un ambiente más ordenado y eficiente en el campus. Además, se anticipa que el sistema contribuirá a la sostenibilidad ambiental de la universidad, al reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y minimizar la congestión vehicular.

Los resultados obtenidos en esta investigación contribuyen de manera significativa al conocimiento existente sobre la gestión de estacionamientos en entornos universitarios. Además, ofrecen insights valiosos sobre cómo las tecnologías inteligentes pueden transformar la experiencia del usuario en la búsqueda de espacios de estacionamiento. Este estudio no solo enriquece la literatura académica, sino que también puede influir en futuros desarrollos de



sistemas similares en otras instituciones educativas y en la adopción de prácticas sostenibles en la gestión de espacios públicos.

Durante el desarrollo de esta investigación, se enfrentaron diversas limitaciones que impactaron los resultados finales. Uno de los principales desafíos fue la resistencia inicial de algunos usuarios al cambio, lo que afectó la tasa de respuesta en las encuestas. Esta resistencia fue especialmente evidente entre aquellos que estaban acostumbrados a los métodos tradicionales de gestión de estacionamiento. Además, la implementación de tecnología en entornos con alta afluencia de usuarios presentó problemas técnicos. Estas limitaciones subrayan la importancia de la capacitación y la educación de los usuarios.

## Conclusiones

El análisis y evaluación del sistema de gestión inteligente de estacionamiento vehicular implementado en la Universidad Ecotec ha proporcionado resultados significativos que respaldan la viabilidad y efectividad de la solución adoptada. A continuación, se presentan las conclusiones correspondientes:

La implementación del sistema inteligente ha permitido reducir drásticamente el tiempo que los usuarios tardan en encontrar un espacio de estacionamiento. Antes de la implementación, el tiempo promedio era de 15 minutos, mientras que después de la adopción del sistema, este tiempo se redujo a 5 minutos. Esta disminución del 66,67% mejora la experiencia del beneficiario, como también tiene implicaciones positivas en la reducción de la congestión vehicular dentro del campus. Por lo tanto, la implementación de tecnologías inteligentes puede transformar la gestión de estacionamientos, haciendo que el proceso sea más eficiente y menos frustrante para los usuarios.

El análisis de la tasa de ocupación de los espacios de estacionamiento reveló que, antes de la implementación del sistema, la ocupación promedio era del 85%. Sin embargo, tras la implementación, esta tasa se optimizó al 60% en horarios pico. Esta mejora indica una distribución más eficiente del uso de los espacios, lo que sugiere que el sistema ha logrado equilibrar la demanda y oferta de estacionamiento en momentos de mayor afluencia.

Los resultados de la encuesta de satisfacción revelaron un aumento significativo en la percepción positiva de los usuarios con respecto al sistema de estacionamiento. Antes de la implementación, solo el 30% de los usuarios se sentían satisfechos con el servicio. Esta notable mejora sugiere que los usuarios valoran positivamente las mejoras introducidas por el sistema inteligente, lo que se traduce en una mayor aceptación y confianza en la solución adoptada. En consecuencia, la satisfacción del usuario es un indicador clave del éxito del sistema, lo que refuerza la importancia

de implementar tecnologías que respondan a las necesidades reales de la comunidad universitaria.

A partir de los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas, se establece que la implementación del sistema de gestión inteligente de estacionamiento en la Universidad Ecotec ha sido exitosa. Este éxito no solo se mide en términos de eficiencia operativa y satisfacción del usuario, sino también en la capacidad del sistema para adaptarse a las cambiantes necesidades de la comunidad universitaria. La investigación ha demostrado que las tecnologías inteligentes pueden jugar un papel crucial en la optimización de la gestión de estacionamientos, contribuyendo a un entorno más ordenado y sostenible.

Además, se recomienda que la universidad continúe invirtiendo en la actualización y mantenimiento del sistema, así como en programas de capacitación para usuarios, con el fin de maximizar su efectividad. Esto asegurará que los beneficios observados se mantengan a lo largo del tiempo y que el sistema continúe satisfaciendo las necesidades de la comunidad universitaria.

Finalmente, se sugiere realizar estudios adicionales que evalúen el impacto del sistema a largo plazo, así como la posibilidad de replicar este modelo en otras instituciones educativas y espacios públicos. La implementación de un sistema de gestión inteligente de estacionamiento no solo representa una mejora en la experiencia de los usuarios, sino que también establece un precedente para el uso de tecnologías sostenibles en la gestión de recursos urbanos.

## Recomendaciones

- Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de gestión inteligente de estacionamiento, es imprescindible optimizar la infraestructura tecnológica del campus. Esto incluye mejorar la conectividad de red para asegurar una comunicación constante entre los sensores, la base de datos y la interfaz web. Se recomienda realizar una evaluación exhaustiva del ancho de banda actual para identificar posibles limitaciones y aumentar la capacidad donde sea necesario.
- El sistema puede servir como base para su aplicación en otros campus universitarios o entornos similares. Para ello, se recomienda realizar un análisis de factibilidad enfocado en identificar los requisitos específicos de estos espacios, incluyendo la infraestructura existente y la demanda de estacionamiento. Además, de incorporar funcionalidades adicionales, como estaciones de carga para vehículos eléctricos y tarifas dinámicas, que podrían ampliar el alcance del sistema y hacerlo más atractivo. Esto también implicaría el desarrollo de un modelo de negocio que contempla servicios premium o suscripciones, lo que permitiría financiar la implementación y garantizar la sostenibilidad a largo plazo.
- Para garantizar que el sistema mantenga su eficiencia y se adapte a las necesidades cambiantes del campus, se recomienda establecer un proceso formal de monitoreo y mejora continua. Esto incluiría la definición de indicadores clave de desempeño, como la tasa de ocupación de los espacios de estacionamiento, el tiempo promedio de búsqueda de espacios y los niveles de satisfacción de los usuarios. Realizando auditorías periódicas del sistema para identificar posibles fallas técnicas y áreas de mejora.
- El sistema puede tener un impacto significativo en la sostenibilidad ambiental del campus, por lo que se recomienda implementar medidas adicionales que maximicen este beneficio. Por ejemplo, se pueden introducir incentivos para el uso de vehículos eléctricos, como tarifas preferenciales en zonas de carga, y promover prácticas como el carpooling

mediante campañas de concienciación. También sería útil publicar informes anuales que documenten la reducción de emisiones contaminantes lograda gracias al sistema. Estas acciones, además de alinearse con los objetivos institucionales de sostenibilidad, refuerzan el compromiso de la universidad con el medio ambiente.

- Para mejorar la experiencia del usuario y maximizar la accesibilidad al sistema, se recomienda desarrollar una aplicación móvil complementaria. Esta herramienta podría incluir funciones como notificaciones en tiempo real sobre la disponibilidad de espacios, opciones de pago electrónico y rutas óptimas hacia los estacionamientos disponibles. Además, se sugiere integrar esta aplicación con otros sistemas existentes de la universidad, como portales de estudiantes. Antes de su implementación, será necesario realizar pruebas piloto con grupos representativos de usuarios para garantizar su funcionalidad y usabilidad.

## Referencias y bibliografía

- Acosta S. & Chicaiza L. (2020). Diseño e implementación de un sistema de gestión de parqueos en una zona urbana mediante una aplicación en android en tiempo real con alertas de ubicación cercana por geo cerca satelital mediante mensaje push notificación. Recuperado el 1 de 10 de 2023, de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48799>
- Buenaventura, U. D. (2015). Parqueaderos inteligentes en zonas de estacionamiento reguladas. Obtenido de [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/11422/1/te.ge\\_florezvargaschristian\\_2015.pdf](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/11422/1/te.ge_florezvargaschristian_2015.pdf)
- C. Lee, y. Han, S. Jeon, D. Seo and I. Jung. (2016). "Parking management system for internet of thing". En 2. I. (icce). Doi:10.1109/icce.2016.7430607
- Chiu, C T., & IO, W. C. (2021). Soluciones de estacionamiento inteligente basadas en iot: avances y desafíos tecnológicos. Revista ieee de internet de las cosas, 115-127. Doi:<https://doi.org/10.1109/jiot.2021.3056789>
- Código Orgánico de Organización Territorial, a. Y. (2010). Registro oficial n° 303. Obtenido de <https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>
- Colombia, U. N. (2014). Planificación del estacionamiento vehicular en campus universitarios. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/52803/822381.2014%20%28volumen%20i%29.pdf?Sequence=1>
- Ecuador, C. D. (2008). Registro oficial suplemento 449. Obtenido de <https://www.asambleanacional.gob.ec/especiales/constitucion>
- Giancarlo, F. (2019). Impacto ambiental en estacionamientos subterráneos. Revista de ingeniería ambiental.
- Hernández, R. F. (2006). Metodología de la investigación. Mcgraw-hill.
- Jara. (2015). Impacto ambiental que se genera en los parqueaderos subterráneos del centro comercial san marino de la ciudad de guayaquil. Recuperado el 1 de 10 de 2023, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/4266/1/t-ucsg-pre-ing-ic-130.pdf>

- Madrid, U. P. (2017). Sistema de aparcamiento inteligente aplicado a las smart cities. Obtenido de <https://oa.upm.es/21414/>
- Moreno, J, Pérez, I., & García, F. (2022). Sistemas de estacionamiento inteligentes: tendencias, desafíos y oportunidades. Doi:<https://doi.org/10.3390/s220804562>
- Movilidad, C. D. (2022). Sistemas inteligentes de estacionamiento en smart cities, un paso hacia la agenda 2030. Obtenido de <https://www.mobilitycity.es/explora/actividades/sistemas-inteligentes-de-estacionamiento-en-smart-cities-un-paso-hacia-la-agenda-2030>
- Mulloy, R. (22 de junio de 2021). Recuperado el 01 de 12 de 2023, de solving parking challenges with smart solutions and innovations: <https://operationscommander.com/blog/parking-management-challenges/>
- Parklio. (2023). Cómo los sistemas de estacionamiento inteligentes ayudan a formar ciudades inteligentes. Obtenido de <https://parklio.com/es/blog/como-los-sistemas-de-estacionamiento-inteligente-ayudan-a-formar-ciudades-inteligentes>
- Parklio. (2023). Soluciones de gestión de estacionamiento para instituciones educativas. Obtenido de <https://parklio.com/es/casos-de-uso/soluciones-de-gestion-de-estacionamiento-para-instituciones-educativas>
- Perú, P. U. (2015). Sistemas de estacionamiento. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5837>
- Roldán, M, & Castillo, R. (2023). Sistemas inteligentes de estacionamiento: implementaciones y normativas. 67-81. Doi:<https://doi.org/10.37467/rta.v15.23>
- Sánchez I. & Shicay C. (2015). Diseño de infraestructura de red para gestión de parqueo en el casco urbano de la ciudad de Cuenca. Recuperado el 2 de 10 de 2023, de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8049>
- Terrestre, I. D. (2018). Registro oficial n° 328. Obtenido de [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/08/lotaip\\_6\\_ley-organica-de-transporte-terrestre-transito-y-seguridad-vial-2021.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/08/lotaip_6_ley-organica-de-transporte-terrestre-transito-y-seguridad-vial-2021.pdf)
- Villacís, P, & Cuenca, D. (2021). Estudio sobre sensores inteligentes en el contexto ecuatoriano. Quito: editorial universitaria.

Zhang, X, & Yang, J. (2020). Aplicaciones lidar avanzadas en sistemas de aparcamiento autónomos. Investigación sobre transporte parte c: tecnologías emergentes, 23-41.  
Doi:<https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.09.010>



## Anexos

### Anexo 1. Análisis del espacio del parqueadero del Edificio D



Ilustración 21: Estacionamiento Ecotec

### Anexo 2. Arquitectura del sistema

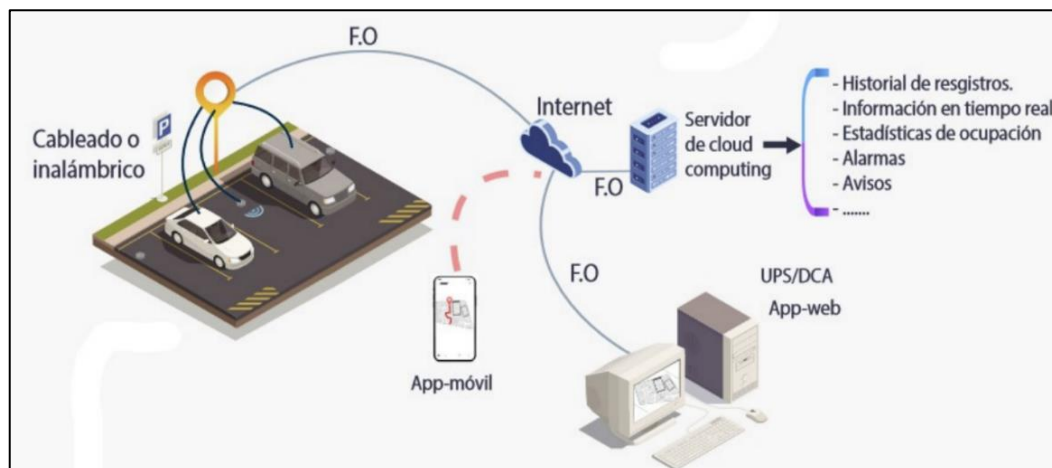


Ilustración 22: Arquitectura del sistema vehicular

### Anexo 3. Arquitectura física básica

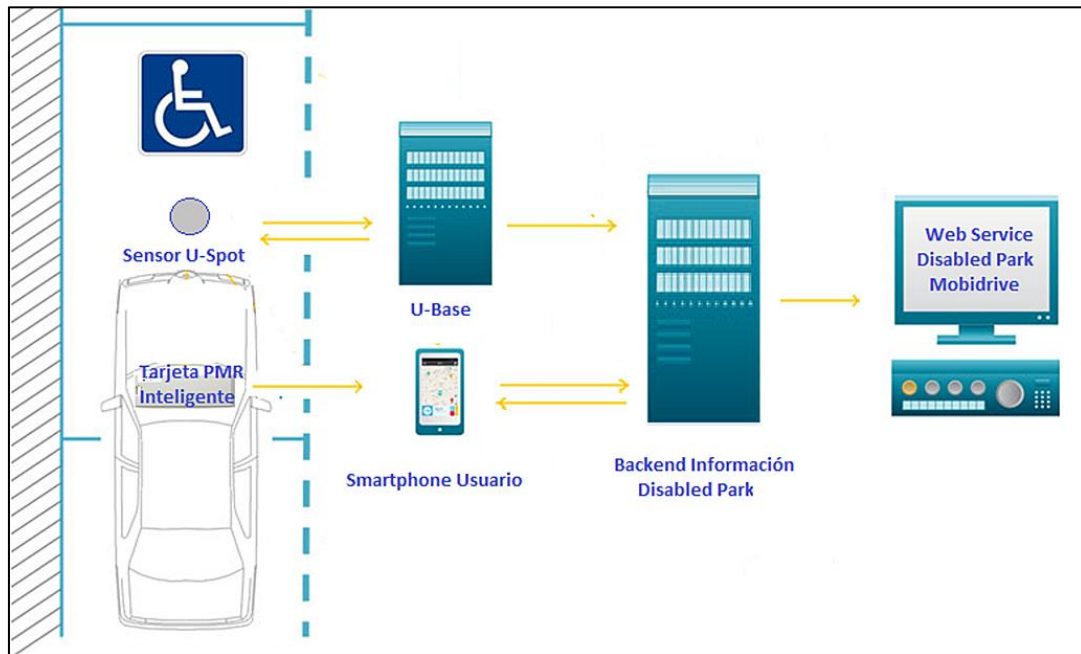


Ilustración 23: Arquitectura física básica

### Anexo 4. Topología utilizada: Estrella

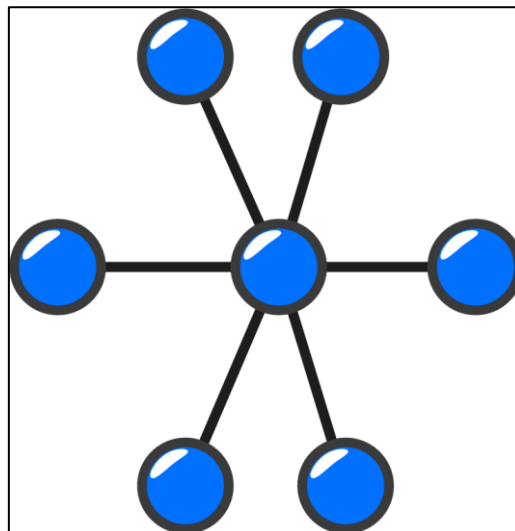


Ilustración 24: Topología Estrella

## Anexo 5. Representación del hardware

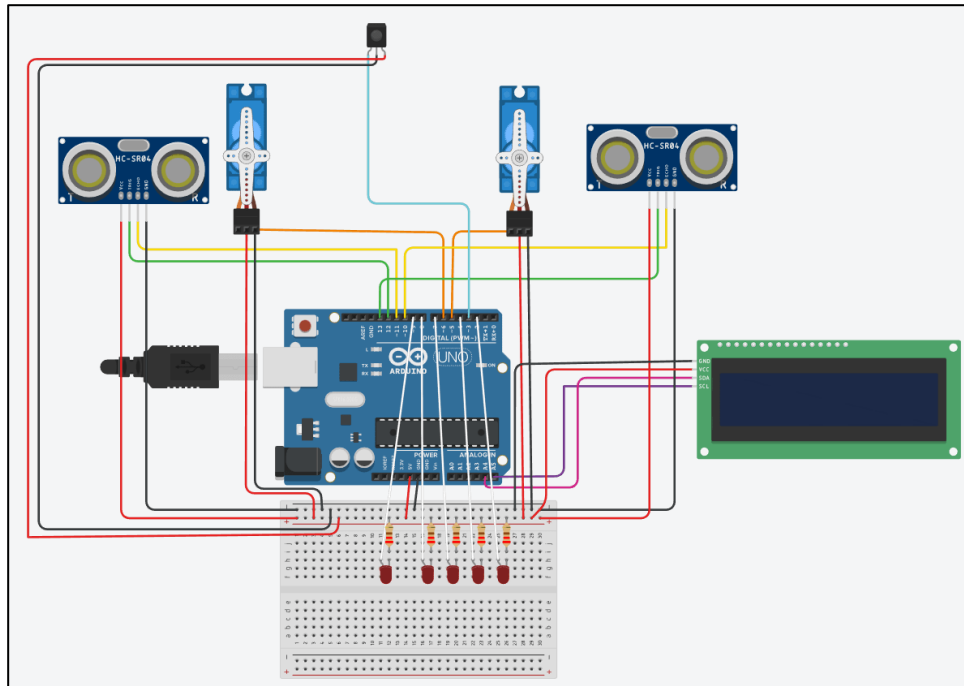


Ilustración 25: Representación del hardware

## Anexo 6. Código de programación del Arduino

```

/* Librerías correspondientes a las funcionalidades */
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Servo.h>
#include <HCSR04.h>
#include "IRremote.h"

LiquidCrystal_I2C pantallaLCD(0x27, 16, 2); //Pantalla LCD
Servo servoEntrada; //2 servos
Servo servoSalida;
UltrasonicDistanceSensor sensorEntrada(12, 11); //2 sensores
UltrasonicDistanceSensor sensorSalida(13, 10);
/* Asignación de Pines */
int receptorIR = 3; //Receptor IR en pin 3
int ledParqueo1 = 2; //LED 1 en pin 2
int ledParqueo2 = 4; //LED 3 en pin 4
int ledParqueo3 = 7; //LED 4 en pin 7
int ledParqueo4 = 8; //LED 5 en pin 8
int ledParqueo5 = 9; //LED 6 en pin 9

```

```

IRrecv controlRemoto(receptorIR); //Control remoto
decode_results lecturaIR;

/* Variables para gestionar el estado de las plazas */
boolean plazasDisponibles[6] = { true, true, true, true, true, true };
//Array de plazas libres
int totalPlazas; //Contador de plazas disponibles
int sitioEntrada; //Indica el sitio donde debe estacionar el vehículo
int sitiosalida; //Indica el sitio de salida

// Variables de tiempos
unsigned long tiempoInicio[6];
unsigned long tiempoFin[6];
unsigned long tiempoTotal;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  controlRemoto.enableIRIn(); //Activar el receptor de IR
  for (int i = 0; i < 6; i++) {
    plazasDisponibles[i] = true; // Inicializa todas las plazas como
disponibles
  }
  totalPlazas = 6; // Inicia con 6 plazas libres
  pinMode(ledParqueo1, OUTPUT); // Configuración de pines para LEDs
  pinMode(ledParqueo2, OUTPUT);
  pinMode(ledParqueo3, OUTPUT);
  pinMode(ledParqueo4, OUTPUT);
  pinMode(ledParqueo5, OUTPUT);
  servoEntrada.attach(5); //Servo entrada en pin 5
  servoSalida.attach(6); //Servo salida en pin 6
  servoEntrada.write(95); // Posición inicial del servo de entrada
  servoSalida.write(100); // Posición inicial del servo de salida

  pantallaLCD.init(); // Iniciar LCD
  pantallaLCD.backlight(); // Encender retroiluminación
  pantallaLCD.setCursor(0, 0);
  pantallaLCD.print("Plazas libres: ");
  pantallaLCD.print(totalPlazas);
  pantallaLCD.setCursor(0, 1);
  pantallaLCD.print(" Bienvenidos ");

  encenderLeds(); // Todos los LEDs se encienden inicialmente

```

```

}

void loop() {
  // Seguimiento del mando
  if (controlRemoto.decode(&lecturaIR)) {
    gestionarControlRemoto();
    controlRemoto.resume();
  }

  // Lectura de los sensores
  float distanciaEntrada = sensorEntrada.measureDistanceCm();
  float distanciaSalida = sensorSalida.measureDistanceCm();

  // Mostrar valores de los sensores en la consola
  Serial.print("Distancia entrada: ");
  Serial.print(distanciaEntrada);
  Serial.print("  /  ");
  Serial.print("Distancia salida: ");
  Serial.println(distanciaSalida);
  delay(1000);

  // Gestión de las entradas
  if (totalPlazas > 0 && distanciaEntrada < 7.00) { // Si hay plazas libres y
detecta coche en la entrada
    totalPlazas--;
    subirEntrada();
    for (int i = 0; i < 6; i++) {
      if (plazasDisponibles[i]) {
        plazasDisponibles[i] = false;
        digitalWrite(ledParqueo1 + i, LOW); // Apaga el LED correspondiente
        tiempoInicio[i] = millis(); // Registrar el tiempo en que el coche
entra
        sitioEntrada = i + 1;
        break;
      }
    }

    pantallaLCD.setCursor(15, 0);
    pantallaLCD.print(totalPlazas); // Muestra las plazas disponibles
    pantallaLCD.setCursor(0, 1);
    pantallaLCD.print("Aparque en la ");
    pantallaLCD.print(sitioEntrada);

```

```

    delay(5000);
    pantallaLCD.setCursor(0, 1);
    pantallaLCD.print(" ¡Bienvenidos! ");
    bajarEntrada();
}

// Gestión de las salidas
if (totalPlazas < 6 && distanciaSalida < 7.00) { // si hay plazas ocupadas y
detecta coche en la salida
    totalPlazas++;
    subirSalida();
    pantallaLCD.setCursor(15, 0);
    pantallaLCD.print(totalPlazas);
    delay(5000);
    bajarSalida();
}
}

/* Funciones de control del mando */
void gestionarControlRemoto() {
    switch (lecturaIR.value) {
        case 0xFFA25D:
            break;
        case 0xFFE21D:
            break;
        case 0xFF629D:
            break;
        case 0xFF22DD:
            subirEntrada();
            break;
        case 0xFF02FD:
            break;
        case 0xFFC23D:
            subirSalida();
            break;
        case 0xFFE01F:
            bajarEntrada();
            break;
        case 0xFFA857:
            break;
        case 0xFF906F:
            bajarSalida();
    }
}

```

```

        break;
    case 0xFF9867:
        resetearSistema();
        break;
    default:
        break;
}
delay(500);
}

/* Función para encender todos los leds */
void encenderLeds() {
    digitalWrite(ledParqueo1, HIGH);
    digitalWrite(ledParqueo2, HIGH);
    digitalWrite(ledParqueo3, HIGH);
    digitalWrite(ledParqueo4, HIGH);
    digitalWrite(ledParqueo5, HIGH);
}

/* Funciones para controlar las barreras de entrada y salida */
void subirEntrada() {
    for (int pos = 95; pos <= 180; pos++) {
        servoEntrada.write(pos);
        delay(10);
    }
}

void bajarEntrada() {
    for (int pos = 180; pos >= 95; pos--) {
        servoEntrada.write(pos);
        delay(10);
    }
}

void subirsalida() {
    for (int pos = 100; pos <= 180; pos++) {
        servosalida.write(pos);
        delay(10);
    }
}

void bajarsalida() {

```

```

    for (int pos = 180; pos >= 100; pos--) {
        servoSalida.write(pos);
        delay(10);
    }
}

/* Función de tiempo transcurrido */
void imprimirTiempoTranscurrido() {
    switch (sitiosalida) {
        case 1:
            tiempoTotal = tiempoFin[0] - tiempoInicio[0];
            break;
        case 2:
            tiempoTotal = tiempoFin[1] - tiempoInicio[1];
            break;
        case 3:
            tiempoTotal = tiempoFin[2] - tiempoInicio[2];
            break;
        case 4:
            tiempoTotal = tiempoFin[3] - tiempoInicio[3];
            break;
        case 5:
            tiempoTotal = tiempoFin[4] - tiempoInicio[4];
            break;
        case 6:
            tiempoTotal = tiempoFin[5] - tiempoInicio[5];
            break;
    }
    Serial.print("La plaza ");
    Serial.print(sitiosalida);
    Serial.print(" ha sido ocupada durante ");
    Serial.print(tiempoTotal / 1000);
}

void resetearSistema() {
    encenderLeds();
    servoEntrada.write(95);
    servoSalida.write(100);
    totalPlazas = 6;
    for (int i = 0; i < 6; i++) {
        plazasDisponibles[i] = true;
    }
}

```



```

pantallaLCD.setCursor(0, 0);
pantallaLCD.print("Plazas libres: ");
pantallaLCD.print(totalPlazas);
pantallaLCD.setCursor(0, 1);
pantallaLCD.print("  Bienvenidos  ");
}

```

### **Anexo 7.** Parte de código Backend (Node.js para obtener espacios del estacionamiento)

```

const express = require('express');
const app = express();
const { Sequelize, DataTypes } = require('sequelize');

const sequelize = new Sequelize('database', 'username', 'password', {
  host: 'localhost',
  dialect: 'mysql',
});

const Espacio = sequelize.define('Espacio', {
  id: { type: DataTypes.INTEGER, primaryKey: true, autoIncrement: true },
  estado: { type: DataTypes.STRING, allowNull: false },
});

app.get('/espacios', async (req, res) => {
  const espacios = await Espacio.findAll();
  res.json(espacios);
});

app.listen(3000, () => console.log('API corriendo en http://localhost:3000'));

```

### **Anexo 8.** Parte de código Frontend (React – Mostrar espacios del estacionamiento)

```

import React, { useEffect, useState } from 'react';

function App() {
  const [espacios, setEspacios] = useState([]);

  useEffect(() => {
    fetch('http://localhost:3000/espacios')
      .then(response => response.json())

```

```
    .then(data => setEspacios(data));
  }, []);

return (
  <div>
    <h1>Estado de Espacios</h1>
    <ul>
      {espacios.map(espacio => (
        <li key={espacio.id}>
          Espacio {espacio.id}: {espacio.estado}
        </li>
      ))}
    </ul>
  </div>
);
}

export default App;
```