



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

Trabajo de Integración  
Curricular previa la obtención  
del Grado Académico de  
Ingeniero Eléctrico.

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE ESTACIONES DE  
CARGA RÁPIDA PARA DISPOSITIVOS MÓVILES EN FORMA  
INALÁMBRICA”**

**AUTOR:**

LUIS ALONSO CARDENAS MUÑOZ

**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

ING. ALFONSO JAVIER GUNSHA MORALES, MSc

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR**

**2025**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **LUIS ALONSO CÁRDENAS MUÑOZ**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**LUIS ALONSO CÁRDENAS MUÑOZ**

**C.I: 1205363508**



## CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Alfonso Javier Gunsha Morales**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Luis Alonso Cárdenas Muñoz**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Estudio de factibilidad técnico-económica de estaciones de carga rápida para dispositivos móviles en forma inalámbrica**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

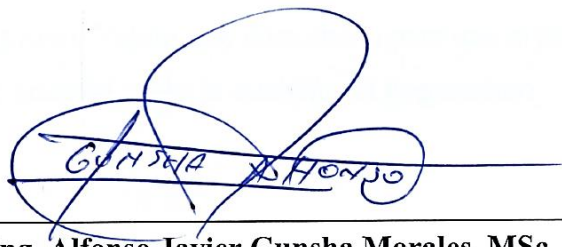
A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to read 'GUNSHA ALFONSO'.

**Ing. Alfonso Javier Gunsha Morales, MSc**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. Alfonso Javier Gunsha Morales, MSc**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**Estudio de factibilidad técnico-económica de estaciones de carga rápida para dispositivos móviles en forma inalámbrica**” Presentado por el estudiante **Luis Alonso Cárdenas Muñoz**, egresado de la Carrera Electricidad, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis del sistema COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 99% y similitud 1%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

 <b>CERTIFICADO DE ANÁLISIS</b> magister	<b>TESIS LUIS CARDENAS</b>	<b>1%</b> Textos sospechosos	<b>1%</b> Similitudes < 1% similitudes entre comillas < 1% entre las fuentes mencionadas	<b>6%</b> Idiomas no reconocidos (ignorado)
Nombre del documento: TESIS LUIS CARDENAS.pdf ID del documento: 6a566034dd57f789894591f10be995a5d711a699 Tamaño del documento original: 1,61 MB Autores: []	Depositante: ALFONSO JAVIER GUNSHA MORALES Fecha de depósito: 6/3/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 6/3/2025	Número de palabras: 21.658 Número de caracteres: 167.930		



**Ing. Alfonso Javier Gunsha Morales, MSc**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



# UTEQ

**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**PROYECTO DE INVESTIGACION**

**TÍTULO:**

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DE ESTACIONES DE CARGA RÁPIDA PARA DISPOSITIVOS MÓVILES EN FORMA INALÁMBRICA”**

Presentado al Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico.

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Carlos Pisco Vanegas, MSc

\_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Silvia Virginia Taipe Quilligana, MSc

\_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos David Amaya Jaramillo, PhD

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2025

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental en este camino académico y personal.

A mi madre Gricelda Muñoz y a mi padre Luis Cárdenas, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus palabras de aliento en los momentos más difíciles. Gracias por ser mi mayor inspiración y mi sostén inquebrantable.

A mis hermanos Lady y Alberto Cárdenas, quienes con su compañía, consejos y ejemplo me motivaron a seguir adelante y a no rendirme, incluso cuando el camino se tornaba complicado.

A los amigos que conocí durante esta etapa universitaria, gracias por su ayuda, por cada conversación, cada explicación, cada momento compartido, y por brindarme siempre su granito de arena para no dejarme caer. Ustedes hicieron que este viaje fuera más llevadero y valioso.

A los docentes que, más allá de su rol académico, se tomaron el tiempo para explicarme con paciencia aquellos temas que no lograba comprender. A ustedes, que con dedicación y vocación se ganaron no solo mi respeto, sino también mi aprecio sincero. A más de profesores, los considero verdaderos amigos.

Gracias a todos por haber formado parte de este proceso. Sin su apoyo, esta meta no habría sido posible.

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro con todo mi corazón a las personas que han sido pilares fundamentales en mi vida.

A mi madre, Gricelda Muñoz, y a mi padre, Luis Cárdenas, por su amor incondicional, su paciencia infinita y su constante apoyo en cada paso de este camino. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por impulsarme a seguir y por estar siempre presentes.

Y a mi hija, Amelia Cárdenas, quien llegó a mi vida para transformarla por completo. Gracias, hija, por darme la fuerza que me faltaba, por ser mi inspiración diaria, por enseñarme a ser mejor persona, mejor estudiante y, sobre todo, por mostrarme lo que significa ser padre. Este título también es tuyo.

**ALONSO CARDENAS MUÑOZ**

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la factibilidad técnico-económica de la implementación de estaciones de carga rápida para dispositivos móviles mediante tecnología inalámbrica. La creciente dependencia de los dispositivos electrónicos y la limitación de la carga por cable han impulsado la necesidad de soluciones más eficientes y accesibles en espacios públicos y comerciales. Para ello, se realizó un análisis exhaustivo de las tecnologías de carga inalámbrica disponibles, incluyendo la carga por inducción y resonancia, evaluando sus ventajas y desventajas en términos de eficiencia, compatibilidad y seguridad. Asimismo, se analizaron los requerimientos técnicos para la implementación de estaciones de carga, considerando aspectos como infraestructura, consumo energético y normativas aplicables. Desde la perspectiva económica, el estudio incluyó un análisis de costos de implementación, operación y mantenimiento, así como un estudio de mercado que permitiera determinar la demanda potencial y la viabilidad financiera del proyecto. Se identificaron ubicaciones estratégicas para la instalación de estas estaciones, tomando en cuenta factores como flujo de usuarios, accesibilidad y costo-beneficio. Los resultados indican que la implementación de estaciones de carga inalámbrica es viable técnica y económicamente, siempre que se optimicen los costos y se garantice la compatibilidad con una amplia gama de dispositivos. Además, se recomienda la integración de energías renovables para mejorar la sostenibilidad del sistema y reducir el impacto ambiental.

**Palabras claves:** Carga inalámbrica, Estaciones de carga, Dispositivos móviles, Energía Renovable, Sostenibilidad.

## ABSTRACT

This study aims to assess the technical and economic feasibility of implementing fast-charging stations for mobile devices using wireless technology. The increasing reliance on electronic devices and the limitations of wired charging have driven the need for more efficient and accessible solutions in public and commercial spaces. To achieve this, an in-depth analysis of available wireless charging technologies, including induction and resonance charging, was conducted, evaluating their advantages and disadvantages in terms of efficiency, compatibility, and safety. Additionally, the technical requirements for implementing charging stations were analyzed, considering aspects such as infrastructure, energy consumption, and applicable regulations. From an economic perspective, the study included an analysis of implementation, operation, and maintenance costs, as well as a market study to determine potential demand and the financial feasibility of the project. Strategic locations for installing these stations were identified, taking into account factors such as user flow, accessibility, and cost-benefit. The results indicate that implementing wireless charging stations is technically and economically feasible, provided that costs are optimized and compatibility with a wide range of devices is ensured. Furthermore, the integration of renewable energy sources is recommended to improve system sustainability and reduce environmental impact.

**Keywords:** Wireless charging, Charging stations, Mobile devices, Sustainability.

## TABLA DE CONTENIDO

PORTADA .....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
CERTIFICADO DE LA APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT .....	ix
TABLA DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE TABLA .....	xvi
ÍNDICE DE FIGURA.....	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
CÓDIGO DUBLIN.....	xx
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I.....	2
CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Problema de la investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema .....	3
1.1.2. Formulación del problema .....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. OBJETIVOS.....	5
1.2.1. Objetivo general .....	5

1.2.2. Objetivos específicos .....	5
1.3. JUSTIFICACION .....	5
CAPITULO II .....	7
FUNDAMENTACIÓN TEORICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
2.2. Marco Conceptual.....	8
2.2.1. Antecedentes .....	8
2.2.2. Carga inalámbrica .....	9
2.2.2.1. Tipos de carga inalámbrica.....	9
2.2.3. Tecnología de dispositivos móviles .....	12
2.2.3.1. Compatibilidad.....	12
2.2.3.2. Evolución de la tecnología.....	13
2.2.4. Aspectos técnicos .....	15
2.2.4.1. Componentes del sistema.....	15
2.2.5. Factibilidad económica.....	19
2.2.5.1. Costos de implementación. ....	19
2.2.5.2. Análisis de mercado .....	19
2.2.6. Impacto ambiental .....	21
2.2.6.1. Sostenibilidad de la carga inalámbrica .....	21
2.2.6.2. Ventajas ambientales .....	22
2.2.7. Normativas y regulaciones .....	23
2.2.7.1. Estándares técnicos para la carga inalámbrica.....	23
2.2.7.2. Seguridad eléctrica. ....	24
2.2.8. Tendencias futuras .....	26
2.2.8.1. Innovaciones tecnológicas. ....	26
2.2.8.2. Integración con otras tecnologías.....	27

2.3. Marco Referencial .....	28
2.3.1. Casos de estudio relevantes.....	28
2.3.2. Situación del mercado actual.....	28
2.3.3. Interconexión con energía renovable .....	29
2.3.4. Capacidades y limitaciones actuales de la tecnología .....	30
2.3.5. Financiamiento y modelos de inversión .....	30
CAPITULO III .....	32
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	32
3.1. Localización .....	33
3.2. Tipo de investigación.....	33
3.2.1. Investigación bibliográfica.....	33
3.3. Métodos de investigación.....	34
3.3.1. Método explicativo .....	34
3.3.2. Método analítico .....	34
3.4. Fuentes de recopilación de información .....	35
3.5. Diseño de la investigación .....	35
3.6. Tratamientos de datos .....	37
3.6.1. Recopilación de datos primarios .....	37
3.6.2. Recopilación de datos secundarios.....	37
3.6.3. Metodología de análisis.....	38
3.7. Instrumentos de investigación .....	39
3.8. Recursos humanos y materiales.....	40
3.8.1. Recursos humanos.....	40
3.8.2. Materiales .....	40
3.8.3. Recursos tecnológicos .....	40

CAPITULO IV .....	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
4.1. Análisis estudiantes del campus La María de la UTEQ .....	42
4.1.1. Encuesta a estudiantes del campus La María .....	42
4.1.2. Análisis de la necesidad del servicio de carga para dispositivos móviles .....	45
4.1.3. Segmentación de estaciones de cargas .....	45
4.1.4. Estimación del tamaño del mercado .....	46
4.1.5. Disponibilidad puntos de carga.....	46
4.2. Análisis de estudios realizados.....	46
4.3. Consideraciones técnicas .....	51
4.3.1. Infraestructuras para las estaciones de carga inalámbrica .....	51
4.3.1.3. Control de carga inalámbrica.....	54
4.3.2. Características técnicas de carga por inducción.....	54
4.3.3. Características técnicas de carga por resonancia .....	55
4.3.4. Evaluar las pérdidas del sistema y las medidas para optimizar la eficiencia energética.....	57
4.3.4.1. Pérdidas en el sistema de generación fotovoltaico.....	57
4.3.4.2. Pérdidas en el sistema de almacenamiento .....	57
4.3.4.3. Pérdidas en la conversión de potencia.....	58
4.3.4.4. Pérdidas en la transmisión inalámbrica de energía. ....	58
4.3.4.5. Pérdidas en la carga del dispositivo .....	59
4.3.5. Requerimientos para la instalación de estaciones de carga inalámbrica .....	59
4.3.5.1. Requerimientos energéticos y de generación solar .....	59
4.3.5.2. Requerimientos de almacenamiento de energía.....	60
4.3.5.3. Requerimientos eléctricos y de conversión de energía .....	60

4.3.5.4.Requerimientos de seguridad y protección. ....	60
4.3.5.5.Requerimientos de infraestructura y ubicación.....	61
4.3.5.6.Requerimientos normativos y legales.....	61
4.3.6.Mantenimiento de las estaciones de carga inalámbrica.....	61
4.3.6.1.Sistema de generación fotovoltaica.....	61
4.3.6.2.Sistema de almacenamiento.....	62
4.3.6.3.Conversión de potencia.....	62
4.3.6.4.Transmisión inalámbrica de energía.....	62
4.3.6.5. Carga del dispositivo. ....	62
4.3.6.6.Mantenimiento general. ....	63
4.3.6.7.Mantenimiento preventivo anual.....	63
4.4.Estudio económico de la investigación.....	63
4.4.1.Costo del equipo de carga rápida inalámbrica.....	63
4.4.2.Infraestructura y mobiliario.....	64
4.4.3.Baterías y paneles solares.....	64
4.4.4.Costos de mantenimiento.....	66
4.3.7.Costo total de la instalación.....	67
4.3.8.Estimación del ahorro en consumo energético.....	67
4.3.9. Retorno de inversión.....	68
4.3.10.Evaluación económica.....	68
CAPITULO V.....	63
CONCLUSION Y RECOMENDACION.....	63
5.1.Conclusiones.....	64
5.2.Recomendaciones.....	65

CAPITULO VI .....	66
BIBLIOGRAFÍA .....	66
6.1. BIBLOGRAFIA .....	67
CAPITULO VII .....	74
ANEXOS.....	74

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Tipos de carga inalámbrica .....	12
Tabla 2. Comparación entre tipos de cargas inalámbrica .....	50
Tabla 3. Características técnicas de la carga por inducción .....	55
Tabla 4. Características técnicas de la carga por resonancia.....	56
Tabla 5. Costo de equipo de carga inalámbrica.....	63
Tabla 6. Costos de baterías.....	64
Tabla 7. Costos de panel solar .....	65
Tabla 8. Costos de regulador de carga.....	65
Tabla 9. Costos de inversor DC/DC .....	66
Tabla 10. Costo total de instalación.....	67

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Inducción electromagnética .....	10
Figura 2. Partes Del Sistema De Carga.....	15
Figura 3. Bobina Transmisora .....	16
Figura 4. Controlador De Potencia .....	16
Figura 5. Bobina Receptora.....	17
Figura 6. Ubicación De UTEQ Campus La María .....	33
Figura 7. Datos de la encuesta realizada .....	43
Figura 8. Segmentación de estaciones de carga .....	45
Figura 9. Esquema de estación de carga inalámbrica autónoma .....	52
Figura 10. Panel solar.....	53
Figura 11. Regulador de voltaje DC/DC.....	53
Figura 12. Módulo de carga inalámbrica .....	54

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Muestra.....	36
Ecuación 2. Mercado potencial .....	37
Ecuación 3. Consumo energético .....	38
Ecuación 4. Retorno de inversión.....	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.Ficha tecnica.....	75
Anexo 2.Encuesta .....	77

## CÓDIGO DUBLIN

<b>Título:</b>	“Estudio de factibilidad técnico- económica de estaciones de carga rápida para dispositivos”				
<b>Autor:</b>	Luis Alonso Cárdenas Muñoz				
<b>Palabras claves:</b>	Carga inalámbrica	Estaciones de carga	Dispositivos móviles	Energía Renovable	Sostenibilidad
<b>Fecha de publicación:</b>	JUNIO -2025				
<b>Editorial:</b>	Quevedo- UTEQ “La María”, 2025				
<b>Resumen:</b>	<p>El presente estudio tiene como objetivo evaluar la factibilidad técnico-económica de la implementación de estaciones de carga rápida para dispositivos móviles mediante tecnología inalámbrica. La creciente dependencia de los dispositivos electrónicos y la limitación de la carga por cable han impulsado la necesidad de soluciones más eficientes y accesibles en espacios públicos y comerciales. Para ello, se realizó un análisis exhaustivo de las tecnologías de carga inalámbrica disponibles, incluyendo la carga por inducción y resonancia, evaluando sus ventajas y desventajas en términos de eficiencia, compatibilidad y seguridad. Asimismo, se analizaron los requerimientos técnicos para la implementación de estaciones de carga, considerando aspectos como infraestructura, consumo energético y normativas aplicables. Desde la perspectiva económica, el estudio incluyó un análisis de costos de implementación, operación y mantenimiento, así como un estudio de mercado que permitiera determinar la demanda potencial y la viabilidad financiera del proyecto. Se identificaron ubicaciones estratégicas para la instalación de estas estaciones, tomando en cuenta factores como flujo de usuarios, accesibilidad y costo-beneficio. Los resultados indican que la implementación de estaciones de carga inalámbrica es viable técnica y económicamente. Además, se recomienda la integración de energías renovables para mejorar la sostenibilidad del sistema y reducir el impacto ambiental.</p>				
<b>Abstract:</b>	<p>This study aims to assess the technical and economic feasibility of implementing fast-charging stations for mobile devices using wireless technology. The increasing reliance on electronic devices and the limitations of wired charging have driven the need for more efficient and accessible solutions in public and commercial spaces. To achieve this, an in-depth analysis of available wireless charging technologies, including induction and resonance charging, was conducted, evaluating their advantages and disadvantages in terms of efficiency, compatibility, and safety. Additionally, the technical requirements for implementing charging stations were analyzed, considering aspects such as infrastructure, energy consumption, and applicable regulations. From an economic perspective, the study included an analysis of implementation, operation, and maintenance costs, as well as a market study to determine potential demand and the financial feasibility of the project. Strategic locations for installing these stations were identified, taking into account factors such as user flow, accessibility, and cost-benefit. The results indicate that implementing wireless charging stations is technically and economically feasible, provided that costs are optimized and compatibility with a wide range of devices is ensured. Furthermore, the integration of renewable energy sources is recommended to improve system sustainability and reduce environmental impact.</p>				
<b>Descripción:</b>	105 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
<b>URI:</b>					

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los dispositivos móviles han adquirido un papel fundamental en la vida cotidiana, facilitando la comunicación, el acceso a la información y la gestión de actividades personales y laborales. Sin embargo, la autonomía limitada de sus baterías sigue siendo un desafío, generando la necesidad de soluciones de carga más eficientes y accesibles. La carga inalámbrica ha emergido como una alternativa innovadora a la carga tradicional por cable, ofreciendo mayor comodidad y flexibilidad para los usuarios.

Este estudio se centra en la factibilidad técnico-económica de implementar estaciones de carga rápida inalámbrica en espacios públicos y comerciales. A través de un análisis detallado, se busca evaluar las tecnologías disponibles, los costos asociados a su implementación y mantenimiento, así como la viabilidad de mercado de esta infraestructura. Además, se exploran aspectos relacionados con la eficiencia energética, el impacto ambiental y la compatibilidad con distintos dispositivos móviles.

La implementación de estas estaciones podría mejorar la experiencia del usuario, impulsar el desarrollo tecnológico urbano y fomentar el uso de soluciones sostenibles. Este proyecto plantea además propuestas prácticas basadas en análisis de mercado, revisión de normativas y estudios comparativos, con el fin de proporcionar una guía clara para su ejecución.

Los resultados permitirán identificar las oportunidades y desafíos de adoptar esta tecnología en el contexto actual, contribuyendo a una ciudad más conectada, moderna y accesible para todos. Además, se espera que la implementación de esta infraestructura motive a los gobiernos locales y al sector privado a invertir en tecnologías limpias e innovadoras, fortaleciendo el desarrollo sostenible y la calidad de vida en los entornos urbanos.

El enfoque de esta investigación combina conocimientos de diseño eléctrico, electrónica de potencia, evaluación económica y planificación urbana, con el propósito de desarrollar una solución funcional, escalable y eficiente. La instalación de estas estaciones representa una oportunidad estratégica para mejorar la infraestructura tecnológica en ciudades inteligentes, promoviendo la sostenibilidad energética y la integración de servicios orientados al ciudadano.

**CAPITULO I**  
**CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de la investigación**

### ***1.1.1. Planteamiento del problema***

En un mundo cada vez más dependiente de la tecnología móvil, los dispositivos como: teléfonos inteligentes y tabletas se han convertido en elementos esenciales para la vida cotidiana, el trabajo y la comunicación. Sin embargo, el uso intensivo de estos dispositivos lleva al agotamiento frecuente de sus baterías, lo que genera una creciente necesidad de soluciones de carga que sean tanto rápidas como accesibles en diferentes entornos, especialmente en espacios públicos y comerciales, la carga tradicional por cable, aunque efectiva, limita la movilidad y comodidad del usuario, lo que ha impulsado el interés por opciones de carga inalámbrica[1].

La carga inalámbrica, aunque ofrece ventajas en términos de comodidad y facilidad de uso, enfrenta limitaciones significativas en velocidad y eficiencia las tecnologías actuales como: la carga por inducción y la carga por resonancia, aún no alcanzan la misma velocidad que las soluciones de carga rápida por cable, y presentan problemas de compatibilidad con una amplia gama de dispositivos móviles además, existen preocupaciones técnicas, como: el sobrecalentamiento y el desgaste de las baterías, que pueden comprometer la seguridad y la durabilidad de los dispositivos, especialmente en entornos de carga rápida[2].

Desde una perspectiva económica, la implementación de estaciones de carga rápida inalámbrica en lugares públicos y comerciales conlleva un costo considerable. Estos proyectos requieren una infraestructura avanzada y un mantenimiento constante lo cual representa un reto económico para inversionistas y operadores, además, el éxito de estas estaciones depende de su uso efectivo por parte de los usuarios lo que demanda un análisis de demanda y la identificación de ubicaciones estratégicas que justifiquen la inversión[3].

En este contexto, surge la necesidad de llevar a cabo un estudio de factibilidad técnico-económica que permita evaluar si la tecnología y las condiciones actuales son adecuadas para desarrollar estaciones de carga rápida inalámbrica. Este estudio deberá analizar qué tecnología de carga inalámbrica es la más adecuada, los requisitos técnicos para su implementación segura y eficiente, así como la viabilidad económica de su implementación a escala[4], [5].

## **Diagnóstico:**

En la era digital actual, los dispositivos móviles se han convertido en una parte integral de nuestras vidas, brindando acceso instantáneo a información, comunicación y entretenimiento. Sin embargo, uno de los desafíos que enfrentamos regularmente es la limitada duración de la batería de estos dispositivos. Para abordar esta problemática, la carga inalámbrica se ha convertido en una opción conveniente y prometedora.

El uso de los cargadores se ha vuelto indispensable en la actualidad por el mayor uso de los dispositivos móviles, el transporte y la maniobrabilidad de los cables del cargador son una gran limitante, por el motivo de que si se encuentra descargado el dispositivo se necesita estar a la distancia del cable del cargador y el espacio que ocupa dicho elemento reducirá el movimiento a la hora de manipularlo.

Uno de los desafíos actuales en la carga inalámbrica rápida para dispositivos móviles es la eficiencia y velocidad de carga, la carga inalámbrica al ser un sistema que está en desarrollo no alcanza igualar la eficiencia de la carga con cable.

## **Pronostico:**

La carga inalámbrica continuará evolucionando para cerrar la brecha con la carga por cable en términos de eficiencia y velocidad. Con avances en tecnologías como la resonancia magnética y sistemas de carga a distancia, será más accesible y conveniente, eliminando las restricciones de cables y bases fijas. Su integración en espacios cotidianos, como muebles y vehículos, aumentará su adopción, mientras que mejoras en sostenibilidad y eficiencia energética harán esta tecnología más amigable con el medio ambiente. En el futuro, la carga inalámbrica se perfila como el estándar dominante para dispositivos móviles.

### ***1.1.2. Formulación del problema***

¿Es viable la implementación de estaciones de carga rápida para dispositivos móviles en forma inalámbrica considerando los aspectos técnicos, económicos y operativos?

### ***1.1.3. Sistematización del problema***

- ¿Cuál es la demanda actual y proyectada de estaciones de carga rápida inalámbrica para dispositivos móviles en espacios públicos y comerciales?

- ¿Qué ventajas y desventajas presentan las tecnologías de carga inalámbrica, como la inducción y la resonancia, en términos de eficiencia, compatibilidad y capacidad de carga rápida?
- ¿Cuáles son los requerimientos técnicos clave para implementar estaciones de carga rápida inalámbrica que aseguren eficiencia, seguridad y adaptabilidad para distintos dispositivos móviles?
- ¿Cuál sería el costo estimado de implementar estaciones de carga rápida inalámbrica en ubicaciones estratégicas, y qué rentabilidad podría esperarse a corto y largo plazo?

## **1.2. OBJETIVOS**

### ***1.2.1. Objetivo general***

Desarrollar un estudio de factibilidad sobre la implementación de estaciones de carga rápida inalámbrica para dispositivos móviles, considerando los aspectos técnicos, económicos y operativos involucrados en este tipo de infraestructura.

### ***1.2.2. Objetivos específicos***

- Evaluar la demanda y el mercado potencial para este tipo de estaciones de carga, identificando las ubicaciones estratégicas más adecuadas.
- Comparar las tecnologías inalámbricas de carga existentes, como la carga por inducción y la carga por resonancia, en función de su eficiencia y compatibilidad con diferentes dispositivos móviles.
- Analizar la viabilidad técnica de la implementación de estaciones de carga rápida para dispositivos móviles de forma inalámbrica.
- Analizar la viabilidad económica de la implementación de estaciones de carga rápida para dispositivos móviles de forma inalámbrica.

## **1.3. JUSTIFICACION**

La realización de un estudio de factibilidad sobre estaciones de carga rápida inalámbrica para dispositivos móviles es crucial dada la necesidad de enfrentar los desafíos inherentes a esta tecnología en evolución. Al analizar tanto la viabilidad técnica como los obstáculos

económicos de la implementación de estas estaciones, es posible proporcionar una base sólida para tomar decisiones estratégicas que maximicen los beneficios para los usuarios y las empresas[6].

La carga rápida inalámbrica en lugares públicos y comerciales tiene el potencial de ofrecer a los usuarios una experiencia de carga más cómoda y conveniente, eliminando la necesidad de cables y ofreciendo acceso en momentos críticos, comprender los factores técnicos que pueden afectar la velocidad y seguridad de carga permitirá desarrollar soluciones que respondan de forma óptima a las necesidades de los usuarios, mejorando su satisfacción y comodidad.

Las estaciones de carga inalámbrica, cuando se implementan estratégicamente, pueden optimizar el uso de espacios en áreas comerciales y públicas, atrayendo a los usuarios hacia áreas específicas y promoviendo el flujo de clientes. Un análisis de viabilidad detallado permite prever el costo total de propiedad, abarcando instalación, mantenimiento y posibles actualizaciones, lo que ayuda a que las empresas gestionen mejor sus recursos y se aseguren de que la inversión en infraestructura tecnológica sea rentable[6].

A pesar de sus ventajas, la carga inalámbrica rápida aún es poco común en espacios públicos y comerciales debido a limitaciones técnicas y desconocimiento por parte de los usuarios. Al investigar las mejores prácticas y tecnologías, se puede fomentar una mayor adopción y aceptación de esta forma de carga. Identificar ubicaciones estratégicas para la implementación puede maximizar su visibilidad y uso, contribuyendo a un cambio en el comportamiento de los usuarios hacia la adopción de la carga inalámbrica.

Este estudio también tiene el potencial de contribuir al avance de la carga inalámbrica, ya que permitirá explorar y comparar tecnologías de vanguardia como: la carga por inducción y por resonancia, y sus aplicaciones específicas en entornos de carga rápida. Al evaluar estos aspectos, se impulsa el desarrollo de soluciones más eficientes y seguras, estimulando la innovación en el campo de la carga inalámbrica para dispositivos móviles y consolidando una tecnología clave para el futuro.

## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEORICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.2. Marco Conceptual**

### ***2.2.1. Antecedentes***

La historia de la carga inalámbrica comenzó a finales del siglo XIX con Nikola Tesla, quien soñaba con transmitir energía sin cables para alimentar ciudades y máquinas. Su experimento más destacado fue la Torre Wardenclyffe, diseñada para enviar electricidad a largas distancias mediante inducción electromagnética y resonancia, pero el proyecto quedó inconcluso por falta de fondos[7].

A lo largo del siglo XX, la investigación en este campo avanzó lentamente, pero en las últimas décadas, tecnologías como la resonancia magnética acoplada y la inducción magnética han permitido aplicaciones prácticas en dispositivos personales, como teléfonos móviles y dispositivos médicos implantables. Actualmente, las investigaciones buscan mejorar la eficiencia y seguridad de estos sistemas para su uso más amplio en la vida diaria y en la industria[8].

La carga inalámbrica avanzó lentamente, usándose en dispositivos médicos para mejorar la comodidad y seguridad de los pacientes. En las últimas décadas, tecnologías como la inducción magnética y la resonancia magnética hicieron posible la carga inalámbrica en dispositivos personales. En 2008, el estándar de electricidad por inducción (Qi) impulsó la popularidad de esta tecnología, ahora común en teléfonos, relojes y auriculares[9].

Actualmente, se investiga la carga resonante de campo cercano y métodos para cargar a distancia, acercándonos cada vez más a la visión de Tesla de un mundo sin cables.

Los principales estándares de carga inalámbrica han sido liderados por estándar de electricidad por inducción (Qi), desarrollado por el Wireless Power Consortium (WPC) en 2008. Inicialmente diseñado para cargas de hasta 5W, estándar de electricidad por inducción (Qi) ha evolucionado para admitir potencias de hasta 15W y mejorar la seguridad con detección de objetos y control de temperatura[9].

En paralelo, surgieron otros estándares como PMA (Power Matters Alliance) y Rezence (A4WP - Alliance for Wireless Power), que permitieron una carga más flexible con resonancia magnética. En 2015, estos estándares se unieron a estándar de electricidad por inducción (Qi), formando un sistema unificado, con la llegada de estándar de electricidad por inducción (Qi) 2.0, se han integrado mejoras en velocidad y seguridad, consolidando a

estándar de electricidad por inducción (Qi) como el estándar universal para carga inalámbrica rápida y eficiente[9].

### ***2.2.2. Carga inalámbrica***

La carga inalámbrica es una tecnología que permite la transferencia de electricidad a dispositivos electrónicos sin la necesidad de conexiones físicas, como cables, este proceso se basa en el principio de inducción electromagnética, donde se utiliza un campo electromagnético para transferir energía entre un cargador y un dispositivo receptor, la carga inalámbrica se ha vuelto cada vez más popular en dispositivos como teléfonos móviles, relojes inteligentes y auriculares, facilitando su uso al eliminar la necesidad de conectar y desconectar cables constantemente[10].

El cargador inalámbrico funciona mediante un proceso que se puede desglosar en varias etapas interconectadas, al conectarse a una fuente de energía, la bobina transmisora del cargador genera un campo electromagnético, este campo se produce mediante la conversión de corriente eléctrica en corriente alterna, cuando un dispositivo compatible se coloca sobre el cargador, su bobina receptora detecta el campo electromagnético emitido por el cargador. Esta detección es crucial, ya que permite que el dispositivo reconozca que está en la posición correcta para recibir energía, finalmente, a través del campo electromagnético, la energía se transfiere desde el cargador al dispositivo, la bobina receptora del dispositivo convierte esta energía en corriente continua, lo que permite cargar la batería del mismo, este proceso integral no solo facilita la carga sin cables, sino que también mejora la comodidad y eficiencia en el uso de dispositivos electrónicos[11].

#### ***2.2.2.1. Tipos de carga inalámbrica.***

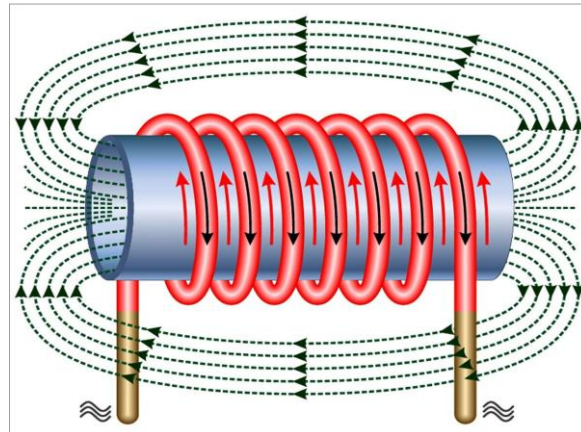
- **Inducción electromagnética**

La inducción electromagnética es un fenómeno físico que ocurre cuando un campo magnético variable genera un voltaje eléctrico en un conductor, este principio se basa en la Ley de Faraday, que establece que la magnitud del voltaje inducido es proporcional a la tasa de cambio del flujo magnético a través del conductor como se muestra en la figura 1, para que este fenómeno ocurra, es necesario un cambio en la intensidad del campo magnético, una variación en el área del circuito que atraviesa el campo, o un movimiento relativo entre el conductor y el campo magnético.

Por su parte, la Ley de Lenz dicta que la corriente inducida generará un campo magnético que se opone al cambio que la produce, garantizando la conservación de la energía y la estabilidad del sistema[12].

### Figura 1

#### *Inducción electromagnética*



*Nota.* Se muestra el comportamiento del campo electromagnético cuando es inducida una corriente, tomado de Lifeder, 2020, por Bauer.

El funcionamiento de la inducción electromagnética se utiliza ampliamente en aplicaciones tecnológicas. Por ejemplo, en los sistemas de carga inalámbrica, una bobina emisora genera un campo magnético variable mediante corriente alterna, este campo induce un voltaje en una bobina receptora cercana, que luego se transforma en corriente eléctrica para cargar dispositivos como teléfonos móviles o relojes inteligentes, en los generadores eléctricos, la rotación de un conductor dentro de un campo magnético convierte la energía mecánica en energía eléctrica, mientras que en los transformadores, la inducción permite transferir energía entre dos circuitos, ajustando los niveles de voltaje para su uso eficiente. Este fenómeno es esencial en el desarrollo de tecnologías modernas que dependen de la conversión y transferencia de energía eléctrica[13].

- **Resonancia magnética**

La resonancia magnética se fundamenta en las propiedades magnéticas de los núcleos atómicos con spin, como los del hidrógeno, que poseen un momento magnético intrínseco, al someter estos núcleos a un campo magnético fuerte, sus momentos magnéticos se alinean en estados de alta o baja energía[14].

Cuando se aplica una onda de radiofrecuencia a una frecuencia específica (frecuencia de Larmor), los núcleos absorben energía y cambian de estado, este fenómeno genera una respuesta característica que puede ser captada al cesar la onda de radio, ya que los núcleos liberan la energía absorbida en forma de señales detectables[15].

Este principio físico es la base de la Imagen por Resonancia Magnética (IRM), una tecnología médica que permite obtener imágenes detalladas del interior del cuerpo humano. La IRM utiliza los núcleos de hidrógeno en los tejidos blandos como: músculos y órganos, para producir imágenes de alta resolución, estas imágenes son esenciales para el diagnóstico de enfermedades neurológicas, cardiovasculares, lesiones musculares, tumores, entre otros. La capacidad de diferenciar tejidos en función de sus propiedades magnéticas y tiempos de relajación hace de la resonancia magnética una herramienta clave en la medicina moderna[15].

- **Radiofrecuencia (RF)**

La radiofrecuencia (RF) se refiere a un rango de frecuencias en el espectro electromagnético que va desde los 3 kHz hasta los 300 GHz, estas ondas electromagnéticas consisten en campos eléctricos y magnéticos que oscilan a través del espacio y son utilizados en una amplia variedad de aplicaciones, la frecuencia de estas ondas determina su comportamiento; las ondas de baja frecuencia tienen mayor capacidad para viajar largas distancias y penetrar obstáculos, mientras que las ondas de mayor frecuencia son más eficaces en la transmisión de datos a alta velocidad pero con un alcance limitado, las aplicaciones de la radiofrecuencia incluyen telecomunicaciones, donde se usan para: la transmisión de señales de radio, televisión, Wi-Fi y telefonía móvil, así como en dispositivos como microondas y sistemas satelitales[16].

En el campo de la medicina, la radiofrecuencia se utiliza en técnicas avanzadas como la resonancia magnética, donde se aplican ondas de RF para excitar los núcleos atómicos y obtener imágenes detalladas del cuerpo humano, además, en procedimientos terapéuticos, como la ablación por radiofrecuencia, se utiliza para destruir tejidos anormales o tumorales mediante calor, también se emplea en la industria, en procesos como el calentamiento por microondas, a pesar de sus numerosas aplicaciones, la radiofrecuencia presenta desafíos como la interferencia en las señales y los riesgos potenciales de exposición prolongada a ciertas frecuencias y potencias, lo que requiere un uso controlado y regulado[17].

**Tabla 1***Tipos de carga inalámbrica*

<b>Tipo</b>	<b>Distancia</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Flexibilidad</b>	<b>Aplicaciones principales</b>
Inducción magnética	Corta	Alta	Baja	Smartphones, relojes inteligentes.
Resonancia magnética	Media	Moderada	Alta	Dispositivos múltiples, médicos.
Radiofrecuencia (RF)	Larga	Baja	Muy alta	IoT, dispositivos pequeños.
Acoplamiento capacitivo	Muy corta	Moderada	Baja	Electrónica de baja potencia.
Energía solar	Variable	Baja	Alta (luz disponible)	Relojes solares, cargadores solares.
Ultrasónica	Media	Baja	Moderada	Dispositivos médicos, portátiles.

**FUENTE:** WIRELESS POWER**ELABORADO:** AUTOR, 2025

### **2.2.3. Tecnología de dispositivos móviles**

#### **2.2.3.1. Compatibilidad.**

La compatibilidad se refiere a la capacidad de dos o más sistemas, dispositivos o componentes para funcionar correctamente juntos sin conflictos ni necesidad de ajustes significativos. En un contexto técnico, implica que los dispositivos pueden operar bajo los mismos estándares o protocolos, garantizando una comunicación e interacción eficientes y sin errores[18].

Entre los principales fabricantes que han adoptado el estándar de electricidad por inducción (Qi) se encuentra Apple, cuyos modelos de iPhone desde el iPhone 8 y 8 Plus, así como el iPhone X y posteriores, son compatibles con la carga inalámbrica. Esta integración ha

permitido a los usuarios disfrutar de la conveniencia de cargar sus dispositivos sin necesidad de cables[18]

Por su parte, Samsung ha incorporado esta funcionalidad en su serie Galaxy S (desde S6 en adelante), Galaxy Note (desde Note 5) y varios modelos de Galaxy Z, lo que demuestra su compromiso con la innovación en tecnología móvil[19]

Otro fabricante importante es Google, cuyas versiones más recientes de teléfonos Pixel, incluidos Pixel 5 y posteriores, también son compatibles con la carga inalámbrica estándar de electricidad por inducción (Qi), Huawei no se queda atrás, ya que modelos como el P30 Pro, P40 Pro y Mate 40 Pro incluyen esta funcionalidad, ampliando así las opciones para los consumidores. Además, Xiaomi ha integrado la carga inalámbrica en dispositivos de gama alta como el Xiaomi 12 Pro y Mi 11 Ultra, mientras que OnePlus soporta esta tecnología desde el OnePlus 8 Pro en adelante[20].

Además, existen fabricantes como LG, Motorola, OPPO, Sony y Nokia también han incorporado la carga inalámbrica en varios de sus modelos premium, para que un dispositivo sea compatible con la carga inalámbrica, es esencial que cuente con una bobina receptora adecuada y sea capaz de manejar la corriente proporcionada por el cargador[20].

### ***2.2.3.2.Evolución de la tecnología.***

La evolución de la carga inalámbrica ha sido notable desde su introducción, transformando la forma en que alimentamos nuestros dispositivos electrónicos. Los primeros experimentos sobre transmisión de energía a través del aire se remontan a finales del siglo XIX, cuando Nikola Tesla llevó a cabo investigaciones pioneras en este campo. Sin embargo, no fue hasta la última década que la tecnología se consolidó como una solución práctica y accesible para dispositivos móviles[21].

En 2009, el establecimiento del estándar Qi por parte del Wireless Power Consortium marcó un hito importante, proporcionando un marco unificado para la carga inalámbrica que facilitó su adopción generalizada[22].

En 2017, Apple lanzó el iPhone 8 y el iPhone X, incorporando carga inalámbrica Qi en sus dispositivos, lo que impulsó a otros fabricantes a seguir su ejemplo. Esta decisión no solo mejoró la experiencia del usuario al eliminar la necesidad de cables, sino que también estableció un nuevo estándar en la industria de los smartphones. Desde entonces, muchos

fabricantes han integrado la carga inalámbrica en sus modelos premium, con Samsung liderando el camino al ofrecer esta funcionalidad en su serie Galaxy S y Note. Otros como Google y Huawei también han adoptado esta tecnología, ampliando así las opciones disponibles para los consumidores[23].

Desde 2019 hasta el presente, la carga inalámbrica ha experimentado un aumento significativo en su popularidad y funcionalidad. Las innovaciones en esta área han permitido velocidades de carga más rápidas y una mayor eficiencia energética. La introducción de cargadores inalámbricos rápidos ha resuelto uno de los principales inconvenientes de las soluciones anteriores, que eran más lentas en comparación con los cargadores con cable. Esto ha llevado a una experiencia de carga más conveniente y competitiva en términos de rendimiento[24]

Además, la tecnología ha evolucionado hacia métodos más avanzados como la carga por resonancia, que permite cargar dispositivos a distancias mayores sin necesidad de alineación precisa. Este avance es especialmente prometedor para aplicaciones como vehículos eléctricos, donde se busca cargar el automóvil mientras está estacionado sobre una plataforma sin contacto físico, la capacidad de cargar múltiples dispositivos simultáneamente también se ha vuelto más común, lo que refleja un cambio hacia un enfoque más versátil y eficiente en la gestión de energía[22].

El futuro de la carga inalámbrica parece brillante, con expectativas de continuar desarrollándose hacia soluciones aún más innovadoras. Se están explorando aplicaciones no solo para smartphones, sino también para otros dispositivos como: tablets, wearables y electrodomésticos inteligentes. La evolución del estándar Qi hacia versiones más eficientes y rápidas promete mejorar aún más la experiencia del usuario y ampliar las posibilidades de uso en diversos entornos[21].

A medida que esta tecnología avanza, es probable que veamos una integración aún mayor en nuestra vida diaria, facilitando una carga más cómoda y eficiente para todos nuestros dispositivos electrónicos[18].

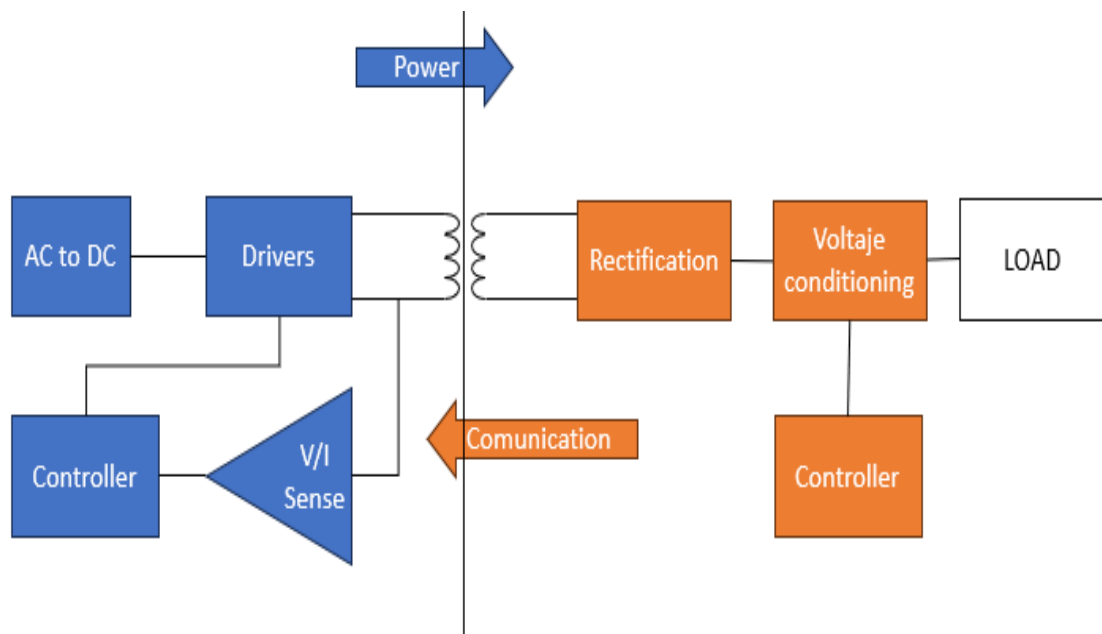
## 2.2.4. Aspectos técnicos

### 2.2.4.1. Componentes del sistema.

Una estación de carga inalámbrica se compone de varios elementos clave que permiten la transferencia eficiente de energía a dispositivos móviles, estos componentes trabajan en conjunto para garantizar que la carga sea efectiva, segura y conveniente. A continuación, se detallan los principales elementos de este sistema, como se aprecia en la figura 2.

**Figura 2**

*Partes del sistema de carga inalámbrica*



*Nota.* Se detalla en diagrama de bloque el funcionamiento del sistema de carga inalámbrica, tomado de Víctor Serrano, 2020.

- **Bobina transmisora**

La bobina transmisora se encuentra en la base del cargador y es responsable de generar un campo electromagnético al recibir corriente alterna de una fuente de energía, cuando la corriente alterna fluye a través de la bobina, esta convierte la electricidad en un campo magnético que puede ser captado por el dispositivo receptor, en la figura 3 se aprecia la forma de la bobina transmisora[25].

### Figura 3

*Bobina Transmisora*



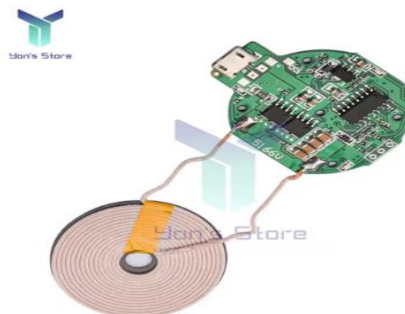
*Nota.* El diseño de la bobina transmisora está compuesto por alambre de cobre esmaltado en forma de círculo para una mayor eficiencia, tomado del diario. Electrónico, 2014.

- **Controlador de potencia**

Este componente regula la energía que se envía a la bobina transmisora, asegurando que la carga sea tanto eficiente como segura, el controlador de potencia incluye circuitos diseñados para gestionar la frecuencia y la potencia de salida, esto permite optimizar el proceso de carga, ajustando automáticamente los niveles de energía según las necesidades del dispositivo receptor, lo que no solo mejora la eficiencia, sino que también protege contra posibles daños por sobrecarga, en la figura 4 se muestra el módulo controlador[26].

### Figura 4

*Controlador de potencia*



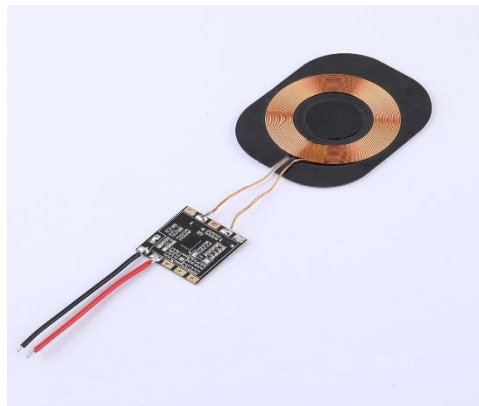
*Nota.* El módulo de control de la bobina de transmisora está compuesto por micro controlador el que se encarga de monitorear y controlar la bobina receptora, tomado de turibot, 2019.

- **Bobina receptora**

Esta bobina capta el campo electromagnético generado por el transmisor, al recibir este campo, convierte la energía magnética nuevamente en corriente eléctrica, que es utilizada para cargar la batería del dispositivo, la alineación correcta entre la bobina receptora y la bobina transmisora es esencial para maximizar la eficiencia de la carga, como se observa en la figura 5[27].

**Figura 5**

***Bobina receptora***



*Nota.* La bobina receptora junto a su modulo rectificador es el encargado de recibir la carga inalámbrica y transformarla para poder cargar el dispositivo móvil tomado de turibot, 2019.

- **Circuito RECTIFICADOR**

Una vez que la bobina receptora convierte el campo magnético en corriente eléctrica, esta corriente alterna debe ser transformada en corriente continua, como se muestra en la figura 5. Para ser utilizada por las baterías del dispositivo móvil, el circuito rectificador realiza esta conversión, asegurando que la energía suministrada sea adecuada para cargar eficientemente las baterías, sin este componente, los dispositivos no podrían utilizar la energía recibida de manera efectiva[28].

- **Controladores y gestión de energía**

Los sistemas de carga inalámbrica también incluyen controladores que gestionan la comunicación entre el cargador y el dispositivo, estos controladores son responsables de asegurar que la carga se detenga automáticamente cuando la batería esté completa, evitando así sobrecargas que podrían dañar tanto el cargador como el dispositivo receptor, esta gestión

inteligente de energía no solo protege los dispositivos, sino que también contribuye a prolongar la vida útil de las baterías[28].

- **Eficiencia energética**

La eficiencia energética de la carga inalámbrica tiende a ser menor en comparación con la carga tradicional por cable, lo que plantea importantes consideraciones para los usuarios que buscan maximizar la duración de la batería y minimizar el consumo de energía, este fenómeno se debe a varias razones fundamentales que afectan el rendimiento de los sistemas de carga inalámbrica, una de las principales causas de la baja eficiencia en la carga inalámbrica son las pérdidas por calor durante el proceso de transferencia de energía, se generan pérdidas térmicas debido a la resistencia en las bobinas y otros componentes electrónicos del sistema[29].

Estas pérdidas pueden reducir significativamente la eficiencia total del sistema, lo que significa que una parte considerable de la energía se disipa en forma de calor en lugar de ser utilizada para cargar el dispositivo, estudios han demostrado que los sistemas de carga inalámbrica suelen tener eficiencias que oscilan entre el 60% y el 80%, en contraste con los cargadores por cable, que pueden alcanzar eficiencias superiores al 90%, otro factor que influye en la eficiencia energética es la desalineación entre las bobinas transmisora y receptora[30].

La carga inalámbrica requiere una alineación precisa para lograr un acoplamiento óptimo del campo magnético, cualquier desalineación, incluso mínima, puede resultar en una disminución significativa de la eficiencia, ya que se interrumpe el flujo de energía entre las bobinas, esto resalta la importancia de posicionar correctamente el dispositivo sobre el cargador para maximizar la transferencia de energía, en términos de comparación con la carga tradicional, los estudios han evidenciado que cargar un dispositivo mediante un cargador inalámbrico puede requerir hasta un 50% más de energía que hacerlo con un cargador por cable, por ejemplo, un análisis comparativo del consumo energético al cargar un smartphone reveló que utilizar un cargador inalámbrico puede consumir 21,01 Wh frente a 14,26 Wh al usar un cargador con cable, lo que implica una diferencia notable en términos de eficiencia, esta ineficiencia no solo afecta el rendimiento del dispositivo, sino que también tiene implicaciones económicas para los usuarios a largo plazo[31]

Finalmente, es importante considerar cómo estas diferencias en eficiencia energética impactan en la sostenibilidad y el uso generalizado de tecnologías de carga inalámbrica, a medida que más dispositivos adoptan esta tecnología, es crucial abordar las preocupaciones sobre su impacto ambiental y energético, la evolución hacia métodos más eficientes, como la carga por resonancia y mejoras en el diseño de cargadores inalámbricos, podría ayudar a mitigar algunas de estas desventajas y hacer que este método sea más viable desde una perspectiva energética[31]

### ***2.2.5. Factibilidad económica***

#### ***2.2.5.1. Costos de implementación.***

Los costos iniciales de implementación incluyen todos los gastos asociados con la compra, instalación y puesta en marcha de las estaciones de carga inalámbrica. Estos costos cubren la adquisición de equipos, como cargadores inalámbricos, sistemas de control, dispositivos de monitoreo y componentes eléctricos. Además, se deben considerar los costos de la infraestructura necesaria para soportar las estaciones de carga, como la adecuación del espacio, las conexiones eléctricas y las instalaciones de soporte físico. Dependiendo de la ubicación, los costos de instalación también pueden incluir: permisos, licencias y la contratación de personal especializado para la instalación y configuración de los sistemas[32].

Además de los equipos y la infraestructura, los costos de implementación pueden involucrar el desarrollo de software para gestionar las estaciones de carga, realizar actualizaciones periódicas y garantizar la conectividad adecuada, esto puede incluir el diseño de interfaces para los usuarios y el mantenimiento del software a lo largo del ciclo de vida del sistema. Estos costos deben ser evaluados con precisión, ya que representan una parte significativa de la inversión inicial[33].

#### ***2.2.5.2. Análisis de mercado.***

El análisis del mercado para la carga inalámbrica revela un potencial significativo tanto en términos de demanda como en retorno sobre la inversión (ROI). La creciente adopción de vehículos eléctricos (VE) y la necesidad de infraestructura adecuada están impulsando este crecimiento. Se estima que el mercado global de estaciones de carga para vehículos eléctricos alcanzará los 217 mil millones de dólares en 2030, con un impresionante

crecimiento anual compuesto superior al 30%. Este aumento es testimonio del cambio hacia soluciones más sostenibles y eficientes en el sector del transporte[34].

- **Demanda potencial**

La demanda potencial para la carga inalámbrica es especialmente notable en la región de Asia y el Pacífico, donde el mercado se valoró en 9,04 millones de dólares en 2023 y se proyecta que alcanzará los 124 millones en cinco años, lo que indica un crecimiento anual compuesto del 83%. Este crecimiento es impulsado por varios factores, incluyendo el aumento en la adopción de vehículos eléctricos y el apoyo gubernamental a las iniciativas de sostenibilidad. A medida que más consumidores optan por vehículos eléctricos, la necesidad de estaciones de carga inalámbrica se vuelve cada vez más crítica[35].

- **Retorno sobre la inversión (ROI)**

El retorno sobre la inversión (ROI) para las estaciones de carga inalámbrica puede variar según el modelo de negocio adoptado. Los modelos comunes incluyen cobros por kilovatio-hora (kWh), tarifas por minuto o planes basados en suscripción. Cada uno de estos enfoques tiene sus propias ventajas y desventajas en términos de generación de ingresos. Además, la implementación exitosa de estaciones de carga inalámbrica puede generar beneficios adicionales como: la creación de empleos en sectores relacionados con la instalación y mantenimiento, un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental al promover el uso de vehículos eléctricos[36].

- **Oportunidades y desafíos**

El crecimiento del mercado también presenta diversas oportunidades. El aumento del apoyo gubernamental hacia la infraestructura de carga inalámbrica está fomentando su adopción. Las ventajas clave de esta tecnología como: la comodidad y la reducción del tamaño necesario para las unidades de batería, están impulsando su popularidad. Sin embargo, también existen desafíos significativos, como el alto costo asociado con la actualización a tecnología de carga inalámbrica y la necesidad de una infraestructura adecuada para soportar esta transición[37].

- **Proyecciones futuras**

A medida que se espera que el número de vehículos eléctricos continúe creciendo, también se anticipa un aumento en la demanda por estaciones de carga inalámbrica. Según proyecciones recientes, el mercado podría crecer a una tasa compuesta anual superior al 30% durante los próximos años. Esto sugiere un futuro prometedor para las tecnologías de carga inalámbrica, especialmente si se abordan los desafíos actuales y se aprovechan las oportunidades emergentes. La evolución constante del mercado y las innovaciones tecnológicas seguirán desempeñando un papel crucial en esta transición hacia una infraestructura más sostenible y eficiente para vehículos eléctricos[38].

### ***2.2.6. Impacto ambiental***

#### ***2.2.6.1. Sostenibilidad de la carga inalámbrica.***

La carga inalámbrica puede contribuir a la sostenibilidad de diversas maneras, aunque también presenta desafíos significativos. Uno de los aspectos positivos de esta tecnología es su capacidad para reducir la generación de residuos electrónicos. Al eliminar la necesidad de conectores físicos, se minimiza el desgaste de los puertos de carga en los dispositivos, lo que potencialmente extiende su vida útil y disminuye la frecuencia con la que los usuarios deben reemplazar sus dispositivos. Esta reducción en la tasa de reemplazo puede llevar a una disminución en la cantidad de dispositivos desechados, contribuyendo así a una reducción en los residuos electrónicos generados[39].

Sin embargo, es importante considerar que la producción y eliminación de las estaciones de carga inalámbrica también generan residuos. Muchos de estos dispositivos contienen materiales que no son fácilmente reciclables, lo que plantea un riesgo ambiental si no se gestionan adecuadamente. La falta de un sistema efectivo para reciclar estos componentes puede resultar en un aumento de desechos que, si no se manejan correctamente, podrían terminar en vertederos y contribuir a la contaminación del medio ambiente[40].

Otro aspecto a tener en cuenta es el consumo energético asociado a la carga inalámbrica. Aunque esta tecnología ofrece comodidad, se ha estimado que cargar un dispositivo mediante un cargador inalámbrico puede requerir hasta un 50% más de energía que hacerlo con un cargador tradicional. Esta ineficiencia se debe a las pérdidas de energía durante el proceso de transferencia, donde parte de la energía se disipa en forma de calor. Este aumento

en el consumo energético puede contrarrestar algunos de los beneficios ambientales esperados al adoptar tecnologías más limpias[40].

A pesar de estos desafíos, la carga inalámbrica también tiene el potencial de mejorar la sostenibilidad al reducir la necesidad de fabricar y desechar cables y conectores. Al disminuir el uso de materiales plásticos y metálicos asociados con los cargadores tradicionales, se puede contribuir a una menor huella ambiental. Además, al facilitar el uso generalizado de vehículos eléctricos mediante estaciones de carga inalámbrica, esta tecnología puede ayudar a promover un cambio hacia alternativas más sostenibles en el transporte[41].

#### ***2.2.6.2. Ventajas ambientales.***

Al comparar el impacto ambiental de las estaciones de carga inalámbrica con los cargadores tradicionales, surgen varias consideraciones importantes que destacan tanto beneficios como desventajas[42].

- **Eficiencia energética**

Los cargadores tradicionales generalmente son más eficientes en términos de energía consumida. Por ejemplo, cargar un teléfono completamente muerto con un cable consume alrededor de 14.26 vatios-hora (Wh), mientras que la carga inalámbrica puede requerir aproximadamente 21.01 Wh. Esto representa un aumento del 47% en el consumo energético. Esta ineficiencia no solo afecta los costos para el usuario, sino que también incrementa la huella de carbono asociada al uso de electricidad, lo que plantea preocupaciones sobre la sostenibilidad a largo plazo[43].

- **Generación de calor**

La carga inalámbrica tiende a generar más calor durante el proceso de carga en comparación con los métodos tradicionales. Este calor adicional puede afectar negativamente la salud de las baterías, reduciendo su vida útil y aumentando el consumo energético adicional necesario para mantener una temperatura adecuada durante la carga. Como resultado, esto podría llevar a una mayor necesidad de reemplazo de dispositivos debido al deterioro acelerado, lo que contrarresta algunos de los beneficios ambientales esperados[43].

- **Residuos electrónicos**

La carga inalámbrica puede ayudar a reducir el desgaste de los puertos y prolongar la vida útil del dispositivo, también contribuye a la generación de residuos electrónicos. Esto se debe al desecho frecuente de cargadores inalámbricos que no son reciclables o que se reemplazan debido a avances tecnológicos rápidos. Este dilema plantea la pregunta sobre si realmente se está logrando una reducción neta en los residuos generados por el uso de tecnología de carga inalámbrica[44].

### *2.2.7. Normativas y regulaciones*

#### *2.2.7.1. Estándares técnicos para la carga inalámbrica.*

Las normativas y regulaciones que rigen la instalación y operación de estaciones de carga inalámbrica varían según el país y la región, pero generalmente incluyen estándares técnicos que aseguran la seguridad y eficiencia de estas instalaciones. A continuación, se presentan algunos de los principales estándares técnicos relevantes en este ámbito.

- **Normativa IEC 61851-1**

Establece los requisitos generales para la conexión de estaciones de carga de vehículos eléctricos. Esta norma internacional incluye especificaciones sobre modos de carga y seguridad eléctrica, asegurando que las instalaciones sean seguras y eficientes. Su implementación es crucial para garantizar que las estaciones de carga cumplan con los estándares internacionales, lo que facilita la interoperabilidad entre diferentes sistemas y dispositivos[45].

- **Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIIE)**

Detalla los requisitos para la instalación de estaciones de carga. Este reglamento incluye la necesidad de certificación de conformidad para los equipos utilizados, garantizando que las estaciones cumplan con estándares de seguridad y funcionalidad. La certificación es fundamental para asegurar que las instalaciones no solo sean seguras, sino también eficientes en su operación[46].

- **ITC BT 52 en España**

En España, la Instrucción Técnica Complementaria BT 52 establece las prescripciones aplicables a las instalaciones para la recarga de vehículos eléctricos en lugares públicos o privados. Esta normativa incluye requisitos específicos para la infraestructura necesaria en aparcamientos, tanto en edificios nuevos como en espacios públicos. Al seguir esta normativa, se asegura que las estaciones de carga sean adecuadas para su uso generalizado y cumplan con las expectativas de seguridad y eficiencia[47].

- **Normativas locales**

Además de las normativas internacionales y nacionales, muchas regiones tienen regulaciones específicas que pueden requerir permisos o aprobaciones antes de instalar estaciones de carga. Estas normativas locales pueden incluir requisitos adicionales relacionados con la planificación urbana, el impacto ambiental y la integración con otras infraestructuras existentes. Cumplir con estas regulaciones es esencial para garantizar una implementación exitosa y sostenible[48].

- **Estándares SAE J2954**

Se ha establecido como el primer estándar para la transferencia de energía inalámbrica tanto para vehículos eléctricos como para equipos de suministro de energía. Este estándar permite que la infraestructura y los vehículos eléctricos se recarguen en sus baterías de manera segura hasta a 11 kW de potencia, manteniendo un espacio máximo entre el punto de recarga y el vehículo. Además, se han definido niveles específicos de potencia (WPT1 a 3,7 kW, WPT2 a 7 kW y WPT3 a 11 kW), asegurando así una amplia compatibilidad entre diferentes sistemas[49].

#### ***2.2.7.2.Seguridad eléctrica.***

La seguridad eléctrica es un aspecto crucial en el uso de la carga inalámbrica, especialmente en espacios públicos donde se espera un alto volumen de usuarios. A continuación, se presentan algunas consideraciones importantes para garantizar la seguridad en las estaciones de carga inalámbrica[50].

- **Protecciones eléctricas**

Las estaciones de carga deben estar equipadas con dispositivos de protección contra sobrecorriente y cortocircuitos para prevenir accidentes eléctricos. Esto incluye la instalación de fusibles y disyuntores que interrumpen el suministro eléctrico en caso de fallos. Estas protecciones son esenciales para minimizar el riesgo de incendios y otros peligros asociados con fallos eléctricos, asegurando que las instalaciones sean seguras para los usuarios[51].

- **Certificaciones y homologaciones**

Es fundamental que todos los equipos utilizados en las estaciones de carga cuenten con certificaciones que garanticen su seguridad y conformidad con las normativas aplicables. Esto implica realizar pruebas rigurosas para asegurar que los equipos no presenten riesgos eléctricos durante su operación. Las certificaciones ayudan a construir confianza entre los usuarios y los operadores de las estaciones, asegurando que se cumplan los estándares de calidad y seguridad[51].

- **Instalación adecuada**

La instalación de las estaciones de carga debe seguir las especificaciones técnicas recomendadas. Esto incluye aspectos como la altura adecuada para los dispositivos, el uso de materiales resistentes a condiciones ambientales (como clasificaciones IP54 para exteriores) y garantizar que no interfieran con el espacio destinado para vehículos. Una instalación adecuada no solo mejora la funcionalidad del sistema, sino que también reduce el riesgo de accidentes[52].

- **Mantenimiento regular**

El mantenimiento regular es esencial para asegurar el correcto funcionamiento y la seguridad de las estaciones de carga. Esto implica realizar inspecciones periódicas para detectar desgastes o fallos en los sistemas eléctricos. Un programa de mantenimiento efectivo puede identificar problemas antes de que se conviertan en riesgos, asegurando que las estaciones operen de manera segura y eficiente a lo largo del tiempo[52].

## ***2.2.8. Tendencias futuras***

### ***2.2.8.1. Innovaciones tecnológicas.***

La tecnología de carga inalámbrica está en constante evolución, y se anticipan varias innovaciones que podrían transformar su uso en el futuro. Algunas de las tendencias emergentes incluyen[53].

Se están desarrollando tecnologías que permiten cargar dispositivos a mayores distancias sin necesidad de contacto físico. Esto podría incluir métodos como la carga por radiofrecuencia (RF), que utiliza ondas de radio para transferir energía. Esta capacidad permitiría que los dispositivos se carguen mientras están en movimiento o a una distancia considerable del cargador, ofreciendo una comodidad sin precedentes[53].

Las investigaciones están enfocadas en aumentar la velocidad de carga inalámbrica, superando las limitaciones actuales que hacen que este método sea más lento que la carga por cable. Esto podría lograrse a través del desarrollo de nuevas bobinas y sistemas de gestión de energía más eficientes. Con avances en la tecnología, se espera que los tiempos de carga se reduzcan significativamente, acercándose a las velocidades de los cargadores tradicionales[54].

Se prevé el desarrollo de estaciones de carga capaces de cargar múltiples dispositivos simultáneamente. Esto permitiría a los usuarios cargar varios gadgets como: teléfonos, tabletas y relojes inteligentes, desde una única base. Esta funcionalidad no solo mejoraría la conveniencia, sino que también optimizaría el uso del espacio en entornos donde se utilizan varios dispositivos[31].

La carga inalámbrica se está integrando cada vez más en muebles y espacios públicos como: mesas y bancos. Esto significa que los dispositivos pueden cargarse simplemente al ser colocados sobre estas superficies, facilitando su uso cotidiano y eliminando la necesidad de buscar un enchufe o un cargador específico[55].

La carga inalámbrica inductiva para vehículos eléctricos está ganando terreno. Esta tecnología permitiría que los coches se carguen mientras están estacionados o incluso en movimiento a través de sistemas instalados en las carreteras. Esta innovación podría revolucionar la forma en que se alimentan los vehículos eléctricos, haciendo que la recarga sea más accesible y conveniente[55].

### ***2.2.8.2.Integración con otras tecnologías.***

La combinación de la carga inalámbrica con otras innovaciones tecnológicas abre nuevas posibilidades que pueden transformar la forma en que interactuamos con nuestros dispositivos y el entorno. A continuación, se presentan algunas de las tendencias emergentes en esta área[56].

La carga inalámbrica puede integrarse con el Internet de las Cosas (IoT) para crear hogares inteligentes donde los dispositivos se carguen automáticamente al entrar en el hogar. Esta integración no solo simplificaría la experiencia del usuario, sino que también permitiría un mejor monitoreo del consumo energético y la optimización del uso de recursos. Por ejemplo, los dispositivos podrían comunicarse entre sí para determinar cuándo es el momento óptimo para cargarse, basándose en la disponibilidad de energía renovable o en las tarifas eléctricas más bajas[56].

La integración con tecnologías de redes inteligentes permitirá gestionar la carga de manera más eficiente. Esto incluye ajustar la energía disponible según la demanda y optimizar el uso durante las horas pico o cuando hay excedente de energía renovable. Las estaciones de carga podrían conectarse a redes inteligentes que analicen el consumo y distribuyan la energía de manera más efectiva, reduciendo costos y mejorando la sostenibilidad[57].

La carga inalámbrica puede combinarse con fuentes de energía renovable, como paneles solares, para ofrecer soluciones sostenibles y autónomas para cargar dispositivos en entornos remotos o rurales. Esta combinación no solo permitiría cargar dispositivos sin depender de la red eléctrica convencional, sino que también contribuiría a una reducción significativa en la huella de carbono asociada al uso de electricidad[58].

Con el avance de la inteligencia artificial (IA), se pueden desarrollar sistemas que gestionen automáticamente la carga según las preferencias del usuario y el estado del dispositivo. Estos sistemas inteligentes podrían aprender los patrones de uso del usuario y ajustar la carga para maximizar la eficiencia y prolongar la vida útil de las baterías. Por ejemplo, podrían programar cargas nocturnas cuando las tarifas eléctricas son más bajas o priorizar ciertos dispositivos según su nivel de batería[58].

La carga inalámbrica inductiva para vehículos eléctricos está ganando terreno, permitiendo que los coches se carguen mientras están estacionados o incluso en movimiento a través de

sistemas instalados en las carreteras. Esta tecnología podría revolucionar la forma en que se alimentan los vehículos eléctricos, haciendo que la recarga sea más accesible y conveniente.

### ***2.3. Marco Referencial***

#### ***2.3.1. Casos de estudio relevantes.***

En las estaciones de tren y cafeterías, destacándose por su enfoque en la eficiencia energética, el diseño compacto y la integración tecnológica con dispositivos móviles, por su parte, Estados Unidos ha desarrollado proyectos en campus universitarios, centros comerciales y cadenas de cafeterías, evaluando la viabilidad técnica de la carga por resonancia magnética, así como su impacto económico en usuarios y proveedores, logrando una adopción significativa y un modelo rentable de operación[59].

En Corea del Sur, empresas tecnológicas como Samsung han liderado proyectos para la instalación de estaciones de carga inalámbrica en lugares de alta afluencia pública como: aeropuertos, estaciones de tren y cafeterías, estas estaciones se basan principalmente en el estándar Qi y tecnologías avanzadas de carga por resonancia magnética, además, se han implementado sistemas de gestión que permiten a los usuarios monitorear la carga a través de aplicaciones móviles. Los resultados han demostrado un incremento en la satisfacción del cliente y la adopción generalizada debido a la compatibilidad con dispositivos populares y la comodidad de uso[60].

En Japón, la carga inalámbrica se ha integrado en estrategias urbanas como parte de sus "ciudades inteligentes", el gobierno ha colaborado con fabricantes de tecnología para instalar estaciones en espacios públicos y comerciales, estos puntos de carga no solo sirven a usuarios individuales, sino que también fomentan el uso compartido en centros de coworking. Japón ha puesto un énfasis particular en la seguridad y eficiencia energética, desarrollando soluciones que reducen pérdidas de energía durante la transmisión, los estudios revelan que, aunque los costos iniciales son elevados, el retorno de inversión se ve compensado por el aumento en la frecuencia de uso y la adopción masiva de dispositivos compatibles[59].

#### ***2.3.2. Situación del mercado actual***

La disponibilidad de dispositivos móviles compatibles con carga inalámbrica rápida ha crecido significativamente en los últimos años, los principales fabricantes como: Samsung,

Apple, Xiaomi y Huawei, han integrado tecnologías de carga inalámbrica rápida en sus gamas de dispositivos de alta y media gama. Por ejemplo, Apple utiliza el estándar MagSafe en sus iPhones recientes, mientras que Samsung incluye carga inalámbrica rápida estándar de electricidad por inducción (Qi) en sus líneas Galaxy S y Note[61].

A pesar de este avance, la adopción de esta tecnología no es universal. Todavía existen limitaciones en dispositivos de bajo costo, que no siempre incluyen hardware compatible debido a los costos de producción, el aumento en la fabricación de estaciones de carga inalámbrica rápidas y la creciente demanda por soluciones convenientes han incentivado a las empresas a ampliar esta funcionalidad a más modelos, este ecosistema en expansión sugiere un mercado favorable para la instalación de estaciones de carga inalámbrica en espacios públicos y comerciales[61].

### ***2.3.3. Interconexión con energía renovable***

La integración de energía renovable en las estaciones de carga inalámbrica es una tendencia creciente que combina sostenibilidad y tecnología avanzada fuentes como: la solar, eólica y la energía obtenida de biomasa son cada vez más utilizadas para alimentar estas estaciones, especialmente en áreas urbanas y rurales con acceso limitado a la red eléctrica convencional, por ejemplo, estaciones solares autónomas han sido implementadas en parques públicos y universidades, donde los paneles fotovoltaicos generan la energía necesaria para operar los sistemas de carga inalámbrica[62].

Esta interconexión no solo reduce la huella de carbono asociada con la infraestructura tecnológica, sino que también garantiza un suministro energético sostenible y descentralizado, además, la incorporación de almacenamiento en baterías permite que las estaciones funcionen incluso en ausencia de luz solar o viento, aumentando su eficiencia, este modelo, aunque inicialmente requiere una inversión significativa, ofrece beneficios económicos a largo plazo, alineándose con los objetivos globales de transición energética[62].

Los proyectos piloto de estaciones de carga inalámbrica autosuficientes energéticamente se están llevando a cabo en diversas regiones, combinando sistemas de generación de energía renovable con tecnología de almacenamiento en baterías, un ejemplo destacado son las estaciones solares autónomas instaladas en parques y áreas recreativas en Europa y América del Norte, las cuales utilizan paneles solares para capturar energía durante el día y

almacenarla en baterías para garantizar un suministro continuo, estas estaciones suelen incluir soluciones de carga inalámbrica rápida que pueden atender múltiples dispositivos de forma simultánea, aumentando su atractivo para usuarios en movimiento[63].

En zonas rurales o remotas, donde el acceso a la red eléctrica convencional es limitado, se han desarrollado proyectos con turbinas eólicas de pequeña escala, estos sistemas no solo permiten alimentar estaciones de carga inalámbrica, sino que también proporcionan energía excedente para otros usos comunitarios, además, la implementación de estas estaciones ha demostrado ser rentable a largo plazo, ya que reducen los costos asociados con el mantenimiento de redes eléctricas y fomentan el uso de fuentes de energía limpia, al mismo tiempo, estos proyectos sirven como prueba de concepto para evaluar su escalabilidad y viabilidad técnica en diferentes entornos[63].

#### ***2.3.4. Capacidades y limitaciones actuales de la tecnología***

La tecnología de carga inalámbrica ha avanzado significativamente, pero aún enfrenta limitaciones importantes en términos de distancia de carga y eficiencia en la transferencia de energía, actualmente, la mayoría de los sistemas de carga inalámbrica funcionan de manera óptima en rangos de distancia muy cortos, generalmente entre 2 y 5 centímetros, lo que limita su aplicación a superficies de contacto directo además, a medida que aumenta la distancia entre el transmisor y el receptor, la eficiencia energética disminuye drásticamente, lo que resulta en tiempos de carga más largos y mayores pérdidas de energía[64].

Otro desafío es la capacidad de transferencia de energía, mientras que los sistemas alámbricos pueden ofrecer potencias de carga superiores a 100 W, la mayoría de las soluciones inalámbricas actuales están limitadas a potencias que varían entre 5 W y 50 W, dependiendo de la tecnología utilizada, esta restricción dificulta la implementación de carga rápida en dispositivos de mayor capacidad, como laptops o herramientas eléctricas, aunque se están desarrollando tecnologías emergentes, como la carga por resonancia magnética y las soluciones basadas en ondas de radio, estas aún no son lo suficientemente maduras o escalables para resolver completamente estas limitaciones[65].

#### ***2.3.5. Financiamiento y modelos de inversión***

El financiamiento para estaciones de carga inalámbrica rápida se ha beneficiado de programas gubernamentales y privados diseñados para impulsar la infraestructura tecnológica, en muchos países, los gobiernos han lanzado iniciativas de subsidios y créditos

fiscales para empresas que desarrollen estaciones de carga inalámbrica como parte de estrategias más amplias de transición energética y modernización urbana por ejemplo, en Europa, fondos de la Unión Europea han sido destinados a proyectos piloto de carga inalámbrica, combinando sostenibilidad y accesibilidad en áreas urbanas y rurales[66].

Por otro lado, el sector privado también ha mostrado un creciente interés, con empresas tecnológicas y de energía invirtiendo en modelos de negocio basados en la instalación de estaciones de carga en espacios comerciales y públicos, estos modelos suelen incluir acuerdos de colaboración con propietarios de inmuebles y operadores locales, creando un sistema de ingresos compartidos además, los consorcios público-privados están ganando popularidad, combinando el apoyo financiero y normativo de los gobiernos con la experiencia técnica y operativa de las empresas, este enfoque ha demostrado ser eficaz para acelerar la adopción de infraestructura tecnológica en diversas regiones[66].

**CAPITULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización

Este proyecto de Estudio de Factibilidad Técnico-Económica De Estaciones de Carga Rápida para Dispositivos Móviles en Forma Inalámbrica, se puede implementar en diferentes lugares estratégicos a lo largo de la ciudad y del país para focalizar de manera directa el estudio se decidió focalizarlo para la Universidad Técnica Estatal de Quevedo extensión la María que se encuentra ubicada en la provincia de los ríos cantón Mocache las coordenadas geográficas del lugar son las siguientes con una latitud de  $-1.080820$ , y una longitud de  $-79.501331$  como se muestra en la figura 6.

#### Figura 6

*Ubicación De UTEQ Campus La María*



*Nota.* La ubicación geográfica de la universidad técnica estatal de Quevedo extensión la María. Tomada desde Google maps, 2025.

### 3.2. Tipo de investigación

#### 3.2.1. Investigación bibliográfica.

La investigación bibliográfica permite recopilar información esencial para el estudio de factibilidad técnico-económica de estaciones de carga rápida para dispositivos móviles en forma inalámbrica, abordando aspectos técnicos, económicos y normativos, este proceso incluye la revisión de estándares internacionales como QI y airfuel Alliance, así como

normativas relacionadas con la eficiencia energética y la seguridad eléctrica. Además, se analiza la tecnología de transferencia inalámbrica de energía, considerando métodos como: inducción magnética y resonancia magnética, junto con innovaciones tecnológicas orientadas a mejorar la eficiencia y reducir.

Asimismo, la revisión bibliográfica facilita la evaluación de los costos de implementación, modelos de negocio y retorno de inversión, considerando la integración de estas estaciones en el mercado, también incluye un análisis del impacto ambiental y social, destacando la reducción de residuos electrónicos y la incorporación de energías renovables, se toma en cuenta estudios de casos exitosos y tendencias globales que ofrecen un marco comparativo, orientando el desarrollo del proyecto en función de las normativas locales.

### **3.3. Métodos de investigación**

#### ***3.3.1. Método explicativo***

La búsqueda de información es fundamental, tanto en fuentes primarias como secundarias, para desarrollar un estudio de factibilidad técnico-económica de estaciones de carga rápida para dispositivos móviles, el objetivo de esta búsqueda es obtener datos oficiales, actualizados, precisos, seguros y confiables, esto permite adquirir tanto conocimientos básicos como avanzados sobre las tecnologías de carga inalámbrica y los sistemas eléctricos asociados, elementos esenciales para evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar estaciones de carga rápida.

Este análisis es crucial para comprender la infraestructura necesaria, calcular costos, identificar posibles desafíos técnicos y comparar los resultados con las métricas y estándares establecidos en la industria, lo que facilita la toma de decisiones.

#### ***3.3.2. Método analítico***

Se enfoca en descomponer y evaluar los aspectos técnicos y económicos involucrados en el proyecto, en el análisis técnico, se examinan las tecnologías de transferencia de energía inalámbrica, como inducción magnética y resonancia magnética, evaluando su eficiencia, compatibilidad con dispositivos y la infraestructura necesaria, además, se realiza un estudio de la eficiencia energética y se simula el comportamiento de las estaciones bajo diferentes condiciones de uso, identificando posibles limitaciones y soluciones.

En cuanto al análisis económico, se desglosan los costos de inversión inicial, mantenimiento y operación, y se evalúa el retorno de inversión (ROI), se analizan diferentes modelos de negocio, como pago por uso o suscripción, para determinar la rentabilidad del proyecto finalmente, se realiza un análisis de viabilidad combinando ambos aspectos, técnico y económico, para identificar la mejor relación costo-beneficio, asegurando que la solución propuesta sea sostenible tanto desde un punto de vista técnico como financiero.

### **3.4. Fuentes de recopilación de información**

Para el estudio de la factibilidad técnico-económica de estaciones de carga rápida para dispositivos móviles, se recopilará información de fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias proporcionan datos directos sobre las tecnologías disponibles, los costos de implementación y los requisitos técnicos específicos para el funcionamiento de las estaciones de carga. Esta información se obtendrá a través de consultas con proveedores de equipos de carga, expertos en el área de energía y empresas que ya han implementado sistemas similares.

Las fuentes secundarias ofrecen análisis detallados como: informes técnicos, estudios de mercado sobre la carga inalámbrica, investigaciones previas en el ámbito de la carga rápida, tesis de posgrado, artículos académicos y libros especializados en la tecnología de carga y sistemas eléctricos. Estas fuentes secundarias ayudarán a realizar comparativas con otras soluciones similares, identificar tendencias del mercado y aplicar modelos de análisis económico para evaluar la viabilidad y sostenibilidad del proyecto. Asimismo, se podrán abordar enfoques sobre el uso de tecnologías emergentes en la mejora de la eficiencia y reducción de costos de las estaciones de carga.

### **3.5. Diseño de la investigación**

Inspección del sector

- Identificar y analizar los espacios estratégicos para la implementación de estaciones de carga inalámbrica, tales como centros comerciales, aeropuertos, universidades y estaciones de transporte.
- Visitar ubicaciones seleccionadas para recopilar información sobre infraestructura eléctrica disponible, flujo de personas y necesidades de carga de dispositivos móviles.

## Recopilación de datos

- Aplicar encuestas a usuarios potenciales para conocer hábitos de uso, frecuencia de carga y disposición a pagar por el servicio, seleccionando la cantidad de personas a encuestar con la formula del muestreo como se muestra en la ecuación 1.

$$n = \frac{N}{1 + N * e^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

e = Margen de error o precisión deseada (en proporción, por ejemplo, 0.05 para un 5%)

N = Tamaño total de la población

- Investigar regulaciones y normativas aplicables al uso de tecnologías de carga inalámbrica en espacios públicos.

## Clasificación de tecnologías de carga inalámbrica

- Identificar los principales estándares de carga inalámbrica (Qi, resonancia magnética).
- Evaluar la compatibilidad de dispositivos móviles con las tecnologías disponibles.
- Comparar la eficiencia energética de cada tipo de carga inalámbrica.

## Análisis de infraestructura y suministro eléctrico

- Determinar los requerimientos de energía para la operación de las estaciones de carga inalámbrica.
- Evaluar la posibilidad de integración con energías renovables (paneles solares, almacenamiento en baterías).
- Analizar la viabilidad técnica de la instalación en cada ubicación, considerando seguridad eléctrica y normativa vigente.

## Análisis comparativo de costos y proveedores

- Identificar proveedores de estaciones de carga inalámbrica y comparar costos de adquisición e instalación.

### **3.6. Tratamientos de datos**

#### ***3.6.1. Recopilación de datos primarios***

- **Entrevistas a expertos**

Se realizarán entrevistas semiestructuradas con especialistas en tecnologías de carga inalámbrica, incluyendo ingenieros eléctricos, desarrolladores de dispositivos móviles y fabricantes de estaciones de carga, estas entrevistas buscarán obtener información sobre las especificaciones técnicas, tendencias actuales y desafíos en la implementación de estas tecnologías.

#### ***3.6.2. Recopilación de datos secundarios***

- **Revisión de informes técnicos**

Se analizarán documentos elaborados por organizaciones y empresas del sector, como asociaciones de estándares tecnológicos (por ejemplo, Wireless Power Consortium), que incluyan especificaciones de diseño, normativas y casos de éxito en la implementación de estaciones de carga.

- **Estudios de mercado**

Se consultarán reportes y estadísticas relacionadas con la demanda se analizará el mercado potencial con la ecuación 2 y proyección de estaciones de carga inalámbrica, especialmente en mercados emergentes y tecnológicos.

$$MP = N * A * Z$$

Ecuación 2

Donde:

MP = mercado potencial

N = total de la población

A = porcentaje de usuarios

Z = porcentaje de carga

- **Revisión de literatura científica**

Se llevará a cabo una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas como IEEE Xplore, ScienceDirect y Springer, para recopilar artículos que aborden innovaciones, eficiencia energética y costos asociados a esta tecnología.

### ***3.6.3. Metodología de análisis***

- **Análisis técnico**

Se evaluará la viabilidad técnica considerando parámetros como potencia de carga, eficiencia energética, y estándares internacionales (como Qi y PMA). Se incluirá una comparación de tecnologías inductivas y resonantes.

- **Análisis económico**

Se realizará una estimación de costos basada en los datos obtenidos de proveedores y estudios de mercado.

#### ***Calculo económico del consumo energético.***

Se calculó el costo anual del consumo energético multiplicando el consumo total de energía (kWh) por la tarifa correspondiente (USD/kWh) y luego se multiplicó por 100 para obtener el valor final en dólares. Este cálculo es esencial para evaluar el impacto económico del consumo energético en un periodo anual, según lo establecido por la ecuación 3.

$$\text{Costo Anual} = \text{Consumo Energético Total (kWh)} \times \text{Tarifa (USD/kWh)} \times 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

#### ***Retorno de Inversión.***

Se determinó el Retorno de Inversión (ROI) mediante la ecuación 4, considerando el ahorro anual generado por la reducción del consumo energético al implementar estaciones de carga inalámbrica alimentadas por energía solar. El ahorro anual se obtuvo restando el costo energético estimado del sistema convencional (conectado a la red eléctrica) del costo energético del sistema solar (que es prácticamente nulo), y luego se dividió entre la inversión

inicial realizada para la implementación de las estaciones solares. Finalmente, el resultado se multiplicó por 100 para obtener el porcentaje de retorno, lo que permite evaluar la viabilidad económica del proyecto a mediano y largo plazo.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Inversion inicial}} \times 100\% \quad \text{Ecuación 4}$$

- **Estudio de casos**

Se analizarán proyectos exitosos de estaciones de carga inalámbrica en diferentes países para identificar factores clave que influyen en su implementación.

Se utilizarán métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar la viabilidad técnica, considerando factores como: la infraestructura necesaria, la eficiencia energética y la capacidad de carga, y los costos asociados a la implementación y operación.

### **3.7. Instrumentos de investigación**

Para el estudio de la factibilidad técnico-económica de estaciones de carga rápida para dispositivos móviles, es esencial realizar un análisis detallado de diversos aspectos técnicos y económicos. Los instrumentos de investigación incluyen:

- **Recopilación de datos históricos**

Recolección y organización de datos sobre la infraestructura de carga, tecnologías utilizadas, costos de instalación y mantenimiento de estaciones de carga rápida, así como información sobre la demanda de usuarios y el comportamiento del mercado, estos datos pueden provenir de informes previos, estudios de mercado y registros de proyectos similares en otras regiones.

- **Análisis de indicadores técnicos y económicos**

Se calcularán y analizarán indicadores clave como el tiempo de carga, eficiencia energética, costos operativos y la rentabilidad del proyecto, esto incluye el análisis del costo-beneficio, para determinar la viabilidad financiera de la instalación de estaciones de carga rápida.

- **Identificación de factores clave de éxito y riesgos**

Se llevará a cabo un análisis detallado de los factores técnicos y económicos que podrían afectar la implementación del proyecto, como los costos asociados con la infraestructura, el mantenimiento y los posibles riesgos de obsolescencia tecnológica, también se analizarán las tendencias del mercado para evaluar la aceptación de los usuarios.

### **3.8. Recursos humanos y materiales**

#### **3.8.1. Recursos humanos**

- Ing. Alfonso Javier Gunsha Morales
- Luis Alonso Cárdenas Muñoz

#### **3.8.2. Materiales**

Los materiales a utilizar en el presente trabajo de investigación son los siguientes:

- Cuadernos
- Lapiceros
- Lápiz y borrador
- Resma de papel

#### **3.8.3. Recursos tecnológicos**

- Laptop
- Impresora
- Teléfono celular
- Internet
- Software de office

**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **4.1. Análisis estudiantes del campus La María de la UTEQ**

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, reconocida por su compromiso con la educación superior, cuenta actualmente con 6478 estudiantes matriculados en el campus La María, este dato fue proporcionado por el rector de la institución y constituye una referencia clave para el desarrollo de este proyecto de investigación, la cifra refleja el impacto y la relevancia de la universidad en la formación de profesionales en la región. Además, esta información permite contextualizar los análisis realizados en el marco de este estudio. Su obtención demuestra la colaboración institucional en la generación de conocimiento.

### ***4.1.1. Encuesta a estudiantes del campus La María***

Para la realización de la encuesta se tomó un muestro tomando en cuenta el número de estudiantes con un margen de error del 5% la cual da un total de encuestados de 377 estudiantes.

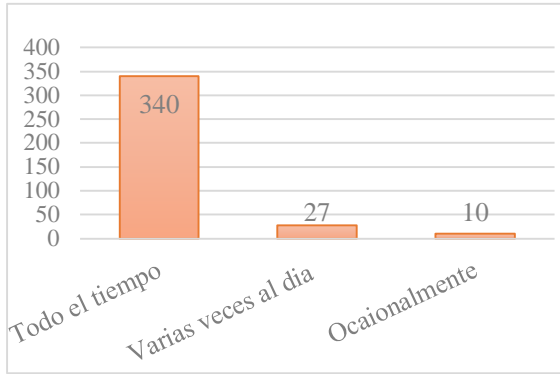
Según los resultados de la encuesta, la mayoría de los estudiantes (Figura 7A) utilizan dispositivos móviles todo el tiempo y muchos han experimentado quedarse sin batería en lugares públicos recientemente (Figura 7B). Predomina el uso de carga por cable (Figura 7C), aunque una gran parte está en desacuerdo con depender de estos (Figura 7D). Las zonas preferidas para instalar estaciones de carga son áreas de descanso, cafetería, facultades y biblioteca (Figura 7E). Las características más valoradas son la rapidez de carga, el acceso gratuito y la facilidad de uso (Figura 7F).

Aunque muchos estarían dispuestos a pagar por el servicio (Figura 7G), la mayoría prefiere precios bajos, principalmente menos de 1 USD por hora (Figura 7H). Finalmente, se destaca una alta probabilidad de uso dentro del campus (Figura 7I) y una fuerte preferencia por estaciones compatibles con diversos dispositivos (Figura 7J).

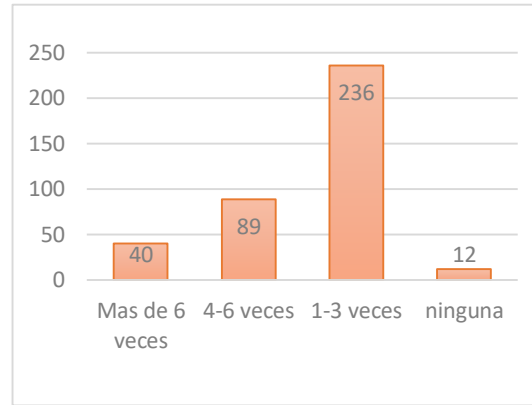
**Figura 7**

*Datos de la encuesta realizada*

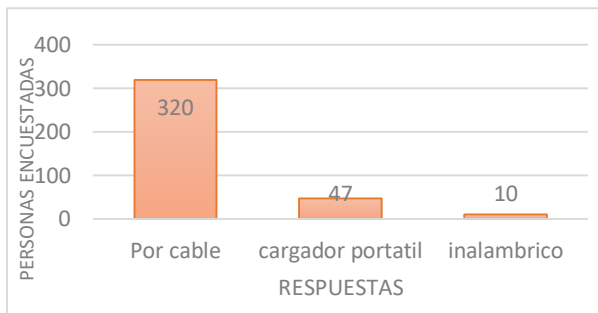
**7A) Frecuencia de utilización de dispositivos móviles**



**7B) Quedado sin batería durante el mes**



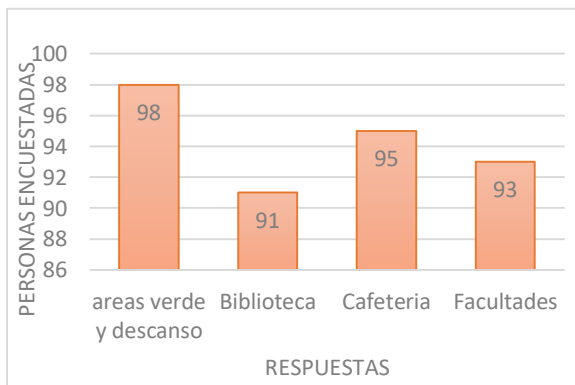
**7C) Método de carga utilizado**



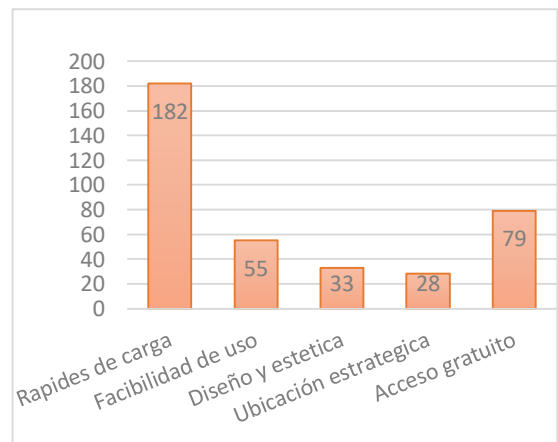
**7D) Limitado por cable**



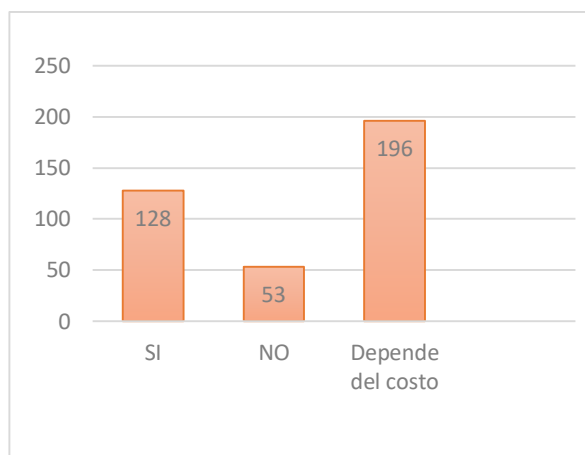
**7E) Lugares de implementación**



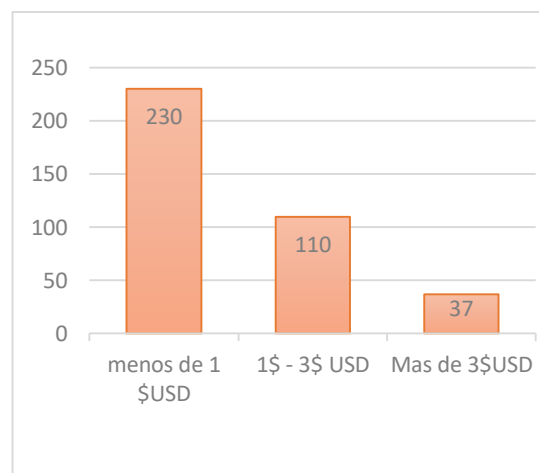
**7F) Característica as valorada de las estaciones de carga**



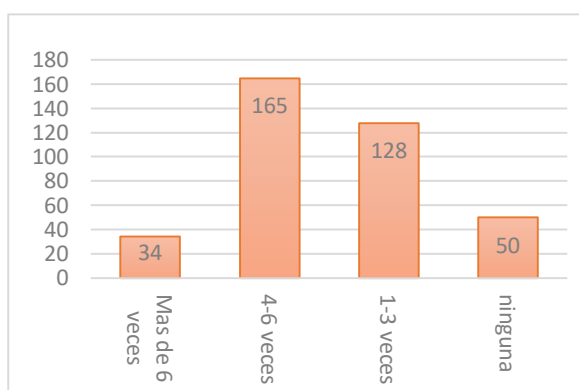
7G) Disponibilidad para pagar por el uso de la estación de carga



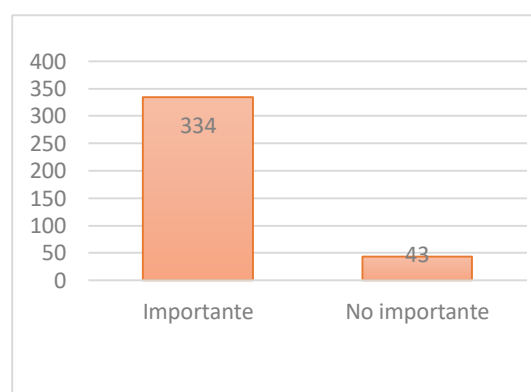
7H) Precio adecuado para el uso de las estaciones de carga inalámbrica



7I) Probabilidad de uso de las estaciones de carga inalámbrica



7J) Importancia de compatibilidad



Los datos recopilados a partir de la encuesta realizada en el campus evidencian la utilidad y aceptación de la implementación de estaciones de carga inalámbrica como una solución eficaz ante la escasez de puntos de carga para dispositivos móviles. La alta frecuencia con la que los estudiantes experimentan la falta de batería resalta la necesidad de este tipo de tecnología, ya que elimina la dependencia de cables y brinda mayor comodidad en el proceso de carga.

Además, su instalación en áreas estratégicas, como en zonas de descanso y espacios verdes, permitiría a los estudiantes acceder fácilmente a una fuente de energía sin interrumpir sus actividades. No obstante, para que esta iniciativa sea realmente efectiva, es fundamental que

las estaciones sean compatibles con una amplia variedad de dispositivos y ofrezcan un costo de carga accesible, garantizando así su viabilidad y beneficio para la comunidad universitaria.

#### **4.1.2. Análisis de la necesidad del servicio de carga para dispositivos móviles**

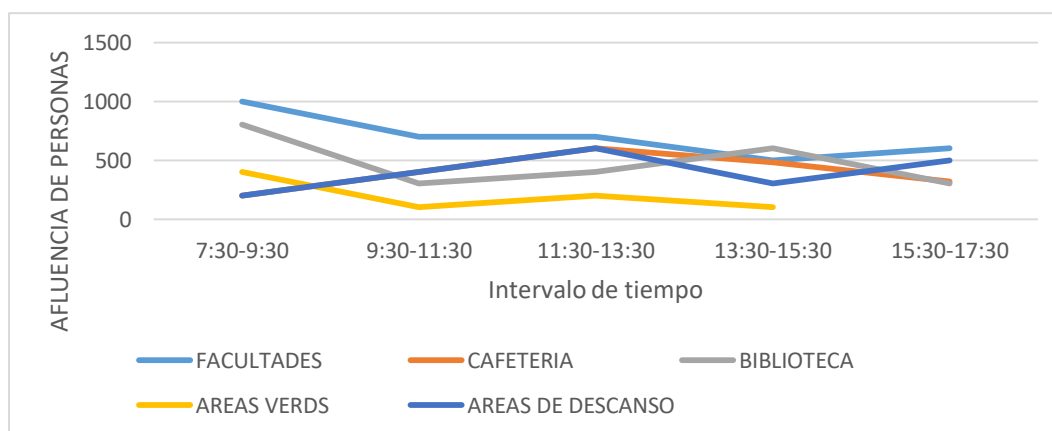
Durante una inspección visual realizada en el campus La María, se observó la ausencia de suficientes puntos de tomacorrientes para la carga de dispositivos móviles. Estos dispositivos son fundamentales para que los estudiantes puedan llevar a cabo sus actividades académicas de manera eficiente. Además de la escasez de tomacorrientes, se identificaron otras limitaciones asociadas al uso de cargadores con cables como: la necesidad de que los usuarios permanezcan cerca del punto de carga durante largos períodos, la exposición de los cables a desgaste y daños por el uso continuo y la posibilidad de accidentes por tropiezos con los cables. También se evidenció que, en áreas con alta afluencia de estudiantes, el acceso a un tomacorriente se vuelve aún más restrictivo.

#### **4.1.3. Segmentación de estaciones de cargas**

Gracias a la inspección visual, es posible verificar la cantidad de estudiantes presentes en diversos puntos estratégicos del área de estudio. Además, se puede determinar tanto la afluencia de estudiantes como el tiempo promedio que permanecen en estos sectores, información que se detalla en la Tabla 2.

**Figura 8**

*Segmentación de estaciones de carga*



*Nota.* Se observa la afluencia de estudiantes en un intervalo de 2 horas durante la jornada académica.

Los pasillos de las facultades son áreas de alto tránsito donde los estudiantes se desplazan rápidamente entre clases, la cafetería es un punto de encuentro y descanso donde los estudiantes permanecen por periodos moderados mientras consumen alimentos y socializan. La biblioteca, un espacio de estudio y concentración, atrae a una gran cantidad de estudiantes que permanecen durante largos periodos.

Las áreas verdes ofrecen un entorno al aire libre donde los estudiantes pueden relajarse, estudiar o socializar en un ambiente más informal. Por último, las áreas de descanso están diseñadas para la comodidad y el esparcimiento, permitiendo que los estudiantes permanezcan por tiempos prolongados mientras se desconectan de sus actividades académicas.

#### ***4.1.4. Estimación del tamaño del mercado***

Para poder calcular el mercado potencia se utiliza la ecuación 2 la del mercado potencial en donde ocupamos los valores de 6478 cantidad de estudiantes, con un porcentaje de usuarios móviles del 99% que da como resulta la cantidad de (6413), además consta con un porcentaje de carga del 60 % obteniendo un resultado de 3847 estudiantes que usarían las estaciones de cargas.

#### ***4.1.5. Disponibilidad puntos de carga***

A través de la inspección visual se obtuvo como resultado que no existen estaciones de cargas inalámbricas dentro del campus la María, pero existen en el país varias empresas que proporcionan estos tipos de estaciones de carga a nivel nacional tales como: EnerWi, Cellairis, Shopping Ecuador, Steren, VIDVIE entre otros.

## **4.2. Análisis de estudios realizados**

De acuerdo al autor Diego Hernán en la “*Implementación de un sistema multipunto de carga inalámbrica utilizando el método inductivo en la UTEQ*”, realizada en Ecuador en la cual se planteó crear un sistema de carga inalámbrica multipunto utilizando el método inductivo en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, campus "Manuel Has Álvarez". La investigación realizada en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo adoptó un enfoque descriptivo, exploratorio y aplicado para diseñar e implementar un sistema multipunto de carga inalámbrica mediante el método inductivo.

Se llevaron a cabo pruebas experimentales con prototipos para evaluar la eficiencia de carga, la potencia transmitida y el rendimiento bajo diversas condiciones, considerando también la optimización de la resonancia electromagnética y la seguridad en la transferencia de energía. Los resultados mostraron que el prototipo mejoró la eficiencia de transferencia de energía gracias a una mejor alineación de las bobinas y una gestión inteligente de la potencia. Además, se confirmó que el uso de ondas electromagnéticas no ionizantes es seguro y se destacó que la carga inalámbrica inductiva contribuye a reducir el desgaste físico de los dispositivos al eliminar la necesidad de conectores físicos.

En el cual se logró con éxito la implementación de un sistema multipunto de carga inalámbrica basado en inducción electromagnética, validando su eficiencia y seguridad. Este sistema representa un avance significativo en la optimización del proceso de carga de dispositivos electrónicos, facilitando su adopción en espacios públicos y privados[67].

En relación al autor Alan Rafael García y su trabajo titulado *“Análisis de una topología de red resonante para su aplicación en transmisión de potencia inalámbrica”*, realizado en México, se llevó a cabo un estudio enfocado en la evaluación de una topología de red resonante para la transmisión de potencia inalámbrica. La metodología empleada se centró en el diseño y análisis de una red resonante con una configuración serie-serie, utilizando acoplamiento inductivo para la transmisión de potencia inalámbrica (TPI). Se realizaron mediciones de parámetros eléctricos fundamentales, como la eficiencia del circuito, las pérdidas en los componentes y la transferencia de energía a distintas distancias.

Los resultados indicaron que la topología serie-serie con acoplamiento inductivo es adecuada para aplicaciones de TPI de baja potencia, gracias a su estabilidad en resonancia y eficiencia. La metodología propuesta fue validada experimentalmente, lo que confirmó su viabilidad. Además, se observó que tanto la distancia de transmisión como el alineamiento de los inductores influyen significativamente en la eficiencia del sistema. Este estudio está directamente relacionado con la investigación y comparación de tecnologías de carga inalámbrica, ya que evalúa y valida la eficiencia del método inductivo para la transmisión de energía sin cables.

La comparación con la carga por resonancia podría ofrecer información valiosa sobre cuál de las dos tecnologías resulta más eficiente y compatible con diferentes dispositivos móviles,

teniendo en cuenta aspectos como la distancia de transmisión, la estabilidad en resonancia y las pérdidas energéticas[68].

El autor Olumide Samuel Odeyemi, en su trabajo titulado “*Desarrollo de un cargador inalámbrico inductivo para teléfonos móviles*”, realizado en Nigeria, se propuso entender y abordar las crecientes distancias de carga que superan las ofrecidas por los cargadores móviles convencionales. El estudio se enfocó en el diseño y la construcción de un cargador inalámbrico inductivo para teléfonos móviles, el cual incluye una fuente de alimentación, una unidad transmisora con bobina y circuito oscilador, una unidad receptora con rectificador y regulador de voltaje, así como un microcontrolador para el monitoreo del sistema.

Se llevaron a cabo pruebas de eficiencia y alcance, logrando una distancia máxima de carga de 6 cm con una salida de 5V y 450mA, suficiente para cargar dispositivos móviles. Se constató que la eficiencia disminuye a medida que aumenta la distancia de transmisión. El estudio demostró que la carga inductiva es efectiva para dispositivos móviles, alcanzando una distancia óptima de carga de 6 cm y asegurando estabilidad en la transmisión de energía.

La incorporación de un microcontrolador mejoró tanto la usabilidad como el monitoreo del sistema. Sin embargo, se observó que la eficiencia se ve afectada por la distancia, lo que indica la necesidad de mejorar el diseño del acoplamiento magnético y la regulación de potencia. Este estudio ofrece una base técnica para comparar la carga inductiva con la carga por resonancia, al evaluar aspectos como: eficiencia, distancia de transmisión y estabilidad del sistema. La carga por resonancia podría ofrecer ventajas en términos de rango y eficiencia en comparación con la carga inductiva[69].

Según los autores JinWook Kim, Hyeon-Chang Son, Kwan-Ho Kim y Young-Jin Park, miembros del IEEE, en su publicación “*Análisis de Eficiencia de la Transferencia de Energía Inalámbrica por Resonancia Magnética con Bobina Resonante Intermedia*”, realizada en el Instituto de Investigación de Corea, se propusieron analizar la eficiencia de la transferencia de energía inalámbrica mediante resonancia magnética utilizando una bobina resonante intermedia. El objetivo era mejorar tanto la distancia como la eficiencia en la transmisión de energía sin cables. El estudio investiga cómo la inclusión de una bobina resonante intermedia afecta la eficiencia de esta transferencia.

Se compararon sistemas que incorporan y no incorporan dicha bobina, empleando la teoría de modos acoplados (CMT) para el análisis. Los resultados indican que la bobina intermedia incrementa significativamente la eficiencia de transferencia y amplía la distancia operativa, especialmente en configuraciones coaxiales, donde se lograron las mejores tasas de eficiencia. Aunque la disposición coaxial mostró la mayor eficiencia, la configuración perpendicular resulta más versátil para diversas aplicaciones. Se comprobó que los cálculos teóricos se alinean con los resultados experimentales.

Estos hallazgos son cruciales para optimizar la implementación de carga inalámbrica en dispositivos electrónicos. Además, el estudio contribuye a la comparación entre carga inductiva y carga por resonancia al evidenciar cómo la resonancia magnética puede mejorar tanto la eficiencia como el alcance en la transferencia de energía. Esto facilita una evaluación de su viabilidad frente a la carga inductiva, considerando su compatibilidad con diferentes dispositivos móviles y ayudando a identificar la tecnología más eficiente y adaptable[70].

En relación al autor Ron Hui y su investigación titulada “Resonancia magnética para transferencia de energía inalámbrica”, realizada en la Universidad de Hong Kong y el Imperial College de Londres, se analizó la eficiencia de la transferencia de energía inalámbrica mediante resonancia magnética utilizando una bobina resonante intermedia. El objetivo era mejorar tanto la distancia como la eficiencia en la transmisión de energía sin cables. El estudio examinó el efecto de una bobina resonante intermedia en la eficiencia de esta transferencia, comparando sistemas que la incluían con aquellos que no, utilizando la teoría de modos acoplados (CMT) para el análisis.

Los resultados indicaron que la bobina intermedia incrementa notablemente la eficiencia de transferencia y amplía el rango operativo, especialmente en configuraciones coaxiales, donde se lograron las tasas de eficiencia más altas. Se concluyó que el uso de una bobina resonante intermedia mejora la eficiencia en comparación con sistemas que no la utilizan. Aunque la disposición coaxial mostró la mayor eficiencia, la configuración perpendicular resulta más versátil para diversas aplicaciones. Además, se verificó que los cálculos teóricos coincidían con los resultados experimentales.

Este estudio contribuye a la comparación entre carga inductiva y carga por resonancia, demostrando cómo la resonancia magnética puede optimizar tanto la eficiencia como el alcance de la transferencia de energía. Esto facilita una evaluación de su viabilidad en

comparación con la carga inductiva, considerando su compatibilidad con diferentes dispositivos móviles y ayudando a identificar la tecnología más eficiente y adaptable[71].

**Tabla 2**

Comparación entre tipos de cargas inalámbrica

<b>Parámetro</b>	<b>Carga por Inducción</b>	<b>Carga por Resonancia</b>
Principio Físico	Inducción electromagnética (Ley de Faraday).	Resonancia magnética (acoplamiento resonante).
Frecuencia de Operación	100-300 kHz.	6 MHz -27 MHz
Distancia de Transferencia	≤ 5 mm	Hasta 50 mm
Eficiencia Energética	80-95%	40-80%
Impedancia de Acoplamiento	Baja	Alta
Densidad de Potencia	5 W-50W	Puede alcanzar 100 W
Interferencia Electromagnética (EMI)	Menor	Mayor
Alineación Necesaria	Precisa	Menos estricta
Aplicaciones	Smartphones, relojes, auriculares inalámbricos.	Vehículos eléctricos, implantes médicos, automatización industrial.
Costo de Implementación	Bajo a medio	Alto
Ejemplos de Estándares	Qi (Wireless Power Consortium).	AirFuel Resonant.

**FUENTE:** Wireless Power Transfer: Survey and Roadmap, 2025

**ELABORADO:** AUTOR, 2025

Se eligió la carga por inducción en lugar de la carga por resonancia debido a su mayor eficiencia, menor consumo energético y amplia compatibilidad con dispositivos móviles que utilizan el estándar Qi. A diferencia de la carga por resonancia, que permite mayor libertad de posicionamiento, pero con mayores pérdidas de energía y costos operativos más elevados, la carga por inducción ofrece tiempos de carga más rápidos y una implementación más sencilla y accesible. Esto garantiza una solución eficiente y viable para las estaciones de carga inalámbrica en el campus universitario.

### **4.3. Consideraciones técnicas**

Las estaciones de carga inalámbrica para dispositivos móviles han aumentado su popularidad gracias a su conveniencia y facilidad de uso, eliminando la necesidad de cables. Estas estaciones emplean tecnologías como la inducción electromagnética y la resonancia magnética, siendo el estándar Qi el más comúnmente utilizado.

Para su desarrollo e implementación, es fundamental tener en cuenta aspectos como: la compatibilidad con diferentes dispositivos, la resistencia a condiciones ambientales adversas y la integración con fuentes de energía renovable para mejorar su sostenibilidad. Además, las innovaciones en gestión de carga inteligente buscan optimizar el rendimiento y prolongar la vida útil de las baterías.

#### ***4.3.1. Infraestructuras para las estaciones de carga inalámbrica***

Para la implementación eficiente de estaciones de carga inalámbrica, es fundamental contar con una infraestructura adecuada que garantice su óptimo funcionamiento, seguridad y accesibilidad, esta infraestructura debe incluir un sistema de alimentación eléctrica continua, tecnología de carga compatible con los estándares internacionales, una estructura física adecuada para diferentes entornos y mecanismos de seguridad que cumplan con las normativas vigentes.

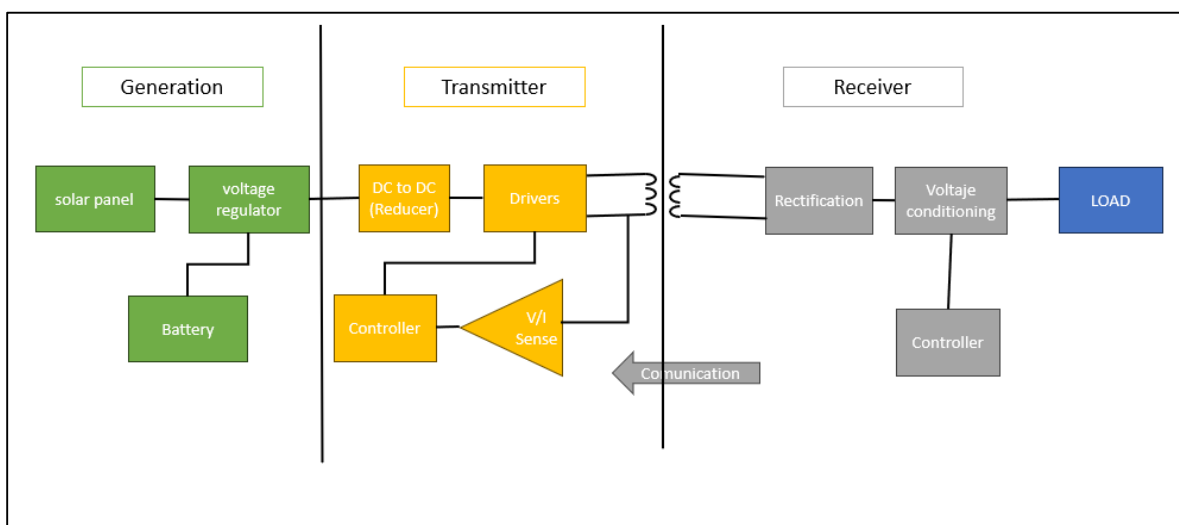
El análisis se llevó a cabo con el objetivo de diseñar una estación de carga inalámbrica capaz de alimentar simultáneamente hasta 10 dispositivos, se consideró un sistema de alimentación autónomo para garantizar su uso sin inconvenientes y sin generar costos adicionales en la factura eléctrica de la institución.

Entre las partes tenemos:

- Panel solar
- Regulador de voltaje
- Batería
- Convertidor DC / DC reductor
- Bobina emisora
- Controlador

**Figura 9**

*Esquema de estación de carga inalámbrica autónoma*



*Nota.* El diagrama de bloques de cómo está constituida la estación de carga inalámbrica autónoma, Esta representación es obra de Alonso Cardenas,2025.

#### **4.3.1.1. Panel solar.**

Un panel solar fotovoltaico convierte la luz solar en electricidad para alimentar la estación de carga inalámbrica, para cubrir una demanda de 100W de manera eficiente, se debe considerar la potencia real del panel, las horas de sol efectivas y las pérdidas del sistema.

Por esta razón, se selecciona un panel policristalino de 120 W, la elección de este panel se basa en su capacidad para proporcionar un rendimiento adecuado dentro de las condiciones del sistema, considerando factores que pueden afectar su desempeño, como las pérdidas por temperatura, la acumulación de suciedad en la superficie y la eficiencia general del sistema. Estos aspectos son clave para garantizar una generación de energía óptima y un funcionamiento estable en la aplicación prevista.

## **Figura 10**

*Panel solar*



*Nota.* Forma del panel solar fotovoltaico, tomado de turibot, 2019.

### **4.3.1.2. Regulador de voltaje.**

El regulador de voltaje, también conocido como controlador de carga, es el encargado de gestionar la energía generada por el panel solar, optimizando el proceso de carga de la batería y protegiéndola contra sobrecargas y descargas profundas. Para este sistema, se ha seleccionado un controlador de carga solar PWM de 60 A, capaz de manejar una potencia de 120W del panel solar. Este tipo de regulador permite una gestión eficiente de la energía, asegurando un rendimiento estable y prolongando la vida útil de la batería.

## **Figura 11**

*Regulador de voltaje DC/DC*



*Nota.* El regulador de voltaje para la el acoplamiento entre los paneles solares y el circuito de carga inalámbrica, tomado de Trulux, 2020.

#### ***4.3.1.3. Control de carga inalámbrica.***

Los cargadores inalámbricos invisibles, compatibles con el estándar Qi, operan por inducción con voltajes de entrada de 5V a 9V y corrientes de hasta 1.6A, ofreciendo potencias de salida de 5W a 15W. Su principal característica es la capacidad de cargar a través de superficies no metálicas, con distancias de carga que varían entre 0-12 mm y ratios de eficiencia de hasta el 80%. Operan en frecuencias de 110-205KHz y son compatibles con dispositivos Qi y PMA, incluyendo características adicionales como protección contra sobrecarga, y en algunos modelos, tecnología de carga inalámbrica de acoplamiento débil para mayor distancia.

#### **Figura 12**

*Módulo de carga inalámbrica*



*Nota.* Componentes y el funcionamiento de la cara inalámbrica de las estaciones, tomado de Trulux, 2020.

#### ***4.3.2. Características técnicas de carga por inducción***

La carga por inducción es un método de transferencia de energía inalámbrica basado en el principio de inducción electromagnética, donde una bobina transmisora genera un campo magnético que induce corriente en una bobina receptora cercana, es el estándar más utilizado en dispositivos electrónicos de consumo, como: smartphones, relojes inteligentes y auriculares, debido a su alta eficiencia y seguridad. Aunque requiere una alineación precisa y una distancia reducida entre el transmisor y el receptor, ofrece una carga estable y confiable. A continuación, se detallan sus principales características técnicas.

**Tabla 3***Características técnicas de la carga por inducción*

<b>Característica</b>	<b>Detalles técnicos</b>
Principio de funcionamiento	Basado en inducción electromagnética con bobinas transmisoras y receptoras.
Estándares principales	Qi (Wireless Power Consortium - WPC), PMA (Power Matters Alliance).
Frecuencia de operación	85-205 kHz
Potencia de carga	5W - 15W (estándar), 30W - 50W (carga rápida), 100W o más (uso industrial y vehículos eléctricos).
Distancia de carga	0-5 mm.
Eficiencia energética	70-90%.
Seguridad y protección	Detección de objetos extraños (FOD), protección contra sobrecorriente, sobrevoltaje y regulación térmica.
Aplicaciones	Dispositivos móviles (smartphones, smartwatches, audífonos), carga de automóviles eléctricos, electrodomésticos, equipos médicos implantables.

**FUENTE:** ESTANDAR QI, 2025**ELABORADO:** AUTOR, 2025**4.3.3. Características técnicas de carga por resonancia**

La carga por resonancia es una tecnología de transferencia de energía inalámbrica que utiliza el principio de acoplamiento resonante para alimentar dispositivos sin necesidad de contacto directo, a diferencia de la carga inductiva, permite una mayor distancia entre el transmisor y el receptor, así como la posibilidad de cargar múltiples dispositivos simultáneamente sin necesidad de alineación precisa. Su aplicación abarca desde dispositivos electrónicos de consumo hasta equipos médicos y vehículos eléctricos, ofreciendo una solución más flexible

y eficiente en comparación con otros métodos de carga inalámbrica. a continuación, se presentan sus principales características técnicas.

**Tabla 4**

*Características técnicas de la carga por resonancia*

<b>Característica</b>	<b>Detalles Técnicos</b>
Principio de funcionamiento	Utiliza acoplamiento resonante entre bobinas sintonizadas a la misma frecuencia.
Estándares principales	AirFuel Resonant
Frecuencia de operación	6 MHz -27 MHz
Topología de transmisión	Puede funcionar con una configuración uno a uno o uno a muchos
Método de transmisión de energía	Basado en campos electromagnéticos resonantes.
Potencia de carga	5W - 30W para dispositivos móviles y electrónicos de consumo. 30W - 100W para equipos industriales y médicos. 100W - 11kW o más para carga inalámbrica de vehículos eléctricos.
Distancia de carga	0cm a 50 cm .
Eficiencia energética	40 - 80%
Impacto de objetos metálicos	Mayor impacto comparado con la carga inductiva.
Seguridad y protección	Detección de objetos extraños Protección contra sobrecorriente y sobrevoltaje. Optimización automática para evitar transferencia de energía cuando no hay dispositivos compatibles.
Interferencia electromagnética (EMI)	Mayor que la carga inductiva
Aplicaciones	Carga inalámbrica de vehículos eléctricos. Dispositivos electrónicos Equipos médicos implantables Entornos industriales

**FUENTE:** AIRFUEL RESONANT, 2025

**ELABORADO:** AUTOR, 2025

#### ***4.3.4. Evaluar las pérdidas del sistema y las medidas para optimizar la eficiencia energética***

El rendimiento de un sistema de carga rápida inalámbrica para dispositivos móviles depende de varios factores, entre ellos las pérdidas energéticas que se generan en diferentes etapas del proceso. A continuación, se detallan los tipos de pérdidas y las medidas para optimizar la eficiencia energética en cada caso.

##### ***4.3.4.1. Pérdidas en el sistema de generación fotovoltaico.***

La primera fuente de pérdidas es la conversión de la luz solar en electricidad, que depende de la eficiencia del panel fotovoltaico. Además, factores como: sombras parciales, suciedad en los paneles, el ángulo de incidencia de la luz solar y la temperatura elevada de los paneles contribuyen significativamente a la reducción en la captación de energía. Estos factores pueden reducir el rendimiento general del sistema y aumentar las pérdidas de energía.

La eficiencia de los paneles fotovoltaicos típicos se encuentra en un rango de entre 15% y 22%. [72].

##### ***4.3.4.2. Pérdidas en el sistema de almacenamiento.***

El almacenamiento de energía mediante baterías presenta pérdidas debido a la eficiencia del ciclo de carga y descarga, ya que nunca es del 100 %, lo que provoca disipación de energía en forma de calor. Además, la autodescarga hace que las baterías pierdan carga con el tiempo, incluso cuando no están en uso. Por otro lado, la resistencia interna genera calor durante la conversión de energía química a eléctrica, lo que también contribuye a la reducción de la eficiencia del sistema, las pérdidas de almacenamiento en baterías pueden variar entre un 10% y 30% dependiendo de la tecnología de la batería[73].

Para optimizar el almacenamiento de energía en baterías, se recomienda el uso de baterías de iones de litio o tecnologías avanzadas, ya que presentan menor autodescarga y mayor eficiencia. Además, la implementación de sistemas de gestión de baterías (BMS) permite controlar la temperatura y el estado de carga, evitando condiciones que reduzcan su vida útil. Por último, un diseño adecuado del sistema de carga ayuda a prevenir sobrecargas y descargas profundas, mejorando el rendimiento y la durabilidad de las baterías.

#### ***4.3.4.3. Pérdidas en la conversión de potencia.***

Las pérdidas en la conversión de potencia de un convertidor DC/DC reductor (buck) pueden originarse por diversos factores. Entre ellas, destacan las pérdidas en los semiconductores, que incluyen la conducción y conmutación de los transistores y diodos, generando calor y reduciendo la eficiencia. También se presentan pérdidas en los componentes pasivos, como la resistencia serie equivalente (ESR) de los inductores y capacitores, que causan disipación de energía. Además, las pérdidas por corrientes parásitas y efectos de alta frecuencia en el núcleo del inductor afectan el rendimiento, los inversores de buena calidad pueden tener eficiencias cercanas al 95-98%, por lo que las pérdidas serían aproximadamente entre 2% y 5% [74].

Para optimizar la eficiencia de un convertidor DC/DC reductor, es fundamental utilizar transistores de conmutación rápida y baja resistencia en estado de conducción, así como diodos Schottky o sincrónicos para minimizar las pérdidas. Además, seleccionar inductores con baja resistencia serie equivalente (ESR) y capacitores de alta calidad reduce la disipación de energía en los componentes pasivos. También es clave mejorar el diseño del circuito para minimizar efectos parásitos, optimizar la frecuencia de conmutación y emplear técnicas de control avanzadas que reduzcan las pérdidas por conmutación y mejoren la estabilidad del sistema.

#### ***4.3.4.4. Pérdidas en la transmisión inalámbrica de energía.***

La eficiencia suele variar entre un 60% y un 90%, un acoplamiento ineficiente entre la bobina transmisora y la receptora reduce la transferencia de energía si no están bien alineadas. Además, a mayor distancia entre las bobinas, aumenta la disipación de energía, disminuyendo la eficiencia del sistema. Por lo que nos daría un valor de pérdida que oscila entre un 10% a un 40% [75].

Para optimizar la transferencia de energía inalámbrica y reducir pérdidas, se recomienda el uso de resonancia magnética acoplada, lo que mejora la eficiencia al maximizar el acoplamiento entre las bobinas.

#### ***4.3.4.5. Pérdidas en la carga del dispositivo.***

Durante la carga de un dispositivo móvil, pueden ocurrir pérdidas por varias razones. El calor generado en la batería y el circuito de carga es una de las principales fuentes de pérdida de energía, ya que la conversión de energía eléctrica en energía química no es 100 % eficiente. Además, la eficiencia del regulador de voltaje interno del dispositivo influye en la cantidad de energía que se pierde durante la conversión del voltaje de entrada a los niveles adecuados para cargar la batería. También se presentan pérdidas en la conversión dentro del dispositivo, debido a la disipación de energía en los componentes electrónicos durante el proceso de carga, la eficiencia de carga inalámbrica en dispositivos típicos suele ser de 70% a 90%, lo que implica pérdidas del 10% a 30% [76].

Para optimizar el proceso de carga de dispositivos móviles y reducir las pérdidas, se deben implementar varias medidas clave. El uso de cargadores y reguladores de voltaje de alta eficiencia es fundamental para minimizar la energía desperdiciada durante la conversión de voltaje. Además, los sistemas de carga inteligente, que ajustan la potencia según el estado de la batería, permiten una carga más eficiente y reducen la generación de calor. Finalmente, un diseño térmico optimizado del dispositivo, que favorezca una adecuada disipación del calor, es crucial para evitar el sobrecalentamiento y mejorar la eficiencia general del proceso de carga.

#### ***4.3.5. Requerimientos para la instalación de estaciones de carga inalámbrica***

La instalación de estaciones de carga inalámbrica para dispositivos móviles requiere cumplir con una serie de requisitos: técnicos, eléctricos, de seguridad y normativos. A continuación, se presentan los principales aspectos a considerar.

##### ***4.3.5.1. Requerimientos energéticos y de generación solar.***

La eficiencia de una estación de carga inalámbrica con panel solar depende de la correcta selección del módulo fotovoltaico. Es fundamental determinar la potencia necesaria para alimentar la carga inalámbrica y los dispositivos conectados. Los paneles solares monocristalinos son los más recomendados debido a su alta eficiencia, alcanzando valores entre el 18% y 22%, lo que permite una mayor conversión de energía en espacios reducidos. Además, el cálculo de la energía generada debe basarse en la radiación solar promedio del

lugar, considerando factores como la inclinación y la orientación del panel para maximizar la captación de luz solar a lo largo del día.

Como el diseño se centra en una estación de carga para 10 dispositivos móviles en la cual cada módulo de carga necesita una potencia de 10 w por el motivo que eso es lo que se encuentra en el mercado, por tal motivo se opta por un panel solar de 120 w en el cual se considera la eficiencia y las pérdidas del sistema.

#### ***4.3.5.2.Requerimientos de almacenamiento de energía.***

Para mantener la operatividad de la estación durante la noche o en días con baja radiación solar, es esencial contar con un sistema de almacenamiento de energía adecuado. Las baterías de ion-litio y LiFePO<sub>4</sub> son las más recomendadas debido a su alta eficiencia, mayor vida útil y menor tasa de autodescarga en comparación con las baterías de plomo-ácido. La capacidad de almacenamiento debe calcularse considerando el consumo de la carga inalámbrica y el tiempo estimado de uso sin generación solar. Un banco de baterías de al menos 12V ,50Ah suele ser suficiente para alimentar estaciones de carga pequeñas durante varias horas.

#### ***4.3.5.3.Requerimientos eléctricos y de conversión de energía.***

El suministro eléctrico de la estación de carga inalámbrica debe ser estable y confiable para garantizar una carga eficiente de los dispositivos móviles. La carga inalámbrica opera con corriente continua, se puede emplear un regulador DC-DC que ajuste el voltaje a los niveles requeridos por la estación de carga, generalmente 5V, 9V o 12V.

#### ***4.3.5.4.Requerimientos de seguridad y protección.***

La seguridad de una estación de carga inalámbrica con energía solar es un aspecto crítico que debe garantizarse tanto para la integridad del sistema como para la protección de los usuarios. Una de las principales preocupaciones es el sobrecalentamiento del equipo, especialmente en ambientes calurosos o con exposición prolongada al sol, para estaciones instaladas en exteriores, se recomienda implementar protección contra descargas atmosféricas mediante pararrayos y sistemas de puesta a tierra, evitando así daños causados por tormentas eléctricas.

#### ***4.3.5.5. Requerimientos de infraestructura y ubicación.***

El lugar de instalación de la estación de carga inalámbrica debe seleccionarse estratégicamente para garantizar su eficiencia y accesibilidad. En zonas urbanas, es recomendable colocarlas en áreas de alto tránsito como parques, plazas o universidades, donde la demanda de carga es mayor. La infraestructura de soporte debe ser resistente y fabricada con materiales que minimicen la degradación por exposición a la intemperie, como acero galvanizado o aluminio tratado. Además, es importante que la superficie de instalación sea estable y nivelada para evitar movimientos que puedan afectar la alineación del panel solar.

#### ***4.3.5.6. Requerimientos normativos y legales.***

Las estaciones de carga inalámbrica con energía solar deben cumplir con normativas nacionales e internacionales para garantizar su seguridad y eficiencia. En cuanto a los paneles solares, deben cumplir con la norma IEC 61215, que certifica su calidad y resistencia en distintas condiciones ambientales. Para la seguridad eléctrica, se deben seguir los estándares IEC 62109 (relacionado con la seguridad en los inversores) y IEC 62477 (protección contra sobretensiones).

#### ***4.3.6. Mantenimiento de las estaciones de carga inalámbrica***

El mantenimiento de las estaciones de carga inalámbrica que integran sistemas de generación fotovoltaica, almacenamiento y conversión de potencia debe abordar varios aspectos técnicos clave para garantizar su eficiencia y durabilidad. Aquí te dejo algunos puntos a considerar en el mantenimiento de estos sistemas.

##### ***4.3.6.1. Sistema de generación fotovoltaica.***

El mantenimiento de los paneles solares debe incluir la limpieza, que se recomienda realizar al menos dos o tres veces al año, especialmente en áreas con alta acumulación de polvo. La inspección de las conexiones eléctricas debe hacerse una vez al año o después de eventos que puedan afectar el sistema, como tormentas, para evitar problemas de corrosión o desgaste. Además, la verificación de la orientación de los paneles debe llevarse a cabo anualmente, asegurándose de que estén correctamente alineados hacia el sol, lo que maximiza la eficiencia del sistema.

#### ***4.3.6.2.Sistema de almacenamiento.***

El mantenimiento general de las baterías debe realizarse cada 6-12 meses, dependiendo del tipo de batería, e incluye la verificación de la capacidad de carga, la verificación de la carga y descarga se recomienda cada 3-6 meses para asegurarse de que las baterías funcionen dentro de su rango de eficiencia, sin signos de degradación. Además, es importante revisar la temperatura de las baterías cada 6 meses, especialmente si se encuentran en áreas con condiciones térmicas extremas, para evitar daños que puedan afectar su rendimiento.

#### ***4.3.6.3.Conversión de potencia.***

La revisión de la eficiencia de conversión debe realizarse al menos una vez al año, o cada 6 meses si se observan problemas con la conversión de energía. La revisión de protecciones y filtros se recomienda cada 6-12 meses para garantizar que los componentes de protección, como: filtros, fusibles y disyuntores, estén operando correctamente. Además, es importante realizar la actualización de software y firmware cada vez que haya una nueva versión disponible, o al menos una vez al año, para asegurar un rendimiento óptimo del sistema.

#### ***4.3.6.4.Transmisión inalámbrica de energía.***

La inspección de las bobinas de transmisión y recepción debe realizarse cada 6 meses para verificar que no haya obstrucciones, alineación incorrecta o daños visibles. La revisión de interferencias electromagnéticas debe hacerse al menos una vez al año, o si se detectan problemas de eficiencia o interferencia en el sistema. Además, la verificación del sistema de control debe llevarse a cabo cada 6-12 meses para asegurar que los sistemas de control automático y los sensores estén funcionando correctamente, garantizando un rendimiento eficiente y seguro del sistema.

#### ***4.3.6.5.Carga del dispositivo.***

La revisión del proceso de carga debe realizarse cada 3-6 meses para asegurarse de que los dispositivos se estén cargando de manera eficiente y sin generar sobrecalentamiento. Además, es importante realizar una prueba de protección contra sobrecarga cada 6 meses para verificar que los mecanismos de protección estén funcionando correctamente y protejan los dispositivos de posibles daños debido a sobrecargas.

#### **4.3.6.6. Mantenimiento general.**

La inspección visual del sistema, que incluye paneles, inversores, baterías, bobinas de transmisión, entre otros componentes, debe realizarse cada 3-6 meses para detectar posibles daños o desgaste. Además, es recomendable realizar pruebas de funcionamiento generales cada 6 meses para asegurarse de que todo el sistema esté operativo y funcionando correctamente, garantizando su eficiencia y seguridad.

#### **4.3.6.7. Mantenimiento preventivo anual.**

Al menos una vez al año, se debe realizar una revisión exhaustiva de todos los componentes del sistema, lo que incluye pruebas de rendimiento, seguridad eléctrica y una evaluación de la eficiencia general del sistema. Esta revisión permite identificar posibles fallos, optimizar el rendimiento y garantizar que todos los elementos del sistema estén funcionando de manera segura y eficiente.

### **4.4. Estudio económico de la investigación**

#### **4.4.1. Costo del equipo de carga rápida inalámbrica**

La carga rápida inalámbrica es una tecnología en constante evolución que permite la transferencia de energía sin necesidad de cables, en tabla 5 las opciones de cargadores inalámbricos, destacando sus especificaciones y costos para ayudar a seleccionar la mejor alternativa.

**Tabla 5**

*Costo de equipo de carga inalámbrica*

<b>Marcas</b>	<b>Modelo</b>	<b>Valor</b>
KPON	Cargador inalámbrico 1.57 pulgadas de 20W	\$ 85.00
INPRO	cargador inalámbrico de 15 W	\$ 68.00
NIITTER	Cargador inalámbrico de 1.97 de 15 W	\$ 57.29
WIWU	Cargador inalámbrico de 2	\$ 42.29
BASEUS	Cargador inalámbrico de 0.512-1.181 in, cargador de 10W	\$ 40.00
KPON	Cargador inalámbrico de 1.181 in, de 10 W	\$ 35.00

**FUENTE:** EXCEL, 2025

**ELABORADO:** AUTOR, 2025

#### 4.4.2. Infraestructura y mobiliario

Aprovechando la infraestructura ya existente dentro del campus, es posible realizar adecuaciones mínimas para la instalación de estaciones de carga inalámbrica. Esta iniciativa no solo promovería la innovación y el uso de tecnología avanzada en el entorno académico, sino que también mejoraría la experiencia de los usuarios al facilitar el acceso a carga sin cables.

El costo estimado de mano de obra para la instalación es de \$200 por cada conjunto de 10 módulos, lo que representa un valor de \$20 por módulo. Este gasto es considerado razonable frente al beneficio tecnológico y funcional que aportaría al campus.

#### 4.4.3. Baterías y paneles solares

- **Batería**

En la tabla 6 se comparan diferentes marcas de baterías para sistemas solares, detallando sus características y precios para facilitar la elección más adecuada según cada necesidad.

**Tabla 6**

*Costos de baterías*

<b>Marcas</b>	<b>Modelo</b>	<b>Valor</b>
MANLY	LiFePO4 de litio de 12 V 50 Ah	\$ 120.00
LITIME	LiFePO4 de litio de 12 V 50 Ah	\$ 140.00
ECO-WORTHY	LiFePO4 de litio de 12 V 50 Ah	\$ 153.00
MUST	LiFePO4 de litio de 12 V 50 Ah	\$ 130.00

**FUENTE:** EXCEL, 2025

**ELABORADO:** AUTOR, 2025

- **Panel solar**

En la tabla 7 se muestra una comparación de diferentes marcas de paneles solares, incluyendo sus características y precios, para ayudar a elegir la mejor opción según cada necesidad.

**Tabla 7**

*Costos de panel solar*

<b>Marcas</b>	<b>Modelo</b>	<b>Valor</b>
ECUACOPM	Monocristalino de 120 W	\$ 55
POWEST	NERM 120W -8120	\$ 60
ORION	Plegable 120W	\$ 78
ACWEST	monocristalino de 120 W	\$ 60

**FUENTE:** EXCEL, 2025

**ELABORADO:** AUTOR, 2025

- **Regulador de voltaje**

Los controladores de cargas tienen distintas marcas, diferentes características y precios, en la tabla 8 se detalla cada uno de ellos para elegir el más adecuado según el sistema solar a implementar.

**Tabla 8**

*Costos de regulador de carga*

<b>Marcas</b>	<b>Modelo</b>	<b>Valor</b>
LORBEN	Controlador Regulador De Carga Panel Solar Pwm 20 A	\$ 15.00
GENERICA	Controlador De Carga Solar De 10 A Para Panel Solar	\$ 20.00
POWMR	Controlador - Regulador De Carga Solar Mppt 20 A.	\$ 120.00
OMEGA	Controlador Regulador De Carga Panel Solar Pwm 20 A	\$15.00

**FUENTE:** EXCEL, 2025

**ELABORADO:** AUTOR, 2025

- **Convertidor DC/DC**

La siguiente tabla compara diferentes modelos de convertidores DC-DC, resaltando sus características y precios para facilitar la elección del más adecuado según cada aplicación.

**Tabla 9**

*Costos de inversor DC/DC*

<b>Marcas</b>	<b>Modelo</b>	<b>Valor</b>
HAOFY	DC-DC 12V a 5V 3A de 15W	\$ 8.31
EKILYN	Voltaje de entrada: 8V-40V. Voltaje de salida: 5V. Corriente máxima 5A 25W.	\$ 13.00
YIPIN HEXHA	Voltaje de salida: 5V, corriente de salida: 10A, potencia de salida: 50w, a eficiencia del 96%	\$ 14.00
PLUSROC	Convertidor reductor de 12v a 5v	\$ 10.00

**FUENTE:** EXCEL, 2025

**ELABORADO:** AUTOR, 2025

#### 4.4.4. Costos de mantenimiento

El mantenimiento de las estaciones de carga inalámbrica se realizará dos veces al año, con un costo estimado de \$75 por intervención, lo que representa un gasto anual de \$150 por módulo. A continuación, se detallan los parámetros considerados en el mantenimiento

- **Limpieza periódica** de los paneles solares y superficies de carga para evitar la acumulación de polvo, suciedad o residuos.
- **Revisiones técnicas y diagnósticos** para detectar posibles fallos en los sistemas eléctricos, conexiones, baterías y cargadores inalámbricos.
- **Reposición de componentes** en caso de desgaste o fallos, como baterías, controladores de carga, cables o módulos de carga inalámbrica.

En el contexto ecuatoriano, este tipo de proyectos cuenta con respaldo institucional, ya que se alinean con las políticas nacionales que promueven la innovación tecnológica, la sostenibilidad ambiental y la modernización de la infraestructura en instituciones educativas.

#### 4.3.7. Costo total de la instalación

El costo total de la instalación contempla la inversión inicial necesaria para la adquisición del equipo de carga inalámbrica rápida, la infraestructura de soporte correspondiente, la instalación eléctrica especializada y, en ciertos casos, la integración con sistemas de energía renovable, como paneles solares. Esta inversión incluye tanto los materiales como la mano de obra requerida para garantizar una instalación segura y eficiente, en la Tabla 10 se presenta el desglose detallado.

**Tabla 10**

*Costo total de instalación*

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Cargador inalámbrico WIWU 2 pulgadas	10	\$42.29	\$422.90
2	Panel solar de 120 W ECUACOMP	1	\$55.00	\$55.00
3	Batería de litio 12 V 50 Ah MANLY	1	\$120.00	\$120.00
4	Regulador de carga LORBEN	1	\$15.00	\$15.00
5	Convertidor DC Haofy	1	\$8.31	\$8.31
6	Kit de instalación	1	\$30.00	\$30.00
7	Costo de instalación	1	\$150.00	\$150.00
Subtotal				\$801.21
IVA 15%				\$120.18
Total, implementación				\$921.39

**FUENTE:** EXCEL, 2025

**ELABORADO:** AUTOR, 2025

#### 4.3.8. Estimación del ahorro en consumo energético

La implementación de estaciones de carga inalámbrica alimentadas por energía solar permite una reducción significativa en el consumo de energía proveniente de la red eléctrica. Para estimar el ahorro energético, se parte de un análisis comparativo entre el consumo de una estación convencional conectada a la red eléctrica y una estación autosuficiente mediante paneles solares.

Supongamos que cada estación de carga tiene una potencia promedio de 15 W y está operativa durante 10 horas al día, los 365 días del año. El consumo anual por estación sería de 54.75 kWh. Con un costo promedio del kWh para el sector institucional en Ecuador de aproximadamente \$0.12 USD, esto representa un costo anual de energía de \$6.57 por estación.

En un sistema con 10 módulos, el ahorro anual total sería de \$65.70. Aunque este valor puede parecer bajo, se debe considerar que las estaciones solares no requieren costos mensuales por energía durante toda su vida útil (aproximadamente 10 años), lo que representa un ahorro acumulado de \$657 por cada conjunto de 10 estaciones.

#### ***4.3.9. Retorno de inversión***

El cálculo del retorno de inversión (ROI) permite evaluar la rentabilidad económica del proyecto. Para este análisis se utilizó la Ecuación 3, a partir de la cual se determinó el beneficio económico neto considerando el ahorro acumulado en consumo energético y los beneficios adicionales como la reducción de infraestructura eléctrica.

Posteriormente, se aplicó la Ecuación 4 para calcular el ROI, dividiendo el beneficio neto entre la inversión inicial y expresándolo como porcentaje, con una inversión total de \$921.39 por 10 estaciones, un ahorro estimado de \$657 en consumo eléctrico durante 10 años y un costo de mantenimiento de \$1,500, el ROI estimado resulta negativo. No obstante, al incluir beneficios indirectos como la reducción de cableado (\$200), imagen institucional y reducción de fallas eléctricas (estimadas en \$300), se obtiene un ROI aproximado de 37.90%.

#### ***4.3.10. Evaluación económica***

La implementación de estaciones de carga inalámbrica con energía solar resulta económicamente viable, especialmente si consideramos el ahorro que generan a largo plazo. Aunque el ahorro inicial por consumo eléctrico puede parecer bajo, al no requerir energía de la red durante su vida útil, que es de aproximadamente 10 años, se evita el pago constante de facturas de electricidad, lo cual representa un ahorro importante.

Además, al no necesitar cableado ni infraestructura eléctrica adicional, se reducen costos significativos en la inversión inicial. Los gastos de mantenimiento son bajos y solo se realizan dos veces al año, lo que contribuye a mantener el sistema en óptimas condiciones sin impactar de forma importante el presupuesto.

Otro punto relevante es la durabilidad de los componentes solares, que permite que la inversión sea rentable a mediano y largo plazo. También es importante destacar que este tipo de tecnología apoya políticas de sostenibilidad y mejora la imagen institucional, factores que, aunque no se reflejan directamente en números, agregan valor al proyecto.

Por todo esto, la inversión inicial, junto con los bajos costos operativos y el ahorro energético acumulado, hacen que el proyecto sea económicamente factible para instituciones educativas o similares que buscan soluciones innovadoras y sostenibles.

**CAPITULO V**  
**CONCLUSION Y RECOMENDACION**

## 5.1. Conclusiones

- La implementación de estaciones de carga rápida inalámbrica en espacios públicos, como universidades, es una solución viable debido a la alta dependencia de los dispositivos móviles y los problemas de batería que enfrentan los usuarios. Aunque la eficiencia energética sigue siendo un desafío, la conveniencia y facilidad de uso hacen de esta tecnología una alternativa atractiva. La adopción en el campus de la UTEQ podría servir como un modelo piloto para futuras expansiones en otras instituciones y sectores comerciales.
- La integración de estaciones de carga inalámbrica con energías renovables reduce la huella de carbono y promueve la sostenibilidad. Sin embargo, su mayor consumo energético en comparación con los cargadores convencionales requiere investigaciones para mejorar la eficiencia. Además, el cumplimiento de normativas internacionales de seguridad y eficiencia es clave para evitar riesgos eléctricos y prolongar la vida útil de los equipos.
- La carga inalámbrica evoluciona constantemente, reduciendo pérdidas energéticas y aumentando la velocidad de carga. Con la adopción de estándares universales, su demanda crecerá, beneficiando a universidades e instituciones que la implementen en sus infraestructuras. Esto no solo modernizará los espacios públicos, sino que también facilitará la experiencia del usuario y promoverá un ecosistema tecnológico más eficiente y accesible.
- La carga inalámbrica sigue avanzando, buscando minimizar pérdidas de energía y acelerar el proceso de carga. Con la adopción de estándares universales, su demanda aumentará considerablemente. Las universidades y otras entidades pueden aprovechar estos sistemas para modernizar sus instalaciones y fomentar la digitalización. En definitiva, esta tecnología mejorará la experiencia del usuario y contribuirá a un entorno tecnológico más eficiente y accesible.

## 5.2.Recomendaciones

- Para maximizar el uso de las estaciones de carga inalámbrica en el campus, es fundamental instalarlas en zonas de alto tránsito como bibliotecas, cafeterías, salas de estudio y áreas comunes, donde los estudiantes dependen constantemente de sus dispositivos móviles. También se pueden considerar espacios exteriores protegidos para ampliar la disponibilidad del servicio. Una ubicación estratégica mejora la accesibilidad, reduce la necesidad de infraestructura adicional y facilita la adopción de la tecnología. Además, el uso de señalización visible y estudios periódicos sobre el flujo de usuarios.
- Para asegurar la operatividad continua de las estaciones de carga inalámbrica, se recomienda integrar un sistema de almacenamiento energético eficiente, como baterías de ion-litio de 12V 50Ah recargadas con paneles solares. Esto optimiza el suministro de energía, reduce el consumo eléctrico y mejora la sostenibilidad del proyecto. Además, el uso de reguladores de carga y un mantenimiento periódico garantizará un funcionamiento estable y sin interrupciones, incluso en cortes de energía o durante la noche.
- Para garantizar la seguridad y eficiencia de las estaciones de carga inalámbrica, es esencial cumplir con normativas internacionales y nacionales, como IEC 61215 para paneles solares, IEC 62109 para inversores y SAE J2954 para carga inalámbrica. Esto asegura calidad, protección contra fallos eléctricos y compatibilidad del sistema. Además, el cumplimiento de regulaciones locales y auditorías periódicas permitirá mantener la operación dentro de los estándares de seguridad.
- Para mejorar el rendimiento de las estaciones de carga inalámbrica, es clave reducir las pérdidas de energía en la conversión y transmisión de potencia. Esto se logra mediante el uso de materiales de alta conductividad en las bobinas, sistemas de disipación de calor para evitar sobrecalentamiento. Además, la adopción de tecnologías de carga adaptativa y la integración con fuentes renovables aumentan la eficiencia y reducen la dependencia de la red eléctrica. Estudios periódicos permitirán identificar mejoras continuas en el sistema.

**CAPITULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

## 6.1.BIBLOGRAFIA

- [1] O. Zavala and V. Domínguez, "Desarrollo de una aplicación Web optimizada para dispositivos móviles orientada al consumo de Objetos de Aprendizaje," *gc.scalahed.com*, Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25923w/S7R1.pdf>
- [2] M. del M. Sánchez-Sánchez, ... C. C.-A.-E., and undefined 2024, "Cargas de trabajo de las enfermeras en cuidados intensivos. Validez de su estimación mediante aplicaciones para dispositivos móviles y comparación con nursing," *Elsevier*, Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1130239923000676>
- [3] J. Emilio, A. Heredia, V. M<sup>a</sup>, and G. Sánchez, "Revisión de opciones para el uso de la plataforma Moodle en dispositivos Móviles," *revistas.um.es*, Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: <https://revistas.um.es/red/article/view/234031>
- [4] A. García-Holgado and F. García-Peñalvo, "Estudio sobre la Evolución de las Soluciones Tecnológicas para Dar Soporte a la Gestión de la Información," 2015, Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: <https://gredos.usal.es/handle/10366/125415>
- [5] F. P. Velásquez and S. S. Montoya, "Estación solar pública para la carga de dispositivos móviles en la unidad operaciones Guadalupe," 2016, Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: [https://abcd.pascualbravo.edu.co/jspui/bitstream/pascualbravo/676/1/Rep\\_IUPB\\_Tec\\_Electro\\_Estaci%C3%B3n\\_Solar.pdf](https://abcd.pascualbravo.edu.co/jspui/bitstream/pascualbravo/676/1/Rep_IUPB_Tec_Electro_Estaci%C3%B3n_Solar.pdf)
- [6] J. P.-C. E. de C. Commons and undefined 2007, "Introducción a los dispositivos móviles," *academia.edu*, Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: [https://www.academia.edu/download/38729906/Tecnologia\\_y\\_desarrollo\\_en\\_dispositivos\\_moviles\\_Modulo\\_2.pdf](https://www.academia.edu/download/38729906/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_Modulo_2.pdf)
- [7] "Energía inalámbrica y la visión de Nikola Tesla." Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <https://expansion.mx/opinion/2024/02/08/energia-inalambrica-y-la-vision-de-nikola-tesla>
- [8] "La bobina de Tesla y la transmisión inalámbrica de energía: un vistazo al futuro - Entropiia - ¡Aprende algo nuevo cada día!" Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.entropiia.com/blog/la-bobina-de-tesla-y-la-transmision-inalambrica-de-energia-un-vistazo-al-futuro>
- [9] "Nikola Tesla y la electricidad que pudo ser gratuita." Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <https://cienciaybiologia.com/nikola-tesla-y-la-electricidad-que-pudo-ser-gratuita/>

- [10] “Cómo funciona la carga inalámbrica: conócela | Blog Movistar.” Accessed: Dec. 14, 2024. [Online]. Available: <https://blog.movistar.com.co/tecnologia/como-funciona-la-carga-inalambrica/>
- [11] Zhen. Zhang and Hongliang. Pang, “Wireless power transfer : principles and applications,” p. 365, 2023.
- [12] “Física 2º Bach. - 2. Ley de Faraday-Henry-Lenz.” Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://sites.google.com/iesitaca.org/fsica2bach/fisica-2o-bachillerato/induccion-electromagnetica/ley-de-faraday-henry-lenz-1?utm\\_source=chatgpt.com](https://sites.google.com/iesitaca.org/fsica2bach/fisica-2o-bachillerato/induccion-electromagnetica/ley-de-faraday-henry-lenz-1?utm_source=chatgpt.com)
- [13] A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J. D. Joannopoulos, P. Fisher, and M. Soljačić, “Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances,” *Science (1979)*, vol. 317, no. 5834, pp. 83–86, Jul. 2007, doi: 10.1126/SCIENCE.1143254/SUPPL\_FILE/KURS.SOM.PDF.
- [14] R. R. Ernst, Geoffrey. Bodenhausen, and Alexander. Wokaun, “Chapter 6 Two-Dimensional Fourier Spectroscopy,” *Principles of Nuclear Magnetic Resonance in One and Two Dimensions*, pp. 225–357, 1990, Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: <https://global.oup.com/academic/product/principles-of-nuclear-magnetic-resonance-in-one-and-two-dimensions-9780198556473>
- [15] M. E. Hayden and P.-J. Nacher, “History and physical principles of MRI. Luca SABA. Magnetic Resonance Imaging Handbook,” vol. 1, 2016, Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: <https://hal.science/hal-01191404v1>
- [16] “La radiofrecuencia ayuda a controlar el dolor en los procesos degenerativos y facilita al paciente los tratamientos de rehabilitación | Quirónsalud.” Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.quironsalud.com/es/comunicacion/actualidad/radiofrecuencia-ayuda-controlar-dolor-procesos-degenerativo>
- [17] “Beneficios de la radiofrecuencia en medicina estética | Dra. Ubillos.” Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: <https://cmedraubillos.com/que-es-y-para-que-sirve-la-radiofrecuencia/>
- [18] “The best MagSafe and Qi2 chargers for iPhones - The Verge.” Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://www.theverge.com/23505846/best-magsafe-magnetic-chargers-apple-iphone?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.theverge.com/23505846/best-magsafe-magnetic-chargers-apple-iphone?utm_source=chatgpt.com)
- [19] “Cómo cargar el iPhone de forma inalámbrica - Soporte técnico de Apple.” Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://support.apple.com/es-lamr/108377?utm\\_source=chatgpt.com](https://support.apple.com/es-lamr/108377?utm_source=chatgpt.com)

- [20] "Apple presenta un cargador MagSafe más rápido para los nuevos teléfonos iPhone 16 - The Verge." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://www.theverge.com/2024/9/9/24240184/apple-iphone-16-pro-25-watt-magsafe-charging?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.theverge.com/2024/9/9/24240184/apple-iphone-16-pro-25-watt-magsafe-charging?utm_source=chatgpt.com)
- [21] "¿Qué es la carga inalámbrica Qi? - NinjaOne." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://www.ninjaone.com/es/it-hub/endpoint-management/carga-inalambrica-qi/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.ninjaone.com/es/it-hub/endpoint-management/carga-inalambrica-qi/?utm_source=chatgpt.com)
- [22] "Cómo utilizar la carga inalámbrica en tus dispositivos Galaxy | Samsung España." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://www.samsung.com/es/support/mobile-devices/como-utilizar-la-carga-inalambrica-en-tus-dispositivos-galaxy/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.samsung.com/es/support/mobile-devices/como-utilizar-la-carga-inalambrica-en-tus-dispositivos-galaxy/?utm_source=chatgpt.com)
- [23] "Cuando Tesla soñaba con extraterrestres o el fin de las guerras: 'Hemos recibido un mensaje de otro mundo': | Ocio y cultura | Cadena SER." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://cadenaser.com/nacional/2024/09/20/hemos-recibido-un-mensaje-de-otro-mundo-cuando-tesla-sonaba-con-extraterrestres-o-el-fin-de-las-guerras-en-el-mundo-cadena-ser/?utm\\_source=chatgpt.com](https://cadenaser.com/nacional/2024/09/20/hemos-recibido-un-mensaje-de-otro-mundo-cuando-tesla-sonaba-con-extraterrestres-o-el-fin-de-las-guerras-en-el-mundo-cadena-ser/?utm_source=chatgpt.com)
- [24] "Los nuevos iPhone y y iPhone X son compatibles con carga inalámbrica a distancia | Teknófilo." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://www.teknofilo.com/los-nuevos-iphone-y-y-iphone-x-son-compatibles-con-carga-inalambrica-a-distancia/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.teknofilo.com/los-nuevos-iphone-y-y-iphone-x-son-compatibles-con-carga-inalambrica-a-distancia/?utm_source=chatgpt.com)
- [25] "Como usar la carga inalámbrica. Todo lo que debes saber." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://savestore.es/blog/carga-inalambrica-como-usar/?utm\\_source=chatgpt.com](https://savestore.es/blog/carga-inalambrica-como-usar/?utm_source=chatgpt.com)
- [26] "FUNCIONAMIENTO DE UN CARGADOR INALAMBRICO PARA CELULARES | PDF." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/slideshow/funcionamiento-de-un-cargador-inalambrico-para-celulares/86434433>
- [27] "Como usar la carga inalámbrica. Todo lo que debes saber." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://savestore.es/blog/carga-inalambrica-como-usar/?utm\\_source=chatgpt.com](https://savestore.es/blog/carga-inalambrica-como-usar/?utm_source=chatgpt.com)
- [28] "EXPLORANDO LA ROBÓTICA - Google Books." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://www.google.com.ec/books/edition/EXPLORANDO\\_LA\\_ROB%C3%93TICA/aLAIEQAAQBAJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.ec/books/edition/EXPLORANDO_LA_ROB%C3%93TICA/aLAIEQAAQBAJ?hl=es&gbpv=0)
- [29] Oswald. Jumira and Sherali. Zeadally, "Energy Efficiency in Wireless Networks," p. 118, 2013.

- [30] Guowang. Miao and Guocong. Song, "Energy and spectrum efficient wireless network design," p. 368, 2015.
- [31] "El futuro de la recarga eléctrica se investiga en Zaragoza | Actualidad | Cadena SER." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://cadenaser.com/aragon/2024/09/16/el-futuro-de-la-recarga-electrica-se-investiga-en-zaragoza-radio-zaragoza/?utm\\_source=chatgpt.com](https://cadenaser.com/aragon/2024/09/16/el-futuro-de-la-recarga-electrica-se-investiga-en-zaragoza-radio-zaragoza/?utm_source=chatgpt.com)
- [32] "Hotel NH Collection Bogotá Teleport Royal | nh-hoteles.es." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: [https://www.nh-hotels.com/es/hotel/nh-collection-bogota-teleport-royal?campid=8435708&campid=8435708&utm\\_campaign=paid-search\\_generic&utm\\_source=google&utm\\_term=spanish-all&utm\\_medium=paid-search&gad\\_source=5&gclid=EAIaIqobChMIzOft4PjfigMV7ataBR2y5BKeEAAYASAAEgIfwvD\\_BwE](https://www.nh-hotels.com/es/hotel/nh-collection-bogota-teleport-royal?campid=8435708&campid=8435708&utm_campaign=paid-search_generic&utm_source=google&utm_term=spanish-all&utm_medium=paid-search&gad_source=5&gclid=EAIaIqobChMIzOft4PjfigMV7ataBR2y5BKeEAAYASAAEgIfwvD_BwE)
- [33] C. Técnicas Aplicadas Artículo de Investigación, M. I. Felipe Cabrera-Erazo, J. I. Vicente Alvarado-Rodríguez, and C. Eduardo Cabrera-Cabrera III, "Análisis del dimensionamiento y costos de mantenimiento de vehículos eléctricos de taxis de la ciudad de Loja," *Dominio de las Ciencias*, vol. 10, no. 3, pp. 1954–1983, Sep. 2024, doi: 10.23857/DC.V10I3.4019.
- [34] R. Rezaei and V. Sezar, "Decisions That Drive Success: Navigating Effective Decision-Making in Business Management," Jan. 2024, doi: 10.20944/PREPRINTS202401.1640.V1.
- [35] R. Rezaei and H. Peng, "The Growing Business of Electric Vehicles: A Shift Towards Sustainable Transportation," Jan. 2024, doi: 10.20944/PREPRINTS202401.1798.V1.
- [36] C. De and I. Automotriz, "UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA".
- [37] Y. J. Jang, "Survey of the operation and system study on wireless charging electric vehicle systems," *Transp Res Part C Emerg Technol*, vol. 95, pp. 844–866, Oct. 2018, doi: 10.1016/J.TRC.2018.04.006.
- [38] V. Shevchenko, O. Husev, R. Strzelecki, B. Pakhaliuk, N. Poliakov, and N. Strzelecka, "Compensation topologies in IPT systems: Standards, requirements, classification, analysis, comparison and application," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 120559–120580, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2937891.
- [39] S. S. Biswal, P. P. Mohanty, D. P. Kar, and S. Bhuyan, "Convenience Assessment of SS and SP Compensation Topologies used in Wireless Power Transfer System for Battery Charging," *2023 International Conference in Advances in Power, Signal, and Information Technology, APSIT 2023*, pp. 516–519, 2023, doi: 10.1109/APSIT58554.2023.10201663.

- [40] H. T. Cho, J. Kim, J. Jung, and K. A. Kim, "Comparison of input power factor correction techniques for buck converters in single-phase wireless power transfer systems," *IEEE WoW 2015 - IEEE PELS Workshop on Emerging Technologies: Wireless Power, Proceedings*, Jun. 2015, doi: 10.1109/WOW.2015.7132847.
- [41] P. Li and R. Bashirullah, "A Wireless Power Interface for Rechargeable Battery Operated Medical Implants," *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 54, no. 10, pp. 912–916, 2007, doi: 10.1109/TCSII.2007.901613.
- [42] B. Latha, M. M. Irfan, A. Flah, V. Blazek, L. Prokop, and S. S. Rangarajan, "Advances in EV wireless charging technology – A systematic review and future trends," *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, vol. 10, p. 100765, Dec. 2024, doi: 10.1016/J.PRIME.2024.100765.
- [43] "AIE – Agencia Internacional de Energía." Accessed: Jan. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.iea.org/>
- [44] "Eficiencia Energética en la Universidad Católica sede Azogues un enfoque de implementación técnico – económico basado en energía solar | Revista Técnica 'energía.'" Accessed: Jan. 05, 2025. [Online]. Available: <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/420/585>
- [45] "UNE-EN IEC 61851-1:2020 Sistema conductivo de carga para vehíc..." Accessed: Jan. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0064113>
- [46] "Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE." Accessed: Jan. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>
- [47] "Introducción a la ITC BT-52 y sus esquemas | Würth España." Accessed: Jan. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.wurth.es/blog/itc-bt-52-esquemas-recarga-vehiculos-electricos/>
- [48] "» Innovación y Sostenibilidad: Movilidad Eléctrica - WOLTIO." Accessed: Jan. 05, 2025. [Online]. Available: <https://woltio.com/futuro-movilidad-electrica/>
- [49] "J2954 (WIP) Transferencia de energía inalámbrica para vehículos livianos y medianos - SAE International." Accessed: Jan. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.sae.org/standards/content/j2954/>
- [50] C. N. Antonio Muñoz Chacón Ramón Carnicer, S. de Chile, and C. Antonio Muñoz Chacón, "Estudio de accidentes eléctricos y peligro del arco eléctrico: Introducción a un programa de seguridad eléctrica," *Ciencia & trabajo*, vol. 17, no. 53, pp. 122–127, Aug. 2015, doi: 10.4067/S0718-24492015000200005.

- [51] S. E.- Bogotá, C. SEGELECTRICA, and undefined 2008, "Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, RETIE," *academia.edu*, Accessed: Jan. 05, 2025. [Online]. Available: [https://www.academia.edu/download/39075485/Reglamento\\_Tecnico\\_RETIE.pdf](https://www.academia.edu/download/39075485/Reglamento_Tecnico_RETIE.pdf)
- [52] V. D. C.- Seguritecna and undefined 2004, "Seguridad eléctrica (II)," *dialnet.unirioja.es*, Accessed: Jan. 05, 2025. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1023839>
- [53] M. M.- Extensionismo, I. y Transferencia, and undefined 2014, "Normas de eficiencia energética y seguridad eléctrica," *revistas.unne.edu.ar*, Accessed: Jan. 05, 2025. [Online]. Available: <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/view/3033>
- [54] "EcoInventos - Tu blog de gadgets ecológicos." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: <https://ecoinventos.com/>
- [55] P. Maldonado and R. Palma, "Seguridad y calidad del abastecimiento eléctrico a más de 10 años de la reforma de la industria eléctrica en países de América del Sur," 2004, Accessed: Jan. 05, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/6439>
- [56] M. S. Aliero, K. N. Qureshi, M. F. Pasha, and G. Jeon, "Smart Home Energy Management Systems in Internet of Things networks for green cities demands and services," *Environ Technol Innov*, vol. 22, p. 101443, May 2021, doi: 10.1016/J.ETI.2021.101443.
- [57] M. S. Aliero, K. N. Qureshi, M. F. Pasha, and G. Jeon, "Smart Home Energy Management Systems in Internet of Things networks for green cities demands and services," *Environ Technol Innov*, vol. 22, May 2021, doi: 10.1016/j.eti.2021.101443.
- [58] S. Kumar, P. Tiwari, and M. Zymbler, "Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review," *J Big Data*, vol. 6, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.1186/S40537-019-0268-2.
- [59] "Tamaño del mercado de carga inalámbrica de Corea del Sur, pronóstico a 2033." Accessed: Jan. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.sphericalinsights.com/es/reports/south-korea-wireless-charging-market>
- [60] "Mercado de estaciones de carga de vehículos eléctricos: comunicado de prensa (Astute Analytica)." Accessed: Jan. 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.astuteanalytica.com/es/press-release/electric-vehicle-charging-station-market>

- [61] W. Liu, K. T. Chau, X. Tian, H. Wang, and Z. Hua, "Smart wireless power transfer — opportunities and challenges," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 180, Jul. 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113298.
- [62] "Sistema inalámbrico de carga solar para vehículos eléctricos: descripción general - Sigma Earth." Accessed: Jan. 06, 2025. [Online]. Available: <https://sigmaearth.com/es/wireless-solar-electric-vehicle-charging-system-an-overview/>
- [63] "Un nuevo sistema de carga inalámbrico, es alimentado con energía renovable - Global Energy." Accessed: Jan. 06, 2025. [Online]. Available: <https://globalenergy.mx/noticias/alternativas/renovables/un-nuevo-sistema-de-carga-inalambrico-es-alimentado-con-energia-renovable/>
- [64] "Baterías de iones de litio OEM Redway Power™, batería LiFePO4." Accessed: Jan. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.redwaypower.com/es/>
- [65] A. Mahesh, B. Chokkalingam, and L. Mihet-Popa, "Inductive Wireless Power Transfer Charging for Electric Vehicles-A Review," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 137667–137713, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3116678.
- [66] G. P. R. Filho, L. A. Villas, V. P. Gonçalves, G. Pessin, A. A. F. Loureiro, and J. Ueyama, "Energy-efficient smart home systems: Infrastructure and decision-making process," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 5, pp. 153–167, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.iot.2018.12.004.
- [67] P. De Investigación, D. Hernán, and M. Quinto, "Implementación de un sistema multipunto de carga inalámbrica utilizando el método inductivo en la 'UTEQ,'" 2023, *Quevedo:UTEQ*. Accessed: Jan. 29, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/7111>
- [68] A. R. Garcia Garcia and A. R. Garcia Garcia, "Análisis de una Topología de Red Resonante para su Aplicación en Transmisión de Potencia Inalámbrica," Feb. 2020, Accessed: Feb. 02, 2025. [Online]. Available: <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/2943>
- [69] S. A. Hassnain Mohsan *et al.*, "A review on research challenges, limitations and practical solutions for underwater wireless power transfer," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 11, no. 8, pp. 554–562, 2020, doi: 10.14569/IJACSA.2020.0110869.
- [70] J. Kim, H. C. Son, K. H. Kim, and Y. J. Park, "Efficiency analysis of magnetic resonance wireless power transfer with intermediate resonant coil," *IEEE Antennas Wirel Propag Lett*, vol. 10, pp. 389–392, 2011, doi: 10.1109/LAWP.2011.2150192.
- [71] S. Y. R. Hui, "Magnetic Resonance for Wireless Power Transfer".

- [72] “Tipos de Paneles Solares – Monocristalinos, Policristalinos y Amorfos – Cemaer.” Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.cemaer.org/tipos-de-paneles-solares/>
- [73] “¿En qué se diferencian las baterías de litio de las baterías de ácido en términos de rendimiento? | Redway Tech.” Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: [https://www.redway-tech.com/es/how-do-lithium-batteries-compare-to-acid-batteries-in-terms-of-performance/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.redway-tech.com/es/how-do-lithium-batteries-compare-to-acid-batteries-in-terms-of-performance/?utm_source=chatgpt.com)
- [74] “(PDF) Diseño y Simulación de Convertidores DC-DC.” Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/291757375\\_Design\\_and\\_Simulation\\_of\\_DC-DC\\_Converters](https://www.researchgate.net/publication/291757375_Design_and_Simulation_of_DC-DC_Converters)
- [75] “Investigadores suecos logran carga inalámbrica para vehículos eléctricos con 98% de eficiencia.” Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: [https://www.hibridosyelectricos.com/coches/coches-electricos-dispondran-carga-rapida-inalambrica-sin-perdidas\\_68691\\_102.html](https://www.hibridosyelectricos.com/coches/coches-electricos-dispondran-carga-rapida-inalambrica-sin-perdidas_68691_102.html)
- [76] “Samsung Latinoamérica | Celulares | TVs | Electrodomésticos.” Accessed: Feb. 17, 2025. [Online]. Available: <https://www.samsung.com/latin/>

## **CAPITULO VII**

### **ANEXOS**

# Anexo 1

## Ficha técnica

# ESM120-156



### 120 Watt

Electrical Characteristics	
Type of Cell	Polycrystalline silicon
Cell Size(mm)	158mm
Module Efficiency	13.57%
Cell Configuration	36(4x9)
Size of module (mm)	1210x670x30mm
Weight per piece (Kg)	9.0Kg
Maximum power (Wp)	120W
Maximum power voltage (V)	18V
Maximum power current (A)	6.67A
Open circuit voltage (V)	22V
Short circuit current (A)	7.06A
Tolerance of Pmax	0~+5W

Standard Operating Conditions	
Maximum system voltage (V)	1000V
Temperature coefficients of Isc (%)	0.053%/°C
Temperature coefficients of Voc (%)	-0.33%/°C
Temperature coefficients of Pm (%)	-0.42%/°C
NOCT (°C)	45°C±2°C
Temperature range	-40°C to +85°C
Surface maximum load capacity	60m/s (200kg/sq.m)
Series fuse rating	12 A

Other Characteristics	
Junction box type	IP65 rated
Connectors and cables type	4mm <sup>2</sup>
Length of cables (mm)	750mm
Frame (material, corners, etc.)	Anodized aluminum alloy
Glass	High transmittivity low-iron 3.2mm toughened glass
FF (%)	>77.3%

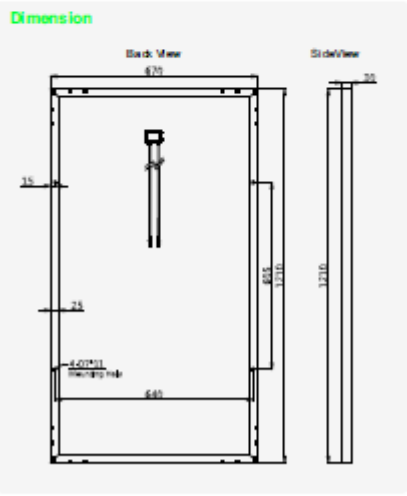
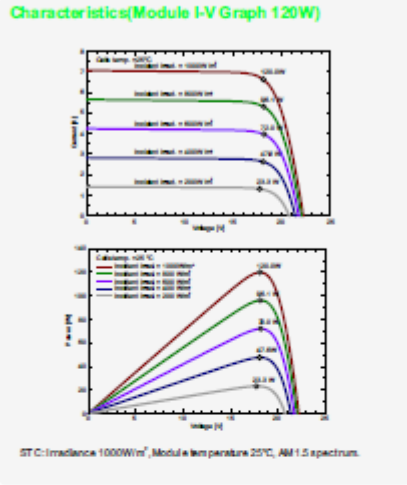
QUALIFICATIONS		
IEC 61215	IEC 61730	RoHS
CE	EMC	

**10 years material and workmanship guarantee**

95% power output guarantee for 5 years  
 90% power output guarantee for 10 years  
 80% power output guarantee for 25 years

EverExceed will not accept responsibility for damage caused to other equipment

Contact EverExceed to receive our latest product information



## QB06

- Charging distance 10-30mm (10-20mm with sticker, 15-30mm with resonator pad)
- Dimensions: 154mm\*110mm\*10mm
- Net weight: 180g
- Color: Black
- Frame material: PC+ ABS
- Input voltage/Current: 19V/0.94A
- Ambient temperature: 0-40°C
- Horizontal tolerance:  $\pm 10$ mm
- Output Power: 10W (Max)
- Protection: FOD, OCP, OTP, OVP
- Charging mode: Qi-BPP(5W), iPhone fast charging (7.5W), Samsung fast charging (10W)
- Certification: CE / FCC

## QB21

- Charging distance 20-50mm (resonator pad required)
- Dimensions: 154mm\*110mm\*10mm
- Net weight: 180g
- Color: Grey
- Frame material: PC+ ABS
- Input voltage/Current: 19V/0.94A
- Ambient temperature: 0-40°C
- Horizontal tolerance:  $\pm 10$ mm
- Output Power: 10W (Max)
- Protection: FOD, OCP, OTP, OVP
- Charging mode: Qi-BPP(5W), iPhone fast charging (7.5W), Samsung fast charging (10W)
- Certification: CE / FCC

## Anexo 2

### Pliego de preguntas encuestadas

#### Universidad Técnica Estatal De Quevedo Extensión La María

#### Encuesta A Estudiantes

1. **¿Con qué frecuencia utilizas dispositivos móviles como teléfonos o tablets en tu vida diaria?**
  - Todo el tiempo
  - Varias veces al día
  - Ocasionalmente
  - Raramente
2. **¿Cuántas veces te has quedado sin batería en el último mes?**
  - Ninguna
  - 1-3 veces
  - 4-6 veces
  - Más de 6 veces
3. **¿Cuál es tu principal método para cargar tus dispositivos móviles?**
  - Cargadores con cable
  - Cargadores portátiles (power banks)
  - Cargadores inalámbricos
4. **¿Te resulta incómodo o limitante depender de un cable para cargar tus dispositivos?**
  - Sí
  - No
5. **¿En qué tipo de lugares te gustaría encontrar estaciones de carga inalámbrica dentro del campus la María?**  
*(Puedes seleccionar más de uno)*
  - Facultades
  - Cafeterías
  - Biblioteca
  - áreas de descanso y zonas verdes
6. **¿Qué características valoras más en una estación de carga inalámbrica?**
  - Rapidez de carga
  - Facilidad de uso
  - Diseño y estética
  - Ubicación estratégica
  - Acceso gratuito

7. ¿Estarías dispuesto a pagar por usar una estación de carga inalámbrica en lugares públicos?
- Sí
  - No
  - Depende del costo
8. Si respondiste "sí" o "depende", ¿cuánto estarías dispuesto a pagar por una sesión de carga rápida inalámbrica?
- Menos de \$1 USD
  - Entre \$1 y \$3 USD
  - Más de \$3 USD
9. ¿Qué tan probable sería que utilices estaciones de carga inalámbrica si estuvieran disponibles en lugares que frecuentas?
- Muy probable
  - Probable
  - Poco probable
  - Nada probable
10. ¿Qué tan importante consideras que las estaciones de carga sean compatibles con diferentes modelos de dispositivos?
- Importante
  - No es importante