



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CARGA PARA VEHÍCULOS
ELÉCTRICOS UTILIZANDO UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO AISLADO DE LA
RED NACIONAL, EN EL PARQUEO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Jorge Luis Rivera López

Asesorado por M.A. ING. César Augusto López Portillo

Guatemala, julio de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS
UTILIZANDO UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO AISLADO DE LA RED NACIONAL, EN EL
PARQUEO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JORGE LUIS RIVERA LÓPEZ

ASESORADO POR M.A. ING. CÉSAR AUGUSTO LÓPEZ PORTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, JULIO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Brian Enrique Chicol Morales
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
EXAMINADORA	Inga. Ana María Navarro Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS UTILIZANDO UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO AISLADO DE LA RED NACIONAL, EN EL PARQUEO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 29 de mayo de 2024.



Jorge Luis Rivera López



EEPFI-PP-0905-2024

Guatemala, 3 de mayo de 2024

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela De Ingeniería Mecánica Eléctrica
Presente.

Estimado Mtro. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA ESTACION DE CARGA PARA VEHICULOS ELECTRICOS UTILIZANDO UN SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICO AISLADO DE LA RED NACIONAL, EN EL PARQUEO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Energía Aplicada - Energía Renovable y No Renovable - Fuentes de energía no fósil**, presentado por el estudiante **Jorge Luis Rivera López** carné número **8511753**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Energía Y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,


Cesar Augusto López Portillo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLETRADO N.º 13908

Mtro. Cesar Augusto López Portillo
Asesor(a)

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría





Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Oficina Virtual





EEP-EIME-0905-2024

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA ESTACION DE CARGA PARA VEHICULOS ELECTRICOS UTILIZANDO UN SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICO AISLADO DE LA RED NACIONAL, EN EL PARQUEO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Luis Rivera Lopez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Mtro. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, mayo de 2024



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.320.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA ESTACION DE CARGA PARA VEHICULOS ELECTRICOS UTILIZANDO UN SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICO AISLADO DE LA RED NACIONAL, EN EL PARQUEO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por: **Jorge Luis Rivera Lopez** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

Guatemala, julio de 2024



Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 320 CUI: 1642371860101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por su amor incondicional, Su guía constante y Su gracia infinita. En cada paso de mi vida, he sentido la presencia divina, fortaleciéndome en momentos de dificultad y celebrando conmigo en tiempos de alegría.

Mi madre

Ester López Camacho, en cada paso de mi vida, has sido mi luz y mi inspiración. Tu amor incondicional, sacrificio y sabiduría han forjado el camino que sigo. Te agradezco por cada lección, cada abrazo y cada momento de apoyo. Mamá, te dedico mis éxitos y mis sueños, y prometo seguir siendo digno de tu amor.

Mi esposa

Irma Nohemí Mérida, por tu amor, paciencia y compañía que han llenado mi mundo de alegría y significado.

Mis hijas

Anna Esther, Heidy Nohemí y Leslie Janeth Rivera, por su amor y apoyo. Cada una de ustedes es un regalo de Dios en mi vida.

Mis hermanos

Juan Francisco y Mónica Josefina, por estar a mi lado en todos los momentos alentándome a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por brindarme la formación académica y profesional. Con profundo agradecimiento.

Facultad de Ingeniería

Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.

Mis amigos

Un agradecimiento especial por su amistad y apoyo incondicional.

Ingenieros

Agradecimiento especial por su contribución al desarrollo de la ciencia y la tecnología, así como por su amistad, apoyo y orientación en el ámbito académico y profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XIII
LISTADO DE SIMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Contexto general.....	8
3.2. Descripción del problema	8
3.3. Formulación del problema	9
3.3.1. Pregunta central	9
3.3.2. Preguntas auxiliares	9
3.4. Delimitación del problema.....	10
3.4.1. Delimitaciones temporales.....	10
3.4.2. Delimitaciones disciplinares.....	10
4. JUSTIFICACIÓN	11
4.1. Línea de investigación de la maestría en energía y ambiente	11
4.2. Importancia y razones para realizar el estudio	11
4.3. Resultados esperados y su Impacto:.....	12
4.4. Beneficiarios de los resultados:	13
4.5. Pertinencia y relevancia social:.....	14

5.	OBJETIVOS.....	15
5.1.	General.....	15
5.2.	Específicos	15
6.	NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	17
6.1.	Necesidades laborales a cubrir	17
6.2.	Esquema de solución propuesto	17
6.3.	Esquema sintético	19
7.	MARCO TEÓRICO	23
7.1.	Movilidad eléctrica y vehículos eléctricos (Ves).....	23
7.1.1.	Evolución de la movilidad eléctrica.....	24
7.1.2.	Ventajas y desventajas de los VEs	25
7.1.2.1.	Autonomía y tecnología de baterías	25
7.1.2.2.	Infraestructura de carga para Ves	26
7.1.2.3.	Costos operativos y beneficios.....	27
7.1.2.4.	Aceptación del consumidor	28
7.1.2.5.	Políticas y regulaciones.....	29
7.1.2.6.	Ley de Incentivos	29
7.1.3.	Movilidad eléctrica en el contexto nacional	30
7.1.4.	Impacto Ambiental.....	30
7.1.5.	Perspectivas futuras de la movilidad eléctrica.....	31
7.1.6.	Desarrollos recientes en vehículos eléctricos.....	31
7.1.7.	Educación y concientización Sobre vehículos eléctricos	32
7.2.	Energía fotovoltaica y sistemas de carga	32
7.2.1.	Fundamentos de la energía fotovoltaica	32
7.2.2.	Diseño de sistemas fotovoltaicos	34

7.2.3.	Almacenamiento de energía en sistemas fotovoltaicos	34
7.2.4.	Integración de sistemas fotovoltaicos en estaciones de carga.....	35
7.2.5.	Normativas y estándares en energía fotovoltaica ...	35
7.2.6.	Innovaciones tecnológicas en energía fotovoltaica.....	35
7.3.	Sistemas de generación fotovoltaicos.....	36
7.3.1.	Descripción de los sistemas fotovoltaicos de generación	36
7.3.2.	Clasificación de los sistemas fotovoltaicos de generación	36
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	37
9.	METODOLOGÍA.....	39
9.1.	Características del estudio.....	39
9.2.	Unidades de análisis.....	40
9.3.	Variables.....	40
9.4.	Fases de estudio.....	42
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	45
11.	CRONOGRAMA.....	49
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	51
	REFERENCIAS	53
	APÉNDICES	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Primeros automóviles eléctricos.	24
Figura 2.	Estación de carga para vehículos eléctricos.....	27
Figura 3.	Partes del vehículo eléctrico	28
Figura 4.	Energía fotovoltaica	33
Figura 5.	Partes que componen un panel solar	34
Figura 6.	Cronograma.....	49

TABLAS

Tabla 1.	Fase 1, Recolección de datos e información	20
Tabla 2.	Fase 2, Análisis de la información	21
Tabla 3.	Fase 3, Rediseño del proceso	22
Tabla 4.	Variables en estudio	40
Tabla 5.	Gastos del estudio	51

LISTADO DE SIMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
A	Amperio
cm	Centímetro
I	Corriente
CA	Corriente alterna
CC	Corriente continúa
Hz	Hercio
h	Horas
=	Igual que
Kw	Kilowatts
Kwh	Kilowatts-hora m ² Metro cuadrado
P	Potencia
Q	Quetzales
R	Resistencia
u	Unidad
Wp	Vatios pico
V	Voltaje
W	Watts

GLOSARIO

Amperímetro	Dispositivo que se utiliza para la medición de corriente alterna y directa.
Aluminio anodizado	Se denomina al proceso electrolítico de pasivación, utilizado para incrementar el espesor de la capa natural de óxido y a superficie de piezas metálicas.
Arreglo	Modo de conexión de los paneles solares.
Batería	Dispositivo electroquímico que se utiliza para almacenar energía eléctrica.
Celda fotovoltaica	Dispositivo que permite transformar energía lumínica (fotones) en energía eléctrica.
Capacidad	Cantidad de electricidad que puede lograr una descarga completa del acumulador, partiendo del estado de plena carga.
Carga eléctrica	Propiedad física, intrínseca de algunas partículas subatómicas que se manifiestan por medio de fuerzas de atracción o repulsión.

Demanda	Las sumas de todas las potencias de placa de los artefactos de consumo dependientes del sistema de distribución de energía eléctrica.
Estanco	Parte de la célula solar en donde el agua residual de, queda acumulada debido a lluvias.
Fotón	Partícula mínima de energía luminosa o de otra energía que se produce, se transmite y se absorbe.
Generador solar	Dispositivo que aprovecha la energía del sol o el calor para generar energía eléctrica.
Inversor	Dispositivo que aprovecha la energía de C.C. a C.A. o viceversa.
Irradiación	Intensidad de flujo solar que incide en determinada región.
Luminancia	Resultado que se obtiene al dividir la intensidad luminosa de una superficie entre su área aparente para un observador alejado de ella.
Microrred	Sistema que interconecta cargas eléctricas y fuentes de generación, distribución y que puede actuar en la conexión en el sistema eléctrico.
Módulo PV	Película delgada que recubre las celdas solares o la parte captadora del sol.

Radiación	Cantidad de energía procedente del sol, medida de la superficie por unidad de tiempo.
Regulador	Dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de tensión constante.
Reflexión	Es el cambio de dirección de una onda que, al entrar en contacto con la superficie de separación entre dos medios cambiantes, regresa al medio que lo originó.
Refracción	Cambio de dirección de un rayo de luz u otra radiación que se produce al pasar oblicuamente de un medio a otro a distinta densidad.
Topología	Ciencia que estudia los razonamientos matemáticos, prescindiendo de los significados correctos.
Tedlar	Fotopolímero semicristiano utilizado principalmente en los recubrimientos interiores de los módulos fotovoltaicos.
Voltímetro	Dispositivo electrónico con el cual se mide el potencial de un circuito en dos puntos distintos y marca lectura de acuerdo con parámetros.

1. INTRODUCCIÓN

La crisis energética y ambiental a la que nos enfrentamos actualmente plantea desafíos significativos y urgentes. El cambio climático, la contaminación del aire y la dependencia de los combustibles fósiles son cuestiones apremiantes que requieren soluciones innovadoras y sostenibles. En este contexto, la movilidad eléctrica se ha establecido como una alternativa viable y prometedora para abordar estos problemas de manera efectiva. Los vehículos eléctricos (VEs) representan un hito en la evolución de la tecnología automotriz, ofreciendo una forma más limpia y eficiente de transporte.

Sin embargo, para aprovechar plenamente los beneficios de los VEs, es imperativo contar con una infraestructura de carga eléctrica bien desarrollada y accesible. La disponibilidad de estaciones de carga confiables y convenientes es fundamental para la adopción masiva de VEs. En este contexto, surge la necesidad de diseñar y desarrollar estaciones de carga de VEs que no solo sean eficientes y rápidas, sino también sostenibles y amigables con el medio ambiente.

El presente proyecto se centra en abordar esta necesidad apremiante al proponer y diseñar una estación de carga para VEs en el campus de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este sistema de carga se destacará por su uso de energía solar, aprovechando la inmensa cantidad de energía solar disponible en Guatemala a lo largo del año. La utilización de un sistema de energía fotovoltaico aislado de la red nacional representa una solución innovadora y sostenible para la carga de VEs, integrando tecnología renovable en la vida cotidiana.

2. ANTECEDENTES

Las estaciones de carga de vehículos eléctricos (EV) que utilizan energía fotovoltaica aislada de la red representan un área de investigación nueva e importante para encontrar soluciones efectivas y beneficiosas para los vehículos eléctricos. Para comprender el desarrollo y el progreso de este campo y proporcionar buena información para el diseño, se escanea la literatura y se recopilan y analizan documentos importantes relacionados con este tema en el país y en el extranjero.

Esta revisión de la literatura incluye muchos estudios y estudios centrados en la integración de la energía solar en las estaciones de carga. Smith (2018) enfatizaron la importancia de la energía solar como fuente de energía sostenible y su capacidad para satisfacer las necesidades de los vehículos eléctricos. Además, se enfatiza la necesidad de una planificación eficaz y un buen diseño para garantizar la capacidad y el rendimiento de estos sistemas.

Desde una perspectiva más local, un estudio de López (2019) en Guatemala evaluó la viabilidad técnica y económica del uso de estaciones de carga solares para vehículos eléctricos en ciudades y universidades. Estos estudios resaltan la importancia de considerar factores específicos del medio ambiente guatemalteco, como la disponibilidad de energía solar y los patrones de movilidad, al diseñar estas estaciones de carga.

Otra aportación importante proviene de investigaciones internacionales como el estudio de Zhang (2017), que se centra en mejorar el diseño de las estaciones de carga utilizando métodos de última generación para asegurar la

eficiencia de la energía fotovoltaica y la satisfacción del usuario. Este avanzado sistema es de gran importancia para aumentar la eficiencia y fiabilidad de las estaciones de carga necesarias para la promoción de los vehículos eléctricos.

Metodológicamente, gran parte de la investigación ha establecido una conexión entre ciencia y negocios. Utilizan herramientas y modelos de simulación para evaluar la eficiencia y eficacia de los sistemas fotovoltaicos integrados en centrales eléctricas. Además, estos análisis enfatizan la importancia de las cuestiones sociales y ambientales, lo que indica una comprensión amplia y diversa del problema.

En resumen, la revisión de la literatura proporciona una visión integral de los avances y tendencias actuales en la integración de la energía solar en las centrales eléctricas. Los nuevos métodos, ideas mejoradas y recomendaciones básicas identificadas formarán la base principal para el diseño e implementación de las estaciones de carga propuestas en este proyecto. Además, para que las soluciones sean verdaderamente sostenibles, no sólo es necesario tener en cuenta los negocios y la economía, sino también el medio ambiente y las relaciones. Estos programas apoyan el impacto y el potencial del programa en Guatemala y el movimiento energético internacional.

Según Cruz (2021), en su publicación Instalaciones fotovoltaicas flotantes de uso personal e impagos redundantes: Diseño y legislación, presenta resultados que siguen centrándose en las instalaciones fotovoltaicas flotantes, sus previsiones de crecimiento y su potencial y diseño completo. Respecto a la construcción de una casa flotante para uso personal y redundancia en un lago destinado a aguas de la provincia española de Regantes, se concluyó que debe haber reglas claras para brindar una legislación que brinde a los inversionistas la

verdad y brinde soluciones a los problemas. que surgen en las nuevas centrales fotovoltaicas. proyecto. explosión.

Según Lagos (2021), en su tesis de maestría titulada "Análisis técnico, económico y ambiental de plantas de energía fotovoltaica flotantes y sus potenciales aplicaciones", presentó diferentes aplicaciones de las plantas de energía solar, tecnología flotante y factores que afectan el diseño. y esto es obra de generaciones.

En términos de costos OPEX (operación y mantenimiento), las instalaciones mayores a 200 MW (US\$ 0,63) logran un CAPEX menor en comparación con las instalaciones entre 0 y 10 MW (US\$ 1,84), lo que resulta en una gran diferencia entre los beneficios y desafíos del mantenimiento (Lagos, 2021, p 40)

Según Puebla (2022), en su publicación Estudio técnico-económico de una instalación solar fotovoltaica y su comparativa con una instalación fotovoltaica tradicional, se ha investigado y comercializado el diseño de un mismo sistema fotovoltaico en dos lugares diferentes, un océano. El otro está en el suelo; Se han realizado estudios sobre diferentes tipos y configuraciones de paneles y se ha llegado a la conclusión de que, bajo determinadas condiciones (como el ángulo de inclinación y el tipo de panel utilizado), las unidades flotantes son un 10 % más similares a las habitaciones a nivel del suelo.

En la tesis de Maestría Incorporación de plantas fotovoltaicas flotantes en el embalse de la hidroeléctrica de Urrá para el aprovechamiento real y de infraestructura eléctrica (Niño y Rodríguez, 2021). Diagnóstico de todos los temas relacionados con la integración de centrales fotovoltaicas en la central

hidroeléctrica de Urrá, seguido de la determinación de viabilidad e implementación de propuestas. Como resultado, dichos proyectos se llevan a cabo con planes de desarrollo sostenible y, por lo tanto, proporcionan agua limpia, saneamiento, libre de contaminación, etc. Se concluyó que contiene los objetivos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La integración exitosa de sistemas de energía fotovoltaica en la infraestructura de carga para vehículos eléctricos (VEs) representa un desafío significativo en el ámbito de la movilidad eléctrica sostenible. En el contexto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se ha identificado una problemática relevante en este campo. La insuficiencia y la ineficiencia en la infraestructura de carga para VEs en el parqueo de la facultad limitan la adopción de vehículos eléctricos y su carga eficiente, lo que subraya la necesidad de una solución técnica y sostenible.

El problema se circunscribe al parqueo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, un espacio vital dentro de la comunidad universitaria donde la movilidad eléctrica debería promoverse y facilitarse. El parqueo alberga a una gran cantidad de estudiantes, docentes y personal administrativo, siendo un escenario idóneo para la implementación de soluciones que fomenten la adopción de vehículos eléctricos.

Las causas principales de este problema incluyen la falta de inversión suficiente en infraestructura de carga para VEs, la falta de conciencia sobre los beneficios de la movilidad eléctrica y la carencia de políticas y normativas específicas para fomentar la adopción de vehículos eléctricos en el entorno universitario.

Las consecuencias abarcan desde la desmotivación para adquirir vehículos eléctricos debido a la percepción de una infraestructura de carga

ineficaz, hasta el aumento de la huella ambiental debido al uso continuo de vehículos a combustión interna.

3.1. Contexto general

La situación problemática que origina esta investigación se enmarca en el contexto laboral e institucional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), una de las instituciones educativas más prestigiosas y de mayor envergadura en Guatemala. Con más de 15,000 estudiantes, la Facultad de Ingeniería de la USAC es un espacio académico clave en la formación de profesionales en diversas disciplinas de la ingeniería.

3.2. Descripción del problema

El problema radica en la insuficiencia y la ineficiencia de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos (VEs) en el parqueo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Actualmente, la oferta de estaciones de carga para VEs es limitada y no está optimizada para la cantidad de vehículos eléctricos que requieren recarga en la facultad. Esta situación plantea un obstáculo importante para la adopción masiva de vehículos eléctricos dentro de la comunidad universitaria.

Situación práctica real del campo profesional que requiere resolverse, en términos de lo que se requiere. Describir en forma clara y precisa, por medio de cuantificaciones, incluir posibles causas y consecuencias identificadas mediante la herramienta del árbol del problema.

3.3. Formulación del problema

Ante la insuficiencia y la ineficiencia de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos (VEs) en el parqueo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), es imperativo plantear la siguiente problemática central:

3.3.1. Pregunta central

¿Cómo diseñar e implementar una estación de carga para vehículos eléctricos en el parqueo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, incorporando un sistema de energía fotovoltaica aislado de la red nacional, para fomentar la adopción de vehículos eléctricos y promover la sostenibilidad en la movilidad universitaria?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son las características clave de una estación de carga eficiente para vehículos eléctricos que estimule la adopción masiva de esta tecnología?
- ¿Cuál es la viabilidad técnica y económica de integrar un sistema de energía fotovoltaica para abastecer la estación de carga de manera sostenible?
- ¿Qué estrategias de diseño y ubicación son más adecuadas para garantizar un acceso óptimo a la estación de carga y fomentar su uso?

- ¿Cómo se pueden incentivar y educar a la comunidad universitaria sobre los beneficios de la movilidad eléctrica y su papel en la preservación del medio ambiente?

3.4. Delimitación del problema

Para abordar de manera precisa y enfocada la problemática planteada, es crucial definir las limitaciones y condiciones bajo las cuales se desarrollará esta investigación. Estas delimitaciones se refieren a aspectos temporales, disciplinares, geográficos y otros que acotarán el alcance del estudio.

3.4.1. Delimitaciones temporales

El estudio se enfoca en las condiciones y tecnologías disponibles hasta la fecha de inicio de la investigación, en septiembre de 2023. Esto implica que las soluciones propuestas estarán basadas en el estado actual de la tecnología, regulaciones y conocimientos en el campo de los vehículos eléctricos y la energía fotovoltaica.

3.4.2. Delimitaciones disciplinares

La investigación se sitúa en el cruce de disciplinas como ingeniería eléctrica, energías renovables, diseño sostenible y movilidad eléctrica. El análisis y las propuestas se desarrollarán desde esta perspectiva interdisciplinaria para lograr una solución holística y efectiva.

4. JUSTIFICACIÓN

4.1. Línea de investigación de la maestría en energía y ambiente

El presente estudio se enmarca dentro de la línea de investigación de la maestría en Energía y Ambiente, que se enfoca en investigar y desarrollar soluciones innovadoras y sostenibles en el ámbito de la energía, con un fuerte compromiso hacia la preservación del medio ambiente y la mitigación del cambio climático. Esta línea aborda desafíos energéticos y ambientales contemporáneos, promoviendo tecnologías limpias, energías renovables y prácticas sustentables que contribuyan a un futuro más sostenible.

4.2. Importancia y razones para realizar el estudio

La implementación de una estación de carga eléctrica para vehículos alimentada por energía solar en el parqueo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala reviste gran importancia por varias razones:

Promoción de la movilidad sostenible: este estudio aborda la necesidad imperante de promover formas de movilidad más limpias y sostenibles, impulsando la adopción de vehículos eléctricos y la generación de energía a partir de fuentes renovables, reduciendo así la huella de carbono y la contaminación ambiental.

Optimización de recursos energéticos: la utilización de energía solar para cargar vehículos eléctricos representa una optimización de los recursos

energéticos disponibles, maximizando el aprovechamiento de una fuente abundante y limpia en la región.

Investigación interdisciplinaria: este proyecto integra conocimientos de ingeniería eléctrica, energética y ambiental, fomentando la interdisciplinariedad y fortaleciendo la formación de los estudiantes en áreas relevantes para el desarrollo sostenible.

Fomento de tecnologías Innovadoras: la implementación de una estación de carga eléctrica solar representa una tecnología innovadora que puede servir como modelo para futuras implementaciones en otras instituciones y espacios urbanos, impulsando la adopción de energías limpias en Guatemala.

Relevancia institucional y social: la Universidad de San Carlos de Guatemala, como institución educativa líder, puede establecer un precedente en la adopción de prácticas sostenibles y tecnologías limpias, reforzando su compromiso con la responsabilidad social y ambiental.

4.3. Resultados esperados y su Impacto:

Disciplinar: se espera generar conocimiento aplicado y práctico en la integración de sistemas de energía solar para la carga de vehículos eléctricos, fortaleciendo así la disciplina de energía y medio ambiente.

Económico: la reducción de costos operativos asociados al uso de combustibles fósiles y la eficiencia en la gestión de la energía puede generar ahorros significativos tanto a nivel institucional como para los usuarios de vehículos eléctricos.

Social y ambiental: la implementación de la estación de carga eléctrica solar contribuirá a la reducción de emisiones de gases contaminantes, mejorando la calidad del aire y promoviendo un entorno más saludable para la comunidad universitaria y la sociedad en general.

Académico: los resultados de este estudio enriquecerán el currículo académico al introducir conceptos de movilidad eléctrica y energía solar en la formación de los estudiantes, preparándolos para enfrentar desafíos futuros relacionados con la sostenibilidad.

4.4. Beneficiarios de los resultados:

Estudiantes y Academia: los estudiantes se beneficiarán al adquirir conocimientos actualizados en tecnologías limpias y sostenibles, fortaleciendo su formación académica y ampliando sus oportunidades profesionales en el campo de la energía y el medio ambiente.

Comunidad universitaria: profesores, personal administrativo y estudiantes que posean vehículos eléctricos se beneficiarán al tener acceso a una fuente de carga sostenible y económica, fomentando la adopción de vehículos eléctricos y la reducción de la huella de carbono.

Sociedad en general: la sociedad guatemalteca se beneficiará al contar con un ejemplo tangible de integración de tecnologías limpias en un entorno académico, promoviendo la conciencia sobre la movilidad sostenible y la adopción de energías renovables a nivel nacional.

4.5. Pertinencia y relevancia social:

La pertinencia de este trabajo radica en su capacidad para abordar problemáticas contemporáneas en el ámbito de la energía y el medio ambiente, ofreciendo soluciones prácticas y sostenibles. La relevancia social se evidencia en la contribución directa al desarrollo de una sociedad más consciente de su impacto ambiental y comprometida con la transición hacia una matriz energética más limpia y sustentable.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar e implementar una estación de carga eléctrica para vehículos, utilizando un sistema de energía fotovoltaica aislado de la red nacional, en el parqueo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Aprovechando la energía solar disponible en la región.

5.2. Específicos

1. Evaluar la demanda actual y proyectada de carga de vehículos eléctricos en la Facultad de Ingeniería para dimensionar adecuadamente la capacidad de la estación de carga.
2. Determinar la cantidad de energía solar disponible en el parqueo de la Facultad de Ingeniería a lo largo del día y durante diferentes estaciones del año.
3. Calcular la capacidad del sistema fotovoltaico necesario para cubrir la demanda de carga de vehículos eléctricos en el parqueo, optimizando la captación de energía solar.
4. Diseñar una infraestructura funcional y eficiente para la estación de carga eléctrica, integrando el sistema fotovoltaico de manera óptima.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

6.1. Necesidades laborales por cubrir

La implementación de una estación de carga eléctrica con energía solar en el parqueo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala busca cubrir diversas necesidades laborales y prácticas profesionales en el contexto nacional y regional:

Promoción de la movilidad sostenible: la necesidad de fomentar una movilidad más sostenible en Guatemala es fundamental para reducir la huella ambiental y disminuir la dependencia de combustibles fósiles.

Integración de energías renovables: la demanda creciente de energía y la urgencia de mitigar el cambio climático exigen la integración de fuentes de energía renovable en la infraestructura y los procesos cotidianos, incluyendo el transporte.

Formación en tecnologías limpias: la necesidad de capacitar a estudiantes y profesionales en tecnologías limpias, energías renovables y movilidad eléctrica es imperante para impulsar la transición hacia un futuro más sostenible.

6.2. Esquema de solución propuesto

Consiste en el diseño e implementación de una estación de carga eléctrica para vehículos, alimentada por un sistema de energía fotovoltaica aislado de la

red nacional, en el parqueo de la Facultad de Ingeniería. Este esquema se desarrollará considerando los siguientes componentes y su interacción:

- Paneles solares: captan la energía solar disponible en el parqueo y la convierten en energía eléctrica.
- Inversor y sistema de almacenamiento: convierten la energía solar de corriente continua a corriente alterna y almacenan el excedente de energía para su uso posterior, garantizando la disponibilidad de carga incluso en condiciones de poca radiación solar.
- Estación de carga eléctrica: proporciona la infraestructura necesaria para conectar los vehículos eléctricos y cargar sus baterías con la energía generada por el sistema fotovoltaico.
- Gestión y monitoreo inteligente: un sistema de gestión inteligente supervisa la demanda de carga, la disponibilidad de energía solar y controla la distribución óptima de la energía a los vehículos eléctricos.
- Argumentación de la originalidad y pertinencia: este esquema de solución es original y pertinente en el contexto de la práctica profesional de la maestría en Energía y Medio Ambiente, ya que integra de manera innovadora tecnologías limpias y sostenibles para abordar una problemática real y actual: la falta de infraestructura de carga para vehículos eléctricos.
- Originalidad: la integración específica de un sistema de energía fotovoltaica aislado y su aplicación directa en una estación de carga

eléctrica en un entorno universitario representa una propuesta única y original.

Pertinencia y validez técnica: la solución propuesta es altamente pertinente en el marco de la práctica profesional ya que fomenta la adopción de tecnologías limpias, la promoción de la movilidad sostenible y la formación técnica en energía renovable y movilidad eléctrica, aspectos cruciales en la actualidad para abordar los desafíos ambientales y energéticos a nivel nacional y regional. Además, la solución cuenta con una base técnica sólida respaldada por avances en la tecnología solar y sistemas de carga eléctrica eficientes.

6.3. Esquema sintético

- Componente función
 - Paneles solares: captación de energía solar y conversión a energía eléctrica Inversor y sistema de almacenamiento: conversión de corriente continua a alterna y almacenamiento de energía excedente
 - Estación de carga eléctrica: provisión de infraestructura para carga de vehículos eléctricos
 - Gestión y monitoreo inteligente: supervisión y control óptimo de la carga y distribución de energía
 - Este esquema refleja la interacción esencial de los componentes clave que conformarán la solución propuesta para abordar la falta de infraestructura de carga para vehículos eléctricos.

Tabla 1.*Fase 1, Recolección de datos e información*

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Revisión bibliográfica y consulta de expertos	Recopilación de datos a través de la revisión de literatura científica y técnica relacionada con sistemas fotovoltaicos y cargadores eléctricos. Consulta con expertos en energía solar y movilidad eléctrica.	Humano, computadora.	4 meses
Encuestas y observación	Realización de encuestas a usuarios del estacionamiento y observación de patrones de uso para evaluar la demanda.		
Monitoreo de radiación solar	Consultar el Mapa de potencial solar en Guatemala proporcionado por el MEM, para ver la disponibilidad de energía solar en la ubicación del proyecto.		
Análisis de datos históricos	Recopilación y análisis de datos históricos de consumo eléctrico en el área del proyecto.		
Estudio de casos	Investigación de proyectos similares a nivel internacional, con énfasis en su diseño, implementación y resultados.		

Nota: Tabla1, Recolección de datos e información. Elaboración propia, realizado con Word.

Tabla 2.

Fase 2, Análisis de la información

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Evaluación técnica y económica	Utilización de evaluación técnica y económica para determinar la viabilidad de la implementación del sistema fotovoltaico.	Humano, computadora	3 meses
Análisis legal y regulatorio	Revisión de regulaciones locales y legislación vigente relacionada con la generación fotovoltaica y la infraestructura y la estructura de carga para vehículos eléctricos.		
Evaluación de impacto ambiental y social	Aplicación de métodos de evaluación de impacto ambiental y social para identificar posibles impactos y desarrollar medidas de mitigación.		
Evaluación legal y regulatoria	Análisis de las implicaciones legales y regulatorias del proyecto y obtención de permisos y licencias.		

Nota: Tabla 2, Análisis de la información. Elaboración propia, realizado con Word.

Tabla 3.

Fase 3, Rediseño del proceso

Actividad	Metodología	Recursos	Tiempo
Diseño técnico	Uso de software (AUTOCAD) y herramientas de simulación para el diseño detallado de la estación de carga eléctrica.	Humano, computadora.	4 meses
Documentación técnica	Elaboración de planos detallados y documentación técnica necesaria para obtención de permisos y licencias.		
Divulgación y concientización	Desarrollo de estrategias de divulgación y concientización utilizando medios de comunicación y eventos.		

Nota: Tabla 3, Rediseño del proceso. Elaboración propia, realizado con Word.

7. MARCO TEÓRICO

El marco teórico actual constituye la base de este estudio, proporcionando una estructura e información detallada para una mejor comprensión de la intersección de la electromovilidad y la integración de los sistemas fotovoltaicos en el precio de las estaciones de carga. En un contexto global donde la transición a diferentes modos de transporte es importante, este estudio examina el desarrollo histórico de la electromovilidad y muestra su desarrollo. En respuesta, estamos investigando cómo la integración de la infraestructura fotovoltaica y de carga aumentará la seguridad y la eficiencia de estos sistemas. Este marco teórico, que abarca desde las ventajas y desventajas de los vehículos eléctricos hasta los conceptos básicos de la energía fotovoltaica, tiene como objetivo proporcionar una base sólida que facilitará la planificación para lograr el éxito de manera efectiva y consistente. Al presentar los conceptos clave de los vehículos eléctricos y la energía fotovoltaica, esta investigación tiene como objetivo comprender mejor cómo se pueden optimizar estas tecnologías integradas para conducir a un futuro mejor en la movilidad eléctrica.

7.1. Movilidad eléctrica y vehículos eléctricos (Ves)

Los vehículos eléctricos son una respuesta estratégica y sostenible a los desafíos medioambientales y energéticos del siglo XXI. El desarrollo de los vehículos eléctricos ha estado marcado por avances tecnológicos y cambios paulatinos en la conciencia medioambiental desde su aparición en el siglo XIX hasta la actualidad. (Smith, 2018).

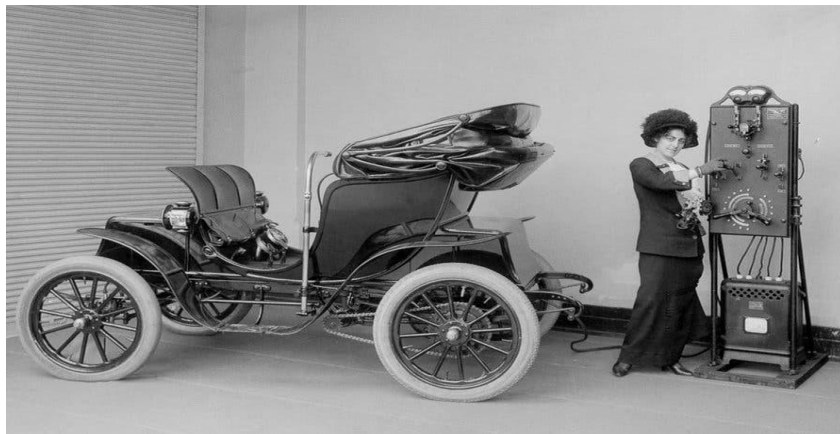
7.1.1. Evolución de la movilidad eléctrica

La historia del avance de los vehículos eléctricos cambia constantemente con los avances en la tecnología y las necesidades ambientales. Desde las primeras pruebas del automóvil eléctrico en el siglo XIX hasta el renacimiento actual, analizamos el camino no solo hacia el desarrollo de automóviles eficientes, sino también para cambiar la percepción de la sociedad sobre la eficiencia del transporte (Jones, 2020).

La revolución industrial marcó el hito del primer automóvil eléctrico, pero las limitaciones tecnológicas impidieron su adopción masiva. Sin embargo, la recuperación actual se caracteriza por avances significativos en la tecnología de baterías, reducciones de costos y conciencia ambiental, lo que lleva a que los automóviles funcionen con electricidad como alternativa (Smith, 2018).

Figura 1.

Primeros automóviles eléctricos.



Nota. La historia del coche eléctrico arranca a principios del siglo XX, aunque fue en la década de los 70, con la crisis del petróleo cuando arranca la segunda vida de esta tecnología. Obtenido de GoTechies.net (2021). *History of Electric Cars from its advent in the 1800s to its domination in the late 21st Century.* (<https://gotechies.net/history-of-electric-cars-from-the-advent-in-1800s-to-domination-in-late-21st-century/>), consultado 18 de febrero de 2024. De dominio público.

7.1.2. Ventajas y desventajas de los VEs

La adopción generalizada de vehículos eléctricos (EV) ha cosechado beneficios ambientales y económicos, pero aún quedan desafíos importantes. Es importante realizar un análisis detallado de factores como la autorregulación, los pagos de servicios públicos y los costos operativos para comprender su impacto en la eficiencia de los viajes (Brown y Miller, 2019)

- Desafíos de los vehículos eléctricos:
 - Costo de adquisición: aunque los vehículos eléctricos tienen ventajas medioambientales, su precio inicial suele ser más elevado que el de los vehículos de combustión interna.
 - Autonomía limitada: a pesar de los avances en tecnología de baterías, la autonomía de los vehículos eléctricos sigue siendo un desafío. Los conductores deben planificar cuidadosamente sus rutas y puntos de carga. (Brown y Miller, 2019)

7.1.2.1. Autonomía y tecnología de baterías

Los avances en la tecnología de baterías juegan un papel importante en la autonomía de Ves. La densidad energética y las condiciones críticas son mejoras importantes que afectan directamente la aceptación y operación de los vehículos (García 2021).

El desarrollo de baterías eficientes y de mayor capacidad ha ampliado la libertad de los vehículos eléctricos, superando problemas que antes

limitaban sus beneficios. La investigación continua sobre materiales y diseño tiene como objetivo mejorar esta tecnología, allanando el camino hacia vehículos eléctricos más prácticos y ampliamente utilizados (García, 2021, p 33)

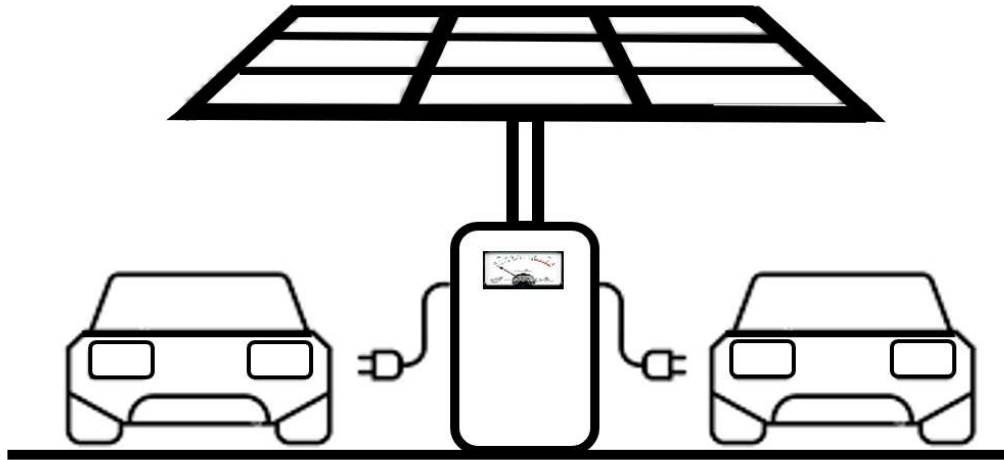
7.1.2.2. Infraestructura de carga para Ves

Es importante examinar exhaustivamente los sistemas de pago existentes y las tendencias emergentes para identificar desafíos y oportunidades para un uso eficaz de los sistemas de pago (Johnson y Smith, 2022).

Establecer redes de carga rápidas y sencillas es de gran importancia para la adopción masiva de vehículos eléctricos. Gracias a la planificación estratégica y las asociaciones público-privadas, desafíos como la falta de marcos regulatorios y la necesidad de una infraestructura sólida formaron la base para facilitar el uso de la electricidad (Johnson y Smith, 2022, p 23)

Figura 2.

Estación de carga para vehículos eléctricos



Nota. Estación de carga para vehículos eléctricos. Elaboración propia, realizado con Word.

7.1.2.3. Costos operativos y beneficios

Comparar los costos operativos de los vehículos eléctricos y los híbridos proporciona importantes consideraciones económicas con respecto al uso de vehículos eléctricos a gran escala (Clark, 2018).

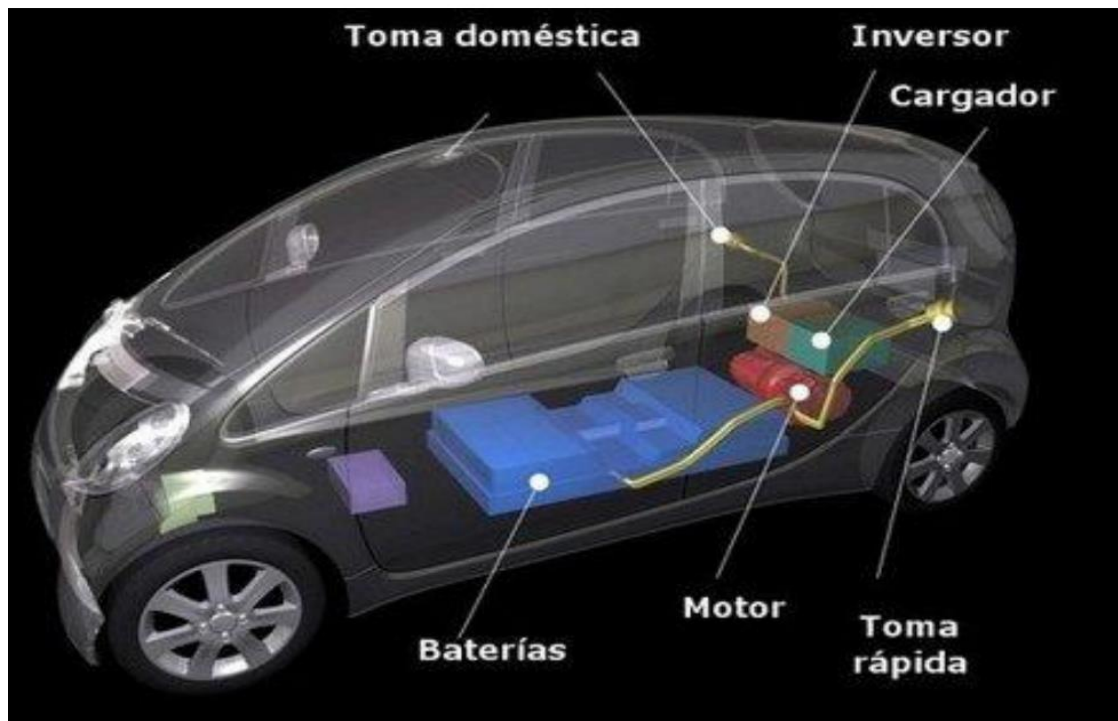
Aunque el precio inicial de los coches eléctricos es generalmente más alto, los costos operativos son más bajos y los incentivos del gobierno también compensan. Un análisis detallado de estos factores puede ayudar a comprender la estructura económica y competitiva a largo plazo de los vehículos eléctricos en la industria automotriz.

7.1.2.4. Aceptación del consumidor

La apreciación del interesado tiene relación en la adopción de Ves. Explorar estudios sobre la aceptación del consumidor y las barreras psicológicas suministra información valiosa para estrategias de fomento (Wang & Zhang, 2020).

Figura 3.

Partes del vehículo eléctrico



Nota. Ejemplo de vehículo eléctrico. Obtenido de D. Murias (2020). *Anatomía de un coche eléctrico: su sencilla mecánica, al desnudo.* (<https://www.motorpasion.com/coches-electricos/anatomia-coche-electrico-su-sencilla-mecanica-al-desnudo>), consultado 18 de febrero de 2024. De dominio público.

7.1.2.5. Políticas y regulaciones

Revisar las leyes y regulaciones relativas a los vehículos eléctricos es importante para comprender los procesos regulatorios que afectan su desarrollo y adopción (Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras, 2021).

Las políticas gubernamentales desempeñan un papel importante en la promoción de la electricidad. Los incentivos fiscales, las restricciones a la publicidad y los apoyos a la investigación y el desarrollo son factores importantes que determinan el éxito y la velocidad del uso de vehículos eléctricos en el país.

7.1.2.6. Ley de Incentivos

En el ámbito de la movilidad eléctrica, las políticas y regulaciones desempeñan un papel crucial en la promoción y adopción de vehículos eléctricos (VEs). Un ejemplo destacado en Guatemala es el Decreto 40 – 2022, promulgado el 29 de agosto de 2022, y la Ley de incentivos para Movilidad Eléctrica, publicada por el Diario de Centro América.

El Decreto 40 – 2022 establece una serie de medidas para incentivar la movilidad eléctrica, con énfasis en la importación de equipos para cargar vehículos eléctricos. Según este decreto, se otorgan incentivos fiscales, incluyendo la exención del impuesto al valor agregado (IVA), con una tasa del 100 % durante los primeros cinco años. Esta medida busca fomentar la adopción de tecnologías amigables con el medio ambiente y promover el uso de vehículos eléctricos como una alternativa sostenible en el país (Diario de Centroamérica, 2022).

7.1.3. Movilidad eléctrica en el contexto nacional

El poder de la movilidad eléctrica se está aprovechando a nivel mundial, pero su uso y transformación ahora tiene matices especiales en países como Guatemala. A nivel internacional, organismos como la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2023) han descrito la situación global en la transición hacia los vehículos eléctricos e identificado casos de éxito y desafíos que enfrentan los países. En el caso de Guatemala, la Secretaría de Planeación y Planificación Presidencial (SEGEPLAN, 2022) ofrece una visión específica para la adopción de vehículos eléctricos (VE).

Este enfoque permite no sólo mostrar los éxitos y desafíos del mundo, sino también comprender y responder a la transición de Guatemala. Si bien las historias de éxito brindan lecciones importantes que pueden incorporarse a las estrategias locales, los desafíos regionales también pueden usarse como puntos de referencia para resaltar aspectos específicos del movimiento de vehículos eléctricos en Guatemala.

7.1.4. Impacto Ambiental

La sostenibilidad ambiental es un aspecto importante de los vehículos eléctricos y se está estudiando en detalle mediante la evaluación ambiental de los vehículos eléctricos (EV). El análisis proporciona información sobre los beneficios de sostenibilidad ambiental de los vehículos eléctricos desde la producción hasta el final de su vida útil. Un estudio realizado por Hawkins et al. (2017) presentan un modelo integrado que tiene en cuenta las emisiones de carbono, los recursos utilizados en la producción de vehículos y la disposición final.

7.1.5. Perspectivas futuras de la movilidad eléctrica

Explorar el futuro de los vehículos eléctricos es más que predecir tendencias; Involúcrate en investigaciones y predicciones que revelen nuevas perspectivas. La asociación entre Smith & Johnson (2023) muestra desarrollos futuros que incluyen productos como innovaciones tecnológicas, la proliferación de pagos electrónicos y el cambio de políticas gubernamentales. Anticipar desafíos potenciales, como la gestión de las necesidades energéticas y la integración de tecnologías disruptivas, le permite prepararse para el cambio.

Comprender estas expectativas futuras no solo guía las decisiones de inversión, sino que también proporciona un marco estratégico para el desarrollo continuo del sector de los vehículos eléctricos.

7.1.6. Desarrollos recientes en vehículos eléctricos

El rápido crecimiento en el diseño, el rendimiento y el rendimiento de los vehículos eléctricos (EV) refleja los avances recientes en los vehículos eléctricos. Una revisión de la investigación realizada (Chen, 2021) permite capturar el estado del arte y abordar avances en la integración de tecnologías como el rendimiento energético, la autonomía y la conducción.

El análisis en profundidad de las últimas innovaciones proporciona información importante sobre hacia dónde se dirige la industria, mostrando no solo las innovaciones actuales sino también el impacto que puede afectar el crecimiento de los vehículos eléctricos.

7.1.7. Educación y concientización Sobre vehículos eléctricos

El capítulo dedicado al análisis de los estudios y estrategias de información sobre vehículos eléctricos (EV) se basa en la aceptación y el éxito, la comprensión y el apoyo público de esta nueva tecnología. Los programas educativos bien diseñados pueden desempeñar un papel importante a la hora de mejorar la experiencia y disipar mitos sobre el aprendizaje virtual (Education Research Foundation, 2020). Estudios relacionados señalan que la falta de información precisa y los malentendidos sobre la tecnología son obstáculos importantes para la adopción masiva (Smith y Johnson, 2023).

7.2. Energía fotovoltaica y sistemas de carga

La integración de sistemas fotovoltaicos en estaciones de carga de vehículos eléctricos (EV) representa la integración de los vehículos eléctricos y la producción de energía sostenible. La revisión se divide en subsecciones que analizan los puntos principales del uso efectivo de esta integración tecnológica.

7.2.1. Fundamentos de la energía fotovoltaica

En esta sección, se abordan los principios esenciales de la generación de energía a partir de la radiación solar, explorando conceptos cruciales como la eficiencia de conversión y los tipos de celdas solares. La comprensión detallada de estos fundamentos es esencial para fundamentar la implementación efectiva de sistemas fotovoltaicos en estaciones de carga eléctrica. La consulta de fuentes confiables, como manuales especializados (Smith & Brown, 2019), proporciona una base sólida para la discusión de los aspectos teóricos asociados con la generación de energía solar.

Energía fotovoltaica: La energía fotovoltaica se obtiene como resultado de la conversión de la energía procedente del sol en electricidad gracias al efecto fotoeléctrico que se produce mediante el tratamiento químico al que se somete el silicón que compone las células solares, siendo esta una energía 100 % renovable. La tecnología fotovoltaica convierte la luz del sol en energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos y esta energía puede utilizarse para consumo eléctrico directo o para almacenarse en baterías (Alonso, 2024).

Figura 4.

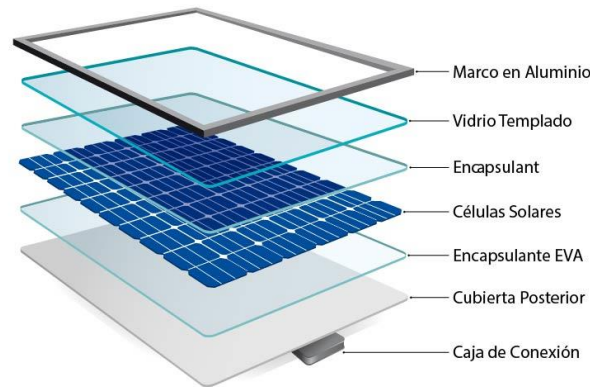
Energía fotovoltaica



Nota. Energía solar fotovoltaica. Obtenido de Alquimodul (s.f.). *Energía Solar Fotovoltaica ahora disponible en Perú.* (<https://www.alquimodul-peru.com/noticias/energia-solar-fotovoltaica-ahora-disponible-en-peru/>), consultado 22 de febrero de 2024. De dominio público.

Figura 5.

Partes que componen un panel solar



Nota. Estructura del panel. Obtenido de INELDEC (s.f.). *¿De qué están hechos los paneles solares?* (<https://ineldec.com/de-que-estan-hechos-los-paneles-solares-fotovoltaicos/>),

Consultado 22 de febrero de 2024. De dominio público.

7.2.2. Diseño de sistemas fotovoltaicos

Análisis del diseño de sistemas fotovoltaicos, incluyendo métodos y mejores prácticas que proporcionen una base sólida para el uso de estaciones de carga. Una revisión bibliográfica reciente (Johnson et al., 2022) proporciona información sobre la optimización de los paneles solares, la selección de materiales y la planificación energética.

7.2.3. Almacenamiento de energía en sistemas fotovoltaicos

La investigación sobre tecnologías de almacenamiento de energía, como baterías y sistemas eléctricos híbridos, es el foco de este segmento. Una revisión de investigaciones recientes (García y Martínez, 2021) proporciona una comprensión detallada de cómo estas tecnologías pueden contribuir a la gestión

de la energía producida por la tecnología fotovoltaica para asegurar el suministro eléctrico continuo en diferentes condiciones.

7.2.4. Integración de sistemas fotovoltaicos en estaciones de carga

El análisis de proyectos anteriores que integran sistemas fotovoltaicos en estaciones de carga ofrece una perspectiva práctica. Estudios de casos (Brown et al., 2020) destacan experiencias exitosas y proporcionan lecciones valiosas que pueden orientar la implementación efectiva en el contexto específico de la estación de carga propuesta.

7.2.5. Normativas y estándares en energía fotovoltaica

La revisión de normativas y estándares locales e internacionales aplicables a sistemas fotovoltaicos es imperativa para garantizar la conformidad y la seguridad en la implementación. La APA subraya la importancia de citar normativas específicas (International Electrotechnical Commission, 2019) para respaldar afirmaciones sobre el cumplimiento de estándares en la integración de sistemas fotovoltaicos.

7.2.6. Innovaciones tecnológicas en energía fotovoltaica

La exploración de innovaciones en tecnología fotovoltaica, como nuevas tecnologías de celdas solares y mejoras en la eficiencia, se basa en investigaciones de vanguardia (Lee & Kim, 2021). Este enfoque refuerza la propuesta de solución al ofrecer información clave para el diseño de sistemas fotovoltaicos avanzados, alineándose con las últimas tendencias y avances tecnológicos.

7.3. Sistemas de generación fotovoltaicos

En esta sección, se describe de manera general el concepto de un sistema de generación fotovoltaico componentes y se abordan las diferentes clasificaciones que han surgido a partir de su implementación de estos.

7.3.1. Descripción de los sistemas fotovoltaicos de generación

Estos sistemas son sistemas que convierten la energía solar en energía eléctrica a partir de células fotovoltaicas que conectan materiales semiconductores y eventos físicos (Sánchez, 2021). Los sistemas fotovoltaicos generalmente constan de: paneles solares fotovoltaicos, inversores, baterías, conductores y protecciones. Los sistemas fotovoltaicos se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde pequeñas luces hasta grandes paneles solares que alimentan la red nacional. Todos estos sistemas son una alternativa sostenible al uso de fuentes de energía no renovables como los combustibles fósiles.

7.3.2. Clasificación de los sistemas fotovoltaicos de generación

Según Cruz (2021) “La principal forma de clasificar los diferentes productos electrónicos se basa en su finalidad, ya sea para uso personal o producción para la venta” (p. 44). La correcta identificación y selección del sistema ayudará a satisfacer las necesidades energéticas del usuario según el espacio y presupuesto disponible.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS E HIPÓTESIS (CUANDO PROCEDA)

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Teorías Relevantes

1.1.1. Teoría de la Energía Renovable

1.1.2. Teoría de la Movilidad Sostenible

1.1.3. Teoría del Diseño de Infraestructura Urbana

1.1.4. Teoría de la Ingeniería Eléctrica

1.2. Modelos Conceptuales

1.2.1. Modelo de Integración Energética

1.2.2. Modelo de Sostenibilidad Urbana

1.2.3. Modelo de Infraestructura Verde

1.2.4. Modelo de Adopción

1.3. Enfoques Metodológicos

1.3.1. Enfoque Experimental

1.3.2. Enfoque Cuantitativo

1.3.3. Enfoque Cualitativo

1.3.4. Enfoque de Diseño Participativo

1.4. Perspectivas Emergentes

1.4.1. Integración con la Red Inteligente (Smart Grid)

1.4.2. Almacenamiento de Energía Avanzado

1.4.3. Enfoque en la Movilidad Sostenible

1.4.4. Impacto Social y Económico

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Subcapítulo de primera categoría.

2.1.1. Subcapítulo de segunda categoría.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

El presente proyecto tiene un enfoque mixto, en base al análisis de resultados, el alcance metodológico descriptivo y tiene un diseño no experimental dado que no se realizan prueba y/o ensayos de laboratorio.

9.1. Características del estudio

La siguiente investigación es mixta, ya que, a partir de la recolección de información, relación de variables, obtención y análisis de resultados podemos obtener un panorama de cómo se encuentra nuestro país en el ámbito ambiental y energético. Es del tipo cuantitativo y cualitativo en el cual se pretende describir los posibles impactos al medio ambiente derivados del uso de vehículos eléctricos, usando como fuente paneles fotovoltaico.

El alcance metodológico es descriptivo, porque se cuenta con la información necesaria para el diseño y dimensionado de una instalación fotovoltaica autónoma, es objeto el dimensionado del sistema de recarga de vehículos eléctricos, así como el sistema de suportación para los módulos fotovoltaicos

Para esta investigación el diseño es no experimental, ya que durante su desarrollo no se harán pruebas de laboratorio, se realizarán análisis de la información obtenida con herramientas para medición de variables.

9.2. Unidades de análisis

La unidad de estudio será el parque de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos. El objeto del presente proyecto es el diseño y dimensionado de una instalación fotovoltaica autónoma para la recarga de vehículos eléctricos.

9.3. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación.

Tabla 4.

Variables en estudio

Variable	Definición teórica	Definición operativa	Metas
Demanda eléctrica	Es la cantidad de potencia que un consumidor utiliza en cualquier momento (variable en el tiempo)	Se obtendrá de la información pública de la CNEE y el AMM	Reducir la demanda eléctrica en un 10 % durante los períodos pico mediante la implementación de medidas de eficiencia energética.
Generación de energía eléctrica	Transformación de alguna clase de energía en electricidad	Mide la energía que el proyecto genera en MWh.	Aumentar la generación de energía eléctrica en un 100 % para satisfacer la demanda prevista.

Continuación de la tabla 4.

Vehículo eléctrico	Un vehículo eléctrico es aquel que utiliza la energía química guardada en una o varias baterías recargables. Usa motores eléctricos que se pueden enchufar a la red para recargar las baterías mientras está aparcado, siempre que la infraestructura eléctrica lo permita	Se obtendrá del registro público de la SAT	Aumentar la penetración de vehículos eléctricos en la flota vehicular en un 20 % en los próximos años.
Potencia eléctrica del vehículo eléctrico	La potencia se define como la energía o trabajo consumido o producido en un determinado tiempo. La unidad de medida de potencia es el vatio (W). Su definición está relacionada con la tensión aplicada y la intensidad de corriente que circula por un circuito	Estimación de consumo eléctrico	Mejorar la eficiencia energética de los vehículos eléctricos para alcanzar una autonomía mayor a 300 kilómetros por carga.
Eficiencia	Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado; Capacidad de lograr los resultados deseados con el mínimo posible de recursos	Se tomará de los vehículos eléctricos que se tomen de referencia	Incrementar la eficiencia energética en un 15 % mediante la implementación de tecnologías más avanzadas.

Nota: Variables de estudio, definición teórica, definición operativa y metas. Elaboración propia, realizado con Word.

9.4. Fases de estudio

Se describe las fases de estudio, para el diseño de investigación.

- **Fase 1: Revisión de literatura**

Se realizará la recopilación de literatura que se utilizará para fundamentar el trabajo de investigación, se hará la recolección de la información relacionada con los automóviles eléctricos, tomando en cuenta la energía necesaria para su funcionamiento, así como la manera de abastecerse, y las tendencias mundiales respecto al uso de estos. Se recolectará la información sobre la forma en que se abastece la demanda, tomando en cuenta la capacidad instalada y las transacciones que se hacen para abastecer el sistema nacional interconectado. De la base de datos de la Superintendencia de Administración Tributaria se tomará la información correspondiente al parque vehicular actual, con información de la Municipalidad de Guatemala se obtendrán datos sobre el transporte público de la ciudad de Guatemala.

- **Fase 2: Gestión o recolección de la información**

Basado en la capacidad actual de la red de distribución de la ciudad de Guatemala, tomando en cuenta los centros de transformación instalados, y la capacidad de los mismos, se evaluará los escenarios de recarga de los automóviles eléctricos mostrados en la sección de resultados, se toma en cuenta la potencia necesaria y el tiempo que lleva realizar una recarga, con la premisa del 25 % del total de vehículos sean eléctricos, con lo cual se determinará en qué medida se ve afectado el sistema de la red de distribución por los automóviles eléctricos.

- Fase 3: Análisis de información

Estimación del número de estaciones de recarga según el número de vehículos híbridos o eléctricos, así como potencia y consumo en base al tiempo de recarga de cada estación.

Estudio de la radiación solar en el emplazamiento por el que se calcula el ángulo de inclinación óptimo de los módulos fotovoltaicos y se realiza una estimación del consumo en base al número de estaciones de recarga que se instalarán.

Dimensionado de la instalación del generador fotovoltaico, baterías, reguladores e inversores necesarios para llevar a cabo la recarga de vehículos eléctricos dependiendo de la estación de recarga.

- Fase 4: Interpretación de información

Del análisis de información se obtendrá, las dimensiones de áreas necesarias para obtener los radios de giro de los vehículos y acceso al cargador de manera segura, las medidas de seguridad industrial y ambiental que son utilizadas en los planes de movilidad ya implementados, los elementos de seguridad eléctrica para la maniobrabilidad de equipo por parte del usuario, así como del equipo que garantice una óptima interfase cargador-vehículo, identificación de requisitos para la conexión al sistema de distribución de energía eléctrica, así mismo los valores nominales de potencia, voltaje y corriente de configuraciones de estaciones de recarga de vehículos eléctricos.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Las variables que se utilizaran en el estudio son Demanda eléctrica, Generación de energía eléctrica, Potencia eléctrica del vehículo eléctrico Eficiencia para lo cual se usara la estadística descriptiva, utilizando las siguientes medidas.

- Media Aritmética: se encuentra sumando todos los valores de la variable y se divide entre el número de estos valores, es decir el tamaño de la serie.” Por lo que la media aritmética, es el promedio de los valores de una variable cuantitativa.

Fórmula para series simples

$$x = \frac{\sum X}{n}$$

Donde

x = Media aritmética de la serie estadística

X = Valor individual de cada elemento de la serie estadística

n = Número de elementos de la serie estadística

Σ = Letra griega que significa sumatoria de los elementos

- Mediana valor que divide en dos partes iguales, la serie de datos estadísticos ordenados.” Luego del ordenamiento de los datos en forma ascendente, es el valor que se sitúa a la mitad de la distribución.
Procedimiento para series simples

- Ordenar los datos
- Determinar las posiciones a partir de cualquier extremo
- Contar sobre los datos ordenados, localizando el dato que está en la *enésima* posición.

Fórmula para la posición de la mediana

$$m_d = \frac{n+1}{2}$$

Donde

m_d = Mediana

n = Número de observaciones de la serie estadística

1 = Valor constante de la fórmula

2 = Es la mitad de la serie estadística

- Medidas de Dispersión “Valores numéricos que indican la variación existente en la serie de datos.” Existe relación con la media aritmética ya que poseen propiedades algebraicas, que les permiten intervenir en relaciones matemáticas, las que son fundamentales en los análisis estadísticos, las cuales son: Rango o amplitud, Varianza, Desviación Estándar, Coeficiente de Variación y Coeficiente de Sesgo.
 - Varianza Promedio al cuadrado de las variaciones de los valores de los datos, respecto a la media.” Esta medida indica la dispersión existente de los datos alrededor de la media.

Fórmula para series simples

$$S^2 = \frac{\sum X - X^2}{n - 1}$$

Donde

$$S^2 = \text{Varianza}$$

X = Valor individual de cada elemento de la serie estadística

X = Media aritmética de la serie estadística

n = número de elementos de la serie estadística

- Desviación Estándar Variación existente entre los valores de los datos, sobre y bajo la media aritmética. Se obtiene al elevar al cuadrado el valor simple de la desviación estándar.” De igual forma, mide la dispersión de los datos alrededor de su media y el resultado regresa a la unidad de medida original.

Fórmula para series simples

$$S = \frac{\sqrt{\sum (X - X)^2}}{n - 1}$$

Donde

$$S = \text{Desviación estándar}$$

X = Valor individual de cada elemento de la serie estadística

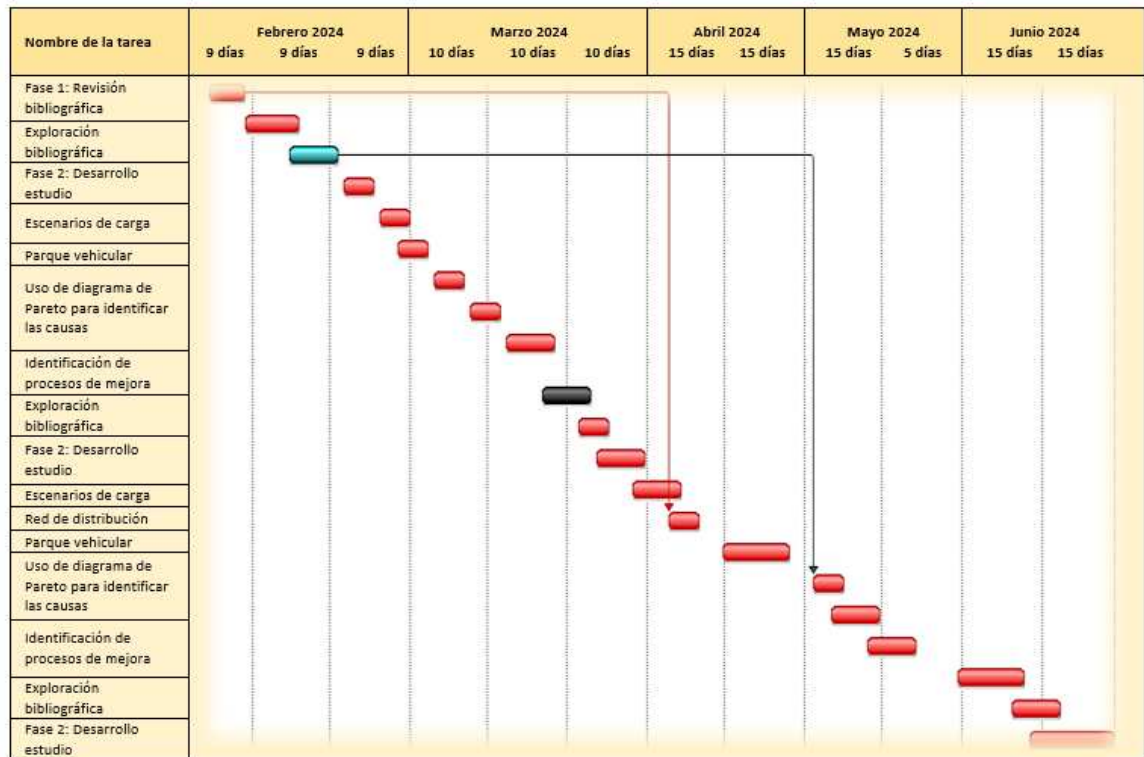
X = Media aritmética de la serie estadística

n = Número de elementos de la serie estadística

11. CRONOGRAMA

Figura 6.

Cronograma



Nota. Cronograma de trabajo, elaboración propia, realizado con Microsoft Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para llevar a cabo esta investigación, es necesario contar con los recursos económicos adecuados para alcanzar los objetivos y metas establecidas. En este sentido, se prevé la utilización de recursos financieros disponibles por parte del estudiante investigador de maestría. Los gastos asociados incluyen el tiempo de estudio, el costo del desarrollo del proyecto y la remuneración del personal involucrado durante la ejecución de la investigación.

A continuación, en la Tabla 5 se presenta un detalle de los gastos que se proyectan para la realización del estudio.

Tabla 5.

Gastos del estudio

Rubro	Costo
Equipo y material	Q 3 000.00
Otros (papel, impresiones, material, varios)	Q 300.00
Asesor	Q2500.00
TOTAL	Q. 5800.00

Nota. Propuesta de gastos del estudio. Elaboración propia, realizado con Word.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio.

REFERENCIAS

- Andritz, J. (2012). *Manual de operación y mantenimiento para turbina Pelton en Hidroeléctrica El Recreo*. Prentice Hall.
- Administrador del Mercado Mayorista. (2020). *Informe estadístico del administrador del mercado mayorista*. Auto.
- Delfino, D. (10 de junio, 2021). *Electromovilidad-en-latinoamerica-barreras-legales-y-faltade-infraestructura*. Diario Responsable.
<https://diarioresponsable.com/opinion/31317-electromovilidad-en-latinoamerica-barreras-legales-y-faltade-infraestructura>
- Dirección General de la Policía Nacional Civil. (2020). *Glosario de tipología vehicular*. Guatemala: Departamento de Tránsito. Electromovilidad.
https://transito.gob.gt/wp-content/uploads/2021/01/GLOSARIO-DE-TIPOLOGIA-VEHICULAR-3ra-edici%C3%B3n_compressed-1.pdf
- Gómez, J., Hernán, C., Kaul, V. e Isla, L. (2016). *La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina*. BID.
- Ingenieros Top. (25 de mayo, 2019). ¿Qué es un vehículo eléctrico y cómo funciona? I.T. [https://ingenierostop.com/articulos/14- %C2 %BFQue-es-un-vehiculo-electrico-y-como-functiona](https://ingenierostop.com/articulos/14-%C2%BFQue-es-un-vehiculo-electrico-y-como-functiona)

Isla, L., Singla, M. y Rodríguez, M. (2019). *Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Juárez, M., Castellanos, J. y Fuentes, G. (2019). *Emisiones históricas de gases de efecto invernadero y sus tendencias*. Editorial Universitaria UVG.

Marcos, K. (2021). *Comprobación de supuestos para validar un modelo de regresión lineal para las variables emisión de CO₂ y parque vehicular carretera de la República de Guatemala*. [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/19167/1/Kenny%20Edsson%20Marcos%20Calmo.pdf>

Maza, J. y Gómez, A. (2019). *Sistema de recarga de vehículos eléctricos*. Editorial Universitaria de Sevilla.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Segunda comunicación nacional sobre cambio climático*. MARN

Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. (2017). *Guía técnica de aplicación de la ITC-BT 52*. LugEnergy.

Ministerio de Energía de Chile. (s.f.). *Plataforma de Electromovilidad*. Infografías. <https://energia.gob.cl/electromovilidad/infografias?info=7>.

Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Balance Energético 2019*. MEM.

Ministerio de Energía y Minas. (2021). *Composición porcentual de la matriz energética de Guatemala. Informe General 2020*, 10. MEM.

Ministerio de Energía y Minas. (2019). *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Sector Energético Nacional. Política Energética 2019- 2050*. MEM.

Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Informe balance energético 2016*. MEM.

Ministerio de Energía y Minas. (6 de abril, 2021). *MEM impulsa plan de movilidad eléctrica en el desarrollo del país*. MEM. <https://mem.gob.gt/blog/mem-impulsa-plan-de-electromovilidad-para-el-desarrollo-del-pais/>

Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2017-2032*. MEM.

Organización de las Naciones Unidas. (2019). *Estado de la Movilidad Eléctrica en América Latina y el Caribe 2019*. ONU.

Race. (27 de marzo, 2019). *Cómo son las baterías de los coches*. RA. <https://www.race.es/como-son-baterias-coches-electricos>

Ruiz, F., Martínez, E., Pérez, I., Calvo, C. y Bayo, E. (2021). *Estudio sobre el despliegue de la infraestructura de carga de vehículo eléctrico en España*. Transport & Environment.

Schneider Electric. (30 de septiembre, 2021). *¿Qué protecciones deben instalarse para la recarga del vehículo eléctrico (VE) y dónde?* SE. <https://www.se.com/es/es/faqs/FA403691/>.

The Wall Box store. (s.f.). *Tienda especializada cargadores y conectores de vehículos eléctricos*. Wallbox. https://www.wallbox.com/es_es/

Verdugo, M. (2020). *Dimensionamiento de una micro-red tipo estación de recarga para vehículos eléctricos conectados al sistema eléctrico*. [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador]. Archivo digital. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18953>

Waldron, C., Jochen, H., Oswaldo, L., Scott, M., Sharon, S., Fabian, W., y Michael, W. (2006). *Combustión móvil. Francia: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios*. Manmohan Kapshe (India).

APÉNDICES

Apéndice 1.

Árbol de problemas



Nota. Diagrama de árbol de problemas. Elaboración propia, realizado con Word.