



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

ESCOM

Trabajo Terminal

**“Desarrollo de red de comunicación para estación de carga
orientado a vehículos eléctricos”**

2024-B068

Presentan

Marco de Jesús Maldonado Flores

Román Jared Méndez Barrera

Noé Urbina Villa

Directores

*M. en C. Alberto Jesús
Alcántara Méndez*

*M. en C. Raúl Santillán
Luna*





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

No de TT: 2024-B068

17 de diciembre de 2024

Documento Técnico

“Desarrollo de red de comunicación para estación de carga orientado a vehículos eléctricos”

Presentan

Marco de Jesús Maldonado Flores

Román Jared Méndez Barrera

Noé Urbina Villa

Directores

M. en C. Alberto Jesús Alcántara Méndez

M. en C. Raúl Santillán Luna

RESUMEN

El presente trabajo terminal tiene como objetivo desarrollar una red de comunicación para estaciones de carga de vehículos eléctricos, utilizando el protocolo MQTT en conjunto con un servicio web diseñado para facilitar el monitoreo y gestión de los registros capturados por los sensores de las estaciones. Esta solución está orientada a permitir la administración de la red sin necesidad de conocimientos avanzados en programación.

A lo largo del documento se aborda de manera integral la problemática, el análisis, diseño, implementación y las pruebas del sistema. Asimismo, se presentan las interfaces del servicio web, desarrollado con el framework Django, para ejemplificar su funcionamiento. El sistema propuesto proporciona a los administradores un control accesible sobre los parámetros de cada estación, permitiendo además la configuración de reglas específicas según los requerimientos de cada una.

Carta Responsiva

Advertencia

" *"Este documento contiene información desarrollada por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, a partir de datos y documentos con derecho de propiedad y por lo tanto, su uso quedará restringido a las aplicaciones que explícitamente se convengan."* "

La aplicación no convenida exime a la escuela su responsabilidad técnica y da lugar a las consecuencias legales que para tal efecto se determinen.

Información adicional sobre este reporte técnico podrá obtenerse en:

La Subdirección Académica de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, situada en Av. Juan de Dios Bátiz s/n
Teléfono: 57296000, extensión 52000.

ÍNDICE

Capítulo 1. Introducción	8
1.1 Problemática	10
1.2 Antecedentes	10
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo General	14
1.3.2 Objetivos Específicos	14
1.4 Justificación	16
1.5 Alcance	16
1.6 Limitaciones	18
1.7 Notaciones, Nomenclatura y Abreviaciones	20
Capítulo 2. Marco Teórico	22
2.1 Componentes Clave del Sistema	24
2.1.1 Análisis de Componentes del Sistema	24
2.2 Clasificación De Bases De Datos	27
2.3 Hardware	29
2.4 Topologías	32
Capítulo 3. Estado del Arte	37
3.1 Protocolos de Comunicación	37
3.1.1 Tecnologías de Carga	37
3.1.2 Gestión de Energía e Interoperabilidad	37
3.1.3 Seguridad y Comunicación en Redes de Carga	38
3.1.4 Integración de Energías Renovables	38
3.1.5 Topologías de Red para Estaciones de Carga	38
3.1.6 Tendencias Tecnológicas	39
3.2 Desafíos y Futuro	40
Capítulo 4. Análisis	41
4.1 Metodología	41
4.2 Requerimientos Funcionales y No Funcionales	42
4.2.1 Requerimientos Funcionales	42
4.2.2 Requerimientos No Funcionales	49
4.3 Factibilidad Técnica	52
4.4 Factibilidad Económica	52
4.4.1 Costos de Implementación	52

4.5 Factibilidad Operativa	52
4.6 Factibilidad Ambiental y Social	53
4.7 Análisis de Costos	53
4.7.1 Hardware Requerido.....	53
4.7.2 Infraestructura en Azure	55
4.8 Análisis de Riesgos para la Implementación de un Sistema de Gestión Inteligente de Carga (SGIC) para Estaciones de Carga de Vehículos Eléctricos	56
4.8.1 Riesgos Técnicos	56
4.8.2 Riesgos Operativos	57
4.8.3 Riesgos de Seguridad.....	59
4.8.4 Riesgos Financieros	60
Capítulo 5. Diseño De Sistema.....	61
5.1 Arquitectura Del Sistema	61
5.2 Módulos Generales del Sistema	62
5.2.1 Gestión de Estaciones de Carga.....	62
5.2.2 Gestión de Usuarios.....	62
5.2.3 Gestión de Recursos de Energía	62
5.2.4 Comunicación e Interoperabilidad	62
5.2.5 Análisis y Reportes.....	63
5.2.6 Gestión de Seguridad y Control de Acceso	63
5.2.7 Interfaz de Usuario (UI/UX).....	63
5.3 Modelo De Negocio	64
5.3.1 Reglas De Negocio	64
5.4 Actores del Sistema	68
5.5 Modelo de Comportamiento.....	71
5.6 Diagrama De Casos De Uso	73
5.7 Diagrama Entidad-Relación	74
5.8 Diagrama	75
5.9 Diagrama de componentes.....	76
5.10 Diagrama De Manejo De Datos.....	77
5.11 Diagrama De Seguridad.....	77
Capítulo 6. Pruebas De Sistema	78
6.1 Tratamiento de los Datos	89
6.2 Procesamiento de Datos	90

6.3 Reglas Configurables para Estaciones de Carga	90
6.3.1 Reglas Operativas	92
6.4 Resolución del Problema	94
Capítulo 7. Cierre actividades TT.....	96
7.1 Conclusión	96
7.2 Trabajo a futuro	97
7.3 Impacto General	97
Referencias	98
Anexos	99

Índice de contenido

Figura 1. Topología de estrella	32
Figura 2. Topología De Anillo	33
Figura 3. Topología De Bus	34
Figura 4. Topología De Malla	35
Figura 5. Modelo en espiral.....	41
Figura 6. Diagrama de arquitectura del sistema	61
Figura 7. Diagrama de casos de uso	73
Figura 8. Diagrama entidad-relación	74
Figura 9. Diagrama	75
Figura 10. Diagrama de componentes	76
Figura 11. Diagrama de manejo de datos	77
Figura 12. Desarrollo de la base de datos	78
Figura 13. Conexión a la base de datos a través de la red	79
Figura 14. Conexión del sistema	80
Figura 15. Desarrollo de interfaz.....	81
Figura 16. Interfaz de inicio de sesión.....	82
Figura 17. Interfaz de inicio del perfil administrador.....	83
Figura 18. Interfaz de estado y datos de estaciones.....	84
Figura 19. Tabla de mediciones de una estación	85
Figura 20. Interfaz de modificación de reglas	86
Figura 21. Interfaz de reglas de medición	87
Figura 22. Tabla de parámetros de una regla.....	88
Tabla 1. Tabla comparativa de bases de datos.....	27
Tabla 2. Comparación de topologías	36
Tabla 3. Resumen de los campos de protocolos	39
Tabla 4. Desglose de costos de hardware	53
Tabla 5. Desglose de costos de Azure	55

Capítulo 1. Introducción

En la última década, ha surgido un crecimiento notable en la adopción de vehículos eléctricos (VE) como respuesta a los esfuerzos mundiales por reducir las emisiones de carbono y enfrentar el cambio climático. Esta transición hacia la movilidad eléctrica se ha visto impulsada por avances tecnológicos en baterías de alto rendimiento, una mayor conciencia ambiental y regulaciones gubernamentales que promueven la electrificación del transporte. Sin embargo, el éxito continuo de los vehículos eléctricos depende en gran medida de la disponibilidad de una infraestructura de carga robusta y accesible. Las estaciones de carga desempeñan un papel esencial al proporcionar a los conductores de vehículos eléctricos la capacidad de recargar sus vehículos de manera conveniente y eficiente. Más allá de la mera disponibilidad de puntos de carga, la eficacia y la inteligencia en la gestión de estas estaciones son fundamentales para garantizar una transición sin problemas hacia una movilidad eléctrica más amplia.

En este contexto, el desarrollo de una red de comunicación para estaciones de carga de vehículos eléctricos adquiere importancia. Esta red facilita la interacción entre el vehículo y la estación de carga, mientras optimiza el rendimiento operativo, gestiona la energía y mejora la experiencia del usuario. En esta introducción, se adentra en el estado actual del desarrollo de estas redes de comunicación para estaciones de carga de vehículos eléctricos. Se analizan los protocolos de comunicación utilizados, las tecnologías emergentes que están transformando el panorama de la carga de vehículos eléctricos, los desafíos técnicos y operativos que enfrentan, así como las oportunidades futuras para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de estas redes. El objetivo es comprender las complejidades de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos e identificar áreas de innovación y mejora que impulsen aún más la adopción de la movilidad eléctrica a nivel mundial. Este proyecto busca desempeñar un papel crucial en la construcción de un futuro más limpio, eficiente y sostenible para todos.

Para respaldar esta introducción, se presentan cifras y estadísticas recientes que ilustran la tendencia de adopción de vehículos eléctricos, el estado de la infraestructura de carga y la relevancia de las redes de comunicación en este contexto:

Adopción de vehículos eléctricos

En 2022, se vendieron 10.5 millones de coches eléctricos a nivel mundial. Se espera que para 2023, los coches eléctricos representen el 18% de las ventas de automóviles en todo el mundo, y en México, se proyecta que se producirán 214 mil unidades eléctricas en 2024. En América Latina, la venta de vehículos eléctricos ha ido en constante y exponencial aumento en los últimos años. Según el EY Mobility Consumer Index de 2023 [1], la intención de compra de automóviles en México se mantuvo en comparación con los niveles de 2022, alcanzando un 64%, donde 52% de los consumidores potenciales planea adquirir un auto nuevo y 12% un auto usado. A nivel global, el 55% de los encuestados tiene intención de comprar un vehículo totalmente eléctrico, híbrido de enchufe o híbrido.

Infraestructura de carga

En México, existen aproximadamente 2,100 estaciones de carga. Se estima que se requieren entre 15,000 y 20,000 estaciones de carga para 2025 [2], considerando el ritmo actual de crecimiento de vehículos eléctricos y los objetivos de políticas ambientales. Evergo México planea instalar 15,000 puntos de carga para 2024. Según un estudio, del total de los usuarios que ya cuentan con un vehículo eléctrico, el 31% lo cargan en su hogar, el 24% en el trabajo o la escuela, el 23% en pensiones de autopista, el 13% en estacionamientos de centros comerciales y sólo el 3% en electrolineras. A finales de 2023, había 1,189 electrolineras en México, las cuales tienen en total 2,089 cargadores.

Red de comunicación para estaciones de carga

Los protocolos de comunicación más utilizados en las estaciones de carga de vehículos eléctricos son OCPP, CCS, CHAdeMO, SAE J1772 e IEC-62196. La confiabilidad es vital para las redes de comunicación en las instalaciones de carga. Con puntos de medición dispersos en grandes áreas, los protocolos sólidos resisten entornos hostiles e interferencias electromagnéticas. Según estadísticas recientes de la industria, se prevé que el mercado mundial de carga de vehículos eléctricos supere los 140 mil millones de dólares para 2027.

1.1 Problemática

Gestión eficiente de la demanda de energía en estaciones de carga para vehículos eléctricos

La gestión eficiente de la demanda de energía en estaciones de carga para vehículos eléctricos constituye un desafío crucial en el contexto del rápido crecimiento de la adopción de vehículos eléctricos. México ha experimentado un notable aumento del 68% en la adopción de vehículos eléctricos en los últimos años, y se espera que las ventas alcancen las 200,000 unidades para 2030, representando la mayoría de las ventas previstas en América Latina. A pesar de este crecimiento, la infraestructura de carga sigue siendo insuficiente, con aproximadamente 2,100 estaciones en México, lejos de las 15,000 a 20,000 estimadas como necesarias para 2025 [4].

La gestión y optimización de la energía resultan esenciales para una operación eficiente y sostenible de estos sistemas, mientras que los desafíos regulatorios y de política también influyen en la gestión de la demanda de energía. A nivel global, el perfil de carga eléctrica cambiará con el aumento de vehículos eléctricos, pero se proyecta que el crecimiento no generará un aumento sustancial de la demanda en la red eléctrica a corto y mediano plazo. Sin embargo, la distribución desigual de estaciones de carga y la falta de información y educación sobre vehículos eléctricos son preocupaciones adicionales. En 2021, México vendió 39,100 vehículos eléctricos de los 1.1 millones de vehículos ligeros vendidos. Además, un 44% de los consumidores mexicanos están interesados en adquirir vehículos eléctricos, según el EY Mobility Consumer Index. A nivel global, la Unión Europea contaba con 750,000 cargadores de vehículos eléctricos en 2024, con una proyección de crecimiento hasta alcanzar los 6.8 millones para 2030.

1.2 Antecedentes

Crecimiento de Vehículos Eléctricos: En los últimos años, ha habido un aumento significativo en la adopción de vehículos eléctricos debido a preocupaciones ambientales y avances tecnológicos en la industria automotriz. Este crecimiento ha generado una demanda cada vez mayor de infraestructura de carga eléctrica accesible y eficiente [3].

Diversificación de la Infraestructura de Carga: Con la creciente popularidad de los vehículos eléctricos, se ha diversificado la infraestructura de carga, que va desde estaciones públicas en áreas urbanas hasta cargadores residenciales y comerciales. La necesidad de una red de comunicación robusta y escalable se vuelve esencial para gestionar eficazmente esta infraestructura dispersa.

Gestión de la Demanda Energética

La carga simultánea de múltiples vehículos eléctricos puede generar picos de demanda de energía que desafían la capacidad de las redes eléctricas locales. La gestión inteligente de la demanda se ha convertido en un área crítica para garantizar la estabilidad del sistema eléctrico.

Avances en Tecnología de Comunicación

El desarrollo de tecnologías de comunicación inalámbrica, Internet de las Cosas (IoT) y protocolos de comunicación específicos para vehículos eléctricos ha facilitado la creación de redes de carga inteligentes y conectadas.

Integración de Energías Renovables

La integración de fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, en estaciones de carga no solo contribuye a la sostenibilidad [9].

Regulación y Estándares de la Industria: La regulación gubernamental y los estándares de la industria están evolucionando para abordar la interoperabilidad entre diferentes infraestructuras de carga y asegurar la seguridad y confiabilidad de las operaciones de carga.

Iniciativas de Investigación y Desarrollo

La investigación y el desarrollo en el campo de la movilidad eléctrica están impulsando la innovación en tecnologías de carga rápida, gestión de flotas eléctricas y optimización de redes de carga.

Demanda del Consumidor y Experiencia del Usuario

La satisfacción del usuario y la conveniencia son elementos clave en el diseño de redes de carga eficientes. La experiencia del usuario, incluidos los tiempos de carga y la disponibilidad de estaciones, influye en la aceptación y adopción continua de vehículos eléctricos.

Estos antecedentes reflejan un contexto dinámico y en evolución en el que se desarrolla la infraestructura de carga para vehículos eléctricos. La implementación exitosa de una red de comunicación efectiva para estaciones de carga requerirá abordar estos antecedentes y desafíos para asegurar la eficiencia, la sostenibilidad y la confiabilidad del sistema de carga eléctrica.

Gestión Inteligente de la Carga

La red debe ser capaz de gestionar de manera inteligente y dinámica la carga de múltiples vehículos eléctricos conectados simultáneamente. Esto implica optimizar la distribución de la energía disponible para evitar sobrecargas y minimizar los tiempos de espera de los usuarios.

Optimización de la Capacidad y Tiempo de Carga

Es esencial optimizar la capacidad de la estación de carga para satisfacer la demanda máxima de energía sin exceder los límites de la infraestructura eléctrica local. Esto puede implicar implementar sistemas de gestión de carga que distribuyen equitativamente la energía disponible entre los vehículos conectados, priorizando la carga rápida y eficiente.

Integración de Energías Renovables y Almacenamiento de Energía

Para promover la sostenibilidad, las estaciones de carga pueden depender de fuentes de energía renovable, como solar o eólica. Sin embargo, la naturaleza intermitente de estas fuentes requiere soluciones de almacenamiento de energía efectiva (como baterías) y estrategias de gestión para maximizar su uso y minimizar el impacto en la red eléctrica convencional [10].

Desafíos de Infraestructura y Red de Comunicación

La implementación exitosa de una red de comunicación para estaciones de carga implica enfrentar desafíos técnicos, como la interoperabilidad entre diferentes protocolos de carga, la seguridad de la comunicación y la robustez de la infraestructura para soportar un gran volumen de datos y transacciones.

Modelado y Predicción de la Demanda de Energía

Para una gestión eficiente, es esencial utilizar técnicas de modelado y predicción de la demanda de energía. Esto implica analizar patrones de uso de los usuarios, factores estacionales y diarios, así como tendencias de adopción de vehículos eléctricos para anticipar y adaptarse a las fluctuaciones en la carga eléctrica.

Gestión de Contingencias y Resiliencia del Sistema

La red debe estar preparada para hacer frente a situaciones de emergencia, como cortes de energía o fallas en el sistema de carga. Estrategias como la redundancia de equipos críticos y protocolos de recuperación rápida son fundamentales para garantizar la disponibilidad continua y la confiabilidad del servicio.

Innovación y Beneficios de la Carga Inteligente: Ahorros y Reducción de Emisiones

Para abordar los desafíos asociados con la gestión de la demanda de energía en estaciones de carga de vehículos eléctricos, se propone implementar un Sistema de Gestión Inteligente de Carga (SGIC) que integre tecnologías avanzadas de comunicación y control. Este sistema está diseñado para optimizar la eficiencia operativa y garantizar una experiencia de carga conveniente y confiable para los usuarios. Tecnologías de comunicación avanzadas como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT) y la nube permiten la interconexión de vehículos y estaciones de carga, facilitando la gestión remota, el monitoreo constante y la optimización continua del sistema.

STILL es una empresa que ha presentado su nuevo sistema de gestión inteligente de carga Smart Charging para la carga de las flotas de litio, logrando reducir los gastos energéticos anuales en cerca de 10,000 €. Además, sistemas de gestión de energía inteligentes, como la Unidad de Energía Inteligente (Smart Energy Unit - SEU) de STILL, son esenciales para optimizar la eficiencia de carga y ofrecer notables ahorros en la factura de electricidad. Pruebas extensas en un proveedor de servicios logísticos mediano con un total de siete estaciones de carga de iones de litio han

demostrado que solo el uso de la tecnología de carga inteligente ahorra casi 10,000 € en costos de energía al año. Se ha demostrado que la carga inteligente puede contribuir significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero hasta en un 40% en comparación con la carga convencional.

En México, hay 1,012 centros de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables (PHEV) [4], y la adopción de tecnologías de carga rápida y ultra rápida está revolucionando la movilidad eléctrica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar e implementar un sistema de monitoreo para estaciones de carga de vehículos eléctricos, utilizando una *Raspberry Pi 4 Model B* [5], que permita la recolección, transmisión y visualización de datos en monitoreo constante. Permitiendo la detección de errores y la administración de tarifas. Todo ello con una interfaz web que facilite el monitoreo y el funcionamiento de la red para la gestión de los equipos.

1.3.2 Objetivos Específicos

Diseño e implementación del sistema de monitoreo

Configurar y programar las *Raspberry Pi 4* para la recopilación de datos de múltiples estaciones de carga.

Establecer mecanismos de conexión entre las estaciones de carga y la *Raspberry Pi* para la transmisión de datos.

Respaldo de la base de datos en servicio en la nube

Crear una instancia de Azure Blob Storage para almacenar los respaldos de la base de datos en un contenedor dentro de una cuenta de almacenamiento.

Desarrollar un script en Bash para automatizar el respaldo de una base de datos MySQL y su subida a Azure Blob Storage.

Visualización de Datos en Monitoreo Constante

Crear una interfaz web en HTML que permita la visualización de datos de energía, consumo, errores, tarifas establecidas y tiempos de carga.

Implementar gráficos interactivos utilizando Matplotlib para la representación visual de los datos de consumo energético.

Monitoreo de parámetros y detección de fallos

Implementar una funcionalidad cuyo objetivo sea procurar la integridad de las estaciones de carga con base en los parámetros establecidos por el administrador de la red. Limitando el funcionamiento de estas cuando se superen los parámetros de operación óptima establecidos.

Simulación y pruebas del sistema

Generar datos de simulación para verificar la correcta funcionalidad del sistema de monitoreo y gestión.

Realizar pruebas exhaustivas para asegurar la precisión y fiabilidad de los datos recopilados y transmitidos.

Generación de reportes

Elaborar reportes de incidencias basados en el comportamiento irregular de las estaciones, recopilando los datos de medición y la identificación de la estación involucrada.

1.4 Justificación

La implementación de un Sistema de Gestión Inteligente de Carga (SGIC) en redes de comunicación para estaciones de carga de vehículos eléctricos se justifica por diversos motivos clave. Este sistema optimiza los recursos energéticos al gestionar de manera inteligente la demanda de energía, evitando sobrecargas en la red eléctrica y maximizando la eficiencia operativa de las estaciones de carga. Esto reduce significativamente los costos operativos asociados con la demanda máxima y las tarifas eléctricas.

Asimismo, el SGIC fomenta la sostenibilidad ambiental mediante la integración de energías renovables y la reducción de emisiones de carbono, alineándose con los objetivos de una economía verde. También mejora la experiencia del usuario al garantizar procesos de carga confiables y convenientes, minimizando tiempos de espera y maximizando la disponibilidad de estaciones. Con el incremento en la adopción de vehículos eléctricos, este sistema ofrece escalabilidad y adaptabilidad para gestionar una infraestructura en crecimiento.

Por otro lado, el SGIC cumple con normativas regulatorias relacionadas con la infraestructura de carga, incluyendo interoperabilidad entre sistemas y seguridad eléctrica. Además, impulsa la innovación tecnológica mediante el desarrollo de algoritmos avanzados y aplicaciones móviles para mejorar la eficiencia y usabilidad de las estaciones de carga.

En términos de impacto cuantitativo, el uso de la carga inteligente puede reducir hasta un 40% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a la carga convencional. En México, con 1,012 estaciones de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables, tecnologías de carga rápida y ultrarrápida están transformando la movilidad eléctrica. Ejemplos concretos en proveedores logísticos medianos han demostrado ahorros de hasta 10,000 € al año con el uso de esta tecnología.

1.5 Alcance

Monitoreo Integral de Estaciones de Carga

Los datos recopilados incluyen energía disponible, consumo de energía, detección de errores, cálculo de precios y tiempos de carga estimados. La transmisión de datos se realiza utilizando una Raspberry Pi 4 Model B con 8GB de RAM para recolectar y transmitir la información a un servidor en la nube. Además, se desarrolla una interfaz web que permite la visualización de los datos en monitoreo constante, con gráficos interactivos para una mejor comprensión de la información.

Infraestructura en la Nube

El servidor se configura en Azure mediante una máquina virtual con Linux, encargada de la recepción, almacenamiento y procesamiento de los datos. También se implementa un sistema de actualización de software remoto para mantener la seguridad y añadir nuevas funcionalidades.

Interoperabilidad

El servicio web es accesible desde cualquier dispositivo con un navegador actualizado, como teléfonos móviles, tablets o laptops, lo que permite su uso independientemente del dispositivo empleado.

Reportes

Se realizan reportes de incidencias basados en el comportamiento irregular de las estaciones, recopilando datos de medición y la estación.

1.6 Limitaciones

Dependencia de la conectividad

El sistema requiere una conexión estable a internet para la transmisión de datos a la nube. Las interrupciones en la conectividad pueden afectar la recolección y visualización de los datos en monitoreo constante. Además, la latencia en la red puede influir en la rapidez con la que los datos son actualizados y presentados en la interfaz web.

Capacidad del hardware

La Raspberry Pi, aunque potente, tiene limitaciones en términos de procesamiento y memoria, lo que puede afectar su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos o ejecutar procesos intensivos. La precisión de los datos recopilados también depende de la calidad y calibración de los sensores y periféricos conectados.

Escalabilidad

La capacidad de la máquina virtual en Azure puede necesitar ajustes o expansiones para manejar un número creciente de estaciones de carga y datos. A medida que el sistema crece, puede ser necesario diseñar u optimizar el software para mantener el rendimiento y la fiabilidad.

Seguridad y privacidad

Asegurar la protección de datos personales y financieros requiere medidas de seguridad robustas, que pueden ser complejas y costosas de implementar. Además, cumplir con las regulaciones locales y nacionales sobre privacidad y protección de datos puede limitar ciertas funcionalidades o requerir modificaciones adicionales.

Interoperabilidad y compatibilidad

La compatibilidad con diferentes estándares de carga puede representar un desafío, especialmente si los estándares evolucionan o se diversifican. Asimismo, la integración con plataformas de pago y proveedores de energía puede requerir trabajo adicional para garantizar la compatibilidad y el cumplimiento de políticas y regulaciones.

Mantenimiento y soporte

El sistema requiere mantenimiento continuo para asegurar su funcionamiento óptimo, incluyendo actualizaciones de software y hardware. Además, la necesidad de soporte técnico especializado puede ser una limitación, especialmente en áreas remotas o con recursos limitados.

Resistencia a Fallos

El sistema debe estar diseñado para manejar fallos de hardware y software de manera que minimice la interrupción del servicio. Para ello, es fundamental contar con mecanismos robustos para la recuperación de datos en caso de fallos o pérdidas de conexión, lo que es esencial para la fiabilidad del sistema.

1.7 Notaciones, Nomenclatura y Abreviaciones

General

- EV (Electric Vehicle): Vehículo Eléctrico.
- EVSE (Electric Vehicle Supply Equipment): Equipamiento de Suministro de Vehículo Eléctrico, comúnmente referido como estaciones de carga.
- CPO (Charge Point Operator): Operador de Puntos de Carga.

Hardware

- RPI4B: Raspberry Pi 4 Model B.
- BCM2711: Procesador Broadcom BCM2711.
- GPIO (General Purpose Input/Output): Entrada/Salida de Propósito General, pines en la Raspberry Pi utilizados para conectarse con otros dispositivos.
- USB (Universal Serial Bus): Bus Serial Universal, estándar para conexión de dispositivos.
- HDMI (High-Definition Multimedia Interface): Interfaz Multimedia de Alta Definición.

Conectividad

- Wi-Fi: Conectividad inalámbrica estándar.
- BLE (Bluetooth Low Energy): Bluetooth de Baja Energía, tecnología de conectividad inalámbrica.
- PoE (Power over Ethernet): Alimentación a través de Ethernet, técnica que permite la transmisión de energía eléctrica junto con datos en un cable Ethernet.
- LAN (Local Area Network): Red de Área Local.
- WAN (Wide Area Network): Red de Área Amplia.
- Software y Protocolo
- OS (Operating System): Sistema Operativo.
- HTTP (Hypertext Transfer Protocol): Protocolo de Transferencia de Hipertexto, utilizado para la comunicación en la web.
- API (Application Programming Interface): Interfaz de Programación de Aplicaciones, conjunto de funciones y procedimientos que permiten la creación de aplicaciones.
- MQTT (Message Queuing Telemetry Transport): Protocolo de mensajería ligero para comunicación máquina a máquina.
- SSH (Secure Shell): Protocolo para acceder de manera segura a un dispositivo a través de una red.
- Medición y Control
- kW (Kilowatt): Unidad de potencia equivalente a 1000 vatios.
- kWh (Kilowatt-hour): Unidad de energía equivalente a 1 kilovatio de potencia utilizada durante 1 hora.
- V (Volt): Unidad de tensión eléctrica.
- A (Ampere): Unidad de corriente eléctrica.
- Visualización y Análisis

- UI (User Interface): Interfaz de Usuario.
- UX (User Experience): Experiencia de Usuario.
- CSV (Comma-Separated Values): Formato de archivo para almacenamiento de datos tabulares.
- JSON (JavaScript Object Notation): Formato de intercambio de datos ligero.
- HTML (Hypertext Markup Language): Lenguaje de Marcado de Hipertexto, utilizado para crear páginas web.
- CSS (Cascading Style Sheets): Hojas de Estilo en Cascada, lenguaje utilizado para describir la presentación de un documento HTML.
- JS (JavaScript): Lenguaje de programación utilizado para crear contenido dinámico en páginas web.
- Energía y Consumo
- SOC (State of Charge): Estado de Carga, indica el nivel de carga de la batería de un vehículo eléctrico.
- DOD (Depth of Discharge): Profundidad de Descarga, medida de la cantidad de batería descargada respecto a su capacidad total.
- ToC (Time of Charge): Tiempo de Carga, periodo durante el cual un vehículo eléctrico está siendo cargado.
- PUE (Power Usage Effectiveness): Eficiencia en el Uso de Energía, métrica utilizada para determinar la eficiencia de consumo de energía en un centro de datos.

Seguridad y Actualización

- SSL (Secure Sockets Layer): Capa de Conexión Segura, protocolo de seguridad.
- TLS (Transport Layer Security): Seguridad de la Capa de Transporte, sucesor de SSL.
- OTA (Over-The-Air): Actualización inalámbrica, técnica para distribuir nuevas actualizaciones de software o configuraciones a dispositivos.
- DDoS (Distributed Denial of Service): Ataque de Denegación de Servicio Distribuido, tipo de ciberataque.

Capítulo 2. Marco Teórico

Los protocolos de comunicación son esenciales para la interacción entre el vehículo eléctrico y la estación de carga. El OCPP (Protocolo de Punto de Carga Abierta) [6] se presenta como un estándar de comunicación abierto que permite la interoperabilidad entre diferentes fabricantes de estaciones de carga y gestores de carga. Promovido por la Open Charge Alliance, se ha consolidado como un protocolo popular y un estándar en 50 países, con más de 10,000 estaciones de carga implementadas. A diferencia de los protocolos exclusivos, el OCPP es abierto y no está asociado a costos de licencia, lo que facilita su adopción. Por otro lado, el protocolo ISO 15118 [7] se enfoca en la comunicación entre el vehículo y la infraestructura de carga para autenticar, autorizar y negociar el proceso de carga. Este protocolo encuentra su principal uso en vehículos eléctricos de origen japonés.

En cuanto a las tecnologías existentes de carga, se destacan diversos métodos que van desde la carga lenta hasta la bidireccional. La carga lenta emplea una potencia de hasta 3 kW y es el método más común en entornos domésticos, mientras que la carga semi-rápida utiliza potencias de entre 3 kW y 22 kW. La carga rápida de CC, conocida como carga de nivel 3, es la opción más veloz, requiriendo estaciones especializadas que pueden suministrar hasta 480 V. La carga inalámbrica, por su parte, emplea bobinas electromagnéticas para transmitir energía de manera inalámbrica desde la estación al vehículo. Por otro lado, la carga inteligente permite la comunicación del vehículo con la red eléctrica, ajustando la carga según la demanda y el precio de la energía. La carga bidireccional posibilita a los vehículos eléctricos devolver energía a la red durante picos de demanda.

La gestión de la carga optimiza la distribución de energía entre los vehículos conectados a una estación, priorizando según la urgencia de carga, programando en momentos de baja demanda y ajustando la velocidad de carga según la capacidad de la red eléctrica. Modelos de optimización basados en comportamientos reales de conducción y carga pueden generar ahorros anuales de \$56 por vehículo al cargar en periodos de menor costo, cubriendo las necesidades de movilidad de los conductores. Entre los usuarios de vehículos eléctricos, el 31% realiza la carga en casa, el 24% en su lugar de trabajo o estudio, el 23% en autopistas, el 13% en estacionamientos de centros comerciales y solo el 3% en electrolíneas.

La interoperabilidad asegura que los vehículos eléctricos puedan cargar en cualquier estación, independientemente del fabricante. Esto se logra mediante estándares abiertos como el OCPP y sistemas compatibles como el CCS (Combined Charging System). En 2020, México contaba con aproximadamente 2,200 estaciones de carga, aunque se estima que serán necesarias entre 15,000 y 20,000 estaciones para 2025 [2], alineadas con los objetivos de crecimiento de vehículos eléctricos y metas ambientales.

En cuanto a la seguridad, las redes de comunicación para estaciones de carga implementan medidas como la encriptación de datos, autenticación de dos factores y cortafuegos para prevenir ataques cibernéticos. También se exploran tecnologías emergentes como blockchain para registrar de manera segura las transacciones de carga.

La infraestructura de carga inteligente integra la carga de vehículos eléctricos con el sistema eléctrico, optimizando el suministro y reduciendo costos. Tecnologías como el almacenamiento de

energía y la carga bidireccional potencian esta integración, junto con el aprovechamiento de fuentes renovables como solar y eólica.

El análisis de datos y el machine learning son herramientas clave para anticipar necesidades futuras, optimizar la operación de estaciones de carga y planificar su distribución. Además, las actualizaciones remotas y el mantenimiento predictivo facilitan la operación eficiente de la infraestructura, reduciendo costos y tiempos de inactividad.

La integración con sistemas de gestión de flotas y la compatibilidad con vehículos de carga pesada resaltan la necesidad de adaptabilidad en las redes de comunicación, permitiendo una adopción más amplia y efectiva de la movilidad eléctrica.

2.1 Componentes Clave del Sistema

Red de Comunicación y IoT

Se implementa una red de comunicación robusta basada en IoT que conecta todos los puntos de carga y recopila datos constantemente sobre la disponibilidad de energía, la capacidad de carga y el estado de los vehículos conectados.

Integración de Energías Renovables y Almacenamiento

Se integran sistemas de energía renovable, como paneles solares y turbinas eólicas, junto con almacenamiento de energía en baterías. El SGIC coordina la carga de los vehículos para maximizar el uso de la energía limpia generada localmente.

Monitoreo

Se implementan herramientas de monitoreo continuo que permiten a los usuarios administradores interpretar los datos registrados según sus necesidades y contar con un registro histórico de mediciones.

Interoperabilidad y Estándares Abiertos

Se adoptan estándares abiertos y protocolos interoperables para garantizar la compatibilidad entre diferentes fabricantes de vehículos eléctricos y proveedores de infraestructura de carga.

Gestión Remota y Servicios al Usuario

Se desarrollan interfaces de usuario y aplicaciones móviles que permiten localizar y verificar el estado actualizado de la estación.

2.1.1 Análisis de Componentes del Sistema

Puntos de Carga Inteligentes

Los puntos de carga inteligentes permiten la conexión de los vehículos eléctricos para la recarga de baterías.

Características

- Tecnología de carga rápida y/o estándar (CCS, CHAdeMO, Type 2, etc. [8]).
- Capacidades de comunicación bidireccional para el intercambio de datos.
- Sensores integrados para monitoreo de estado y seguridad.

Infraestructura de Comunicación y Redes

La infraestructura de comunicación y redes asegura la conectividad entre los puntos de carga, el sistema de gestión y dispositivos IoT.

Componentes Clave

- Redes inalámbricas (Wi-Fi, Bluetooth, 4G/5G).
- Protocolos estándar para interoperabilidad (OCPP [6]).
- Dispositivos para enrutamiento y gestión de redes.

Sistema de Gestión de Energía (EMS)

El EMS supervisa y controla la distribución eficiente de energía.

Funcionalidades

- Algoritmos inteligentes para evitar picos de demanda.
- Integración de energías renovables y almacenamiento.
- Predicción de demanda y adaptación a patrones de uso.

Sistema de Monitoreo y Análisis de Datos

Este sistema recopila y analiza datos en monitoreo constante.

Características

- Sensores para monitorear carga y consumo.
- Plataformas de análisis para informes y métricas.
- Herramientas de visualización.

Interfaz de Usuario y Aplicaciones Móviles

Las interfaces facilitan la interacción con el sistema.

Funcionalidades

- Localización de estaciones de carga.
- Notificaciones y paneles de control.
- Pago integrado y autenticación segura.

Seguridad y Control de Acceso

Se garantiza la seguridad de la infraestructura y datos.

Elementos

- Autenticación y autorización de usuarios.
- Cifrado de comunicaciones y protección contra ciberataques.

Integración de Energías Renovables y Almacenamiento

Se maximizan las fuentes limpias y su distribución eficiente.

Componentes

- Paneles solares y turbinas eólicas.
- Sistemas de almacenamiento como baterías.

Gestión Remota y Mantenimiento Predictivo

La gestión remota permite supervisar y mantener el sistema.



Herramientas

- Diagnóstico remoto y actualizaciones de software.
- Gestión de alarmas y notificaciones.

2.2 Clasificación De Bases De Datos

Tabla 1. Tabla comparativa de bases de datos

BASE DE DATOS	TIPO	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	FOTO
SQLite	Relacional	Ligera y simple, no requiere un servidor separado. Almacena la base de datos en un único archivo. Fácil de manejar y transportar	No requiere configuración ni mantenimiento de servidor. Ideal para aplicaciones pequeñas o proyectos personales.	Menos adecuada para aplicaciones que requieren concurrencia masiva o administración de múltiples usuarios simultáneos. Limitada en funciones comparada con bases de datos más robustas.	
MySQL	Relacional	Ampliamente utilizada y probada en el mundo empresarial. Robusta, escalable y con un rendimiento sólido. Soporte para múltiples motores de almacenamiento y opciones de replicación	Alta disponibilidad y rendimiento para aplicaciones de misión crítica. Gran comunidad de usuarios y amplia documentación. Compatible con una variedad de lenguajes de programación y plataformas.	Algunas características avanzadas pueden requerir conocimientos técnicos adicionales para configurar y mantener. La gestión de la escalabilidad puede ser compleja en entornos de alta carga.	
PostgreSQL	Relacional	Soporte completo de SQL y características avanzadas de seguridad. Capacidad para manejar grandes volúmenes de datos. Alta confiabilidad y consistencia de datos	Ideal para aplicaciones empresariales y críticas en cuanto a datos. Funciones avanzadas como transacciones ACID, replicación y particionamiento. Amplia compatibilidad con lenguajes y frameworks	Requiere más recursos de hardware que algunas otras bases de datos debido a su arquitectura robusta. La curva de aprendizaje puede ser empinada para usuarios nuevos en bases de datos relacionales.	

MongoDB	NoSQL	<p>Modelo de documentos flexible que permite almacenar datos no estructurados semiestructurados.</p> <p>Escalabilidad horizontal con clústeres distribuidos.</p> <p>Alta velocidad de lectura y escritura.</p>	<p>Ideal para aplicaciones web y móviles que manejan grandes cantidades de datos JSON.</p> <p>Buena opción para proyectos ágiles que requieren una evolución continua del esquema de datos.</p>	<p>Menos adecuada para aplicaciones que requieren relaciones complejas entre los datos o consultas SQL avanzadas.</p> <p>La consistencia eventual puede ser un desafío para algunas aplicaciones que requieren fuerte coherencia de datos.</p>	
Redis	NoSQL	<p>Base de datos en memoria extremadamente rápida y eficiente.</p> <p>Ideal para cache de datos, colas de mensajes y otras aplicaciones que requieren un acceso rápido a los datos en memoria.</p>	<p>Alto rendimiento y baja latencia en comparación con bases de datos en disco.</p> <p>Soporte para estructuras de datos complejas y operaciones atómicas.</p> <p>Escalabilidad horizontal con clústeres distribuidos.</p>	<p>Limitada en capacidad de almacenamiento en comparación con bases de datos en disco.</p> <p>Los datos almacenados en memoria pueden perderse en caso de falla del sistema si no se configura correctamente la persistencia.</p> <p>Requiere recursos de hardware para operaciones en memoria que para bases de datos en disco.</p>	

2.3 Hardware

Procesador

El procesador es un Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) de 64 bits, funcionando a una velocidad de 1.8GHz. Esta potente CPU ofrece un rendimiento excepcional para una variedad de aplicaciones, desde proyectos básicos hasta tareas más intensivas en procesamiento.

Memoria RAM

Cuenta con 8GB de LPDDR4-3200 SDRAM, lo que proporciona una capacidad de memoria considerable para ejecutar múltiples aplicaciones y procesos simultáneamente, sin comprometer el rendimiento del sistema.

Conectividad inalámbrica

Ofrece conectividad inalámbrica en dos bandas, 2.4 GHz y 5.0 GHz, según el estándar IEEE 802.11ac. Además, cuenta con Bluetooth 5.0 y BLE, lo que facilita la conexión con dispositivos periféricos y accesorios compatibles.

Conectividad por cable

Incluye un puerto Ethernet Gigabit para una conexión de red rápida y confiable, ideal para aplicaciones que requieren transferencia de datos de alta velocidad o conexiones a Internet cableadas.

Puertos USB

Dispone de 2 puertos USB 3.0 de alta velocidad para conectar dispositivos periféricos de alta velocidad de transferencia de datos, junto con 2 puertos USB 2.0 adicionales para dispositivos de menor velocidad.

GPIO

Cuenta con un encabezado GPIO estándar de 40 pines de Raspberry Pi, totalmente compatible con placas anteriores, lo que permite una fácil expansión y conexión de dispositivos externos y sensores.

Puertos HDMI

Tiene 2 puertos micro-HDMI que admiten resolución de hasta 4K a 60Hz, lo que brinda una excelente calidad de imagen para aplicaciones multimedia y proyectos de visualización.

Puertos MIPI

Dispone de 1 puerto de pantalla MIPI DSI de 2 carriles y 1 puerto de cámara MIPI CSI de 2 carriles, lo que permite la conexión de pantallas y cámaras compatibles con Raspberry Pi para aplicaciones de visualización y captura de imágenes.

Audio

Cuenta con un puerto de audio estéreo de 4 polos y video compuesto para la reproducción de audio y video de alta calidad, así como para la conexión de dispositivos de audio externos.

Decodificación de video

Admite la decodificación de video en formatos H.265 hasta 4Kp60 y H.264 hasta 1080p60 decode y 1080p30 encode, lo que permite la reproducción de contenido multimedia de alta resolución sin problemas.

Gráficos

Ofrece compatibilidad con OpenGL ES 3.1 y Vulkan 1.0, lo que permite el desarrollo de aplicaciones y juegos gráficamente intensivos con un rendimiento excepcional.

Almacenamiento

Cuenta con una ranura para tarjeta Micro-SD para cargar el sistema operativo y almacenamiento de datos, lo que proporciona una gran flexibilidad para la expansión de almacenamiento y la instalación de diferentes sistemas operativos.

Alimentación

Se puede alimentar con 5V DC a través del conector USB-C (mínimo 3A*), 5V DC a través del encabezado GPIO (mínimo 3A*), o mediante Power over Ethernet (PoE) habilitado (requiere un PoE HAT separado), lo que permite una variedad de opciones de alimentación para adaptarse a diferentes escenarios de uso.

Temperatura de funcionamiento

Tiene una temperatura de funcionamiento de 0 a 50 grados Celsius en ambiente, lo que garantiza un rendimiento confiable en una amplia gama de entornos y condiciones ambientales.

La Raspberry Pi 4 Model B de 8 GB de RAM es una plataforma versátil y potente que puede satisfacer una variedad de necesidades de proyectos, desde aplicaciones de hogar inteligente y

educación hasta desarrollo de software y proyectos de IoT. Con su amplia gama de características y capacidades, es una excelente opción para entusiastas y profesionales por igual.

2.4 Topologías

Para conectar dos estaciones de carga para autos eléctricos, se consideraron varias topologías de red, cada una con sus propias características y ventajas.

Estrella

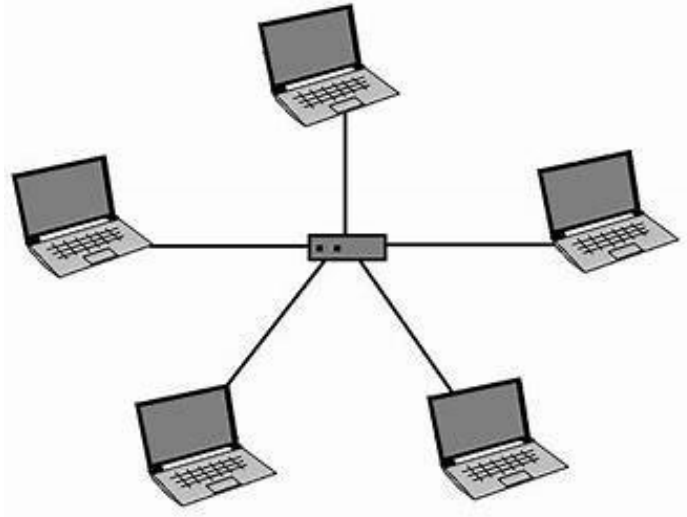


Figura 1. Topología de estrella

Características

- Todas las estaciones de carga están conectadas directamente a un punto central (hub o switch) [11].
- Facilita la administración y el mantenimiento, ya que cada estación de carga se conecta directamente al punto central.

Ventajas

- Fácil de instalar y administrar.
- Si una estación de carga falla, no afecta a las demás.

Desventajas

- Si el punto central falla, todas las estaciones de carga pierden la conectividad.
- Puede requerir más cableado.

Escalabilidad

Puede ser fácil agregar nuevas estaciones de carga al punto central (hub o switch). Sin embargo, si el punto central alcanza su capacidad, puede ser necesario actualizar el hardware del punto central para manejar más estaciones.

Recomendada para

Simplificación de la administración y mantenimiento.

Anillo

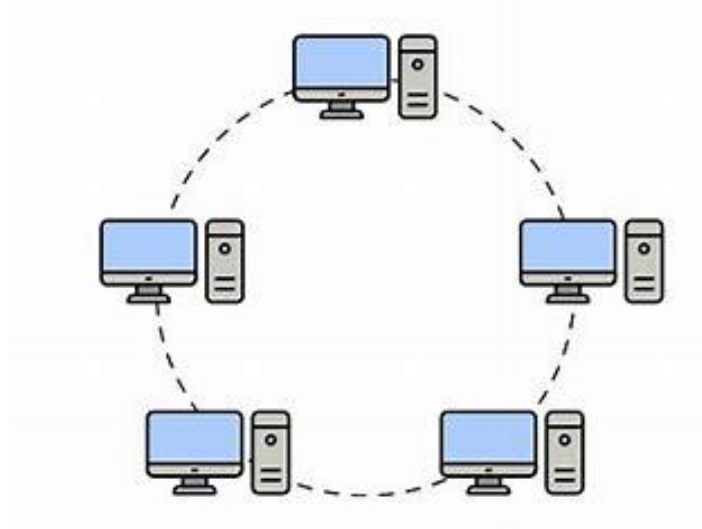


Figura 2. Topología De Anillo

Características

- Cada estación de carga está conectada a otras dos, formando un anillo.
- La información o energía fluye en una dirección específica [11].

Ventajas:

- Menos probabilidades de que haya un solo punto de fallo.
- Puede ser eficiente en términos de cableado.

Desventajas

- Si una estación de carga o el cable entre estaciones falla, puede afectar a la red completa.
- La expansión de la red puede ser más complicada.

Escalabilidad

Puede ser más fácil agregar nuevas estaciones al anillo, ya que solo es necesario conectarlas entre las estaciones existentes. Sin embargo, la adición de nuevas estaciones puede requerir ajustes en la configuración del anillo.

Recomendada para

Redundancia y menos necesidad de cableado que una topología en malla.

Bus

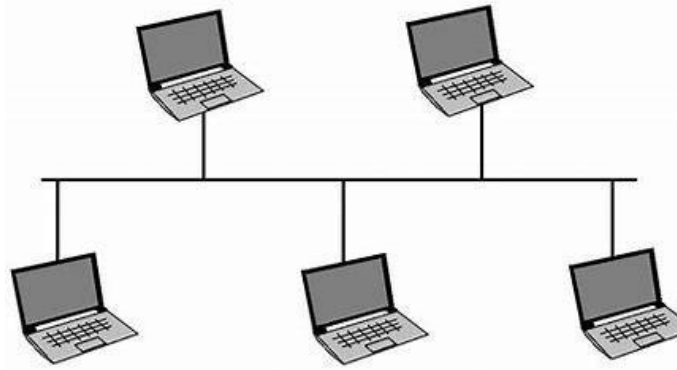


Figura 3. Topología De Bus

Características

- Todas las estaciones de carga están conectadas a una línea principal o "bus".
- La información o energía se transmite a lo largo de la línea principal [11].

Ventajas

- Cableado más sencillo que la topología en estrella.
- Puede ser escalable para agregar más estaciones de carga.

Desventajas

- Si la línea principal falla, afectará a toda la red.
- La redundancia puede ser un desafío.

Escalabilidad

Puede ser escalable al agregar más estaciones a la línea principal. Sin embargo, a medida que aumenta el número de estaciones, la congestión en la línea principal podría convertirse en un problema, lo que podría requerir mejoras en la capacidad de la línea.

Recomendada para

Simplicidad, costo eficiente.

Malla

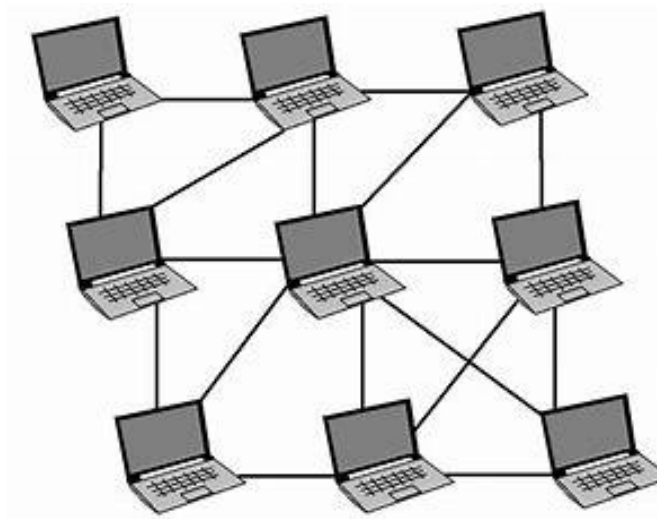


Figura 4. Topología De Malla

Características

- Cada estación de carga está conectada a múltiples estaciones, creando una red de conexiones redundantes [11].

Ventajas

- Mayor tolerancia a fallos, ya que hay múltiples rutas para la comunicación o energía.
- Puede ser escalable y adaptable.

Desventajas

- Puede requerir más cableado que otras topologías.
- Configuración y mantenimiento más complejos.

Escalabilidad

La topología en malla es conocida por su escalabilidad, ya que permite agregar nuevas estaciones de carga fácilmente. La redundancia y las múltiples rutas de comunicación hacen que sea eficiente y adaptable a cambios en la red.

Recomendada para

Escalabilidad, redundancia y flexibilidad.

Tabla 2. Comparación de topologías

TOPOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS	ESCALABILIDAD
Estrella	Todas las estaciones se conectan a un punto central (hub o switch). Administración centralizada.	Fácil de instalar y mantener. Falla en una estación no afecta a las demás.	Falla del punto central afecta toda la red. Requiere más cableado.	Fácil agregar estaciones al punto central. Limitado por la capacidad del punto central.
Anillo	Las estaciones están conectadas formando un anillo. Flujo de información o energía en una dirección específica.	Menos probabilidad de fallo único. Eficiente en términos de cableado.	Falla en una estación o cable afecta a toda la red. Expansión más complicada.	Fácil agregar estaciones al anillo, pero puede requerir ajustes.
Bus	Todas las estaciones se conectan a una línea principal. Información o energía fluye por el bus.	Cableado sencillo. Escalable para agregar más estaciones.	Falla en el bus afecta toda la red. Baja redundancia.	Fácil agregar estaciones, pero el aumento puede causar congestión.
Malla	Cada estación conecta con múltiples estaciones. Conexiones redundantes.	Alta tolerancia a fallos. Adaptable y escalable.	Requiere más cableado. Configuración y mantenimiento complejos.	Permite agregar estaciones fácilmente sin comprometer la redundancia.

Conclusión

La topología en estrella es especialmente adecuada para redes de tamaño pequeño o mediano, ya que su estructura facilita la administración centralizada, simplificando tanto el control como la supervisión de las estaciones.

En el contexto de este proyecto, la topología en estrella resulta particularmente idónea debido a que centraliza todas las conexiones hacia un servidor principal, lo que simplifica su implementación. Dado que las estaciones no requieren información sobre el estado o los datos de las demás, y el servidor es responsable tanto de recibir datos de todas las estaciones como de enviar información de manera individual según los criterios predefinidos, esta topología se presenta como la solución óptima para las necesidades del sistema.

Capítulo 3. Estado del Arte

La adopción masiva de vehículos eléctricos (VE) ha impulsado el desarrollo de infraestructura avanzada de carga. Este estado del arte examina los protocolos de comunicación, tecnologías de carga, gestión energética y topologías de red, destacando su evolución y las tendencias actuales para facilitar la interoperabilidad y eficiencia en la movilidad eléctrica.

3.1 Protocolos de Comunicación

OCPP (Open Charge Point Protocol)

El OCPP se consolida como el estándar abierto predominante, utilizado en más de 50 países. Su naturaleza libre de licencias permite la interoperabilidad entre diferentes fabricantes de estaciones de carga y operadores. Además, su flexibilidad lo ha posicionado como el protocolo principal en redes de carga globales [6].

ISO 15118

Diseñado para la comunicación directa entre el vehículo y la infraestructura de carga, este protocolo permite la autenticación, autorización y negociación automática del proceso de carga. Es ampliamente adoptado en vehículos eléctricos, especialmente en los fabricados en Japón [7].

3.1.1 Tecnologías de Carga

Métodos de Carga

- Carga Lenta (≤ 3 kW): Predominante en entornos domésticos, ofrece accesibilidad económica, aunque con tiempos prolongados de recarga.
- Carga Semi-rápida (3-22 kW): Popular en lugares de trabajo o centros comerciales, balancea tiempos de carga y costo.
- Carga Rápida (CC, hasta 480 V): Adecuada para corredores de alta demanda, reduce significativamente los tiempos de carga.
- Carga Inalámbrica: Utiliza tecnología de inducción magnética, aunque aún enfrenta barreras de costos y eficiencia.
- Carga Inteligente y Bidireccional: Permite la interacción del vehículo con la red eléctrica, optimizando la carga según la demanda y devolviendo energía a la red en picos de consumo.

3.1.2 Gestión de Energía e Interoperabilidad

Optimización de Carga

Algoritmos avanzados prioriza la distribución eficiente de energía, ajustando la carga a momentos de baja demanda para minimizar costos operativos.

Modelos predictivos han demostrado ahorros de hasta \$56 USD anuales por vehículo mediante estrategias basadas en patrones de uso reales.

Interoperabilidad

La compatibilidad entre vehículos y estaciones de diferentes fabricantes se garantiza mediante estándares abiertos como OCPP y CCS (Combined Charging System). Este enfoque es crucial para lograr redes de carga integrales y escalables.

3.1.3 Seguridad y Comunicación en Redes de Carga

Ciberseguridad

Medidas como la autenticación de dos factores, cifrado avanzado y cortafuegos robustos mitigan riesgos cibernéticos. Adicionalmente, blockchain emerge como tecnología para registrar transacciones de carga de forma segura.

Infraestructura de Comunicación

Las estaciones de carga inteligentes se apoyan en redes IoT para la recopilación de datos constante, utilizando tecnologías como Wi-Fi, 4G/5G y Bluetooth. Estas redes soportan monitoreo continuo y permiten actualizaciones remotas para mejorar la operación.

3.1.4 Integración de Energías Renovables

La incorporación de fuentes de energía limpia, como paneles solares y turbinas eólicas, y sistemas de almacenamiento con baterías permite:

- Maximizar el uso de energías renovables locales.
- Reducir costos operativos.
- Estabilizar la red eléctrica en momentos de alta demanda.

3.1.5 Topologías de Red para Estaciones de Carga

Las estaciones de carga pueden configurarse en diversas topologías, según el tamaño y las necesidades de la red:

- Estrella: Simplifica el mantenimiento y administración, aunque depende críticamente del nodo central.
- Anillo: Ofrece redundancia, aunque una falla afecta la totalidad de la red.
- Bus: Requiere menos cableado, pero presenta limitaciones de redundancia.
- Malla: Es altamente tolerante a fallos y escalable, aunque requiere mayor inversión en infraestructura.

3.1.6 Tendencias Tecnológicas

Análisis Predictivo y Machine Learning

Estas herramientas optimizan la distribución de estaciones de carga y mejoran la operación basada en datos históricos y condiciones ambientales.

Ejemplo: Anticipación de picos de carga y mantenimiento preventivo para minimizar tiempos de inactividad.

Gestión Remota

Interfaces de usuario intuitivas y aplicaciones móviles mejoran la experiencia del usuario mediante notificaciones, localización de estaciones y cálculo de precios.

Tabla 3. Resumen de los campos de protocolos

ASPECTO EVALUADO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS	APORTE DEL PROYECTO
Protocolos de Comunicación	OCPP (Protocolo de Punto de Carga Abierta): Protocolo abierto e interoperable, adoptado globalmente por estaciones de carga. ISO 15118: Comunicación directa vehículo-infraestructura, enfocada en autenticación y negociación del proceso de carga.	OCPP: Interoperabilidad sin costos de licencia, fácil adopción. ISO 15118: Autenticación automatizada, compatibilidad con carga bidireccional y carga rápida.	OCPP: Limitado a la comunicación entre estación y sistema central. ISO 15118: Mayor complejidad y costos de implementación inicial.	Integrar ambos protocolos para garantizar interoperabilidad y un flujo de comunicación seguro, eficiente y accesible para usuarios finales.
Tecnologías de Carga	Carga Lenta: Hasta 3 kW, común en entornos domésticos. Carga Rápida: Hasta 480 V en CC, estaciones especializadas. Carga Bidireccional: Permite devolver energía a la red. Carga Inalámbrica: Transmisión por bobinas electromagnéticas.	Carga Lenta: Económica y sencilla. Carga Rápida: Alta velocidad, reduce tiempos. Carga Bidireccional: Contribución a la red. Inalámbrica: Conveniencia.	Carga Lenta: Tiempos prolongados. Carga Rápida: Altos costos de implementación. Bidireccional: Necesidad de infraestructuras más avanzadas.	Combinar sistemas de carga bidireccional e inteligente para optimizar el uso de energía y reducir la dependencia de la red eléctrica durante picos de demanda.

Gestión de Energía	Sistemas de gestión que distribuyen energía según niveles de batería, capacidad de red, y horarios de baja demanda.	Optimización de recursos energéticos, reducción de costos, carga programada en horarios con menor demanda.	Complejidad en el desarrollo de algoritmos de optimización y necesidad de infraestructura avanzada para su implementación.	Implementar un sistema de gestión centralizado que priorice la carga eficiente, especialmente en contextos urbanos con alta demanda.
Topologías de Red	Estrella: Administración centralizada con un punto de control. Anillo: Redundancia moderada y menos cableado. Bus: Simplicidad y economía. Malla: Alta redundancia y tolerancia a fallos.	Estrella: Fácil instalación y control. Anillo: Reducción de fallos únicos. Bus: Económica. Malla: Escalabilidad y redundancia.	Estrella: Falla del punto central afecta toda la red. Anillo: Falla en un enlace afecta el flujo. Bus: Baja redundancia. Malla: Costosa.	Desarrollar una red híbrida combinando estrella y malla para garantizar redundancia en entornos críticos y simplificar la gestión en redes urbanas pequeñas o medianas.
Infraestructura Inteligente	Monitoreo constante con IoT, integración de energías renovables, almacenamiento en baterías, y análisis predictivo.	IoT: Actualización de datos constante. Renovables: Energía limpia. Almacenamiento: Mitigación de picos de demanda. Predictivo: Optimización a largo plazo.	Altos costos iniciales y necesidad de personal capacitado para su mantenimiento.	Proveer análisis predictivo y herramientas de visualización para optimizar la operación y planificación de nuevas estaciones de carga en función de patrones de uso.
Seguridad y Blockchain	Cifrado de datos, autenticación multifactorial, cortafuegos y registro seguro de transacciones mediante blockchain.	Protección contra ciberataques, registro confiable de datos y trazabilidad.	Costos asociados a la implementación de blockchain y mayor complejidad en sistemas de seguridad avanzada.	Incorporar medidas avanzadas de seguridad para asegurar datos sensibles de usuarios y garantizar la integridad del sistema de carga.
Interfaz de Usuario	Presentar de manera gráfica e intuitiva los datos a los usuarios. Permitiendo la interacción a aquellos usuarios con pocos conocimientos de programación.	Facilidad de uso, interacción directa con el sistema, acceso a datos y opciones de programación personalizada.	Complejidad en el desarrollo de interfaces amigables para usuarios poco experimentados.	Crear interfaces intuitivas que integren la localización, estado de carga y notificaciones para mejorar la experiencia del usuario.

3.2 Desafíos y Futuro

Crecimiento de la infraestructura: En México, se proyecta aumentar las estaciones de carga de 2,200 en 2020 a 20,000 para 2025.

Costo y acceso: Promover estaciones accesibles y distribuidas uniformemente para incentivar la adopción masiva.

Adaptabilidad: La infraestructura debe soportar tanto vehículos livianos como pesados, considerando necesidades distintas de carga.

Integración con Plataformas de Pago y Proveedores de Energía: Facilitar la interoperabilidad con plataformas de pago externas para la gestión de facturación y pagos de los usuarios y colaborar con proveedores de energía para ofrecer programas de descuentos o incentivos, cumpliendo con las regulaciones y políticas de privacidad.

Capítulo 4. Análisis

4.1 Metodología

Para el trabajo terminal propuesto, se ha considerado el uso de la metodología Espiral [14], que combina las metodologías Cascada e Iterativa. En la bibliografía consultada, se divide el proceso en cuatro etapas: conceptualización, desarrollo, mejora y mantenimiento. Cada una de estas etapas se descompone en varias fases, que incluyen planificación, modelado, construcción y despliegue. Un aspecto clave es la fase de transición entre etapas, que facilita el paso de una fase a la siguiente. El equipo de desarrollo comienza con un conjunto reducido de requisitos y avanza a través de cada fase para ese conjunto. Posteriormente, se agrega funcionalidad en iteraciones sucesivas para los requisitos adicionales, hasta que la aplicación esté lista para su lanzamiento.

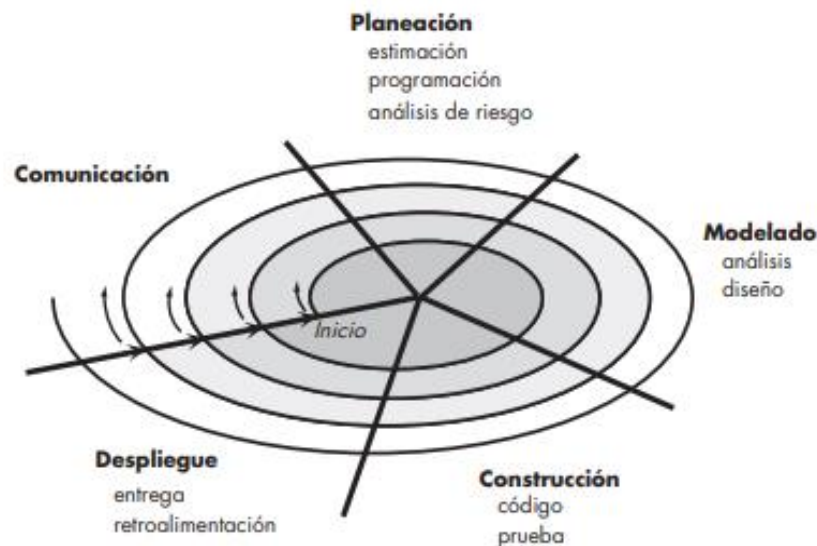


Figura 5. Modelo en espiral

Ciclo 1

- Comunicación
- Acercamiento con directores de proyecto
- Planeación
- Estimación
- Programación de actividades
- Análisis de riesgo

- Modelo
- Análisis
- Diseño del sistema
- Construcción
- Circuito
- Pruebas
- Despliegue
- Entrega de sistema (Hardware)
- Retroalimentación

Ciclo 2

- Planeación
- Estimación
- Programación
- Análisis de riesgo
- Modelo
- Análisis
- Diseño del aplicativo
- Construcción
- Codificación
- Pruebas
- Despliegue
- Entrega de aplicativo (Software)
- Retroalimentación

4.2 Requerimientos Funcionales y No Funcionales

4.2.1 Requerimientos Funcionales

Recopilación de Datos

El sistema debe ser capaz de recopilar datos en constantemente sobre el estado de carga de cada punto de carga, incluyendo la potencia de carga utilizada, el estado de ocupación de la estación (si está ocupada o libre), la cantidad de energía transferida durante la sesión de carga, la duración de la sesión de carga y cualquier información relevante sobre el vehículo conectado (por ejemplo, modelo, capacidad de la batería).

Tipo de datos

- Estado de carga: porcentaje de carga actual de la batería del vehículo.

- Disponibilidad: indica si la estación está disponible para cargar un vehículo (libre/ocupada).
- Velocidad de carga: tasa de potencia a la que se está cargando el vehículo (kW).

Datos adicionales por considerar

- Tipo de vehículo conectado (modelo, marca).
- Energía utilizada durante la sesión de carga (kWh).
- Duración de la sesión de carga (tiempo).

Frecuencia de la recopilación

- Los datos deben ser recopilados constantemente.
- Formato de los datos:
- Los datos deben almacenarse en un formato estructurado y estandarizado, en una base de datos relacional, para facilitar su transmisión, almacenamiento y análisis.

Almacenamiento de datos

Los datos recopilados deben almacenarse en una base de datos segura y confiable. La base de datos debe tener suficiente capacidad para almacenar el volumen de datos generado. Además, se debe implementar un esquema de respaldo para garantizar la disponibilidad de los datos en caso de fallos.

Recopilación de Datos - Inicio del flujo de datos

La captura de información sobre el estado de carga de cada punto de carga y otros datos relevantes comienza en las estaciones de carga de vehículos eléctricos. Los dispositivos utilizados pueden incluir sensores de carga, medidores de energía inteligentes y sistemas de gestión de carga de vehículos eléctricos (EVSE).

Datos recopilados

- Estado de carga: Porcentaje de carga actual de la batería del vehículo.
- Disponibilidad: Indica si la estación está disponible para cargar un vehículo (libre/ocupada).
- Velocidad de carga: Tasa de potencia a la que se está cargando el vehículo (kW).
- Datos adicionales: Tipo de vehículo conectado (modelo, marca), energía utilizada durante la sesión de carga (kWh), duración de la sesión de carga (tiempo).

Frecuencia de recopilación

Los datos se deben recopilar de manera constante, permitiendo al administrador verificar los datos periódicamente.

Formato De Los Datos

Se debe almacenar en un formato estructurado y estandarizado, para facilitar la transmisión, almacenamiento y análisis.

Almacenamiento de Datos

Los datos recopilados deben almacenarse en una base de datos segura y confiable. La base de datos debe tener suficiente capacidad para almacenar el volumen de datos generado, y se debe implementar un esquema de respaldo para garantizar la disponibilidad de los datos en caso de fallos.

Destino de los Datos

Los datos almacenados estarán disponibles para su posterior análisis, gestión de la red de carga y generación de informes. Estos pueden ser utilizados para optimizar la eficiencia operativa de las estaciones de carga y mejorar la experiencia del usuario. Además, los datos pueden ser utilizados para fines de facturación y seguimiento de la energía utilizada por los vehículos eléctricos.

Transmisión Segura de Datos

El sistema debe garantizar la seguridad de los datos durante la transmisión utilizando protocolos de comunicación seguros y debe implementar un sistema de autenticación robusto para verificar la identidad de las estaciones de carga y la central de monitoreo antes de permitir la transferencia de datos.

Autenticación y autorización

Se debe implementar un mecanismo de autenticación y autorización para controlar el acceso a los datos, asegurando que los usuarios solo tengan acceso a los datos correspondientes.

Integridad de los datos

Se deben implementar mecanismos para garantizar la integridad de los datos durante la transmisión, evitando alteraciones o manipulaciones en el proceso.

Ruta de los datos

La generación de datos comienza en las estaciones de carga de vehículos eléctricos, donde se recopila información sobre el estado de carga, la disponibilidad de la estación y otros datos relevantes.

Transmisión Segura de Datos

Los datos recopilados se transmiten de manera segura desde las estaciones de carga hasta la central de monitoreo, mediante un sistema que protege la confidencialidad de la información.

Cifrado de Datos

Se utiliza un algoritmo de encriptación robusto para proteger la confidencialidad de los datos durante la transmisión.

Autenticación y Autorización

Se implementa un sistema de autenticación y autorización para verificar la identidad de las estaciones de carga y la central de monitoreo antes de permitir la transferencia de datos.

Integridad de los Datos

Se implementan mecanismos para garantizar que los datos no sean alterados o manipulados durante la transmisión.

Destino de los Datos

Una vez que los datos seguros llegan a la central de monitoreo, se encuentran disponibles para su análisis, gestión de la red de carga y generación de informes. Los datos también pueden utilizarse para optimizar la eficiencia operativa de las estaciones de carga y mejorar la experiencia del usuario.

Interfaz de Usuario Intuitiva

El sistema debe contar con una interfaz de usuario amigable y fácil de usar, que permita a los operadores supervisar el estado de las estaciones de carga y tomar decisiones informadas.

Proceso De Trayecto De Los Datos

- Inicio del Flujo de Datos

La recopilación de datos comienza en las estaciones de carga de vehículos eléctricos, donde se recopila información sobre la potencia de carga utilizada, la disponibilidad de las estaciones y otros detalles relevantes.

- Interfaz de Usuario Intuitiva

La interfaz de usuario debe estar diseñada para que los operadores puedan supervisar el estado de las estaciones de carga y tomar decisiones operativas informadas.

- Visualización de Datos

El sistema proporciona herramientas para visualizar los datos actualizados, como gráficos, tablas y mapas, facilitando la comprensión de los datos por parte de los operadores.

- Detección de anomalías

Se utilizan algoritmos para detectar anomalías en el comportamiento de las estaciones de carga, lo que permite identificar rápidamente problemas potenciales.

- Predicción de la Demanda

Se aplican algoritmos de aprendizaje automático para predecir la demanda de carga en las estaciones, considerando factores como el clima, la hora del día y eventos especiales.

- Optimización de la Carga

Basándose en la predicción de la demanda y la disponibilidad de energía, el sistema optimiza la carga de los vehículos eléctricos para garantizar un funcionamiento eficiente de las estaciones de carga.

- Integración con la Red Eléctrica

El sistema interactúa con la red eléctrica para optimizar el consumo de energía y garantizar un suministro adecuado durante las sesiones de carga.

- Destino de los Datos

Los resultados del análisis se utilizan para informar a los administradores sobre el estado de las estaciones de carga y tomar medidas correctivas de manera proactiva para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema. Además, la información obtenida puede alimentar sistemas de gestión de energía más amplios para una coordinación eficiente con la red eléctrica. El sistema debe interactuar con la red eléctrica para optimizar el consumo de energía.

Localización de Estaciones

El sistema permitirá a los usuarios encontrar estaciones de carga disponibles, planificando sus rutas en función de la disponibilidad y horarios de carga.

Especificaciones

- Geolocalización: El sistema debe permitir la localización de estaciones de carga cercanas mediante el uso de aplicaciones de mapas como Google Maps.
- Disponibilidad de estaciones: El sistema debe mostrar la disponibilidad de las estaciones de carga, actualizando la información cuando los vehículos se conectan y desconectan.

Integración con aplicaciones móviles

El sistema debe ser multiplataforma, accesible tanto desde dispositivos como una PC, hasta dispositivos móviles mediante el uso de un navegador.

Inicio del Flujo de Datos

La localización de estaciones comienza con la interacción de los usuarios a través de un navegador desde un dispositivo fijo o móvil.

- Geolocalización: Los usuarios utilizan servicios de mapas y geolocalización, como GPS, para ubicar las estaciones de carga más cercanas a su ubicación actual.
- Disponibilidad: El sistema muestra la disponibilidad de las estaciones de carga constantemente, actualizando la información a medida que los vehículos se conectan y desconectan de las estaciones.
- Integración con aplicaciones móviles: El sistema proporciona un servicio web adaptable a navegadores en dispositivos móviles, facilitando su uso.

Destino de los Datos

Datos sobre la ubicación de las estaciones y su disponibilidad, informar a los conductores sobre las estaciones de carga cercanas, facilitar la planificación de viajes y garantizar que puedan acceder a una estación disponible cuando lo necesiten.

Registro de Actividad

El sistema debe mantener un registro detallado de todas las actividades de carga en cada estación, incluyendo el número de sesiones de carga, la potencia administrada por la estación durante la sesión de carga, el tiempo de inicio y finalización de la sesión, y cualquier superación de límites de medición reportada.

Especificaciones

Información por registrar:

- Fecha y hora de la sesión de carga.
- Identificador de la estación de carga.
- Duración de la sesión de carga.
- Potencia administrada durante la sesión de carga.
- Fuente de energía utilizada (CFE, paneles solares, aerogenerador).
- Tarifa por kWh establecida.

Formato de almacenamiento

Los datos se deben almacenar en un formato estructurado y estandarizado. El formato debe facilitar la consulta y el análisis de los datos.

Acceso a la información

Solo los administradores del sistema deben tener acceso a la información del registro de actividad.

Se debe proporcionar una interfaz para consultar y analizar los datos.

Trayectoria de los datos

- Inicio del Flujo de Datos: El registro de actividad comienza cuando se inicia una sesión de carga en una estación específica utilizando un sistema de gestión de carga de vehículos eléctricos (EVSE).
- Fecha y Hora de la Sesión de Carga: Se registra la fecha y la hora (en formato de fecha y hora estándar) en que se inició la sesión de carga.
- Identificador de la Estación de Carga: Se registra el identificador único (cadena de caracteres) de la estación de carga donde se realiza la sesión.
- Duración de la Sesión de Carga: Se registra el tiempo total que duró la sesión de carga (en segundos, minutos u horas).
- Energía Utilizada: Se registra la cantidad de energía transferida durante la sesión de carga (en kilowatts-hora, kWh).
- Destino de los Datos: Los datos recopilados durante la sesión de carga se almacenan en un registro detallado de actividades en la base de datos.
- Acceso a la Información: Los administradores del sistema son los únicos que tienen acceso a la información del registro de actividad a través de una interfaz dedicada, que les permite consultar y analizar los datos registrados.

4.2.2 Requerimientos No Funcionales

Seguridad

Además de los protocolos de encriptación y autenticación mencionados anteriormente, el sistema debe implementar medidas adicionales de seguridad, como el control de acceso basado en roles, la auditoría de registros de actividad y la protección contra ataques de denegación de servicio (DDoS) y ataques de inyección de código (SQL injection).

Autenticación y autorización

Se debe implementar un mecanismo de autenticación y autorización para controlar el acceso a los datos del sistema. Los usuarios solo deben tener acceso a los datos que les corresponden.

Integridad de los datos

Se deben implementar mecanismos para garantizar la integridad de los datos durante la transmisión y almacenamiento.

Escalabilidad

El diseño del sistema debe ser modular y distribuido, permitiendo la incorporación fácil y eficiente de nuevas estaciones de carga y usuarios a medida que la red crezca en tamaño y alcance. Además, debe implementar técnicas de escalado horizontal y vertical para aumentar la capacidad del sistema de manera flexible y adaptativa según sea necesario.

Arquitectura modular

El sistema debe tener una arquitectura modular que facilite la adición de nuevas funcionalidades y la ampliación de la capacidad del sistema.

Base de datos escalable

Se debe utilizar una base de datos escalable que pueda soportar el crecimiento en el volumen de datos.

Optimización de la gestión de la carga

La información de las mediciones de las estaciones de carga se puede ser utilizada por los administradores para analizar patrones de comportamiento y determinar mejoras en la estación para optimizar el uso de energía.

Mejora de la eficiencia energética

La información de los sensores se puede utilizar para identificar áreas de ineficiencia energética en las estaciones de carga.

Reducción de los costos de operación

La información de las mediciones se puede utilizar para optimizar la compra de energía y reducir los costos de operación.

Disponibilidad

El sistema debe garantizar una alta disponibilidad y confiabilidad operativa mediante la implementación de redundancias, respaldos de datos y planes de recuperación ante desastres. Además, deben establecerse procedimientos de monitoreo y alerta para detectar y responder rápidamente a posibles fallos o degradaciones del sistema.

Interoperabilidad

El sistema debe ser compatible e interoperable con diferentes tipos de estaciones de carga y dispositivos móviles para garantizar una experiencia de usuario fluida y sin inconvenientes.

Estándares abiertos

El sistema debe utilizar estándares abiertos para la comunicación con las estaciones de carga y dispositivos móviles.

Pruebas de interoperabilidad

Se deben realizar pruebas de interoperabilidad con diferentes tipos de estaciones de carga y dispositivos móviles.

Usabilidad

El sistema debe ser fácil de usar y comprender tanto para los operadores de las estaciones de carga como para los usuarios finales, promoviendo así una adopción más amplia y una mejor experiencia del usuario.

Interfaz intuitiva

La interfaz del sistema debe ser intuitiva y fácil de usar, con una navegación clara y sencilla. Se deben utilizar elementos visuales y gráficos para facilitar la comprensión de la información.

Pruebas de usabilidad

Se deben realizar pruebas de usabilidad con usuarios finales para evaluar la facilidad de uso del sistema.

4.3 Factibilidad Técnica

La viabilidad técnica de este proyecto está garantizada gracias a la disponibilidad de tecnologías maduras y en constante evolución. Se han identificado cuatro pilares clave:

Tecnología Disponible: Los sistemas de gestión de energía, comunicación IoT, protocolos estándar de carga y herramientas avanzadas de análisis de datos están ampliamente disponibles. Empresas líderes como Phoenix Contact e IBM ya utilizan estas tecnologías para optimizar la eficiencia energética, lo que valida su eficacia en proyectos similares.

Integración de Componentes: La arquitectura considera la interoperabilidad entre dispositivos mediante el uso de tecnologías como la red CAN, que garantiza la comunicación efectiva entre cargadores, sensores y sistemas de monitoreo.

Escalabilidad: La solución propuesta asegura la capacidad de crecer con la demanda futura de estaciones de carga, soportando mayores volúmenes de datos y dispositivos conectados. Esto resulta clave considerando el crecimiento proyectado en la adopción de vehículos eléctricos en México.

Pruebas y Evidencia Técnica: Estudios recientes demuestran que el uso de tecnologías como la carga inteligente puede generar ahorros de hasta 10,000.00 € anuales en costos energéticos para instalaciones medianas, validando la eficacia operativa del sistema propuesto.

4.4 Factibilidad Económica

Un análisis detallado de los costos y beneficios muestra que el proyecto es económicamente viable, siempre que se gestione de manera adecuada.

4.4.1 Costos de Implementación

1. **Hardware:** El costo inicial de los componentes clave como Raspberry Pi 4, gateways, sensores y cargadores asciende a \$75,500.00 MXN.
2. **Infraestructura en la Nube:** La inversión en servicios de Azure incluye máquinas virtuales, bases de datos y almacenamiento, con un costo mensual estimado de \$4,200.00 MXN, equivalente a \$50,400.00 MXN anuales.
3. **Retorno de Inversión (ROI):** Proyecciones iniciales sugieren ahorros significativos en costos operativos gracias a la optimización energética, que, junto con el aumento en la adopción de vehículos eléctricos, permitirá amortizar la inversión inicial en un periodo razonable.

4.5 Factibilidad Operativa

La implementación del sistema está respaldada por consideraciones prácticas que garantizan su funcionamiento continuo y eficiente.

Gestión y Mantenimiento: Se prioriza la capacitación del personal y el monitoreo proactivo mediante herramientas como Azure Monitor, lo que asegura la respuesta rápida ante fallos.

Cumplimiento Normativo: El diseño cumple con regulaciones mexicanas, como el Código de Red emitido por la CRE, que establece estándares para la eficiencia y seguridad en el Sistema Eléctrico Nacional.

Aceptación del Usuario: El enfoque en la experiencia del usuario, con pruebas de aceptación (UAT), asegura que el sistema sea intuitivo y confiable para los conductores.

4.6 Factibilidad Ambiental y Social

La propuesta presenta beneficios significativos en términos de sostenibilidad y responsabilidad social.

Impacto Ambiental: Al reducir emisiones de gases de efecto invernadero mediante una gestión energética más eficiente, el proyecto contribuye directamente a combatir el cambio climático. Por ejemplo, cada litro de diésel evitado equivale a 2.7 kg menos de CO₂ emitido.

Beneficios Sociales: La mejora en la calidad del aire y la reducción del ruido ambiental fomentan entornos urbanos más saludables. Además, los beneficios económicos derivados del ahorro energético se reflejan positivamente en transportistas y usuarios finales.

4.7 Análisis de Costos

4.7.1 Hardware Requerido

Tabla 4. Desglose de costos de hardware

ELEMENTO	COSTO UNITARIO (MXN)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (MXN)
Raspberry Pi 4 Model B (8GB)	\$ 3,500.00	2	\$ 7,000.00
Cargadores EV	\$ 20,000.00	2	\$ 40,000.00
Gateways	\$ 7,000.00	2	\$ 14,000.00
Sensores	\$ 1,500.00	4	\$ 6,000.00
Switch Gigabit Ethernet	\$ 1,500.00	1	\$ 1,500.00
Cables y conectores	-	-	\$ 2,000.00

UPS	-	-	\$ 5,000.00
Subtotal Hardware	-	-	\$ 75,500.00

4.7.2 Infraestructura en Azure

Tabla 5. Desglose de costos de Azure

SERVICIO	COSTO MENSUAL (MXN)	COSTO ANUAL (MXN)
Máquina Virtual	\$ 1,600.00	\$ 19,200.00
Azure IoT Hub	\$ 700.00	\$ 8,400.00
SQL Database	\$ 1,000.00	\$12,000.00
Azure Monitor	\$ 500.00	\$ 6,000.00
Blob Storage	\$ 400.00	\$ 4,800.00
Subtotal Azure	\$ 4,200.00	\$ 50,400.00

Total del proyecto (Primer Año): \$125,900.00 MXN

Conclusión

El proyecto es factible desde los puntos de vista técnico, económico, operativo, ambiental y social. La combinación de tecnologías maduras, un plan financiero sólido y un diseño sostenible asegura el éxito en la implementación del Sistema de Gestión Inteligente de Carga. Este sistema no solo responde a las demandas actuales de infraestructura para vehículos eléctricos, sino que también se posiciona como una solución escalable y responsable para el futuro.

4.8 Análisis de Riesgos para la Implementación de un Sistema de Gestión Inteligente de Carga (SGIC) para Estaciones de Carga de Vehículos Eléctricos

4.8.1 Riesgos Técnicos

Fallas en la Infraestructura

Descripción

El sistema depende de componentes como Raspberry Pi 4, sensores y gateways para recopilar y transmitir datos constantemente. Si alguno de estos componentes falla, se perderán datos críticos que afectan la gestión de la energía y la experiencia del usuario.

Las estaciones de carga están distribuidas geográficamente, lo que hace que los problemas técnicos sean más difíciles de gestionar, especialmente si se encuentra en áreas remotas.

Impacto

La pérdida de datos puede afectar la eficiencia operativa, la capacidad de realizar predicciones de demanda y el tiempo de carga.

Si un sistema de carga no informa correctamente su estado o disponibilidad, los usuarios podrían experimentar interrupciones en el servicio.

Mitigación

Redundancia: Implementar sistemas de respaldo para los dispositivos clave como las Raspberry Pi (por ejemplo, con almacenamiento local y sincronización posterior).

Mantenimiento Preventivo: Establecer un protocolo de mantenimiento regular y actualizaciones de software para asegurar que el sistema esté siempre optimizado.

Monitorización Remota: Desarrollar un sistema de monitoreo continuo para identificar fallos a nivel de hardware y software de manera temprana.

Interoperabilidad entre Protocolos

Descripción

Existen varios protocolos de comunicación (OCPP, ISO 15118, CCS, entre otros) utilizados en estaciones de carga de vehículos eléctricos. Aunque algunos de estos son estándares abiertos, la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes podría ser problemática, especialmente si los protocolos evolucionan o no se mantienen actualizados.

Impacto

La falta de interoperabilidad podría limitar la flexibilidad del sistema para adaptarse a nuevas tecnologías y configuraciones de carga.

Puede provocar problemas en la conexión entre vehículos y estaciones de carga, lo que afectaría la disponibilidad de servicios y la satisfacción del usuario.

Mitigación

Uso de Estándares Abiertos: Fomentar el uso de protocolos abiertos como OCPP para garantizar la compatibilidad entre diferentes estaciones de carga y fabricantes.

Pruebas de Compatibilidad: Realizar pruebas exhaustivas entre estaciones de carga y vehículos que utilicen diferentes protocolos para garantizar la correcta integración.

Actualizaciones Periódicas: Asegurar que el sistema esté preparado para actualizar los protocolos de comunicación conforme se implementen nuevos estándares de la industria.

Conectividad de Red

Descripción

El sistema depende de una conexión a internet estable para transmitir los datos a un servidor en la nube. Si hay interrupciones en la conectividad, los datos de las estaciones de carga no se podrán actualizar, lo que afectaría la gestión de la energía y la experiencia del usuario.

Impacto

La falta de conectividad podría causar retrasos en la actualización de la información de carga, lo que podría generar cuellos de botella en el servicio o en la optimización de tiempos de carga.

Si se pierden datos cruciales, el sistema podría no ser capaz de predecir correctamente los picos de demanda de energía, lo que afectaría la eficiencia energética del sistema.

Mitigación

Almacenamiento Local de Datos: Configurar las Raspberry Pi para que almacenen temporalmente los datos localmente en caso de fallos en la conectividad y luego sincronizar automáticamente cuando la red esté disponible.

Conexión Respaldo: Implementar opciones de conexión alternativas (por ejemplo, 4G) para garantizar la disponibilidad continua de datos.

4.8.2 Riesgos Operativos

Mantenimiento y Soporte

Descripción

El sistema puede requerir un mantenimiento constante debido a las actualizaciones de software, la gestión de dispositivos y la revisión del hardware. La falta de personal capacitado para realizar estas tareas o la falta de recursos para ello podría generar paradas o fallos en el sistema.

Impacto

La falta de mantenimiento podría provocar un rendimiento subóptimo del sistema, lo que afectaría la disponibilidad y confiabilidad del servicio.

El personal no capacitado podría cometer errores durante el mantenimiento, lo que incrementaría el riesgo de fallos adicionales.

Mitigación

Capacitación del Personal: Desarrollar programas de capacitación regulares para el personal encargado del mantenimiento de las estaciones de carga y la infraestructura asociada.

Monitoreo Proactivo: Utilizar herramientas de monitoreo para detectar de manera proactiva problemas operativos y abordar posibles fallos antes de que afecten a los usuarios.

Documentación Exhaustiva: Mantener documentación detallada sobre las operaciones y mantenimiento de las estaciones de carga.

Escalabilidad del Sistema

Descripción

A medida que crezca el número de estaciones de carga y vehículos eléctricos, el sistema puede enfrentarse a desafíos en términos de manejo de un mayor volumen de datos, dispositivos conectados y transacciones simultáneas.

Impacto

El sistema podría experimentar lentitud o incluso fallos si no está diseñado para escalar adecuadamente.

La capacidad de predicción de la demanda energética podría disminuir si el sistema no puede procesar adecuadamente la mayor cantidad de datos.

Mitigación

Arquitectura Modular: Diseñar la infraestructura tecnológica de manera modular y escalable para permitir la adición de más estaciones de carga sin afectar el rendimiento del sistema.

Optimización de Bases de Datos: Implementar bases de datos que puedan manejar grandes volúmenes de datos (como MySQL o PostgreSQL), con esquemas de partición y balanceo de carga para distribuir la carga de trabajo de manera eficiente.

4.8.3 Riesgos de Seguridad

Ciberseguridad

Descripción

El sistema podría ser vulnerable a ataques cibernéticos como ataques de denegación de servicio (DDoS), intrusiones o robos de datos. La infraestructura digital, especialmente en un sistema tan distribuido como este, podría ser un objetivo para atacantes malintencionados.

Impacto

Los ataques cibernéticos podrían comprometer la integridad de los datos de los usuarios, la confiabilidad del sistema de carga o incluso la infraestructura de la estación.

Los datos financieros y personales de los usuarios podrían ser vulnerables a accesos no autorizados, afectando la confianza en el sistema.

Mitigación

Cifrado de Datos: Asegurar que todos los datos transmitidos entre las estaciones de carga y el servidor estén cifrados utilizando protocolos como TLS.

Uso de protocolos de transmisión seguros.

Monitoreo de Seguridad: Implementar herramientas de monitoreo de seguridad para detectar actividades sospechosas.

4.8.4 Riesgos Financieros

Costos de Implementación

Descripción

Los costos iniciales de implementación del sistema, incluyendo hardware, infraestructura en la nube y desarrollo de software, podrían ser mayores de lo esperado. Además, las fluctuaciones en el precio de los componentes y servicios de nube podrían afectar el presupuesto.

Impacto

Un sobrecosto podría retrasar el retorno de inversión (ROI) y poner en peligro la viabilidad financiera del proyecto a corto plazo.

La falta de financiamiento adecuado podría afectar el mantenimiento y la expansión del sistema a medida que crezca la demanda.

Mitigación

Presupuesto Detallado: Realizar un análisis exhaustivo de costos y gestionar de manera efectiva los recursos financieros para garantizar que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto.

Evaluación de Riesgo Financiero: Desarrollar escenarios de riesgo financiero y tener reservas para contingencias imprevistas.

Capítulo 5. Diseño De Sistema

5.1 Arquitectura Del Sistema

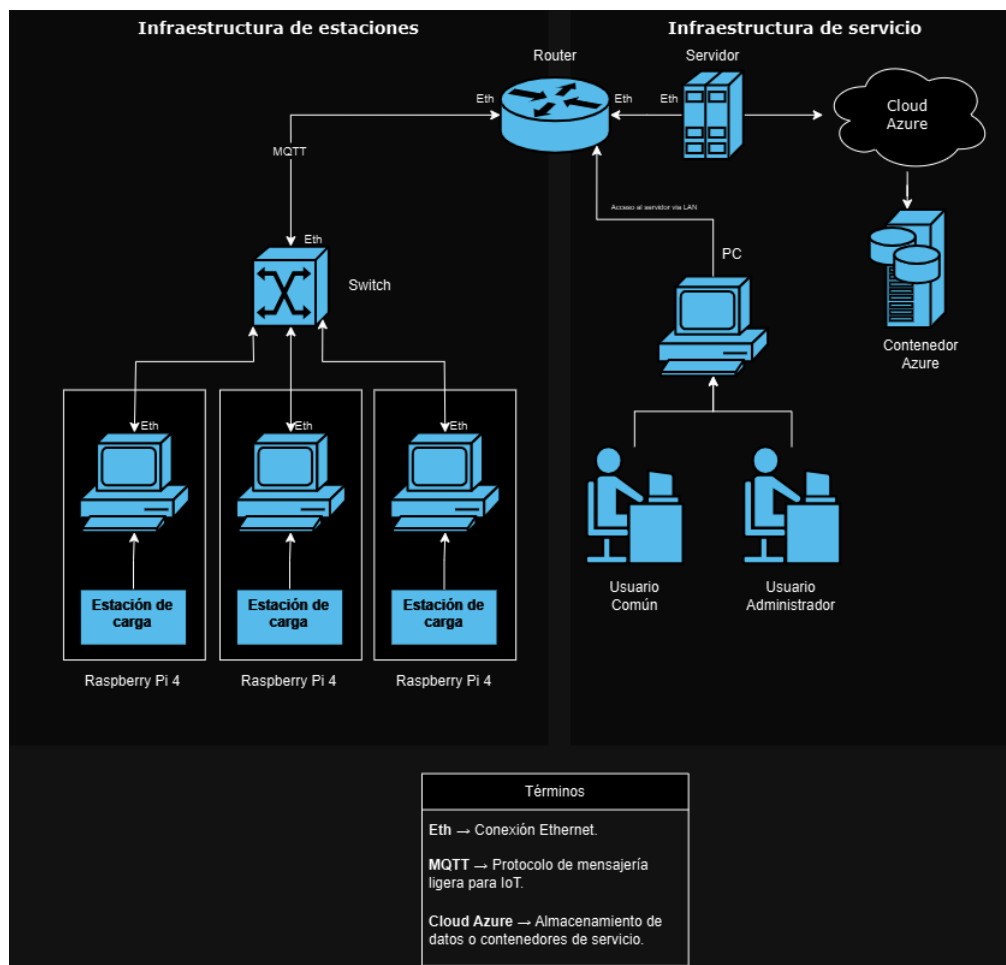


Figura 6. Diagrama de arquitectura del sistema

5.2 Módulos Generales del Sistema

5.2.1 Gestión de Estaciones de Carga

Este módulo se encarga de gestionar y monitorear las estaciones de carga de manera centralizada.

Funcionalidades

- Registro y mantenimiento de información sobre cada estación de carga (ubicación, capacidades, estado operativo, etc.).

- Programación de mantenimiento preventivo y gestión de eventos de mantenimiento correctivo.

- Supervisión del estado operativo de las estaciones y detección de fallos.

5.2.2 Gestión de Usuarios

Este módulo administra la información y las interacciones con los usuarios del sistema, incluyendo conductores de vehículos eléctricos y administradores de estaciones.

Funcionalidades

- Registro y autenticación de usuarios.

- Gestión de perfiles de usuario.

5.2.3 Gestión de Recursos de Energía

Este módulo se encarga de la gestión eficiente de los recursos energéticos disponibles para la carga de vehículos eléctricos.

Funcionalidades

- Optimización del uso de la energía eléctrica disponible en función de la demanda y las capacidades de carga.

- Integración de fuentes de energía renovable y gestión de almacenamiento de energía.

- Prevención de sobrecargas y optimización de la distribución de la carga.

5.2.4 Comunicación e Interoperabilidad

Este módulo facilita la comunicación entre los diferentes componentes del sistema y la interoperabilidad con sistemas externos.

Funcionalidades

Implementación de protocolos de comunicación estándar (por ejemplo, OCPP) para la interacción con los puntos de carga.

Integración con redes de comunicación inalámbrica (Wi-Fi, 4G/5G) para la transmisión de datos constantemente.

Intercambio de datos con sistemas de gestión de flotas, proveedores de servicios y entidades reguladoras.

5.2.5 Análisis y Reportes

Este módulo proporciona capacidades de análisis de datos para evaluar el rendimiento del sistema y generar informes detallados.

Funcionalidades

Recopilación y almacenamiento de datos operativos y de rendimiento.

Análisis de tendencias de uso y comportamiento de carga.

Generación de informes de eficiencia energética, cumplimiento normativo y métricas de rendimiento.

5.2.6 Gestión de Seguridad y Control de Acceso

Este módulo garantiza la seguridad y protección de datos en todas las interacciones del sistema.

Funcionalidades

Implementación de medidas de seguridad robustas, como autenticación de dos factores y cifrado de datos.

Supervisión y gestión de accesos autorizados a las estaciones de carga y al sistema en general.

Monitoreo continuo de amenazas de seguridad y respuesta a incidentes.

5.2.7 Interfaz de Usuario (UI/UX)

Este módulo proporciona interfaces intuitivas y amigables para los usuarios finales y administradores del sistema.

Funcionalidades

Desarrollo de aplicaciones móviles y web para la localización de estaciones y seguimiento de actividades.

Diseño de paneles de control para administradores con información en actualizada y herramientas de gestión.

5.3 Modelo De Negocio

5.3.1 Reglas De Negocio

Registro y Autenticación:

- Regla: Antes de acceder a las funciones de carga, los usuarios deben registrarse y autenticarse.
- Restricción: La autenticación debe cumplir con estándares de seguridad para garantizar la protección de los datos.
- Datos Actuales: Hay diversas tecnologías y métodos disponibles para el registro y la autenticación de usuarios. Por ejemplo, .NET 6.0 ofrece un tutorial para el registro de usuarios y la autenticación con JWT. Además, Firebase proporciona una forma de autenticar a los usuarios y almacenar datos en una base de datos.

Tarifas de Carga

- Regla: El cálculo de la tarifa de carga se basará en la energía consumida y puede variar según la hora del día.
- Restricción: Las tarifas deben ser transparentes para los usuarios y actualizarse según la normativa local.
- Datos Actuales: Según el Laboratorio Nacional de Energía Renovable e Idaho National Laboratory, el costo promedio de carga de un vehículo eléctrico en los Estados Unidos varía entre ocho centavos por kilovatio-hora (kWh) y 27 centavos por kWh, con un promedio de 15 centavos por kWh.

Patentes y Desarrollos

En cuanto a las patentes, empresas como Toyota, Hyundai y Ford han liderado este espacio, con una amplia cartera de patentes que abarcan varios aspectos de la tecnología de carga de vehículos eléctricos. Además, en los últimos cinco años, se han destacado startups como Polyplus Battery, Terrawatt Technology y Soteria Battery Innovation, todas enfocadas en el área de baterías de vehículos eléctricos, así como Nucurrent y Solarlytics en el almacenamiento de energía.

Optimización de Carga

- Regla: El sistema optimizará la carga de vehículos para reducir costos y evitar picos de demanda.
- Restricción: La optimización debe ser transparente para los usuarios y no afectar la disponibilidad de carga.
- Datos Actuales: Actualmente, se están llevando a cabo investigaciones y desarrollos sobre la optimización de la carga de vehículos eléctricos. Por ejemplo, un estudio reciente sugiere el uso de algoritmos genéticos para estimar el tamaño óptimo de los sistemas de carga.

- Empresas Patentando: Según un análisis de patentes, empresas líderes en este campo incluyen a Huawei, AeroVironment, Toyota, Aisin, Pioneer, Hitachi, O2Micro International, Honda Motor, Mitsubishi Electric, Intellectual Ventures Management, Porsche Automobil, General Motors, LG, Denso, Tesla, KT, Emerging Automotive y Webasto Charging Systems.

Mantenimiento Preventivo

- Regla: El mantenimiento preventivo se realizará según el análisis de datos y diagnósticos remotos.
- Restricción: Se busca minimizar el mantenimiento no planificado para asegurar la disponibilidad de carga.
- Datos Actuales: El mantenimiento general de la infraestructura de carga implica almacenar de manera segura los cables, realizar verificaciones periódicas y mantener el equipo limpio. A veces, los cargadores pueden necesitar reparaciones y solucionar problemas intermitentes. Se estima que los propietarios de estaciones deben calcular los costos de mantenimiento promedio de hasta \$400 anuales por cargador.
- Empresas Patentando: Hyundai, Ford, Mitsubishi y Toyota son algunas de las empresas que han presentado patentes en el área de mantenimiento preventivo para estaciones de carga de vehículos eléctricos.

Seguridad del Usuario

- Regla: La estación debe garantizar la seguridad física y cibernética de los usuarios y sus vehículos durante la carga.
- Restricción: Los datos del usuario deben manejarse con privacidad y cumplir con las regulaciones de protección de datos.
- Datos Actuales: Las estaciones de carga de vehículos eléctricos recopilan una gran cantidad de datos del usuario, incluyendo información personal, historial de carga y datos de ubicación. Sin medidas de protección adecuadas, esta información se vuelve vulnerable a accesos no autorizados, representando una grave amenaza para la privacidad del usuario.
- Empresas Patentando: Qualcomm, Hyundai, Ford, Mitsubishi y Toyota son algunas de las empresas que han presentado patentes en el área de seguridad del usuario en estaciones de carga de vehículos eléctricos.

Integración con la Red Eléctrica

- Regla: La estación participará en programas de gestión de la demanda y utilizará energía renovable siempre que sea posible.
- Restricción: La integración con la red eléctrica debe cumplir con las regulaciones locales y nacionales.
- Datos Actuales: Según la Agencia Internacional de Energía, la electrificación del transporte es un motor importante de la descarbonización en su Escenario de Emisiones Netas Cero

para 2050. La integración de los vehículos eléctricos (VE) con la red eléctrica puede ser beneficiosa para la gestión de la demanda y la estabilidad de la red.

- Empresas Patentando: Según un análisis de patentes, las empresas líderes en la integración de la red de vehículos eléctricos incluyen a Qualcomm, Hyundai, Ford, Mitsubishi y Toyota.

Compatibilidad con Vehículos

- Regla: La estación debe ser compatible con los estándares de carga de vehículos eléctricos más utilizados en la región.
- Restricción: Se debe realizar una actualización periódica para adaptarse a nuevas versiones de estándares de carga.
- Datos Actuales: Existen varios estándares de carga para vehículos eléctricos, incluyendo CHAdeMO, CCS, Tesla Supercharger y otros. La infraestructura de carga debe ser compatible con estos estándares para asegurar la interoperabilidad con diferentes modelos de vehículos eléctricos.
- Empresas Patentando: Las empresas líderes en la compatibilidad de vehículos incluyen a ChargePoint, ABB, Shell, Siemens, Schneider Electric, Tesla, Eaton Corporation, Webasto Group, Cyber Switching Patents LLC y TGOOD Global Ltd.

Notificaciones y Alertas

- Regla: El sistema enviará notificaciones al administrador sobre los reportes generados.
- Restricción: Las notificaciones deben ser oportunas y claras para el usuario administrador.
- Datos Actuales: Existen soluciones de software que proporcionan notificaciones sobre el estado de la carga, como ChargeFinder y CURRENT.
- Empresas Patentando: Ford ha patentado tecnologías de notificación y alerta para estaciones de carga de vehículos eléctricos.

Certificación Ambiental

- Regla: La estación debe cumplir con estándares de sostenibilidad y recibir certificaciones ambientales.
- Restricción: Se deben implementar prácticas sostenibles en la operación y mantenimiento de la estación.
- Datos Actuales: Existen organismos de certificación como UL Solutions y TÜV SÜD que ofrecen servicios de certificación para componentes de infraestructura de carga de vehículos eléctricos, incluyendo estándares de seguridad y rendimiento.
- Empresas Patentando: Las empresas líderes en la certificación ambiental incluyen a ChargePoint, ABB, Shell, Siemens, Schneider Electric, Tesla, Eaton Corporation, Webasto Group, Cyber Switching Patents LLC y TGOOD Global Ltd.

Gestión de Incidentes

- Regla: El sistema debe registrar y gestionar incidentes, como interrupciones en el suministro eléctrico o fallas en los componentes de la estación.
- Restricción: Se deben tomar medidas rápidas para resolver incidentes y minimizar el impacto en los usuarios.
- Datos Actuales: La arquitectura de seguridad para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos incluye medidas de seguridad técnicas recomendadas que los operadores de puntos de carga (CPO) pueden utilizar para prevenir y detectar ataques de sabotaje y fraude en la infraestructura de carga de vehículos eléctricos.
- Empresas Patentando: Según un análisis de patentes, las empresas líderes en la gestión de incidentes para estaciones de carga de vehículos eléctricos incluyen a Qualcomm, Hyundai, Ford, Mitsubishi y Toyota.

Accesibilidad

- Regla: La estación de carga debe ser accesible para personas con discapacidades y cumplir con las normativas de accesibilidad.
- Restricción: Se deben proporcionar adaptaciones, como interfaces de usuario accesibles y opciones de carga adaptadas.
- Datos Actuales: La Junta de Acceso de EE. UU. ha publicado Recomendaciones de Diseño para Estaciones de Carga de Vehículos Eléctricos Accesibles, un documento de asistencia técnica que revisa los requisitos existentes y las nuevas recomendaciones para hacer que las estaciones de carga de vehículos eléctricos sean accesibles.
- Empresas Patentando: Según un análisis de patentes, las empresas líderes en la accesibilidad de vehículos incluyen a ChargePoint, ABB, Shell, Siemens, Schneider Electric, Tesla, Eaton Corporation, Webasto Group, Cyber Switching Patents LLC y TGOOD Global Ltd.

Informe de Sostenibilidad

- Regla: Se generará un informe periódico de sostenibilidad que destaque el impacto ambiental de la estación y su contribución a la reducción de emisiones.
- Restricción: La información debe ser precisa y verificable, cumpliendo con estándares de informes de sostenibilidad.
- Datos Actuales: Shell publica un Informe de Sostenibilidad anual que destaca su creciente negocio de carga de vehículos eléctricos y su contribución a la reducción de emisiones.
- Empresas Patentando: Las empresas líderes en la certificación ambiental incluyen a ChargePoint, ABB, Shell, Siemens, Schneider Electric, Tesla, Eaton Corporation, Webasto Group, Cyber Switching Patents LLC y TGOOD Global Ltd.

5.4 Actores del Sistema

Usuarios de Vehículos Eléctricos

Los usuarios de vehículos eléctricos son individuos que utilizan las estaciones de carga para recargar sus vehículos.

Responsabilidades y Acciones

- Localiza estaciones de carga disponibles a través de aplicaciones móviles o mapas en línea.
- Conecta el vehículo eléctrico a los puntos de carga y comienza el proceso de recarga.
- Monitorea el estado de las estaciones desde la interfaz.

Administradores de Estaciones de Carga

Los administradores son responsables de operar y mantener las estaciones de carga eléctrica, ya sea en entornos públicos o privados.

Responsabilidades y Funciones

- Gestionar la disponibilidad y el mantenimiento regular de las estaciones de carga.
- Supervisar y optimizar la eficiencia operativa de las estaciones, incluyendo la resolución de problemas técnicos.
- Coordinar el soporte técnico y el servicio al cliente para los usuarios de las estaciones de carga.
- Colaborar con proveedores de energía y autoridades reguladoras para cumplir con los estándares de seguridad y normativas locales.
- Contar con un conocimiento detallado de las especificaciones de cada estación de carga, incluyendo el comportamiento de los bancos de baterías, para establecer de manera precisa los parámetros de funcionamiento, garantizando la eficiencia y preservando la integridad de la estación.

Desarrolladores y Proveedores de Tecnología

Las empresas de desarrollo y proveedores de tecnología son responsables de crear y suministrar los componentes tecnológicos necesarios para el sistema de carga eléctrica.

Funciones y Contribuciones

- Desarrollar software y hardware especializado para puntos de carga inteligentes, sistemas de gestión de energía y aplicaciones móviles de usuario.
- Proporcionar actualizaciones de software y soporte técnico continuo para mantener el funcionamiento óptimo del sistema.
- Colaborar con otros actores del sistema para garantizar la interoperabilidad y la seguridad de la red de comunicación.

Proveedores de Energía y Servicios Públicos

Los proveedores de energía y servicios públicos suministran la electricidad utilizada por las estaciones de carga eléctrica.

Responsabilidades y Contribuciones

- Garantizar un suministro confiable y estable de energía eléctrica a las estaciones de carga.
- Integrar fuentes de energía renovable en la red eléctrica para promover la sostenibilidad.
- Colaborar con los administradores de estaciones de carga para implementar tarifas y modelos de facturación adecuados para el servicio de carga.

Entidades Reguladoras y Gubernamentales

Las entidades reguladoras y gubernamentales establecen normativas y políticas relacionadas con la infraestructura de carga eléctrica.

Funciones y Responsabilidades

- Establecer estándares de seguridad, interoperabilidad y eficiencia para las estaciones de carga eléctrica.
- Implementar incentivos y programas de subvención para promover la adopción de vehículos eléctricos y la infraestructura de carga.
- Supervisar el cumplimiento de las regulaciones y normativas locales relacionadas con la movilidad eléctrica.

Empresas de Mantenimiento y Servicios Técnicos

Las empresas de mantenimiento y servicios técnicos brindan soporte especializado en la instalación, mantenimiento y reparación de equipos de carga eléctrica.

Roles y Tareas

- Realizar inspecciones y mantenimiento preventivo en las estaciones de carga para garantizar su funcionamiento óptimo.
- Ofrecer servicios de reparación y diagnóstico de averías en caso de fallos o problemas operativos.
- Capacitar al personal de mantenimiento y operaciones de las estaciones de carga en procedimientos de mantenimiento adecuados.

Proveedores de Infraestructura Urbana y Comercial

Los proveedores de infraestructura urbana y comercial facilitan la ubicación estratégica e instalación de puntos de carga eléctrica en entornos urbanos y comerciales.

Funciones y Colaboraciones

- Integrar estaciones de carga en edificios, aparcamientos, centros comerciales y otras ubicaciones públicas y privadas.
- Desarrollar e implementar políticas y estrategias de despliegue de infraestructura de carga para apoyar la transición hacia la movilidad eléctrica.

5.5 Modelo de Comportamiento

Usuario de Vehículo Eléctrico

Acciones:

- Localización de Estaciones de Carga: Utiliza una aplicación móvil o un mapa en línea para encontrar estaciones de carga cercanas.
- Inicio de la Carga: Conecta el vehículo eléctrico al punto de carga y comienza el proceso de recarga.
- Monitoreo del Proceso: Supervisa el estado de la carga a través de la aplicación móvil, recibiendo notificaciones sobre el progreso y la finalización.
- Finalización de la Carga: Recibe una notificación cuando la carga está completa y desconecta el vehículo del punto de carga.
- Pago por el Servicio: Realiza el pago por el servicio de carga, utilizando métodos de pago integrados en la aplicación.

Administrador de Estación de Carga

Acciones:

- Gestión de Disponibilidad: Supervisa la disponibilidad y el estado operativo de las estaciones de carga.
- Planificación de Mantenimiento: Programa y coordina actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Atención al Cliente: Brinda soporte técnico y atención al cliente a los usuarios de las estaciones de carga.
- Optimización de Recursos: Gestiona la capacidad de carga y distribución de energía para maximizar la eficiencia operativa.
- Reporte de Métricas: Genera informes y métricas de rendimiento de la estación de carga para análisis y mejora continua.

Desarrollador/Proveedor de Tecnología

Acciones:

- Desarrollo de Software/Hardware: Diseña y desarrolla software y hardware especializado para puntos de carga inteligentes y sistemas de gestión.
- Integración de Sistemas: Integra componentes tecnológicos para garantizar la interoperabilidad y funcionalidad del sistema.
- Actualizaciones y Mantenimiento: Proporciona actualizaciones de software y mantenimiento técnico continuo para garantizar el rendimiento óptimo del sistema.

Proveedor de Energía y Servicios Públicos

Acciones:

- **Suministro de Energía:** Garantiza un suministro confiable de energía eléctrica a las estaciones de carga.
- **Integración de Energías Renovables:** Introduce fuentes de energía renovable en la red eléctrica para promover la sostenibilidad.
- **Facturación y Tarifas:** Establece modelos de facturación y tarifas adecuadas para el servicio de carga eléctrica.

Entidades Reguladoras y Gubernamentales

Acciones:

- **Establecimiento de Normativas:** Define estándares de seguridad, interoperabilidad y eficiencia para las estaciones de carga eléctrica.
- **Incentivos y subvenciones:** Implementa programas de incentivos y subvenciones para promover la adopción de vehículos eléctricos y la infraestructura de carga.
- **Supervisión y Cumplimiento:** Supervisa el cumplimiento de las regulaciones locales relacionadas con la movilidad eléctrica.

Empresas de Mantenimiento y Servicios Técnicos

Acciones:

- **Mantenimiento Preventivo:** Realiza inspecciones y mantenimiento regular en las estaciones de carga para garantizar su funcionamiento óptimo.
- **Reparaciones y Diagnóstico:** Ofrece servicios de reparación y diagnóstico de averías en caso de fallos o problemas técnicos.
- **Capacitación del Personal:** Capacita al personal de mantenimiento y operaciones en procedimientos de mantenimiento adecuados.

Proveedores de Infraestructura Urbana y Comercial

Acciones:

- **Instalación y Despliegue de Infraestructura:** Facilita la ubicación e instalación de puntos de carga eléctrica en entornos urbanos y comerciales.
- **Desarrollo de Políticas y Estrategias:** Desarrolla políticas y estrategias de despliegue de infraestructura de carga para apoyar la movilidad eléctrica.

5.6 Diagrama De Casos De Uso

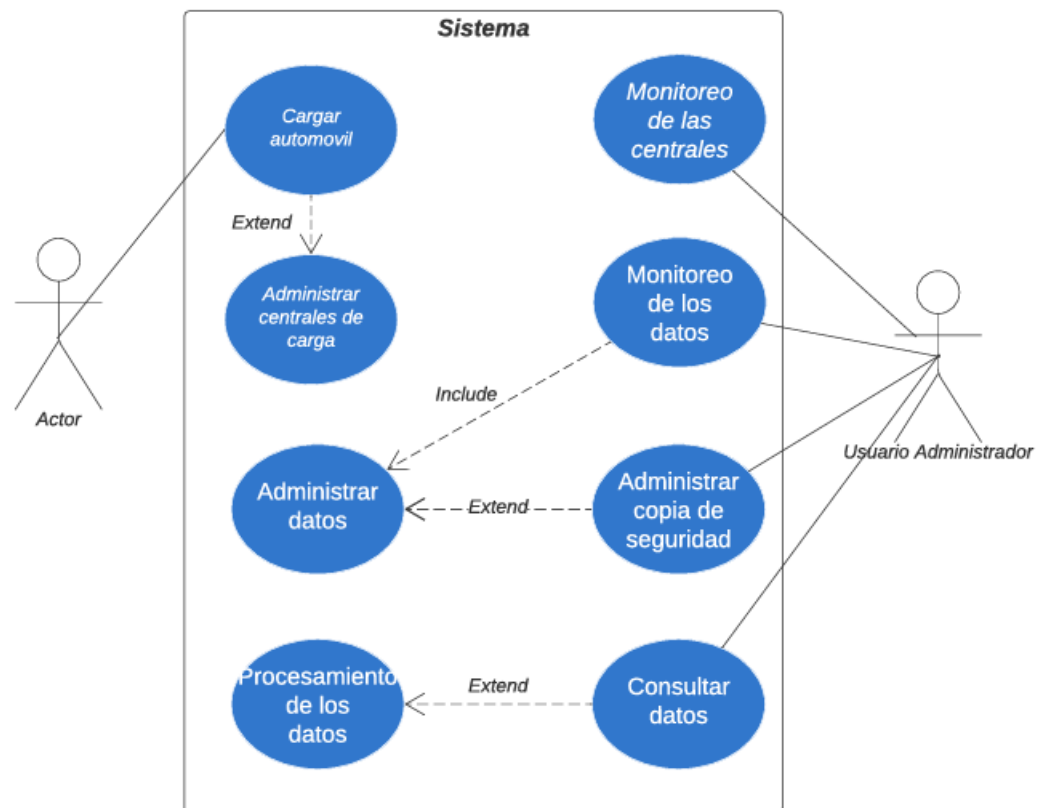


Figura 7. Diagrama de casos de uso

5.7 Diagrama Entidad-Relación

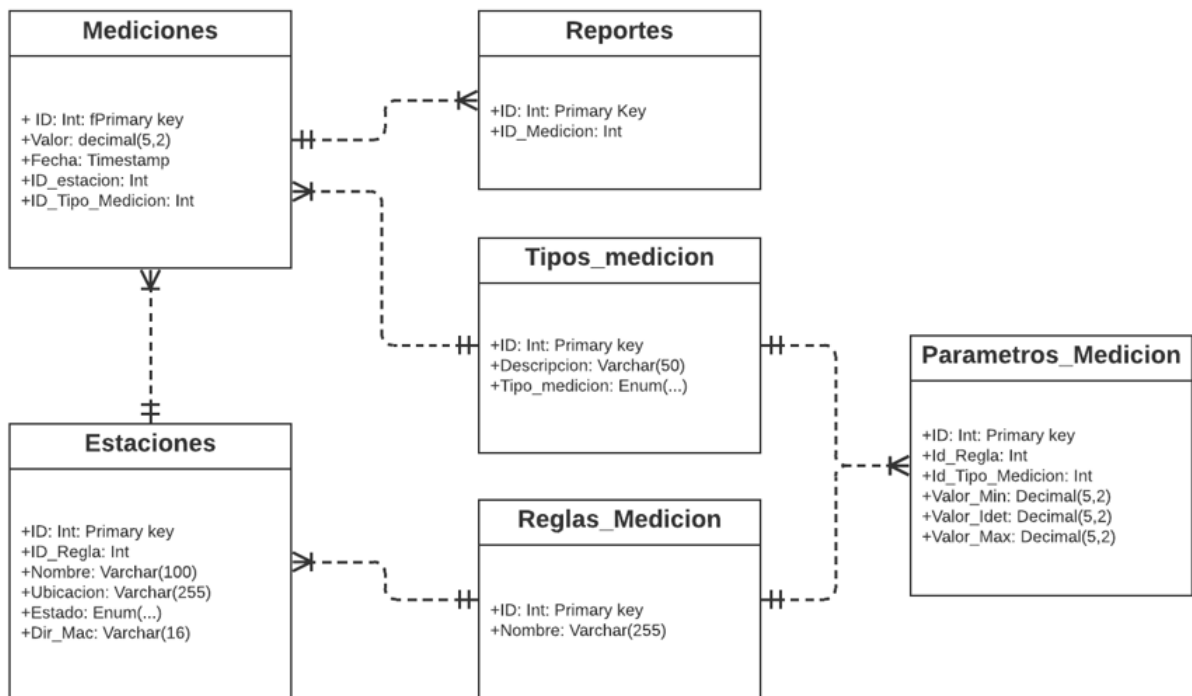


Figura 8. Diagrama entidad-relación

5.8 Diagrama

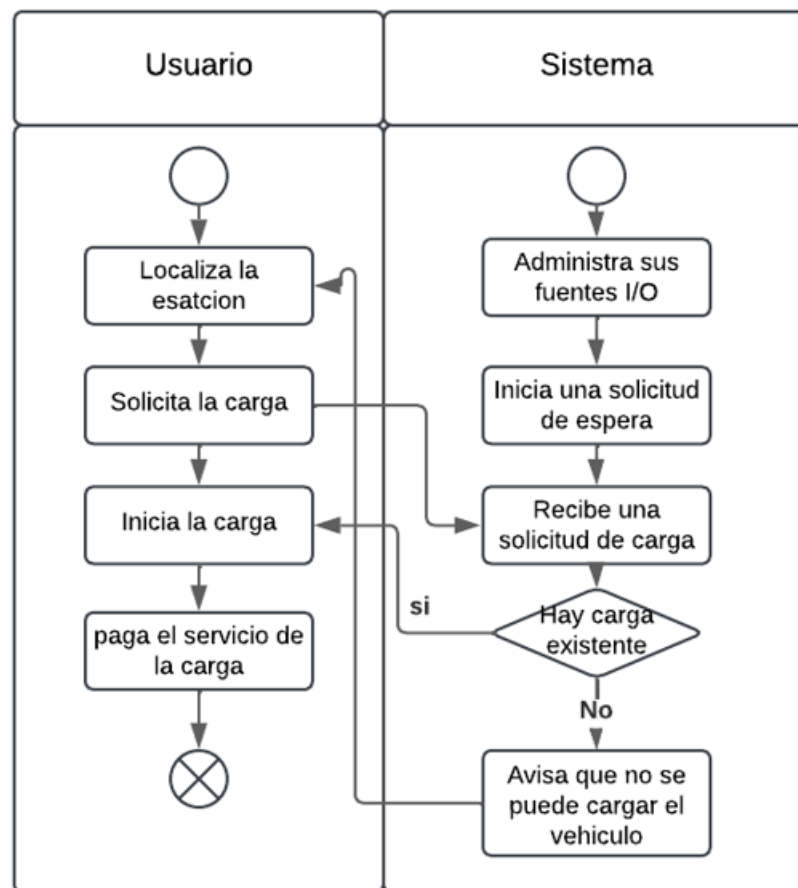


Figura 9. Diagrama

5.9 Diagrama de componentes

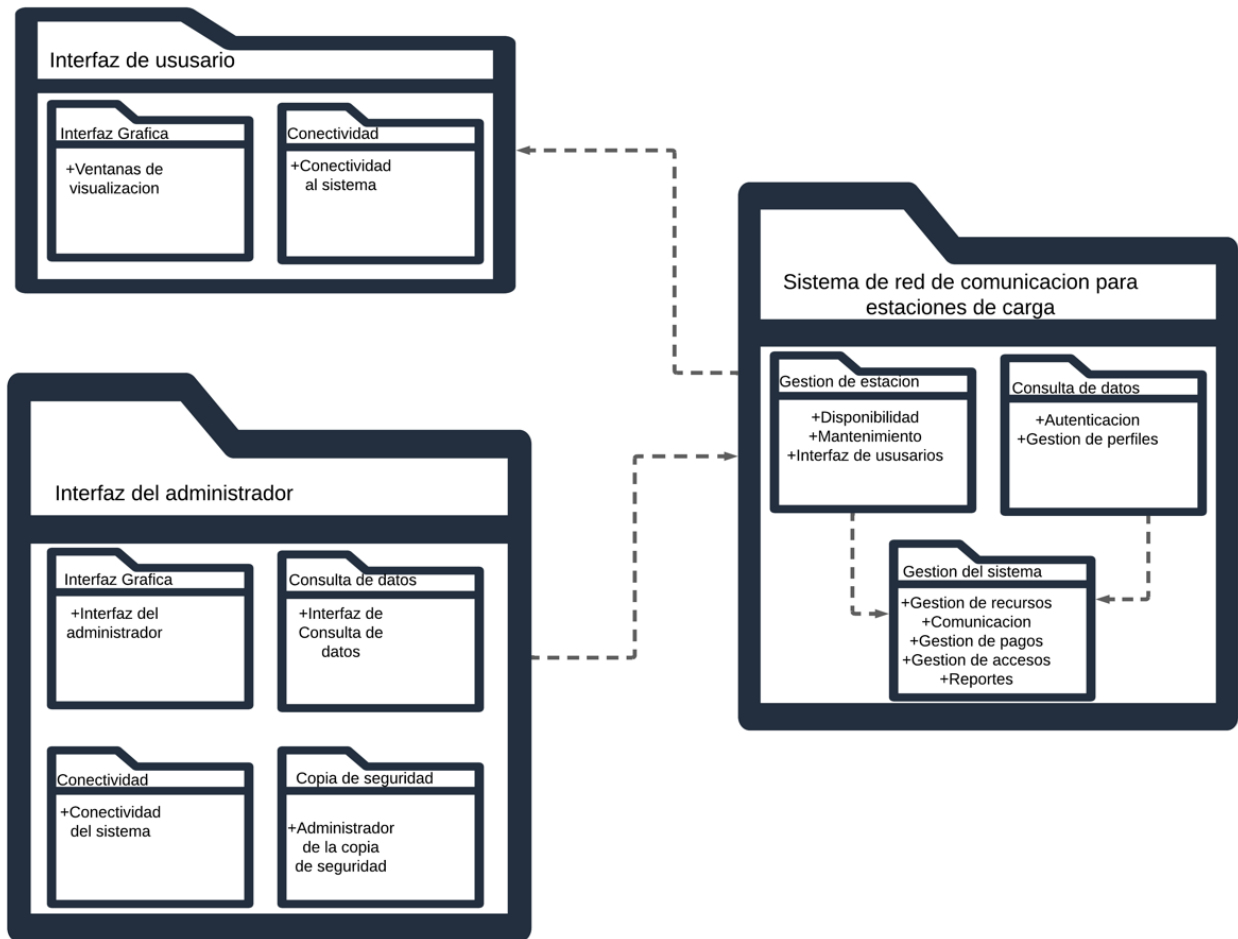


Figura 10. Diagrama de componentes

5.10 Diagrama De Manejo De Datos

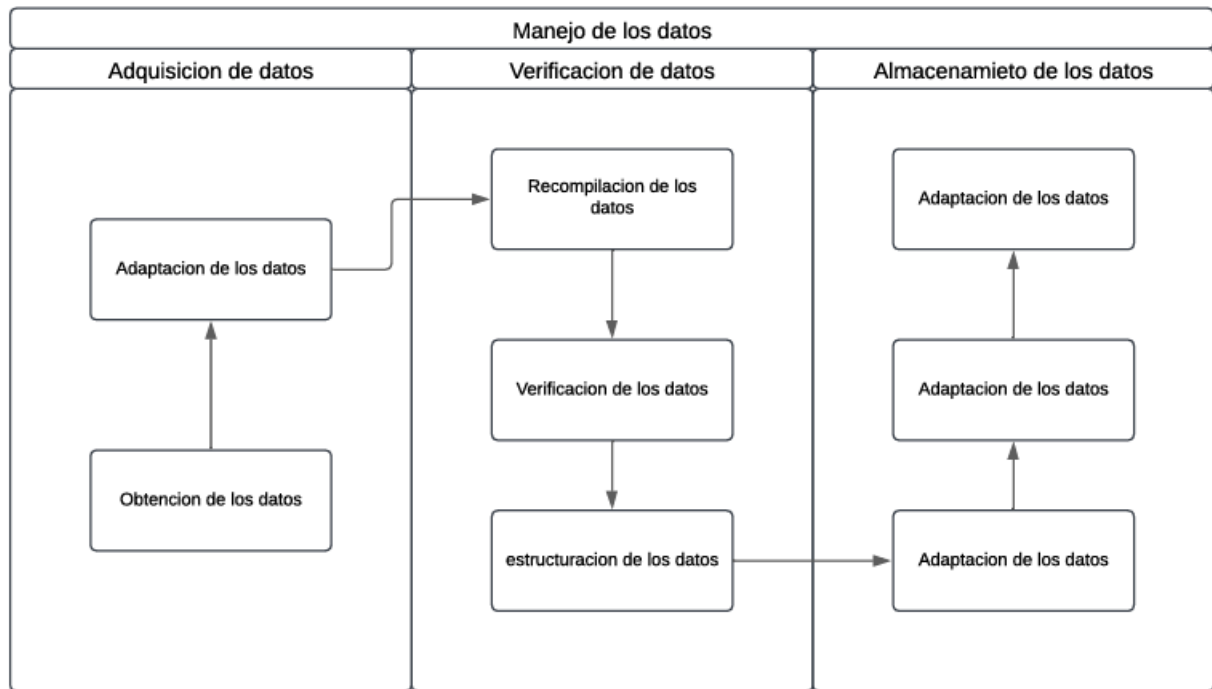


Figura 11. Diagrama de manejo de datos

5.11 Diagrama De Seguridad

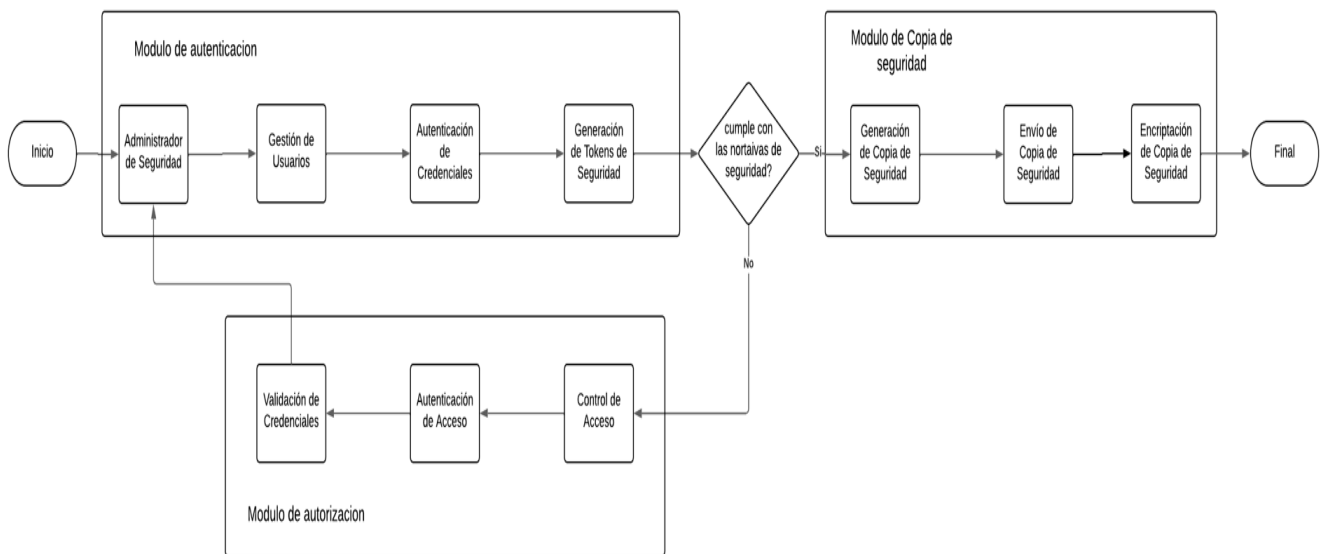


Ilustración 11: Diagrama De Seguridad

Capítulo 6. Pruebas De Sistema

Desarrollo del sistema

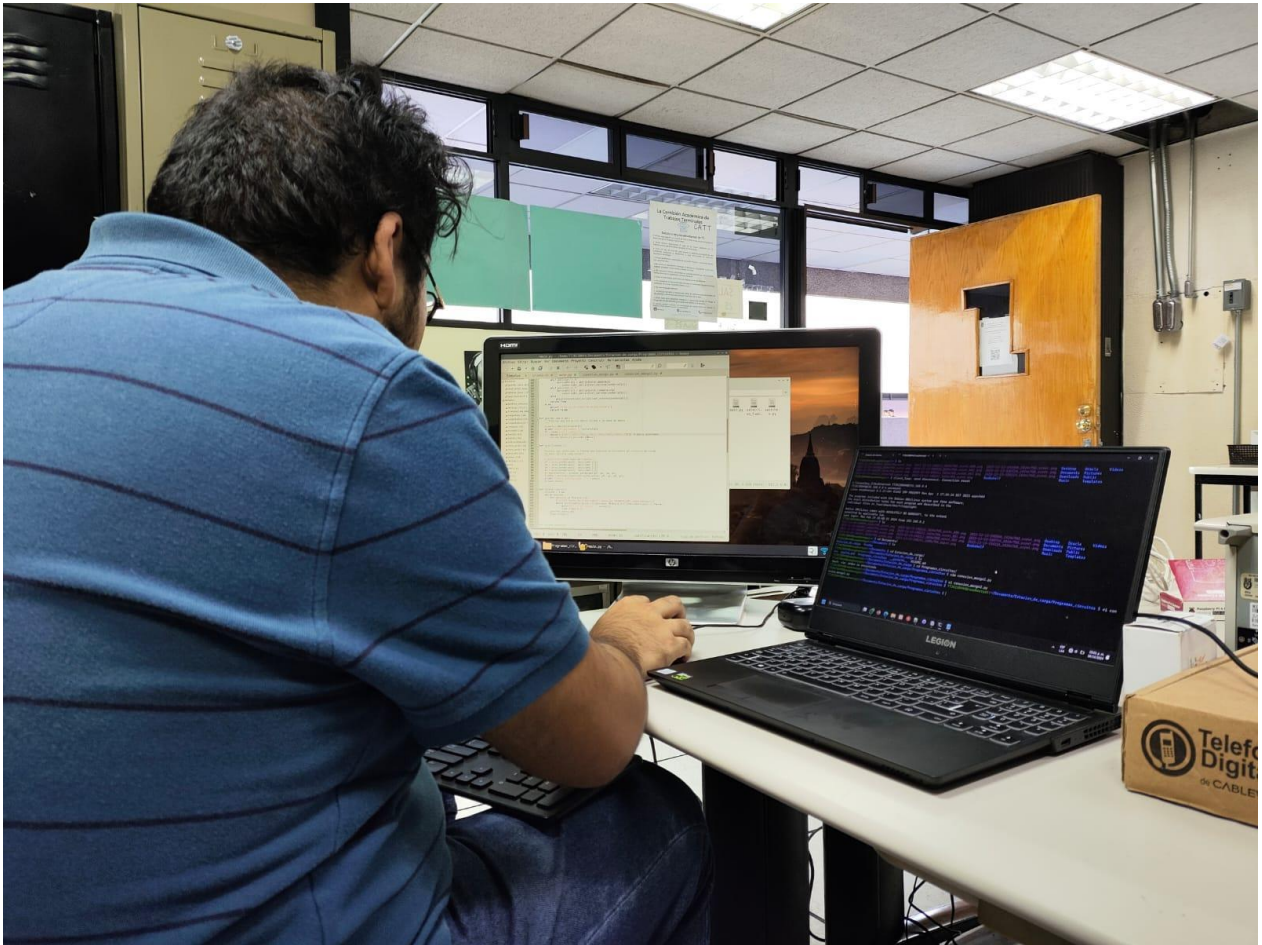


Figura 12. Desarrollo de la base de datos

Se realizó un análisis exhaustivo de la base de datos en MongoDB utilizada en el proyecto previo de estaciones de carga, con el propósito de desarrollar scripts que permitieran monitorear su actividad. Estos scripts fueron diseñados para retransmitir la información recopilada hacia el servidor, donde sería almacenada en la base de datos con el objetivo de facilitar su uso y consulta posterior.

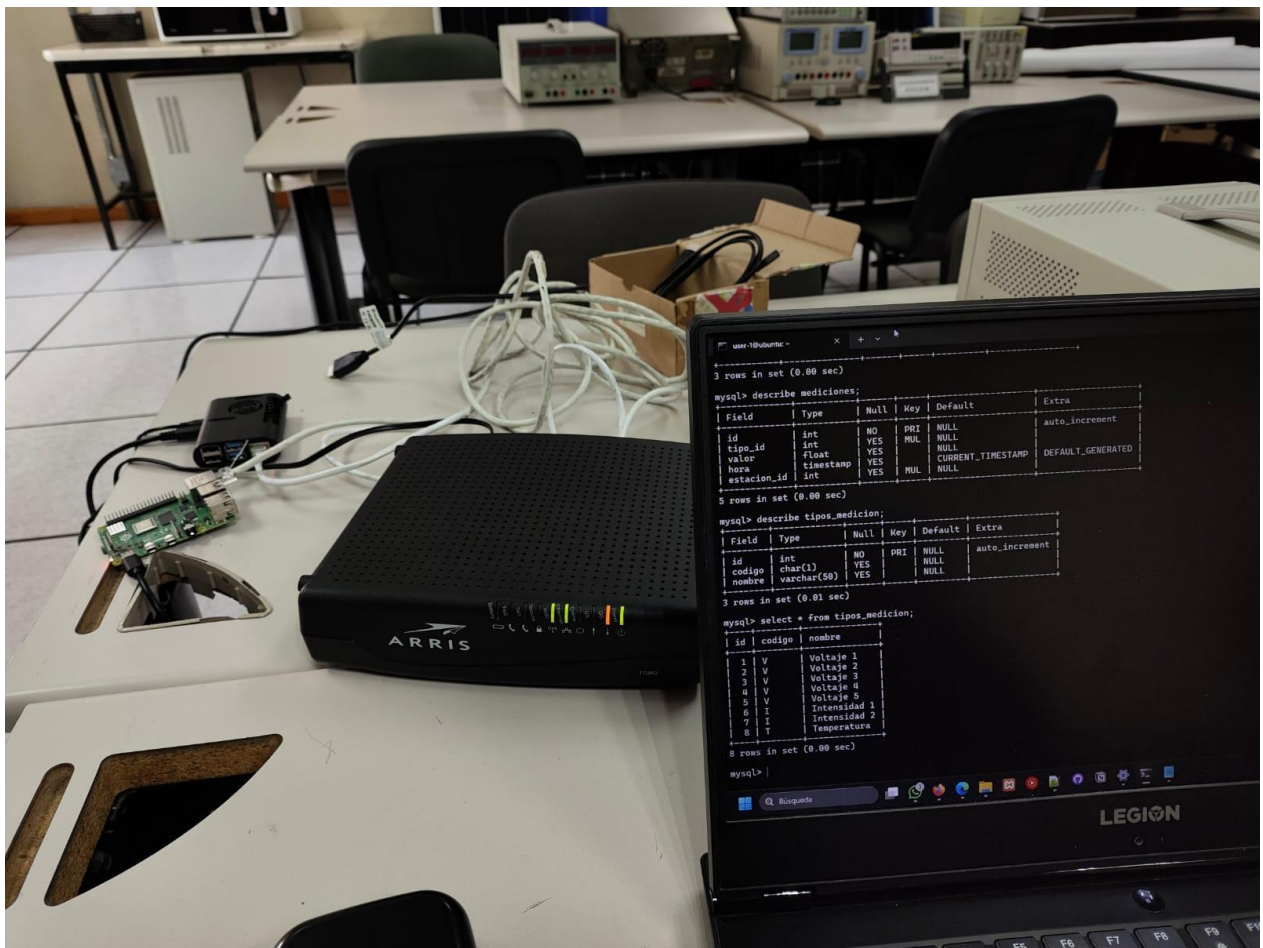


Figura 13. Conexión a la base de datos a través de la red

Se llevaron a cabo simulaciones de registros de entrada en la base de datos con el objetivo de poblarla y verificar la correcta implementación de las tablas y sus relaciones. Este proceso permitió evaluar la eficacia de las relaciones definidas, identificar posibles mejoras y realizar las modificaciones necesarias para optimizar el acceso a los datos, así como para minimizar la redundancia de información innecesaria.

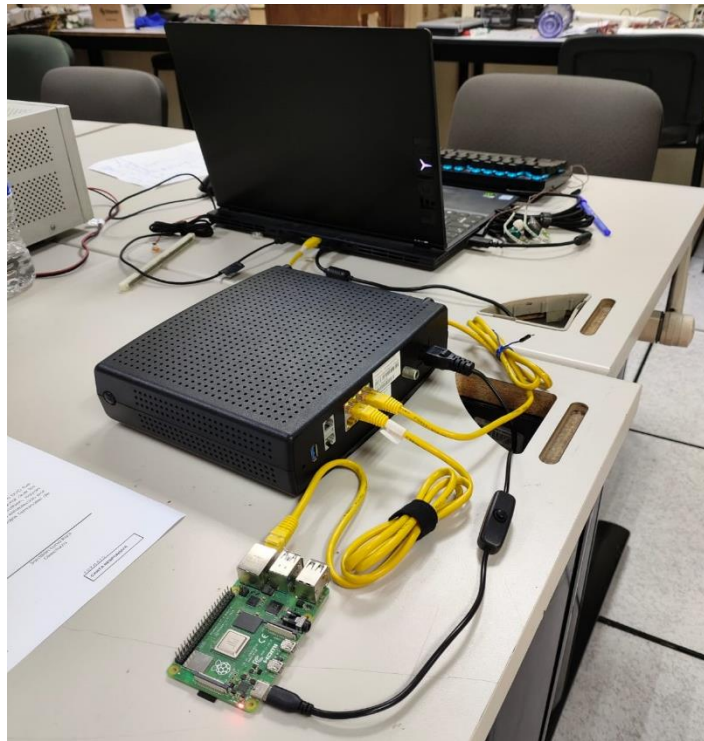


Figura 14. Conexión del sistema

Se realizaron las conexiones conforme a la arquitectura diseñada, estableciendo enlaces SSH con las Raspberry Pi para cargar los scripts de cliente y servidor, así como para simular el funcionamiento de una estación en uso y su integración con el protocolo MQTT.

Durante el desarrollo del sistema, se configuraron direcciones IP estáticas desde el router para facilitar las conexiones. No obstante, en etapas posteriores, mantener estas direcciones estáticas solo es necesario para el servidor, ya que una de las ventajas del protocolo MQTT es que los clientes únicamente requieren conocer la dirección IP del bróker para poder enviar y recibir mensajes, eliminando la necesidad de configuraciones fijas para los clientes.



Figura 15. Desarrollo de interfaz

Se utilizaron máquinas virtuales para simular el funcionamiento de las estaciones de carga y transmitir datos al servidor. Para ello, únicamente fue necesario contar con un respaldo de la base de datos en MongoDB, similar al utilizado por las estaciones de carga reales, junto con un script encargado de registrar nuevos datos en la base de manera automatizada.

Además se creó la interfaz del servicio web, que permite a los administradores monitorear las estaciones y modificar los parámetros de operación.

Interfaces del sistema

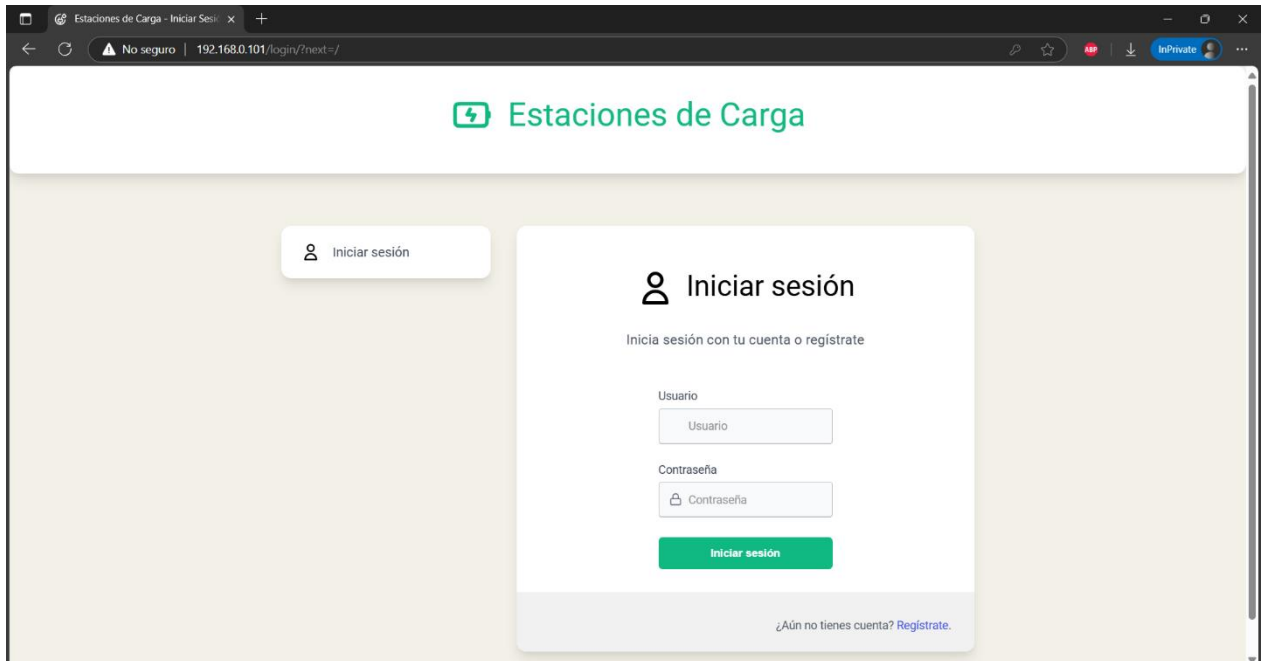


Figura 16. Interfaz de inicio de sesión

En la figura 16 se muestra una captura de pantalla de la interfaz de inicio de sesión, para los usuarios registrados en el sistema. El desarrollo de la interfaz se realizó con HTML, CSS y JavaScript, así como las herramientas que proporciona el framework Django para el despliegue de información y procesamiento de datos.

Estaciones de Carga

-  Estaciones
-  Parámetros
-  Estadísticas
-  Cerrar sesión

Estaciones

Consulta el estado actual de las estaciones.

Nombre	Ubicación	Estado
Estacion ESCOM	Link	Disponible
Estacion ESIME	Link	Fuera de servicio
Estación ESIA	Link	No disponible
Estacion ESCA	Link	Fuera de servicio

 Ver más

Parámetros de operación

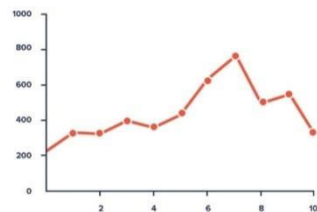
Modifica los parámetros de operación para las estaciones.

Parámetro	Mínimo	Óptimo	Máximo	Unidad
voltaje_1	10.00	11.00	12.01	V
voltaje_2	10.00	11.00	12.00	V
voltaje_3	10.00	11.00	12.00	V
voltaje_4	100.00	120.00	140.00	V
voltaje_5	10.00	11.00	12.00	V
intensidad_1	16.00	20.00	30.00	A
intensidad_2	16.00	20.00	30.00	A
temperatura	0.00	25.00	45.05	°C

 Modificar

Estadísticas

Analiza las estadísticas de mediciones.



 Ver más

Trabajo Terminal 2024-B068

Figura 17. Interfaz de inicio del perfil administrador

En la figura 17 se puede observar la interfaz de inicio para los administradores, la cual ofrece datos resumidos y botones de redirección para poder acceder a las diferentes funcionalidades del sistema.

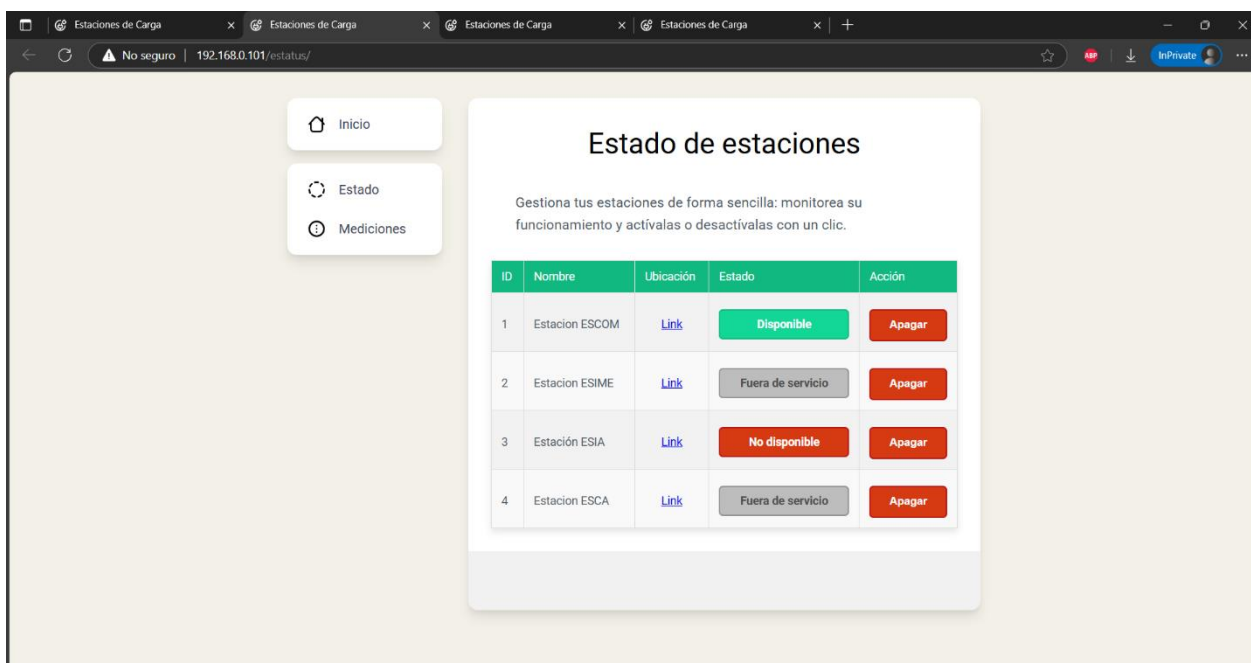


Figura 18. Interfaz de estado y datos de estaciones

En la figura 18 se muestra la pantalla de la interfaz del estado de estaciones, la cual permite a los usuarios administradores conocer los detalles de cada estación, así como su estado y la opción para poder apagar remotamente una estación.

Es importante mencionar que estas interfaces de control son exclusivamente para los administradores, por lo que usuarios que no poseen el rol de administrador no podrán acceder a dicha interfaz, en su lugar habrá una respuesta HTTP 403 (Forbidden).

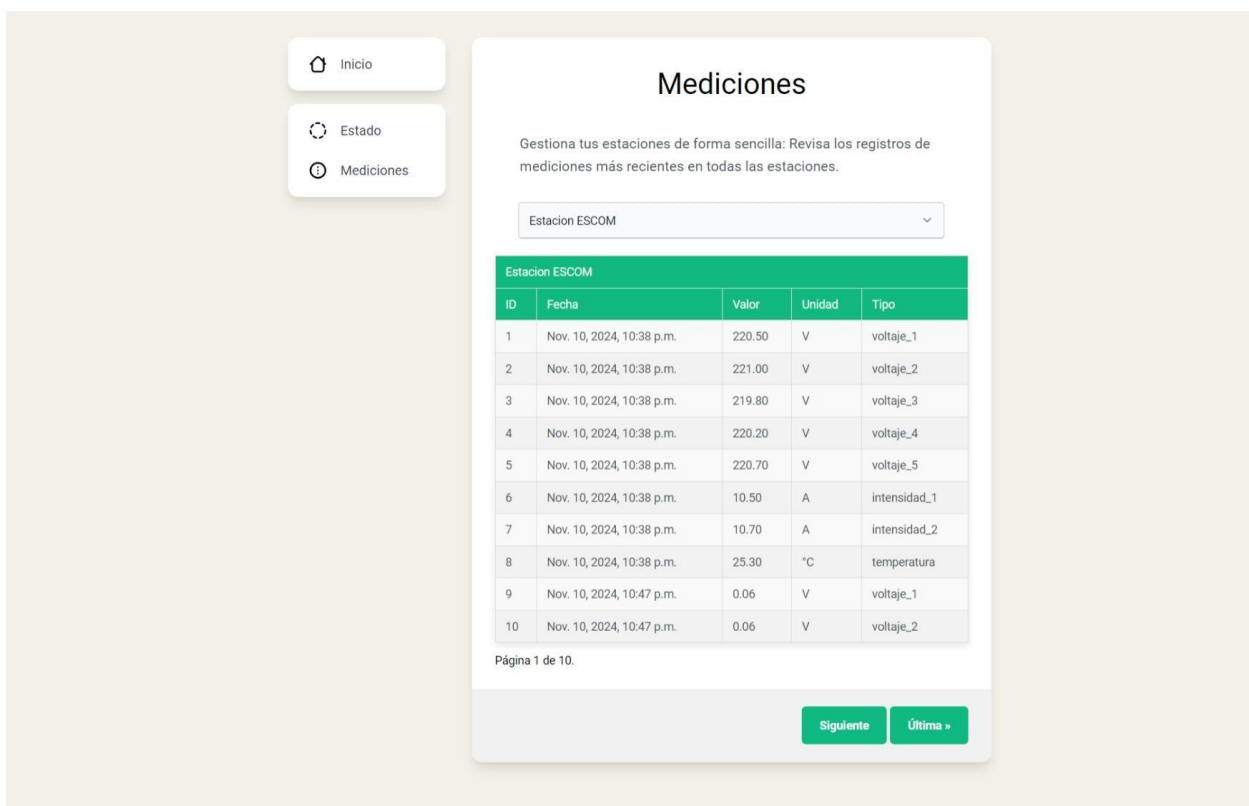


Figura 19. Tabla de mediciones de una estación

En la figura 19 se muestra el template de la interfaz del usuario administrador en el apartado de las mediciones de las diferentes estaciones la interfaz permite filtrar los datos por estación, y se realiza una paginación a la tabla que muestra las mediciones, debido a la longitud de esta.

Inicio

Reglas

Nueva regla

Modificar reglas

Modifica los límites máximos y mínimos de cada regla.

Modificando regla: GENERAL

Voltaje 1

Voltaje de entrada al inversor

Mínimo	Óptimo	Máximo
10.00	11.00	12.01

Voltaje 2

Voltaje del aerogenerador

Mínimo	Óptimo	Máximo
10.00	11.00	12.00

Voltaje 3

Voltaje de carga de batería

Mínimo	Óptimo	Máximo
10.00	11.00	12.00

Voltaje 4

Voltaje de CFE

Mínimo	Óptimo	Máximo
100.00	120.00	140.00

Voltaje 5

Voltaje de entrada al inversor

Mínimo	Óptimo	Máximo
10.00	11.00	12.00

Intensidad 1

Corriente del módulo regulador

Mínimo	Óptimo	Máximo
16.00	20.00	30.00

Intensidad 2

Corriente del módulo inversor

Mínimo	Óptimo	Máximo
16.00	20.00	30.00

Temperatura

Temperatura del banco de baterías

Mínimo	Óptimo	Máximo
0.00	25.00	45.05

Cancelar

Eliminar

Guardar cambios

Figura 20. Interfaz de modificación de reglas

En la figura 20 se muestra la interfaz de modificación de las reglas asignadas a cada estación, permitiendo modificar estos valores a petición del usuario administrador, el cual debe poseer los

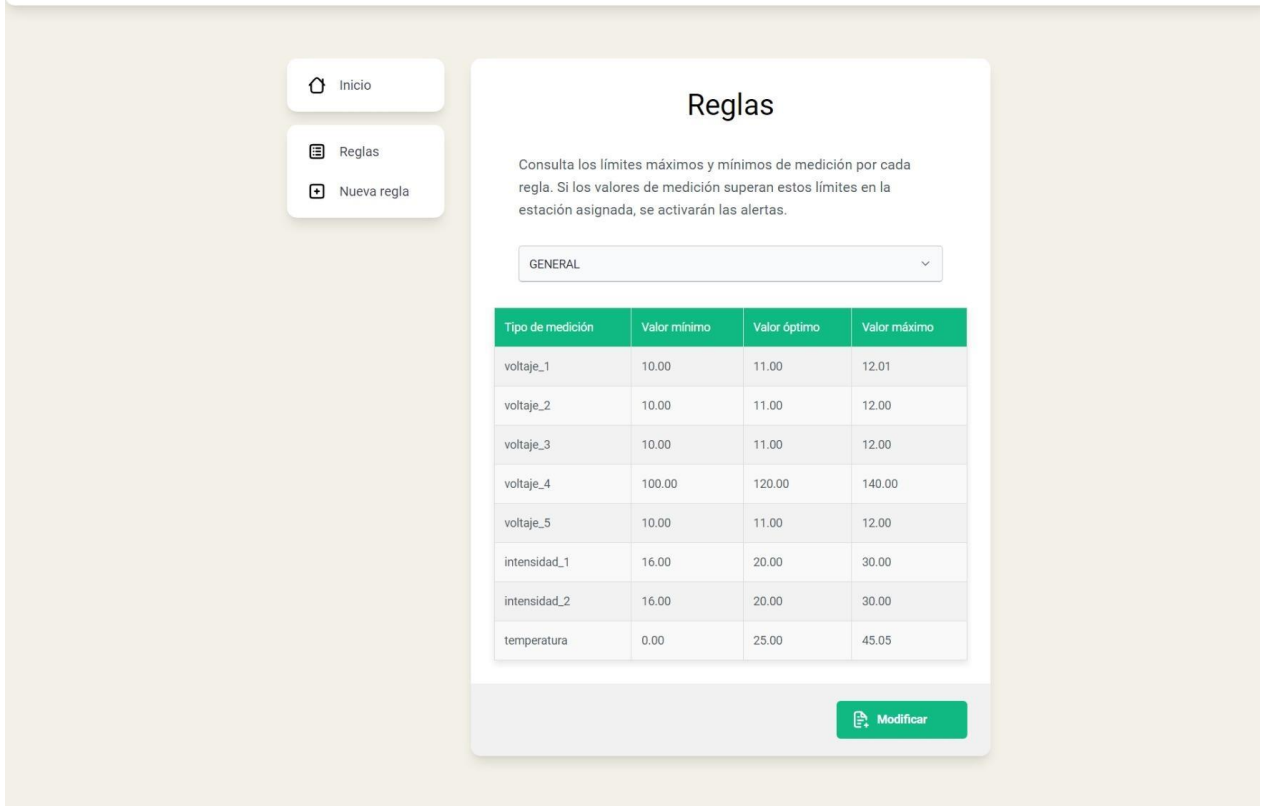
conocimientos necesarios para poder modificar estos datos sin comprometer la integridad del sistema. Modificar estos datos es responsabilidad del administrador.



Figura 21. Interfaz de reglas de medición

En la figura 21 se muestra la interfaz de las reglas, las cuales establecen los parámetros mínimos, óptimos y máximos para cada medición de una estación específica, pudiendo modificarlas a voluntad o crear nuevas reglas en caso de necesitarlas.

Estaciones de Carga



Reglas

Consulta los límites máximos y mínimos de medición por cada regla. Si los valores de medición superan estos límites en la estación asignada, se activarán las alertas.

GENERAL

Tipo de medición	Valor mínimo	Valor óptimo	Valor máximo
voltaje_1	10.00	11.00	12.01
voltaje_2	10.00	11.00	12.00
voltaje_3	10.00	11.00	12.00
voltaje_4	100.00	120.00	140.00
voltaje_5	10.00	11.00	12.00
intensidad_1	16.00	20.00	30.00
intensidad_2	16.00	20.00	30.00
temperatura	0.00	25.00	45.05

Modificar

Figura 22. Tabla de parámetros de una regla

En la figura 22 se muestra la pantalla del apartado de la interfaz que nos permite visualizar los parámetros establecidos en cada regla para poder asignarlo a una estación o modificar sus valores.

6.1 Tratamiento de los Datos

Obtención de Datos

- **Sensores y Medidores Integrados:**
 - Descripción: Las estaciones de carga pueden equiparse con sensores y medidores que recopilan datos sobre el consumo de energía, tiempos de carga, estado de la estación y detección de errores.
 - Justificación: La integración de estos dispositivos permite la recolección de datos constantemente, lo que es esencial para el monitoreo continuo y la eficiencia operativa. Sensores como medidores inteligentes y módulos de comunicación (p. ej., Zigbee, LoRa) aseguran que los datos sean precisos y fácilmente accesibles a su vez debido a que los bancos de datos son de fabricación artesanal cuentan con diferentes características de potencia y capacidad.
- **APIs Reglas de Proveedores de Servicios de Energía:**
 - Descripción: Utiliza APIs proporcionadas por los proveedores de servicios de energía para obtener datos sobre la red eléctrica, tarifas dinámicas y disponibilidad de energía.
 - Justificación: Estas APIs permiten integrar datos externos que pueden influir en la gestión de la carga, como tarifas y disponibilidad de energía renovable, optimizando así los costos y la sostenibilidad.

Canalización de Datos

Internet de las Cosas (IoT)

- Descripción: Implementa una red IoT donde cada estación de carga se conecta a una plataforma centralizada a través de protocolos de comunicación estándar (e.g., MQTT, CoAP).
- Justificación: IoT facilita la transmisión de datos desde múltiples estaciones de carga hacia una plataforma centralizada. Esto asegura que los datos sean consistentes y puedan ser procesados y analizados de manera eficiente.

Redes de Comunicación Seguras:

- Descripción: Utiliza redes seguras para la transmisión de datos, incluyendo cifrado de extremo a extremo y redes privadas virtuales (VPNs).
- Justificación: La seguridad en la transmisión de datos es crucial para proteger la información sensible y evitar ataques cibernéticos. Las redes seguras garantizan que los datos lleguen íntegros y sin ser interceptados.

6.2 Procesamiento de Datos

Plataformas de Big Data

- Descripción: Implementa plataformas de big data como Apache Hadoop o Apache Spark para procesar y analizar grandes volúmenes de datos.
- Justificación: Estas plataformas son capaces de manejar grandes cantidades de datos de manera eficiente, permitiendo análisis constante y almacenamiento a largo plazo. Facilitan la identificación de patrones y la toma de decisiones informadas.

6.3 Reglas Configurables para Estaciones de Carga

Cada estación de carga está diseñada para operar bajo un conjunto de reglas configurables que permiten optimizar su rendimiento, garantizar la seguridad, y adaptarse a las necesidades de los usuarios y la red eléctrica. Estas reglas se agrupan en las siguientes categorías:

1. Parámetros de Carga Energética:
 - Límite Máximo de Carga
Define el porcentaje máximo de carga que un vehículo puede alcanzar en una sesión. Este límite garantiza que la batería del vehículo no se sobrecargue y evita una ocupación prolongada de la estación de carga, promoviendo la rotación eficiente de usuarios.
 - Límite Mínimo de Carga
Establece el porcentaje mínimo de carga que debe alcanzar un vehículo antes de finalizar la sesión. Este parámetro asegura que los vehículos reciban suficiente energía para cumplir con un nivel básico de autonomía, especialmente en escenarios donde la demanda es alta.
 - Nivel Óptimo de Carga
Configura un rango de carga ideal (por ejemplo, entre el 20% y el 80%) para proteger la salud de la batería y maximizar su vida útil. Este rango puede ser ajustado según las especificaciones del vehículo o las políticas de operación de la estación.
2. Gestión de Usuarios:
 - Restricciones de acceso: Permite definir qué usuarios pueden utilizar la estación (público general, empleados, miembros de un programa de fidelidad, etc.).
 - Políticas de facturación: Configuración de tarifas de uso, descuentos o incentivos por horarios específicos.
3. Condiciones de Seguridad:
 - Monitoreo de parámetros operativos: Establece límites de temperatura, corriente y voltaje para desconectar la estación automáticamente si se detectan anomalías.
 - Control de autenticación: Requiere autenticación de usuarios mediante usuario y contraseña.
4. Integración con la Red:

- Modulación de carga: Configuración para ajustar automáticamente la potencia de carga según la disponibilidad de energía en la red.
- Conexión con energías renovables: Definición de reglas para priorizar el uso de energía limpia cuando esté disponible.

Rol del Usuario Administrador y Control Exclusivo sobre las Reglas

El usuario administrador es el único capacitado y autorizado para crear, modificar o eliminar las reglas operativas de cada estación de carga. Esto se debe a la complejidad técnica y a la responsabilidad asociada con la gestión del sistema. Su capacitación incluye:

- Conocimiento Técnico Avanzado: Habilidad para entender cómo cada regla afecta el rendimiento de las estaciones y la interacción con la red eléctrica.
- Seguridad Operativa: Implementación de medidas para evitar accesos no autorizados y garantizar la confiabilidad de los parámetros establecidos.
- Gestión de Emergencias: Capacidad para realizar ajustes inmediatos en caso de fallos operativos o situaciones excepcionales, asegurando la continuidad del servicio.

Justificación del Control Exclusivo

Los parámetros de las reglas operativas tienen un impacto directo en la seguridad del sistema, el consumo energético y la experiencia del usuario. Por esta razón, solo un administrador capacitado puede gestionarlos, asegurando que cualquier cambio sea cuidadosamente analizado y probado antes de su implementación. Además, esto minimiza el riesgo de errores o manipulaciones indebidas que podrían comprometer la eficiencia y seguridad del sistema.

Al limitar el acceso de modificación a los usuarios administradores capacitados, se garantiza que el sistema funcione de manera óptima, segura y de acuerdo con los objetivos establecidos para cada estación de carga.

6.3.1 Reglas Operativas

Reglas de Monitoreo de Datos

1. Frecuencia de Monitoreo:
 - Los datos de las estaciones deben ser revisados al menos dos veces al día (por ejemplo, a las 9:00 a.m. y a las 6:00 p.m.).
 - Alertas críticas, como fallos en estaciones o anomalías en el consumo energético, deben ser atendidas inmediatamente.
2. Validación de Datos:
 - Verificar que los parámetros clave (voltaje, corriente, estado de la estación) estén dentro de los rangos aceptables definidos.
 - En caso de detección de datos inconsistentes, se debe registrar la anomalía y notificar al técnico asignado.
3. Mantenimiento de Registros:
 - Los datos históricos deben almacenarse en el sistema por un mínimo de 6 meses para análisis y auditorías futuras.

Reglas de Edición de Parámetros de Medición

1. Acceso Restringido:
 - Solo el administrador y personal autorizado pueden modificar los parámetros de medición.
 - Las credenciales para acceder a esta funcionalidad deben renovarse cada 90 días.
2. Autorización de Cambios:
 - Antes de modificar parámetros clave como voltaje o corriente máxima permitida, el cambio debe ser aprobado por un supervisor.
 - Todas las modificaciones deben documentarse indicando la fecha, hora, y razón del ajuste.
3. Pruebas Posteriores:
 - Tras cualquier modificación de parámetros, se debe realizar una prueba de funcionalidad en las estaciones afectadas para garantizar que operan correctamente.

Reglas para Estadísticas y Reportes

1. Generación de Reportes:

- Los reportes de estadísticas (como uso promedio, energía consumida, y tiempo de carga por estación) deben generarse semanalmente y enviarse al equipo directivo.
- Las estadísticas deben incluir gráficos y tendencias de uso para facilitar el análisis.

2. Seguimiento de KPI:

- Asegurarse de que las estaciones mantengan un tiempo de actividad superior al 95%.
- Identificar las estaciones menos utilizadas y proponer estrategias de optimización.

3. Confidencialidad de Datos:

- Las estadísticas deben ser accesibles únicamente al personal autorizado.
- Los datos de los usuarios finales deben anonimizarse para proteger su privacidad.

6.4 Resolución del Problema

El proyecto resolvió de manera integral los desafíos relacionados con la gestión energética y la operación eficiente de las estaciones de carga para vehículos eléctricos. A continuación, se detalla cómo se abordaron los diferentes aspectos del problema mediante un diseño tecnológico sólido e innovador:

1. Análisis y Diseño del Sistema

- Se empleó el modelo espiral como metodología de desarrollo, lo que permitió avanzar en iteraciones que incorporaron planeación, diseño, construcción y retroalimentación. Este enfoque aseguró que el sistema se ajustará a los requisitos iniciales y se optimiza según las necesidades identificadas durante su desarrollo.
- La arquitectura del sistema fue diseñada para integrar topologías de red como estrella y malla, maximizando la capacidad de adaptación y reduciendo riesgos operativos.

2. Infraestructura Tecnológica

- El hardware central se basó en Raspberry Pi 4 Model B, utilizado para recolectar datos de las estaciones de carga y transmitirlos hacia una base de datos alojada en la nube.
- La comunicación entre las estaciones y el servidor se implementó utilizando el protocolo MQTT, elegido por su eficiencia y facilidad de integración.
- La base de datos en la nube (MySQL) fue configurada para garantizar un acceso adecuado a los datos y permitir la expansión del sistema en el futuro.

3. Reglas Configurables y Parámetros Operativos

- Se diseñaron reglas específicas para la operación de las estaciones, incluyendo límites máximos, mínimos y óptimos de carga, además de horarios programados para optimizar el uso energético. Estas reglas ayudan a distribuir la energía disponible de manera eficiente y evitan el desgaste excesivo de las baterías.
- A través de una interfaz de usuario accesible, el administrador del sistema puede modificar estas reglas para adaptarlas a las condiciones específicas de cada estación.

4. Monitoreo Constante y Gestión Operativa

- Se implementaron herramientas de monitoreo constante que permiten visualizar datos importantes como niveles de carga, consumo energético, ocupación de estaciones y notificaciones de errores. Estas herramientas están diseñadas para facilitar la toma de decisiones en tiempo adecuado.
- La gestión remota permite actualizar el software de las estaciones y ajustar parámetros operativos sin necesidad de intervenciones físicas, asegurando la continuidad del servicio.

5. Seguridad y Control de Acceso

- El sistema incluye medidas para proteger la información y regular el acceso, como autenticación de usuarios, encriptación de datos y roles asignados a los operadores.

- El administrador del sistema tiene un rol exclusivo para realizar ajustes en los parámetros y reglas operativas, lo que evita manipulaciones indebidas y asegura que cualquier modificación sea realizada de manera responsable.

6. Pruebas y Validaciones

- Se llevaron a cabo pruebas simuladas y reales para verificar el correcto funcionamiento del sistema. Estas pruebas incluyeron la interacción entre hardware y software, la visualización de datos, y el comportamiento de las estaciones bajo diferentes cargas de trabajo.
- Las simulaciones ayudaron a identificar mejoras necesarias y a ajustar las configuraciones para garantizar un desempeño adecuado en distintos escenarios.

Resultados

El proyecto logró resolver los desafíos iniciales al implementar un sistema de gestión para estaciones de carga que opera de manera eficiente y flexible. Se establecieron reglas claras y parámetros configurables que maximizan el uso de los recursos disponibles y mejoran la experiencia de los usuarios.

6.5 Justificación Global y conclusiones

Implementar estos métodos y tecnologías permite el monitoreo constante de las operaciones de las estaciones de carga. Con datos precisos y actualizados, es posible tomar decisiones informadas que mejoren la sostenibilidad y la rentabilidad del proyecto. Además, las tecnologías avanzadas como IoT, Big Data, IA y ML son esenciales para manejar la complejidad y el volumen de datos generados, garantizando que el sistema pueda escalar y adaptarse a futuras necesidades.

Debido a que los bancos de baterías están diseñados a medida para cada estación de carga, no existe un estándar único para las reglas de monitoreo de las medidas transmitidas. No obstante, se brinda al administrador la posibilidad de definir parámetros de medición personalizados, adaptándolos a las capacidades específicas de cada componente.

Capítulo 7. Cierre actividades TT

7.1 Conclusión

El desarrollo de una red de comunicación para estaciones de carga de vehículos eléctricos representa un avance significativo en la construcción de una infraestructura eficiente, escalable y sostenible para la movilidad eléctrica. A través de la implementación de un sistema robusto, basado en tecnologías como la integración de hardware confiable (Raspberry Pi 4), el protocolo MQTT para comunicación y una base de datos en la nube, se logró consolidar un modelo funcional que cumple con los requerimientos actuales del sector.

El proyecto resolvió problemáticas clave como la interoperabilidad entre estaciones de carga y la optimización de recursos a través de reglas configurables. Estas reglas, entre las que destacan los límites máximos, mínimos y óptimos de carga, permiten adaptar la funcionalidad de las estaciones mientras se promueve la sostenibilidad y se protege la salud de las baterías de los vehículos eléctricos. Estas capacidades aseguran que las estaciones puedan operar con flexibilidad y adaptabilidad según las necesidades del entorno y los usuarios.

Se diseñó un sistema modular y escalable, lo que no solo facilita la incorporación de nuevas estaciones y usuarios, sino que también permite adaptarse al crecimiento esperado en el uso de vehículos eléctricos en México y en el mundo. Además, el sistema incluye medidas de seguridad avanzadas que garantizan la integridad de los datos transmitidos y almacenados, previniendo ataques cibernéticos y protegiendo la privacidad de los usuarios.

Un aspecto fundamental del éxito del proyecto fue la capacitación del administrador del sistema, quien, con un rol exclusivo, tiene la capacidad de modificar y supervisar los parámetros operativos. Esto asegura que las estaciones de carga funcionen dentro de los límites establecidos, facilitando el uso por parte de los usuarios y garantizando la continuidad operativa.

7.2 Trabajo a futuro

Aunque este proyecto sienta las bases de una infraestructura robusta, se identificaron áreas de oportunidad que pueden ser trabajadas en el futuro:

1. Análisis predictivo de datos:
 - a. Implementar herramientas de análisis predictivo permitirá anticipar patrones de uso, demandas de energía y posibles fallos en las estaciones. Esto optimizaría la asignación de recursos y la planificación de mantenimientos, mejorando la eficiencia del sistema.
2. Gestión de redes a través de la nube
 - a. La integración avanzada con tecnologías en la nube, como la automatización de procesos y el manejo masivo de datos en tiempo real, permitirá centralizar la supervisión y el control de todas las estaciones, facilitando la interoperabilidad y reduciendo costos operativos.
3. Integración de energías renovables y almacenamiento energético
 - a. Aprovechar fuentes como la solar y la eólica, combinadas con sistemas de almacenamiento, contribuirá a un modelo más sostenible y ayudará a reducir la dependencia de la red eléctrica convencional.
4. Ampliación de funcionalidades de usuario
 - a. Mejorar la interfaz del sistema para los usuarios finales, permitiendo la integración con aplicaciones móviles para la localización, seguimiento de estaciones en monitoreo constante, sería un paso esencial hacia una mayor adopción de la movilidad eléctrica.

7.3 Impacto General

Este proyecto demuestra que es posible desarrollar soluciones inteligentes para la gestión de estaciones de carga, respondiendo a las demandas del mercado actual de movilidad eléctrica. A través de la innovación tecnológica y la colaboración entre equipos multidisciplinarios, se alcanzó un sistema funcional que no solo resuelve necesidades inmediatas, sino que también se proyecta como una base sólida para futuros desarrollos.

Finalmente, el éxito de este proyecto no solo reside en los objetivos técnicos cumplidos, sino en la capacidad de proyectar un impacto positivo en la transición hacia un modelo de transporte más limpio y eficiente, alineándose con las metas globales de sostenibilidad. Este trabajo sienta las bases para un ecosistema de carga inteligente, confiable y adaptable a las demandas de un mundo en constante evolución.

Referencias

- [1] G. Passalacqua, “GDS Comments - CRS_GBMC_215035666_EY Mobility Consumer Index 2023 updated content v3.pptx,” EY Mobility Consumer Index (MCI) 2023 study, 2023.
- [2] R. TLW®, “Infraestructura de carga es clave para vehículos eléctricos en México,” THE LOGISTICS WORLD | Conéctate e inspírate. Accessed: nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://thelogisticsworld.com/tecnologia/infraestructura-de-carga-el-gran-reto-para-la-adopcion-de-vehiculos-electricos-en-mexico/>
- [3] F. Staff, “Adopción de vehículos eléctricos tendrá consecuencias de largo alcance en economía: FMI,” Forbes México. Accessed: nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://forbes.com.mx/adopcion-de-vehiculos-electricos-tendra-consecuencias-de-largo-alcance-en-economia-fmi/>
- [4] L. G. Sánchez, M. de J. Fabela, D. Vazquez, and J. R. Hernández, “Resumen boletines,” Instituto Mexicano del Transporte. Accessed: nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=550&IdBoletin=196>
- [5] R. P. Ltd, “Buy a Raspberry Pi 4 Model B – Raspberry Pi,” Raspberry Pi. Accessed: nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- [6] “Open charge point protocol,” Open Charge Alliance. Accessed: nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://openchargealliance.org/protocols/open-charge-point-protocol/>
- [7] “ISO 15118-20:2022,” ISO. Accessed: nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/77845.html>
- [8] D. Lewis, “Charging Point Connector Types,” Electric Car Home Ltd, Dec. 23, 2018. Accessed: nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://electriccarhome.co.uk/charging-points/charging-point-connector-types/>
- [9] I. Agency International Energy, “Global Electric Vehicle Outlook 2022,” Global EV Outlook 2022, vol. 20222, May 2022.
- [10] H. C. and D. Hall, “Annal update on the global transition to electric vehicles: 2021,” ANNUAL UPDATE ON THE GLOBA, 2021.
- [11] GeeksforGeeks, “Types of Network Topology,” GeeksforGeeks, Mar. 07, 2017. Accessed: nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/types-of-network-topology/>
- [12] “Introducción a los precios de Azure,” Microsoft Azure. Accessed: nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://azure.microsoft.com/es-mx/pricing/>
- [13] “Distribuidor de Componentes Electrónicos,” Mouser Electronics México. Accessed: nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.mouser.mx/>
- [14] GeeksforGeeks, “What is Spiral Model in Software Engineering?,” GeeksforGeeks, Mar. 26, 2018. Accessed: nov. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/software-engineering-spiral-model/>

Anexos

Repositorios GitHub

Repositorio del servicio web:

<https://github.com/Marco-uwu/Django-Estaciones.git>

Repositorio de los códigos para las estaciones

<https://github.com/Marco-uwu/TT2.git>

Códigos

Base de datos en django

```
CREATE TABLE auth_user (  
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
    password VARCHAR(128) NOT NULL,  
    last_login DATETIME NULL,  
    is_superuser BOOLEAN NOT NULL,  
    username VARCHAR(150) NOT NULL UNIQUE,  
    first_name VARCHAR(150) NOT NULL,  
    last_name VARCHAR(150) NOT NULL,  
    email VARCHAR(254) NOT NULL,  
    is_staff BOOLEAN NOT NULL,  
    is_active BOOLEAN NOT NULL,  
    date_joined DATETIME NOT NULL  
) ENGINE=InnoDB;  
  
-- Tabla de Tipos de Contenido (django.contrib.contenttypes.models.ContentType)  
CREATE TABLE django_content_type (  
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
    app_label VARCHAR(100) NOT NULL,  
    model VARCHAR(100) NOT NULL,  
    UNIQUE (app_label, model)  
) ENGINE=InnoDB;  
  
-- Tabla de Permisos (django.contrib.auth.models.Permission)
```

```

CREATE TABLE auth_permission (
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    name VARCHAR(255) NOT NULL,
    content_type_id INT NOT NULL,
    codename VARCHAR(100) NOT NULL,
    UNIQUE (content_type_id, codename),
    FOREIGN KEY (content_type_id) REFERENCES django_content_type (id)
) ENGINE=InnoDB;

```

-- Tabla de Grupos (django.contrib.auth.models.Group)

```

CREATE TABLE auth_group (
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    name VARCHAR(150) NOT NULL UNIQUE
) ENGINE=InnoDB;

```

-- Relación entre Usuarios y Grupos

```

CREATE TABLE auth_user_groups (
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    user_id INT NOT NULL,
    group_id INT NOT NULL,
    UNIQUE (user_id, group_id),
    FOREIGN KEY (user_id) REFERENCES auth_user (id),
    FOREIGN KEY (group_id) REFERENCES auth_group (id)
) ENGINE=InnoDB;

```

-- Relación entre Grupos y Permisos

```

CREATE TABLE auth_group_permissions (
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    group_id INT NOT NULL,
    permission_id INT NOT NULL,
    UNIQUE (group_id, permission_id),
    FOREIGN KEY (group_id) REFERENCES auth_group (id),
    FOREIGN KEY (permission_id) REFERENCES auth_permission (id)
) ENGINE=InnoDB;

```

```
) ENGINE=InnoDB;
```

```
-- Relación entre Usuarios y Permisos
```

```
CREATE TABLE auth_user_user_permissions (  
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
    user_id INT NOT NULL,  
    permission_id INT NOT NULL,  
    UNIQUE (user_id, permission_id),  
    FOREIGN KEY (user_id) REFERENCES auth_user (id),  
    FOREIGN KEY (permission_id) REFERENCES auth_permission (id)  
) ENGINE=InnoDB;
```

```
-- Tabla de Sesiones (django.contrib.sessions.models.Session)
```

```
CREATE TABLE django_session (  
    session_key VARCHAR(40) NOT NULL PRIMARY KEY,  
    session_data LONGTEXT NOT NULL,  
    expire_date DATETIME NOT NULL  
) ENGINE=InnoDB;
```

```
-- Tabla de Migraciones (django.db.migrations.Migration)
```

```
CREATE TABLE django_migrations (  
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
    app VARCHAR(255) NOT NULL,  
    name VARCHAR(255) NOT NULL,  
    applied DATETIME NOT NULL  
) ENGINE=InnoDB;
```

```
CREATE TABLE django_admin_log (  
    id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
    action_time DATETIME NOT NULL,  
    object_id LONGTEXT NULL,
```

```

object_repr VARCHAR(200) NOT NULL,
action_flag TINYINT UNSIGNED NOT NULL,
change_message LONGTEXT NOT NULL,
content_type_id INT NULL,
user_id INT NOT NULL,
FOREIGN KEY (content_type_id) REFERENCES django_content_type (id),
FOREIGN KEY (user_id) REFERENCES auth_user (id)
) ENGINE=InnoDB;

```

Código

emisor

```

import time
import uuid
import base64
import warnings
import paho.mqtt.client as mqtt
from pymongo import MongoClient
from claseEstacion import Estacion
from pymongo.errors import PyMongoError
warnings.filterwarnings("ignore", category=DeprecationWarning)

# Función de callback cuando un mensaje es recibido
def on_message(client, userdata, msg):
    print("\nALERTA!!: " + msg.payload.decode() + "\n")

# Función de callback cuando el cliente se desconecta
def on_disconnect(client, userdata, rc):
    if rc == 0:
        print("Desconexión del cliente MQTT")
    else:
        print("Desconexión inesperada del cliente MQTT")

```

```

# Obtener la dirección MAC

def obtener_dir():

    dir_mac = ".join(['{:02x}'.format((uuid.getnode() >> elements) & 0xff) for elements in range(0, 8 * 6, 8)][:-1])

    dir_mac = dir_mac.upper()

    mac_bytes = dir_mac.encode('utf-8')

    mac_base64 = base64.urlsafe_b64encode(mac_bytes).decode('utf-8')

    return mac_base64


# -----

# Conectar al cliente MongoDB

clienteMongo = MongoClient("mongodb://localhost:27017/") # Cambia el URI si es necesario
db = clienteMongo['Prueba_cargador']
collection = db['Mediciones']


# Crear una instancia del cliente MQTT
clienteMqtt = mqtt.Client()
clienteMqtt.on_message = on_message
clienteMqtt.on_disconnect = on_disconnect
clienteMqtt.connect("192.168.0.101", 1883, 60)


dir_mac = obtener_dir()
direccionMqtt = "estaciones/mediciones/" + dir_mac
direccionAlertas = "estaciones/alertas/" + dir_mac + "/"
clienteMqtt.subscribe(direccionAlertas)


clienteMqtt.loop_start()


try:

    # Crear una instancia de la clase Estacion con la mac
    estacion = Estacion(dir_mac)

```



```

# Crear el Change Stream para monitorear la colección
with collection.watch() as stream:

    print("Monitoreando nuevos registros en la colección 'Mediciones'...")

    for change in stream:

        # Verificar si el cambio es de tipo 'insert'
        if change["operationType"] == "insert":

            # Obtener el documento insertado
            new_document = change["fullDocument"]

            v1 = float(new_document.get("V_Panel"))
            v2 = float(new_document.get("V_Aerogenerador"))
            v3 = float(new_document.get("V_Bateria"))
            v4 = float(new_document.get("V_CFE"))
            v5 = float(new_document.get("V_Inversor"))
            i1 = float(new_document.get("I_Entrada"))
            i2 = float(new_document.get("I_Inversor"))
            t = float(new_document.get("T_Bateria"))

            estacion.asignar_valores(v1, v2, v3, v4, v5, i1, i2, t)

            print("\nNuevo registro detectado! Enviando...\n")

            mensaje = estacion.to_bytearray()

            clienteMqtt.publish(direccionMqtt, mensaje)

            clienteMqtt.publish("estaciones/estado/disponible", mensaje)

except PyMongoError as e:

    print(f"Ocurrió un error al monitorear la colección: {e}")

except KeyboardInterrupt:

    print("Monitoreo interrumpido por el usuario.")

finally:

    # Cerrar las conexiones

```

```
clienteMongo.close()
clienteMqtt.disconnect()
clienteMqtt.loop_stop()
```

Código

receptor

```
import time
import base64
import warnings
import mysql.connector
import paho.mqtt.client as mqtt
warnings.filterwarnings("ignore", category=DeprecationWarning)
from claseEstacion import Estacion
from funcionesServidor import *

# Función de callback cuando un mensaje es recibido
def on_message(client, userdata, msg):

    topic = msg.topic
    #print(topic)
    if topic.startswith("estaciones/mediciones/"):
        estacion = Estacion.from_bytearray(msg.payload)
        direccion_estacion = estacion.dir_mac
        tema_mqtt = "estaciones/alertas/" + direccion_estacion

        existe = existe_cliente(cursor, direccion_estacion)

        if (existe):
            errores = inserta_mediciones(estacion, conexion, cursor)
            if isinstance(errores, list):
                clienteMqtt.publish(tema_mqtt + "/shutdown", f">> Mediciones fuera de límites! {errores}")
```

```

        else:

            clienteMqtt.publish(tema_mqtt+ "/ok", ">> OK!")

    #else:

        #print(f"Estación no registrada, solicite ayuda con el administrador.")
elif topic.startswith("estaciones/estado/"):

    estacion = Estacion.from_bytearray(msg.payload)

    direccion_estacion = estacion.dir_mac

    existe = existe_cliente(cursor, direccion_estacion)

    if (existe):

        if topic.startswith("estaciones/estado/disponible"):

            actualizar_estado_por_mac(conexion, cursor, direccion_estacion, "Disponible")

        elif topic.startswith("estaciones/estado/f_servicio"):

            actualizar_estado_por_mac(conexion, cursor, direccion_estacion, "Fuera de servicio")


# Función de callback cuando el cliente se desconecta
def on_disconnect(client, userdata, rc):

    if rc == 0:

        print("Desconexión del cliente MQTT")

    else:

        print("Desconexión inesperada del cliente MQTT")


# Conectar a la base de datos
conexion = mysql.connector.connect(

    host="localhost",

    user="adminbd",

    password="User-1123456",

    database="estaciones_carga"

)

cursor = conexion.cursor()


# Crear una instancia del cliente MQTT
clienteMqtt = mqtt.Client()

clienteMqtt.on_message = on_message

```

```

clienteMqtt.on_disconnect = on_disconnect
clienteMqtt.connect("localhost", 1883, 60)
clienteMqtt.subscribe("estaciones/#")

```

```

parametros = actualiza_parametros(cursor)

```

```

try:

```

```

    clienteMqtt.loop_forever()

```

```

except KeyboardInterrupt:

```

```

    print("Interrupción del teclado recibida, cerrando el cliente MQTT.")

```

```

    clienteMqtt.disconnect()

```

```

    clienteMqtt.loop_stop()

```

funciones del servidor

```

from decimal import Decimal

```

```

import mysql.connector

```

```

def convert_to_float(data):

```

```

    converted_data = []

```

```

    for item in data:

```

```

        values = tuple(float(val) if isinstance(val, Decimal) else val for val in item)

```

```

        converted_data.append(values)

```

```

    return converted_data

```

```

def existe_cliente(cursor, direccion_estacion):

```

```

    query = "SELECT EXISTS (SELECT 1 FROM estaciones WHERE dir_mac = %s) AS existe"

```

```

    cursor.execute(query, [direccion_estacion])

```

```

    return bool(cursor.fetchone()[0])

```

```

def inserta_mediciones(estacion, conexion, cursor):

```

```

    # Consulta para insertar medición y devolver el ID

```

```

    queryMediciones = """INSERT INTO mediciones (valor, id_estacion, id_tipo_medicion) VALUES

```

```
(%s, (SELECT id FROM estaciones WHERE dir_mac = %s), %s);"""
```

Consulta para verificar si la medición supera límites

```
queryVerificaLmites = """
```

```
    SELECT
```

```
        p.id AS id_parametro, e.id_regla AS id_regla
```

```
    FROM
```

```
        mediciones m
```

```
    JOIN
```

```
        estaciones e ON m.id_estacion = e.id
```

```
    JOIN
```

```
        parametros_medicion p ON e.id_regla = p.id_regla AND m.id_tipo_medicion = p.id_tipo_medicion
```

```
    WHERE
```

```
        m.id = %s AND (m.valor < p.valor_min OR m.valor > p.valor_max);
```

```
    """
```

Consulta para insertar en la tabla reportes

```
queryInsertaReporte = """INSERT INTO reportes (id_medicion) VALUES (%s);"""
```

```
queryVerificaSesion = """
```

```
    SELECT
```

```
        IFNULL(
```

```
            (SELECT
```

```
                CASE
```

```
                    WHEN fecha_fin IS NOT NULL THEN TRUE
```

```
                    ELSE FALSE
```

```
                END AS is_fecha_fin_not_null
```

```
            FROM sesiones_carga
```

```
            WHERE id_estacion = (SELECT id FROM estaciones WHERE dir_mac = %s)
```

```
            ORDER BY fecha_inicio DESC
```

```
            LIMIT 1),
```

```
            TRUE
```

```
        ) AS resultado;
```

```

        """
        queryCreaSesion = """ INSERT INTO sesiones_carga (id_estacion) VALUES ((SELECT id FROM estaciones
        WHERE dir_mac = %s)); """

```

```

queryCierraSesion = """
        UPDATE sesiones_carga
        JOIN (
            SELECT id
            FROM sesiones_carga
            WHERE id_estacion = (SELECT id FROM estaciones WHERE dir_mac = %s)
            ORDER BY fecha_inicio DESC
            LIMIT 1
        ) AS subquery ON sesiones_carga.id = subquery.id
        SET fecha_fin = NOW();
        """

```

```
mediciones = estacion.obtener_mediciones()
```

```
reportes = []
```

```
try:
```

```

    for tipo, medicion in enumerate(mediciones, start=1):
        # Insertar medición y recuperar su ID
        cursor.execute(queryMediciones, [medicion, estacion.dir_mac, tipo])
        id_medicion = cursor.lastrowid # Obtener el ID recién insertado

```

```

        # Verificar si la medición excedió los límites
        cursor.execute(queryVerificaLimites, [id_medicion])
        resultado = cursor.fetchone()

```

```

    if resultado:
        # Insertar el reporte si hay un valor fuera de rango
        cursor.execute(queryInsertaReporte, [id_medicion])

```

```

        reportes.append(resultado)

intensidad_inversor = estacion.intensidad_2
voltaje_inversor = estacion.voltaje_5

cursor.execute(queryVerificaSesion, [estacion.dir_mac])
nueva_sesion = bool(cursor.fetchone()[0])

if intensidad_inversor > 1:
    potencia = intensidad_inversor * voltaje_inversor
    cursor.execute(queryMediciones, [potencia, estacion.dir_mac, 9])
    if nueva_sesion:
        print(f"Crear nueva sesión en estacion: {estacion.dir_mac}")
        cursor.execute(queryCreaSesion, [estacion.dir_mac])
    else:
        print("Guardar en sesión activa")
elif not nueva_sesion:
    print("Cerrar sesión activa")
    cursor.execute(queryCierraSesion, [estacion.dir_mac])
else:
    print("Sin sesión activa, inserción de datos...")

conexion.commit()

#print("> Nuevos registros almacenados")

return reportes if reportes else True
except mysql.connector.Error as err:
    print(f"Error al insertar datos: {err}")
    conexion.rollback()
    return False

def actualiza_parametros(cursor):
    queryMaximos = """SELECT

```

```

        p.valor_min,
        p.valor_max
    FROM
        parametros_medicion p
    JOIN
        tipos_medicion t ON p.id_tipo_medicion = t.id
    ORDER BY p.id_regla, t.id;"""

try:
    cursor.execute(queryMaximos, [])
    resultados = convert_to_float(cursor.fetchall())
    return resultados
except mysql.connector.Error as err:
    print(f"Error al actualizar parámetros: {err}")
    return None


def verifica_mediciones(estacion, arregloParametros):
    arregloMediciones = estacion.obtener_mediciones()
    mediciones_fuera_de_limites = []

    for id_medicion, medicion in enumerate(arregloMediciones):
        if medicion > arregloParametros[id_medicion][1] or medicion < arregloParametros[id_medicion][0]:
            mediciones_fuera_de_limites.append((id_medicion, medicion))

    return mediciones_fuera_de_limites


def actualizar_estado_por_mac(conexion, cursor, dir_mac, nuevo_estado):
    # Consulta SQL para actualizar el estado
    query = """
    UPDATE estaciones
    SET estado = %s
    WHERE dir_mac = %s;

```



```
"""
```

```
try:
```

```
    # Ejecutar la consulta con los parámetros proporcionados
```

```
    cursor.execute(query, (nuevo_estado, dir_mac))
```

```
    # Confirmar los cambios
```

```
    conexion.commit()
```

```
    #print(f"Estado de la estación con dir_mac {dir_mac} actualizado a '{nuevo_estado}'.")
```

```
    return True
```

```
except mysql.connector.Error as err:
```

```
    print(f"Error al actualizar el estado: {err}")
```

```
    conexion.rollback()
```

```
    return False
```