

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA.**



**UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA**

**Monitoreo en tiempo real de variables eléctricas asociadas a
un proceso de recarga de vehículos eléctricos**

*Memoria de titulación para optar al Título de Ingeniero de Ejecución en Control e
Instrumentación Industrial.*

Autor:

Manuel Ignacio Pradenas Inostroza

Profesor guía:

Esteban Díaz Montt



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Monitoreo de variables Eléctricas en tiempo real en el proceso de carga de vehículo

Nombre del candidato(a): Manuel Pradenas Inostroza

Carrera / Grado: Ing. de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial

Campus: Concepción Departamento: Electrónica y Informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Esteban Díaz Montt, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 08/01/2026

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 08/01/2026

Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Figura 0.1: Constancia de validación

Índice

Resumen	7
Introducción	8
1. Marco Teorico	9
1.1. Introducción a la Electromovilidad	9
1.1.1. Marco Normativo de la Electromovilidad en Chile	10
1.1.2. Normas y regulaciones aplicables	11
1.2. Variables eléctricas en el proceso de carga	12
1.2.1. Adquisición de datos	13
1.2.2. Registró en la Nube y plataforma de visualización	14
2. Diagnóstico Del Problema	16
3. Objetivo	17
3.1. Objetivos Específicos	17
4. Alcances y Restricciones	18
Alances y Restricciones	18
4.1. Alcances del Proyecto	18
4.2. Restricciones del Proyecto	19
5. Selección de Dispositivos	20
5.1. Dispositivos Instalados	20
5.1.1. Wallbox Pulsar Plus	20
5.1.2. Analizador de Energía EM112	22
5.2. Dispositivo de Control	24
5.2.1. PLC Siemens S7-1200	24
6. Sistema de registro, Almacenamiento y Visualización de Datos	26
6.1. Datta Logging	26
6.2. WinCC Unified View of Things	27
6.3. Aplicación MyWallbox	28
6.3.1. Principales funciones	28
6.3.2. Características técnicas relevantes	28
6.3.3. Aplicaciones	29
7. Problemática	30
7.1. Problemas de Comunicacion	30
7.2. Posibles Soluciones	30
7.2.1. Módulo Siemens CM1241 (6ES7241-1CH30-1XB0)	31
7.2.2. Placa Siemens CB1241 (6ES7241-1CH32-0XB0)	33
7.2.3. Conversor industrial USR-N510 RS-485 a Ethernet	35

7.2.4. Conversor industrial Hilscher netTAP 50 – NT 50-RE-EN	37
8. Programación y Simulación	39
8.1. Configuración del PLC	39
8.2. Configuración del Modbus Poll	41
8.3. Programación en Bloque	42
8.4. Registro de Datos	44
8.5. Desarrollo HMI WEB	48
8.6. Visualización del HMI Web y Acceso a Registro de Datos	49
8.7. Resultados	50
8.8. Resultados sobre la posible implementación con netTAP 50	50
9. Análisis y Cálculos de Protecciones para el Sistema	52
9.1. Datos de partida	52
9.2. Protección de la fuente: Cálculo de corriente en el lado AC	52
9.2.1. Potencia de salida	52
9.2.2. Potencia de entrada considerando eficiencia	52
9.2.3. Corriente de entrada considerando FP	52
9.2.4. Margen aplicado	52
9.2.5. Selección práctica de protección AC	53
9.3. Consumo de cada equipo	53
9.4. Corriente de diseño por equipo	53
9.5. Cálculo de corriente total del riel 24VDC	53
9.6. Selección de protección DC	53
9.6.1. Criterio	53
9.6.2. Fórmula para fusible general	53
9.7. Resumen final	54
9.8. Resumen de fórmulas utilizadas	54
10. Conclusiones	55
10.1. Diseño recomendado	57
10.1.1. Costo del proyecto	58
11. Anexos	59
11.1. Equipos Instalados	59
11.1.1. Instalacion Cargador WALLBOX	59
11.2. Otros Diseños	60
11.2.1. Diseño CB1241	60
11.2.2. Diseño USR-510	60
11.2.3. Diseño NetTap-50	61
11.3. Diagramas Electricos	62
11.3.1. Diagrama Circuito Externo	62
11.3.2. Diagrama Sin Circuito Externo	63
11.4. Cotizacion Diseños Secundarios	64
11.5. Linkografía	66

11.5.1. Fuentes de información del proyecto	66
11.5.2. Referencias de equipos y fabricantes	66
11.5.3. Proveedores y referencias comerciales	66
11.5.4. Bloques de Programacion	67

Índice de figuras

0.1. Constancia de validación	1
1.1. Electromovilidad	10
1.2. Logo SEC	11
1.3. Conectores CCS y CHAdEMO	11
1.4. Arquitectura Del Proyecto	15
5.1. WALLBOX PULSAR PLUS	21
5.2. EM112	23
5.3. PIC 1200	25
6.0. My WALLBOX APP	29
7.0. Modulo CM1241	32
7.1. Placa CB1241	34
7.2. USR-N510	36
7.3. netTAP 50	38
8.0. IP PLC	39
8.1. Confi. WebServer	39
8.2. PLC Virtual	40
8.3. Confi. Modbus Poll	41
8.4. Bloque MBCliente	42
8.5. DataBlock Config	43
8.6. DataBlock Registro	43
8.7. DataLoggCreate	44
8.8. Configuración DataLogCreate	45
8.9. DataLoggOpen	45
8.10. DataLoggWrite	46
8.11. Extracción de los Datos	47
8.12. Creación de HMI Web	48
8.13. HMI Web	48
8.14. Web Server	49
10.0. Diseño Recomendado	58
11.1. Cargador Instalado en Universidad	59
11.2. Conexion EM112	59
11.3. Diseño N°1	60
11.4. Diseño N°2	60
11.5. Diseño N°3	61
11.6. Diagrama 1	62
11.7. Diagrama 2	63

Índice de cuadros

5.1. Especificaciones eléctricas	21
10.1. Listado de materiales del sistema de monitoreo	58
11.1. Listado de materiales con placa Siemens CB1241	64
11.2. Listado de materiales con gateway USR-N510	64
11.3. Listado de materiales con gateway Hilscher netTAP 50	65

Resumen

El proyecto desarrolla el diseño y validación de un sistema de monitoreo en tiempo real de variables eléctricas asociadas a un punto de carga de vehículos eléctricos instalado en la universidad. Actualmente, el cargador Wallbox Pulsar Plus no cuenta con registro histórico ni supervisión técnica detallada, lo que limita su uso académico y dificulta la detección de anomalías eléctricas.

Para resolver esta situación se propone integrar un analizador de energía EM112, un PLC Siemens S7-1200 y un sistema de registro y visualización basado en Modbus, Data Logging y WinCC Unified View of Things. El sistema permite adquirir variables como tensión, corriente, potencia, energía y factor de potencia, procesarlas y visualizarlas desde un navegador web en la red local.

Se estudian diversas alternativas de comunicación entre el EM112 (Modbus RTU – RS-485) y el PLC, incluyendo módulos Siemens (CM1241, CB1241), convertidores industriales (USR-N510) y gateways avanzados (Hilscher netTAP 50). Finalmente, la validación se realiza en un entorno completamente simulado usando TIA Portal V19, PLC SIM Advanced y Modbus Poll, comprobando la correcta adquisición, registro periódico y visualización web de los datos eléctricos.

El proyecto incluye además el diseño de la protección eléctrica necesaria para la fuente de 24 V DC, considerando márgenes de diseño y selección de protecciones AC y DC.

Introducción

Los vehículos eléctricos se han convertido en una alternativa frente al transporte tradicional debido a avances tecnológicos y a la necesidad de reducir emisiones. Uno de los aspectos clave en su operación es el proceso de recarga, que requiere supervisar variables como voltaje, corriente y potencia.

En Chile, gran parte de los puntos de carga no dispone de sistemas de registro y análisis de estas variables, lo que limita la capacidad de estudiar el consumo energético y detectar irregularidades que puedan afectar la seguridad o el funcionamiento del equipo.

En la Universidad existe un punto de carga para vehículos eléctricos que no cuenta con un sistema de monitoreo. Por ello, este proyecto desarrolla el diseño de una solución que permita registrar, transmitir y visualizar las principales variables eléctricas para su uso en actividades académicas y de investigación.

1. Marco Teorico

1.1. Introducción a la Electromovilidad

La electromovilidad se entiende como la utilización de tecnologías de propulsión eléctrica en el transporte, con el propósito de disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y reducir las emisiones contaminantes.

Si bien los primeros vehículos eléctricos surgieron a fines del siglo XIX y llegaron a coexistir con los automóviles a vapor y de combustión interna, fueron desplazados en el siglo XX por la masificación del motor a gasolina y el bajo costo del petróleo.

Su resurgimiento en el siglo XXI se debe a diversos factores, entre los cuales destacan el desarrollo de baterías de ion-litio con mayor autonomía, la creciente preocupación medioambiental, asociado principalmente al cambio climático y las políticas públicas orientadas a la transición energética con desarrollo de innovación medio ambiental. Actualmente, el desarrollo de vehículos eléctricos abarca tanto el transporte privado, como el transporte público, en modalidad de buses, autos, motocicletas, bicicleta, scooter, entre otros, consolidándose como una alternativa tecnológica en expansión.

En Chile, la electromovilidad ha sido declarada un eje estratégico para alcanzar la neutralidad de carbono al 2050. La Estrategia Nacional de Electromovilidad establece que a partir del año 2035 todas las ventas de vehículos livianos, medianos y de transporte público deberán corresponder a unidades 100 % eléctricas. Entre los avances más destacados se encuentran la incorporación de buses eléctricos en el sistema de transporte público metropolitano y regional además de la habilitación de corredores eléctricos en rutas interurbanas, con puntos de carga rápida distribuidos estratégicamente.

No obstante, el crecimiento de esta infraestructura plantea nuevos desafíos técnicos y de gestión, dentro de los cuales se encuentra la necesidad de implementar sistemas de monitoreo y registro de variables eléctricas que permitan garantizar eficiencia, seguridad, calidad y trazabilidad en los procesos de carga de vehículos eléctricos.

1.1.1. Marco Normativo de la Electromovilidad en Chile

En Chile se reconocen distintos niveles de carga, definidos principalmente por la potencia suministrada:

- **Carga lenta:** conexión a tomacorriente eléctrico doméstico, con potencias aproximadas entre 2,2 kW y 11 kW.
- **Carga semi-rápida:** requiere suministros monofásicos o trifásicos, alcanzando potencias entre 3,5 kW y 44 kW.
- **Carga rápida:** corresponde a potencias desde 50 kW o superiores, generalmente en corriente continua, utilizadas en corredores eléctricos y carreteras.

La clasificación de los niveles de carga resulta fundamental, pues determina el tipo de infraestructura necesaria, las medidas de seguridad asociadas y las normativas que regulan su instalación.

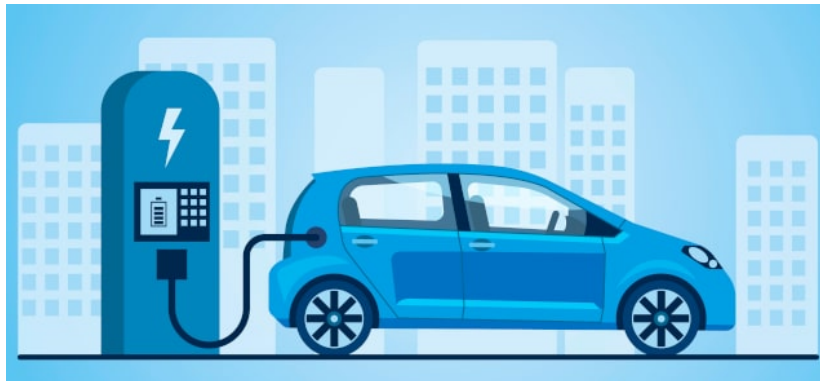


Figura 1.1: Electromovilidad

1.1.2. Normas y regulaciones aplicables

- **Reglamento de Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica (RIC):** normativa chilena vigente, establecida por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), que regula las instalaciones eléctricas de baja tensión. Es aplicable a los sistemas de carga lenta y semi-rápida de vehículos eléctricos.
- **IEC 61851:** ‘estándar internacional, que define los requisitos de seguridad, compatibilidad y comunicación entre vehículo y cargador para todos los niveles de carga.
- **Decreto Supremo N.º 2/2019 del Ministerio de Energía:** establece los estándares técnicos y de interoperabilidad de la infraestructura de carga pública, promoviendo un sistema abierto y compatible entre distintos fabricantes.
- **Regulación de conectores:** en corriente alterna se emplea el conector Tipo 2 (Mennekes), mientras que en corriente continua predominan CCS Combo 2 y CHAdeMO, de acuerdo con la normativa vigente y estándares internacionales.

En conjunto, estas disposiciones aseguran que la instalación y operación de los puntos de carga en el país cumpla con condiciones óptimas de seguridad, confiabilidad e integración técnica, permitiendo un desarrollo ordenado de la electromovilidad en Chile.



Figura 1.2: Logo SEC



Figura 1.3: Conectores CCS y CHAde-MO

1.2. Variables eléctricas en el proceso de carga

Durante el proceso de recarga de un vehículo eléctrico intervienen diversas magnitudes eléctricas cuya supervisión resulta esencial para garantizar un uso eficiente, seguro y trazable de la energía. Estas variables permiten conocer el comportamiento de la instalación, evaluar la calidad de la energía entregada y detectar posibles irregularidades en el sistema. Entre ellas destacan:

- **Voltaje(V):** representa la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos del circuito. Su monitoreo es esencial para asegurar que el vehículo recibe la tensión adecuada y que la instalación opera dentro de los límites establecidos por la normativa.
- **Corriente (A):** corresponde al flujo de carga eléctrica que circula a través del sistema de carga. Está directamente relacionada con la potencia absorbida por el vehículo y permite identificar sobrecargas o condiciones anómalas.
- **Potencia (W):** se obtiene como producto del voltaje y la corriente, reflejando la tasa de transferencia de energía hacia la batería del vehículo. El análisis de esta variable permite determinar la eficiencia instantánea del proceso de carga.
- **Energía (kWh):** constituye la integración de la potencia en el tiempo y permite cuantificar la energía total suministrada durante la recarga. Esta medida es fundamental para estimar el consumo eléctrico asociado y, en algunos casos, para propósitos de facturación.
- **Factor de potencia:** indica la eficiencia de un sistema eléctrico al reflejar la proporción de la energía activa, respecto de la energía aparente total. Un factor de potencia bajo implica mayor circulación de energía reactiva, lo que puede afectar la calidad del suministro y generar pérdidas adicionales en el sistema.

El monitoreo y registro de estas variables posibilita la optimización del uso energético, así como el cumplimiento de las normativas de seguridad eléctrica exigidas por organismos reguladores, contribuyendo además a la investigación académica en eficiencia energética y electromovilidad.

1.2.1. Adquisición de datos

El registro de las variables eléctricas en un proceso de carga requiere la utilización de sensores, transductores o analizadores de energía, los cuales convierten magnitudes físicas en señales proporcionales que pueden ser procesadas por sistemas digitales. Estos dispositivos permiten digitalizar la información para su análisis, transmisión y posterior almacenamiento en bases de datos o plataformas en la nube.

Entre los principales dispositivos aplicables se encuentran:

- **Sensores de corriente:** incluyen los transformadores de corriente, ampliamente usados en sistemas de corriente alterna, y los sensores de efecto Hall, capaces de medir tanto corriente alterna como continua y de proporcionar aislamiento galvánico. También se emplean shunts resistivos de precisión combinados con amplificadores diferenciales, especialmente en la medición de corrientes continuas elevadas.
- **Sensores de voltaje:** abarcan divisores resistivos, empleados en proyectos básicos y de bajo costo, transductores de tensión, diseñados para aplicaciones industriales con mayor precisión, y módulos dedicados a la medición de voltajes en corriente alterna en aplicaciones académicas.
- **Analizadores de energía:** dispositivos integrados que permiten medir de manera directa múltiples variables eléctricas, tales como tensión, corriente, potencia, energía acumulada, factor de potencia y, en algunos casos, parámetros de calidad de energía como armónicos o distorsión. Estos equipos cuentan con interfaces de comunicación industrial que facilitan su integración con sistemas de monitoreo y plataformas en la nube.

Una vez obtenida la señal, esta debe ser acondicionada y digitalizada mediante un sistema de adquisición de datos, o bien recibida directamente desde los analizadores a través de protocolos de comunicación estándar. Posteriormente, la información se transmite hacia sistemas de monitoreo locales o plataformas en la nube, asegurando la disponibilidad de los datos en tiempo real y su registro histórico para análisis posteriores.

1.2.2. Registró en la Nube y plataforma de visualización

En el contexto de la gestión energética, el registro de datos en la nube constituye una herramienta fundamental para la supervisión, análisis y toma de decisiones basadas en información en tiempo real. La nube se define como una infraestructura tecnológica que permite el almacenamiento, procesamiento y acceso remoto a información a través de internet, garantizando la disponibilidad de los datos.

En aplicaciones de monitoreo eléctrico, como la recarga de vehículos eléctricos, la nube cumple un rol estratégico al permitir no solo la visualización de las variables instantáneas, sino también la generación de registros históricos que pueden ser utilizados para múltiples propósitos:

- **Análisis de eficiencia energética**
- **Identificación de patrones de uso y demanda.**
- **Detección temprana de anomalías o fallas en el sistema.**
- **Elaboración de reportes técnicos para mantenimiento y gestión operativa.**
- **Investigación académica y evaluación comparativa de tecnologías.**

El uso de la nube presenta ventajas respecto a sistemas locales tradicionales. Entre ellas destacan la escalabilidad, la permanencia de datos incluso en las fallas y la interoperabilidad. Además, la nube permite habilitar funciones avanzadas como el envío de alarmas en tiempo real, la generación de reportes automáticos o la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial para la predicción de consumos y optimización de recursos. Por lo tanto, el registro en la nube de variables eléctricas en procesos de recarga no solo se constituye como una herramienta tecnológica para mejorar la operación, sino también como un elemento clave en la modernización del sector eléctrico y en la consolidación de la electromovilidad en Chile.

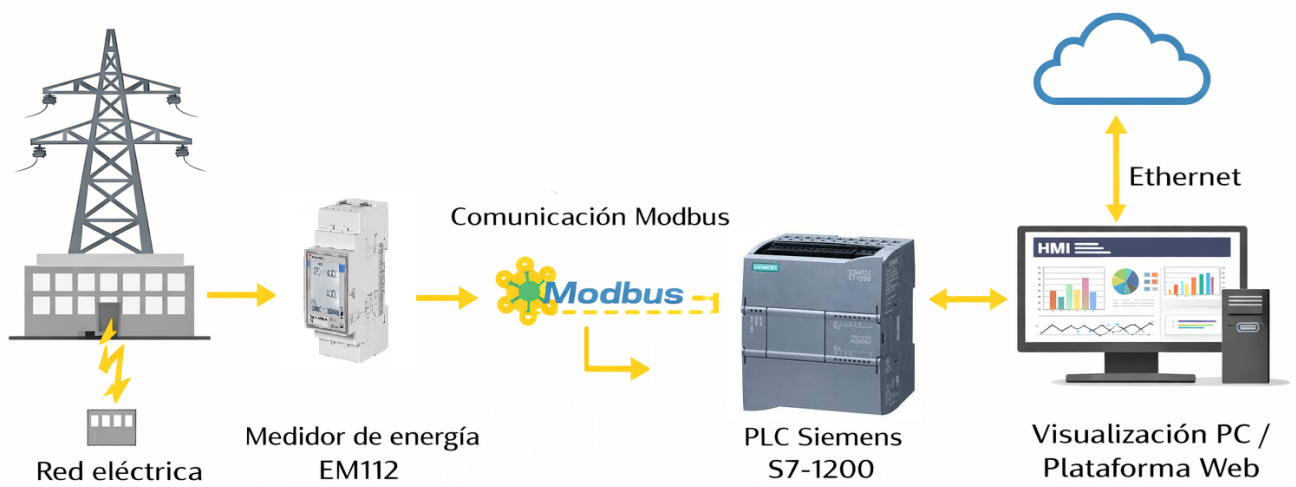


Figura 1.4: Arquitectura Del Proyecto

2. Diagnóstico Del Problema

El Gobierno de Chile ha impulsado la adquisición de vehículos eléctricos y la instalación de puntos de carga para los usuarios. Sin embargo, la falta de estudios relacionados con el comportamiento de las variables durante el proceso de recarga puede generar riesgos como sobrecargas, caídas de tensión o cortocircuitos que afecten al vehículo o al equipo de carga.

Además, en términos del análisis del proceso, se presentan las siguientes limitaciones:

- Dificultad para evaluar el consumo energético y la eficiencia del proceso de recarga.
- Imposibilidad de detectar oportunamente irregularidades eléctricas como caídas de tensión o sobrecargas.
- Ausencia de registros históricos, lo que reduce el valor académico y limita el desarrollo de investigaciones.
- Baja integración con plataformas de gestión en la nube, restringiendo el acceso remoto y la generación de reportes.

En este contexto, se identifica la necesidad de diseñar un sistema de adquisición, transmisión y visualización de datos eléctricos que complemente la operación del cargador existente, con el fin de aportar valor académico, facilitar el análisis energético y fortalecer el uso del punto de carga como herramienta de investigación en electromovilidad.

3. Objetivo

Diseñar un sistema de monitoreo de variables eléctricas asociado al proceso de recarga de vehículos eléctricos, definiendo la arquitectura, los dispositivos, los métodos de comunicación y la estructura de registro y visualización de datos, de manera que el diseño pueda ser implementado posteriormente por terceros en el cargador instalado en la Universidad.

Este diseño establece la base técnica necesaria para la futura instalación del sistema, considerando los requisitos de medición, los protocolos de comunicación y la integración con plataformas de visualización y registro.

3.1. Objetivos Específicos

- I. **Seleccionar los dispositivos de medición y adquisición de datos** adecuados para el registro de variables eléctricas, considerando tanto las características técnicas del cargador como los requerimientos de seguridad y normativas vigentes.
- II. **Diseñar la arquitectura de comunicación** entre los diferentes componentes, especificando protocolos, direccionamiento, topología de red y configuraciones necesarias para la futura integración entre el medidor, el PLC y la interfaz de usuario.
- III. **Elaborar el diseño funcional del sistema de registro de datos**, incluyendo estructura de almacenamiento, frecuencia de muestreo, manejo de archivos y formato de exportación, dejando las instrucciones y configuraciones listas para su implementación.
- IV. **Implementar una interfaz gráfica de usuario** que permita la visualización en tiempo real de las variables eléctricas medidas, además de proporcionar acceso a registros históricos para un análisis posterior, utilizando herramientas de software apropiadas para entornos académicos.

4. Alcances y Restricciones

4.1. Alcances del Proyecto

El presente proyecto abarca el diseño, implementación y validación de un sistema de monitoreo de variables eléctricas asociadas al proceso de recarga de vehículos eléctricos instalado en la Universidad. Los alcances específicos incluyen:

I. Adquisición y procesamiento de variables eléctricas

- Lectura de tensión, corriente, potencia activa y energía acumulada entregadas por el analizador EM112.
- Procesamiento y organización de los datos dentro del PLC Siemens S7-1200.

II. Integración de protocolos de comunicación industrial

- Implementación de comunicación Modbus RTU.
- Configuración del bloque MBCLIENT en TIA Portal para lectura periódica de registros Modbus.
- Pruebas de comunicación en ambiente simulado utilizando PLC SIM Advanced y Modbus Poll.

III. Registro y almacenamiento de datos

- Implementación del sistema Data Logging nativo del PLC para generar archivos de registro en formato compatible con exportación externa.

IV. Desarrollo de interfaz de visualización

- Diseño de una HMI Web utilizando WinCC Unified View of Things integrada en la CPU del PLC.
- Visualización en tiempo real de variables como tensión, corriente, potencia y energía por medio de indicadores numéricos.

V. Validación en entorno simulado

- Validación del funcionamiento del sistema completo comunicación, registro y visualización mediante simulación en TIA Portal V19.
- Verificación del flujo de datos desde el medidor simulado hasta la HMI web.

4.2. Restricciones del Proyecto

El proyecto presenta una serie de restricciones técnicas, operativas y de alcance que deben ser consideradas para contextualizar los resultados obtenidos.

I. Limitaciones de hardware disponible

- El analizador EM112 solo permite comunicación Modbus RTU, lo que obliga a utilizar un módulo RS-485 o una pasarela externa.

II. Alcance restringido a la medición eléctrica

- El sistema monitorea únicamente variables eléctricas.
- No se incluye monitoreo del estado de carga (SOC) real del vehículo ni parámetros de la batería.

III. Limitaciones del entorno de simulación

- Algunos tipos de datos (INT, BOOL) presentan restricciones en PLC SIM Advanced.
- El comportamiento del EM112 es emulado mediante software, por lo que no representa completamente el rendimiento del medidor real.

IV. Dependencia del protocolo Modbus

- Modbus RTU presenta limitaciones inherentes a su diseño:
- Velocidad de transmisión baja (9600 bps).
- Comunicación maestro-esclavo sin simultaneidad.
- Susceptibilidad a errores en instalaciones con ruido eléctrico.
- Al usar el Hilscher netTAP 50 – NT 50-DP-EN, la conversión de protocolo agrega una capa adicional que depende de una correcta configuración y estabilidad de la red Ethernet.

V. Alcance del desarrollo de la HMI

- La HMI implementada cumple funciones de visualización, pero no incluye , Alarmas avanzadas, Gráficos históricos, Roles de usuario avanzados. Estas funciones pueden implementarse en futuras mejoras.

5. Selección de Dispositivos

5.1. Dispositivos Instalados

5.1.1. Wallbox Pulsar Plus

El Wallbox Pulsar Plus es un cargador de corriente alterna para vehículos eléctricos, diseñado para ofrecer un suministro seguro, eficiente y controlado de energía. Este equipo combina un formato compacto con prestaciones avanzadas de conectividad y gestión, lo que lo convierte en una solución ampliamente utilizada en entornos residenciales y comerciales.

El proceso de funcionamiento del cargador se puede entender en distintos niveles:

- **Recepción y entrega de energía:** el equipo recibe la energía desde la red eléctrica en corriente alterna y la transfiere directamente al sistema de carga del vehículo. La potencia de entrega varía según la configuración de la instalación eléctrica y la capacidad de carga admitida por el automóvil.
- **Compatibilidad con estándares de conexión:** incorpora el conector Tipo 2, que corresponde al estándar regulado en Chile, para la recarga en corriente alterna.
- **Gestión inteligente de la carga:** permite regular parámetros como la intensidad máxima de carga o la programación horaria. De este modo, se facilita el uso de franjas horarias con tarifas eléctricas más convenientes o la coordinación con otros consumos eléctricos de la instalación.
- **Supervisión y control remoto:** gracias a sus sistemas de conectividad Wi-Fi y Bluetooth, el equipo puede integrarse con la aplicación myWallbox, que proporciona una interfaz de usuario para monitorear en tiempo real el estado de la recarga, revisar históricos de consumo energético.
- **Integración con sistemas energéticos:** compatibilidad con sistemas de gestión de energía que permiten balancear la demanda de potencia o integrar fuentes renovables, optimizando así el uso de la energía disponible en la instalación.

En conjunto, el Wallbox Pulsar Plus funciona como un dispositivo que no solo entrega energía, sino que también ofrece control, monitoreo y seguridad durante la recarga del vehículo eléctrico, alineándose con los requerimientos técnicos y normativos del mercado actual.



Figura 5.1: WALLBOX PULSAR PLUS

Especificación	Configuración 1	Configuración 2	Configuración 3
Potencia de carga	7,4 kW	11 kW	22 kW
Tensión nominal CA $\pm 10\%$	230 V	400 V	400 V
Corriente nominal	32 A (1P)	16 A (3P)	32 A (3P)
Tipo de conector (IEC 62196-2)	Tipo 1 / Tipo 2	Tipo 2	Tipo 2
Sección del cable	hasta $3 \times 10 \text{ mm}^2$	hasta $5 \times 10 \text{ mm}^2$	hasta $5 \times 10 \text{ mm}^2$
Protección a tierra ⁽³⁾	Conforme con los requisitos BS 7671:2018		
Corriente configurable	6 A a corriente nominal		
Frecuencia nominal	50 Hz / 60 Hz		
Índice de protección	IP54 / IK08		
Categoría de sobretensión	CAT III		
Detección de corriente residual	AC 30 mA / DC 6 mA ⁽⁴⁾		
RCCB	Se requiere un RCCB externo ⁽⁵⁾		

Tabla 5.1: Especificaciones eléctricas

5.1.2. Analizador de Energía EM112

El EM112 es un analizador monofásico de energía, diseñado para la medición y el monitoreo de parámetros eléctricos en instalaciones de baja tensión. Su formato modular de 2 módulos DIN facilita la instalación en tableros eléctricos de uso residencial, comercial o académico, lo que lo convierte en una herramienta adecuada para proyectos de monitoreo energético, como en el caso de la recarga de vehículos eléctricos.

I. Principales funciones de medición:

- Tensión (V)
- Corriente (A)
- Potencia activa (kW)
- Energía acumulada (kWh)
- Frecuencia (Hz)
- Factor de potencia

II. Características técnicas relevantes

- Instalación en carril DIN (2 módulos), apto para tableros eléctricos compactos.
- Compatible con sistemas de baja tensión monofásicos.
- Medición bidireccional (en algunas versiones), permitiendo registrar consumos e inyecciones.
- Pantalla digital integrada para visualización local de parámetros.

III. Opciones de comunicación

- Versiones disponibles con RS-485 Modbus RTU, lo que facilita la integración en sistemas de adquisición de datos y plataformas de monitoreo.
- Posibilidad de conectar con gateways IoT o microcontroladores para transmisión de datos a la nube mediante protocolos como MQTT o HTTP.

IV. Aplicaciones

- Monitoreo del consumo energético en puntos de carga de vehículos eléctricos.
- Supervisión en instalaciones residenciales, comerciales o educativas.
- Registro de variables para fines académicos y de investigación en eficiencia energética.



Figura 5.2: EM112

5.2. Dispositivo de Control

5.2.1. PLC Siemens S7-1200

El PLC Siemens S7-1200 es un dispositivo de automatización diseñado para coordinar, supervisar y ejecutar procesos en aplicaciones de pequeña y mediana escala. Su arquitectura modular lo convierte en un equipo flexible, que puede adaptarse a distintos entornos industriales y educativos.

En su configuración básica, dispone de una CPU central, que integra el procesador, la memoria de trabajo, las tablas de datos y un puerto Ethernet (Profinet). Esto le permite establecer comunicación con paneles HMI, computadoras u otros equipos de automatización sin requerir hardware adicional. Entre sus características más relevantes se encuentran:

- I. **-Entradas y salidas digitales y analógicas:** permiten interactuar con sensores, actuadores y sistemas externos. La cantidad de canales varía según el modelo, y pueden ampliarse mediante módulos adicionales.
- II. **-Lenguajes de programación:** es programable en entornos gráficos y textuales dentro del software TIA Portal, tales como diagrama de escalera (LAD), bloques de funciones (FBD) o texto estructurado (SCL).
- III. **-Capacidad de comunicación:** de forma nativa, la CPU admite protocolos como Profinet y Modbus TCP. Además, mediante módulos de expansión es posible utilizar Modbus RTU u otros protocolos seriales.
- IV. **-Funciones de registro de datos:** cuenta con la posibilidad de almacenar información en tarjetas SD o en bases de datos a través de sistemas de supervisión.

En el contexto de este proyecto, el S7-1200 cumple el rol de unidad central de procesamiento. Recibe los datos provenientes del analizador de energía EM112, los organiza en bloques de memoria y los pone a disposición para su visualización en interfaces gráficas o su almacenamiento local.



Figura 5.3: PIC 1200

6. Sistema de registro, Almacenamiento y Visualización de Datos

6.1. Datta Logging

En los sistemas modernos de automatización e instrumentación industrial, la necesidad de registrar datos de proceso se ha vuelto fundamental. La evolución de la industria hacia enfoques como la Industria 4.0 y el mantenimiento predictivo requiere que no solo se controlen las variables en tiempo real, sino que también se almacenen para análisis posteriores.

En este marco, el Data Logging se utiliza como herramienta clave para:

- Documentar el comportamiento de un proceso.
- Facilitar la toma de decisiones basadas en evidencia.
- Permitir la comparación de resultados en distintos momentos.
- Asegurar la trazabilidad de eventos y condiciones operativas.

En este proyecto, el Data Logging permitirá monitorear en tiempo real y almacenar variables eléctricas asociadas a un proceso de recarga de vehículos eléctricos. Con ello, se logra un registro ordenado de la información, disponible para ser utilizada en análisis académicos, elaboración de reportes y simulación de escenarios eléctricos.

Este enfoque no solo aporta al aprendizaje de los estudiantes, sino que también sienta las bases para proyectos de mayor envergadura donde se evalúe la integración de estaciones de carga en redes eléctricas inteligentes.

6.2. WinCC Unified View of Things

El WinCC Unified View of Things es una herramienta integrada en TIA Portal que permite crear interfaces HMI web directamente dentro de los controladores Siemens S7-1200 y S7-1500, sin requerir paneles físicos ni licencias adicionales. Esta tecnología utiliza el servidor web del PLC y estándares HTML5, permitiendo acceder a la interfaz desde cualquier navegador o dispositivo conectado a la misma red.

El VOT ofrece una solución moderna y ligera para la supervisión de procesos, integrando el diseño de la HMI en el mismo entorno de programación del PLC. Gracias a su arquitectura basada en la web, los usuarios pueden visualizar y controlar el sistema de forma remota, simplemente ingresando la dirección IP del PLC en un navegador.

Características principales:

- Integración directa: la HMI se ejecuta dentro del PLC, sin hardware adicional.
- Acceso multiplataforma: compatible con navegadores modernos.
- Visualización en tiempo real: muestra variables del proceso actualizadas continuamente.
- Diseño en TIA Portal: permite vincular directamente variables del PLC con objetos gráficos.
- Seguridad: ofrece autenticación de usuarios y gestión de permisos.
- Compatibilidad: disponible desde el firmware V4.5 en PLC S7-1200/1500 y versiones TIA Portal V18–V19.

En este proyecto, el VOT se implementa como interfaz HMI principal para el monitoreo de las variables eléctricas medidas por el medidor EM112 y procesadas por el PLC S7-1200. Permite visualizar en tiempo real parámetros como tensión, corriente, potencia, energía y factor de potencia, ofreciendo acceso remoto, portabilidad y bajo costo, alineándose con los objetivos académicos de digitalización y supervisión web del sistema.

6.3. Aplicación MyWallbox

La aplicación myWallbox es la plataforma digital de gestión y monitoreo de cargadores Wallbox, entre ellos el modelo Pulsar Plus. Se encuentra disponible para dispositivos móviles iOS y Android, y funciona como una interfaz entre el usuario y el equipo, permitiendo controlar, visualizar y configurar distintos parámetros asociados a las sesiones de carga.

6.3.1. Principales funciones

- Control remoto de la carga
- Programación horaria
- Ajuste de potencia
- Historial y estadísticas
- Bloqueo y seguridad
- Actualización de firmware

6.3.2. Características técnicas relevantes

- Compatible con conexión Bluetooth y Wi-Fi.
- Interfaz intuitiva y en español, orientada al usuario final y a la administración de equipos en entornos residenciales o académicos.
- Sincronización con la nube de Wallbox para almacenamiento de historiales y estadísticas.
- Posibilidad de integración con sistemas de gestión avanzada mediante protocolo OCPP en las versiones compatibles.

6.3.3. Aplicaciones

- Supervisión del proceso de recarga en entornos residenciales, educativos o corporativos.
- Registro de consumos energéticos asociados a cada sesión de carga, útil para fines de análisis académico y gestión de eficiencia energética.
- Administración remota de los cargadores, facilitando la operación y el control de acceso en contextos donde se comparten equipos.



Figura 6.0: My WALLBOX APP

7. Problemática

7.1. Problemas de Comunicacion

Durante el desarrollo del sistema se identificó una limitación fundamental relacionada con la comunicación entre el medidor de energía EM112 y el PLC Siemens S7-1200. Esta dificultad surge debido a que ambos dispositivos emplean protocolos y medios físicos distintos. El EM112 transmite información mediante Modbus RTU sobre RS-485, mientras que el PLC utiliza principalmente Profinet y no dispone de una interfaz serial nativa que permita la lectura directa de datos Modbus RTU.

Esta incompatibilidad impide establecer comunicación directa entre ambos equipos, imposibilitando que el PLC lea los registros del medidor sin elementos adicionales. Por lo tanto, se requiere la incorporación de un dispositivo intermedio que realice la conversión tanto de protocolo como de medio físico, asegurando la correcta traducción entre Modbus RTU y la red Ethernet del PLC.

Para garantizar la adquisición continua de las variables eléctricas las cuales deben visualizarse en tiempo real y registrarse de manera periódica, el enlace de comunicación debe ser estable y confiable. En consecuencia, es necesario implementar un módulo RS-485 dedicado o una pasarela industrial Modbus RTU a Modbus TCP, que permita compatibilizar ambos equipos y asegurar la correcta transferencia de datos hacia la HMI web.

7.2. Posibles Soluciones

Con el fin de resolver la problemática de comunicación entre el PLC Siemens S7-1200 y el medidor EM112, se analizaron tres posibles alternativas: los módulos Siemens CM1241, Siemens CB1241, el conversor industrial USB-N510 y el conversor Hilscher netTAP 50. Cada opción ofrece un enfoque distinto para establecer el enlace Modbus y presenta características particulares en cuanto a integración, configuración y escalabilidad del sistema.

7.2.1. Módulo Siemens CM1241 (6ES7241-1CH30-1XB0)

El módulo de comunicación Siemens CM1241 amplía las capacidades del PLC S7-1200 al añadir una interfaz RS-485, necesaria para establecer una red Modbus RTU con equipos esclavos de medición, como el EM112. Su diseño modular permite acoplarlo físicamente en el costado derecho de la CPU, integrándose sin necesidad de cableado adicional para alimentación o sincronización interna.

El RS-485 es un estándar diferencial que permite conectar múltiples dispositivos en una misma línea de comunicación, con alta inmunidad al ruido y distancias de hasta 1200 metros. En este esquema, el PLC actúa como maestro Modbus, enviando solicitudes de lectura y escritura hacia los esclavos, que responden con los valores solicitados.

Configuración básica: En el entorno TIA Portal, se debe agregar el módulo CM1241 en la vista de hardware y establecer los parámetros de comunicación coincidentes con el medidor EM112:

- Velocidad: 9600 bps,
- Bits de datos: 8,
- Paridad: Ninguna,
- Bits de parada: 1,
- Rol: Maestro Modbus RTU.
- En el cableado, se conectan los bornes D+ (A) y D- (B) del módulo a los terminales RS-485 del EM112.

Ventajas:

- Comunicación estable y directa sin depender de red Ethernet.
- Integración total con TIA Portal (diagnóstico, monitoreo y parametrización).
- Ideal para entornos educativos o de laboratorio.

Desventajas:

- Requiere un módulo físico adicional.
- Limitado a comunicación local (sin acceso remoto).
- Solo permite un canal RS-485 por módulo.



Figura 7.0: Modulo CM1241

7.2.2. Placa Siemens CB1241 (6ES7241-1CH32-0XB0)

La CB1241 es una tarjeta de comunicación compacta que cumple la misma función que el módulo CM1241, pero optimiza el espacio al integrarse directamente en la parte frontal de la CPU S7-1200, bajo la tapa protectora. Su diseño permite añadir un canal de comunicación RS-485 sin aumentar el ancho del controlador ni ocupar módulos laterales.

La CB1241 utiliza el mismo estándar Modbus RTU sobre RS-485, permitiendo que el PLC actúe como maestro de la red y consulte los registros del medidor de energía.

Configuración básica: Esta tarjeta se configura desde TIA Portal con los mismos parámetros de transmisión del EM112:

- Baud rate: 9600 bps.
- Formato: 8N1 (8 bits, sin paridad, 1 bit de parada).
- Rol: Maestro Modbus RTU.
- Cableado: bornes A (+) y B (–) conectados al bus RS-485.

- Su instalación es más sencilla, lo que la hace ideal para proyectos donde el espacio físico es limitado.

Ventajas:

- Diseño integrado y de bajo perfil.
- Configuración simple y estandarizada en TIA Portal.
- Mismo rendimiento que el CM1241.

Desventajas:

- Solo admite una placa por CPU.
- Comunicación limitada al entorno local.
- Permite acceso remoto ni integración en red TCP/IP.



Figura 7.1: Placa CB1241

7.2.3. Conversor industrial USR-N510 RS-485 a Ethernet

El USR-N510 es una pasarela industrial que transforma tramas Modbus RTU en Modbus TCP/IP, permitiendo que equipos con comunicación serial puedan integrarse a redes Ethernet modernas. Este dispositivo cumple el rol de traductor de protocolos, convirtiendo los datos provenientes del medidor EM112 en paquetes Modbus TCP accesibles por el PLC a través de su puerto Ethernet.

En la práctica, el USR-N510 actúa como un servidor TCP, escuchando las solicitudes del PLC, que opera como cliente Modbus TCP. El conversor recibe la petición, la traduce a formato RTU y la envía por RS-485 al EM112, devolviendo al PLC la respuesta encapsulada en un paquete TCP/IP.

Configuración básica: La parametrización del USR-N510 puede realizarse a través de su interfaz web interna o mediante el software gratuito USR-TCP232-Tool. Los parámetros típicos para este proyecto son:

- Modo de operación: TCP Server.
- Dirección IP estática: 192.168.0.10.
- Máscara de subred: 255.255.255.0.
- Puerto TCP: 502 (estándar Modbus TCP).
- Interfaz serial: RS-485.
- Velocidad y formato: 9600 bps, 8 bits de datos, sin paridad, 1 bit de parada (8N1). El cableado RS-485 se realiza conectando los terminales A (+) y B (–) del USR-N510 con los correspondientes del medidor EM112, manteniendo la misma polaridad.

Ventajas:

- No requiere módulos Siemens adicionales.
- Permite comunicación por Ethernet y acceso remoto.
- Admite múltiples clientes TCP simultáneos.
- Ideal para integración con HMI Web, SCADA o Data Logging.

Desventajas:

- Configuración inicial más compleja.
- Depende de la estabilidad de la red TCP/IP.
- Precio ligeramente superior a los módulos seriales.



Figura 7.2: USR-N510

7.2.4. Conversor industrial Hilscher netTAP 50 – NT 50-RE-EN

El Hilscher netTAP 50 modelo NT 50-RE-EN es un gateway industrial diseñado para convertir protocolos de comunicación serial RS-485, como Modbus RTU, hacia redes Ethernet industriales modernas, incluyendo PROFINET IO, Modbus TCP y EtherNet/IP. Este equipo permite integrar dispositivos basados en comunicación serial, como el medidor EM112, dentro de arquitecturas Siemens que operan principalmente sobre PROFINET, funcionando como un traductor completo de protocolos entre ambos mundos.

En este proyecto, el netTAP 50 actúa como un IO Device dentro de la red PROFINET del PLC S7-1200. El medidor EM112 entrega los datos mediante Modbus RTU por RS-485; el gateway recibe estas tramas seriales, las interpreta y las publica hacia el PLC mediante variables de proceso PROFINET, permitiendo que el controlador lea los valores de tensión, corriente, potencia y energía como si provinieran de un módulo de entrada nativo Siemens.

Configuración básica: La parametrización del NT 50-RE-EN se realiza mediante el software netX Configuration Tool y mediante la carga del archivo GSDML en TIA Portal. Los parámetros esenciales para su operación en este proyecto son:

- Modo de operación: Conversión Serial (Modbus RTU) a PROFINET IO.
- Dirección IP PROFINET estática: 192.168.0.20.
- Puerto serial RS-485 configurado a 9600 bps, 8 bits, sin paridad, 1 bit de parada (8N1).
- Mapeo de registros Modbus RTU del EM112 hacia las áreas de entrada PROFINET.

El cableado RS-485 se realiza conectando los terminales A (+) y B (–) del netTAP con los del medidor EM112, manteniendo la misma polaridad y la misma configuración de velocidad. Una vez configurado, el gateway expone hacia el PLC un bloque de datos de entrada PROFINET donde se encuentran los valores procesados.

Ventajas:

- Permite integrar equipos Modbus RTU en redes PROFINET sin módulos adicionales.
- Compatibilidad nativa con PLC Siemens mediante archivo GSDML.
- Conversión estable y transparente, con diagnósticos accesibles vía interfaz web.
- Diseño compacto, robusto y apto para uso industrial continuo.

Desventajas:

- Requiere una configuración inicial más extensa (mapeo Modbus–PROFINET).
- Costo mayor en comparación con conversores básicos RS-485 a TCP.
- No es plug-and-play; requiere conocimientos previos de PROFINET.



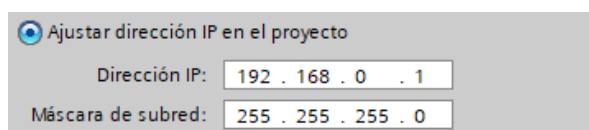
Figura 7.3: netTAP 50

8. Programación y Simulación

En este capítulo se presenta una simulación del sistema desarrollada mediante una máquina virtual y el software Modbus Poll, con el fin de validar la configuración y el funcionamiento del PLC.

8.1. Configuración del PLC

- I. Se genera un nuevo proyecto en TIA Portal V19, seleccionando una CPU Siemens S7-1200 con firmware V4.5 o superior.
- II. Asignación de IP y máscara (verificar que la dirección IP no esté ocupada por otro equipo en la red).



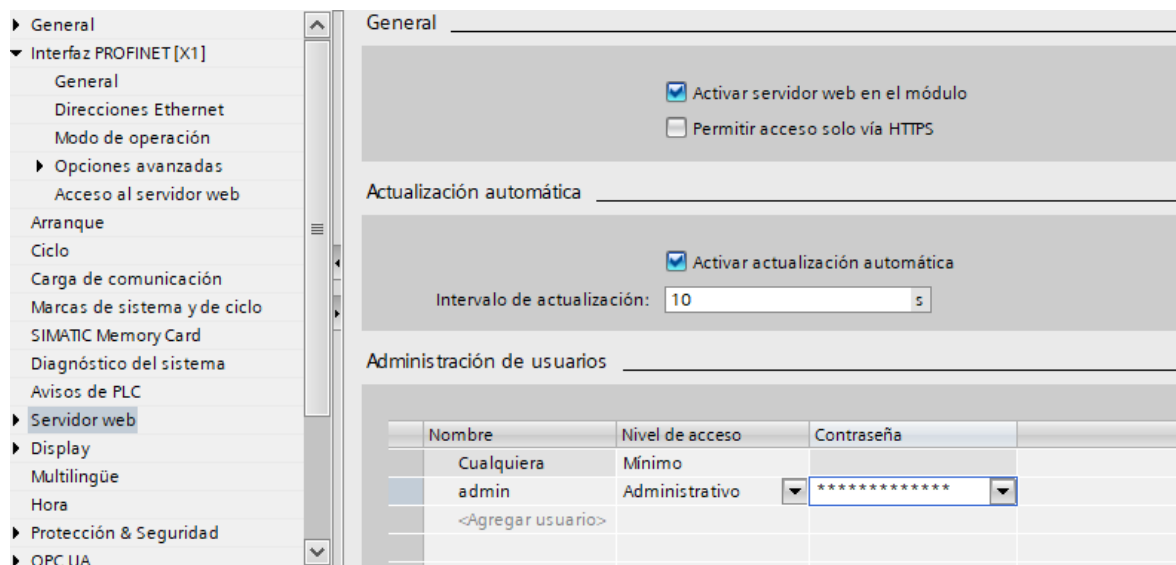
Ajustar dirección IP en el proyecto

Dirección IP: 192 . 168 . 0 . 1

Máscara de subred: 255 . 255 . 255 . 0

Figura 8.0: IP PLC

- III. Activar la opción de webserver del PLC, desactivar vía HTTPS y agregamos un Usuario.



General

Interfaz PROFINET [X1]

General

Direcciones Ethernet

Modo de operación

Opciones avanzadas

Acceso al servidor web

Arranque

Ciclo

Carga de comunicación

Marcas de sistema y de ciclo

SIMATIC Memory Card

Diagnóstico del sistema

Avisos de PLC

Servidor web

Display

Multilingüe

Hora

Protección & Seguridad

OPC UA

General

☒ Activar servidor web en el módulo

☐ Permitir acceso solo vía HTTPS

Actualización automática

☒ Activar actualización automática

Intervalo de actualización: 10 s

Administración de usuarios

Nombre	Nivel de acceso	Contraseña
Cualquiera	Mínimo	
admin	Administrativo	*****
<Agregar usuario>		

Figura 8.1: Confi. WebServer

IV. Vinculamos con el PLC(Maquina virtual en mi caso).

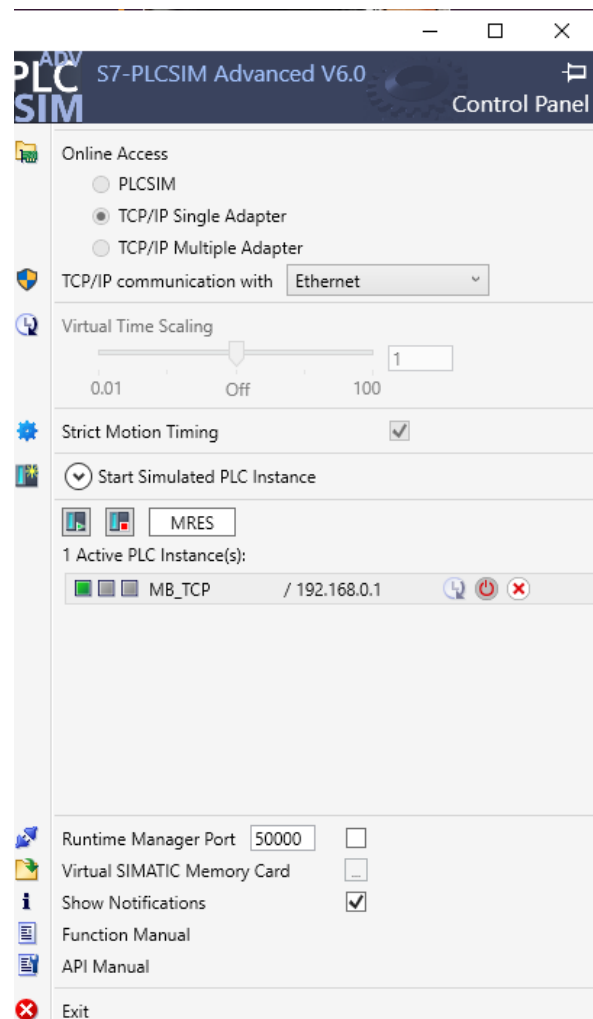
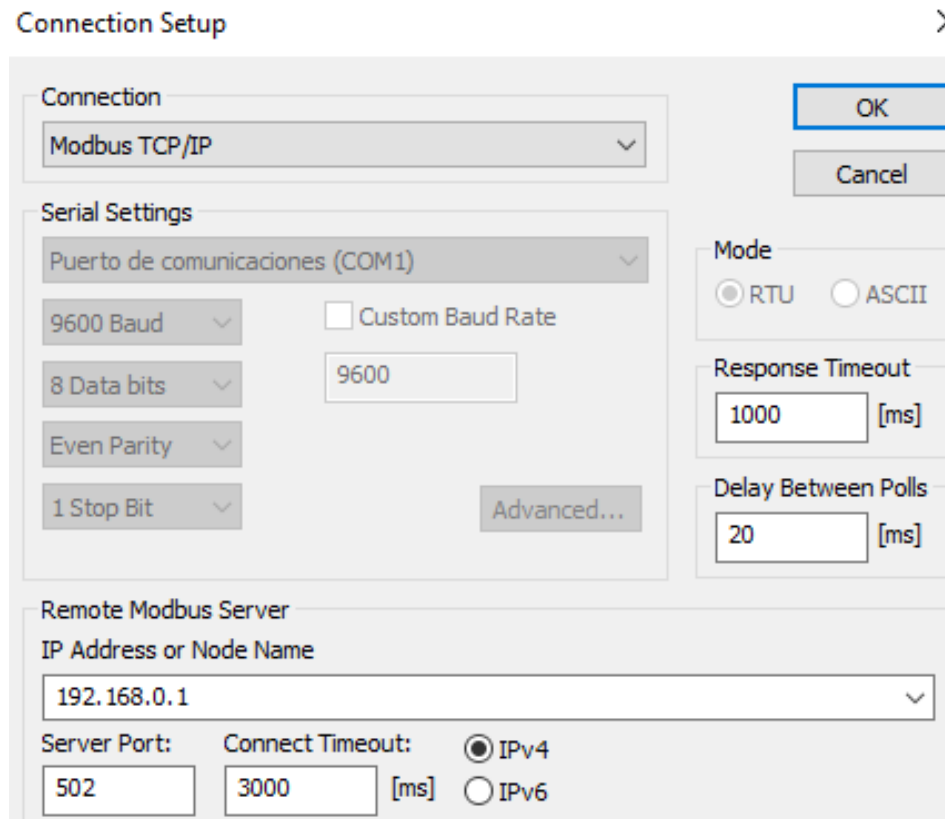


Figura 8.2: PLC Virtual

8.2. Configuración del Modbus Poll

V. Para emular el analizador de energía EM112, se utilizó el software Modbus Poll, configurado como esclavo TCP:

- Modo de operación: Slave TCP Server.
- Dirección IP: 192.168.0.12.
- Puerto: 502.
- Tipo de registro: Holding Registers (4x).



The screenshot shows the 'Connection Setup' dialog box for Modbus Poll. The 'Connection' dropdown is set to 'Modbus TCP/IP'. The 'Serial Settings' section includes 'Puerto de comunicaciones (COM1)', '9600 Baud', '8 Data bits', 'Even Parity', and '1 Stop Bit'. The 'Mode' section has 'RTU' selected. The 'Response Timeout' is set to 1000 ms, and the 'Delay Between Polls' is set to 20 ms. The 'Remote Modbus Server' section shows the 'IP Address or Node Name' as '192.168.0.1', 'Server Port' as '502', and 'Connect Timeout' as '3000 ms'. The 'IPv4' radio button is selected.

Connection Setup

Connection: Modbus TCP/IP

Serial Settings

Puerto de comunicaciones (COM1)

9600 Baud

8 Data bits

Even Parity

1 Stop Bit

Custom Baud Rate

9600

Advanced...

Mode

RTU

ASCII

Response Timeout

1000 [ms]

Delay Between Polls

20 [ms]

Remote Modbus Server

IP Address or Node Name

192.168.0.1

Server Port: 502

Connect Timeout: 3000 [ms]

IPv4

IPv6

OK

Cancel

Figura 8.3: Confi. Modbus Poll

8.3. Programación en Bloque

I. Se busca y crea el bloque MBCLiente.

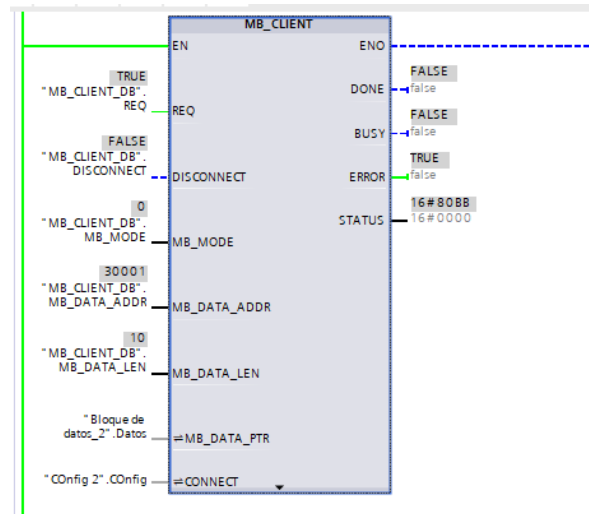


Figura 8.4: Bloque MBCLiente

Entradas MBCLiente

- **REQ:** Siempre TRUE para estar leyendo siempre los valores.
- **Disconnect:** Siempre False para que no deje de leer los datos.
- **MBMode:** Define que el modo si es escritura o lectura (0 solo lectura).
- **MBDataADDR:** direccion desde donde queremos empezar a leer los datos.
- **MBDataPTR:** donde se amlacenan los datos leidos.
- **Connect:** se añade la configuración para que se puedan leer los datos.
- El Error, Done, Busy, Status se configuran desde el mismo bloque del MBCLiente

- II. se crean 2 Datablocks para el bloque 1 dedicado a la configuración del bloque el cual permitira que el PLC pueda comunicarse con el EM112(Modbus Poll), y otro para el registro de los datos.

■ ▼ Config	TCON_IP_v4	0.0	
■ InterfaceId	HW_ANY	0.0	64
■ ID	CONN_OUC	2.0	1
■ ConnectionType	Byte	4.0	11
■ ActiveEstablished	Bool	5.0	0
■ ▼ RemoteAddress	IP_V4	6.0	
■ ▼ ADDR	Array[1..4] of Byte	6.0	
■ ADDR[1]	Byte	6.0	192
■ ADDR[2]	Byte	7.0	168
■ ADDR[3]	Byte	8.0	0
■ ADDR[4]	Byte	9.0	12
■ RemotePort	UInt	10.0	0
■ LocalPort	UInt	12.0	502

Figura 8.5: DataBlock Config

▼ Variables	Array[0..10] of Int	0.0		
Variables[0]	Int	0.0	0	200
Variables[1]	Int	2.0	0	10
Variables[2]	Int	4.0	0	22000
Variables[3]	Int	6.0	0	0
Variables[4]	Int	8.0	0	49
Variables[5]	Int	10.0	0	24400
Variables[6]	Int	12.0	0	0
Variables[7]	Int	14.0	0	0
Variables[8]	Int	16.0	0	0
Variables[9]	Int	18.0	0	0
Variables[10]	Int	20.0	0	0

Figura 8.6: DataBlock Registro

8.4. Registro de Datos

Para el registro de datos de las variables simuladas se usaron bloques nativos de simens:

I. Se crea un bloque DataLogCreate: como indica el bloque creara el archivo.

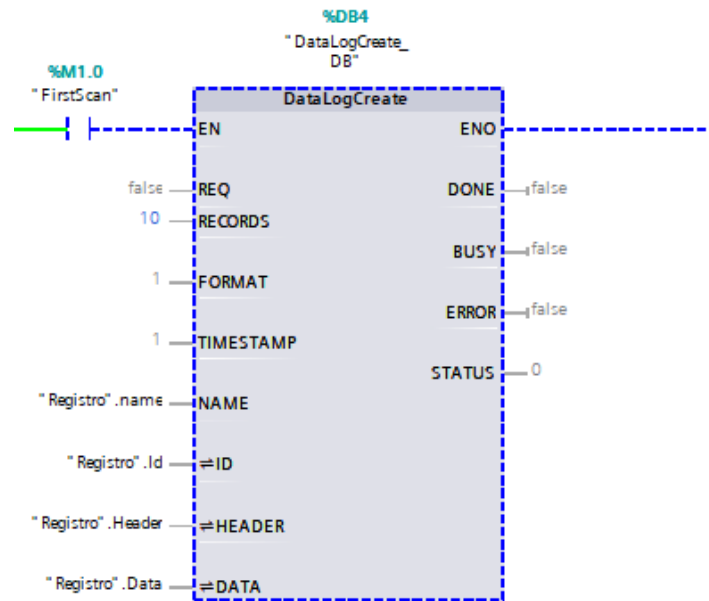


Figura 8.7: DataLoggCreate

- **Records:** Numero de filas que se crearan en el archivo.
- **Format:** Define el formato (1= CSV).
- **TimeStamp:** Incluye fecha/hora en el registro (1= si)
- **Name:** Se configura en el Datablock.
- **ID:** Se configurara en el Datablock, indicador numerico del Datalog
- **Header:** Se configura en el Datablock encabezado del archivo.
- **Data:** Se configura en el Datablock, estructura que contiene los campos a registrar.
- **Done:** Creado con exito.
- **Busy:** PLC creando el archivo.
- **Error:** Hubo fallo.
- **Status:**Codigo del fallo.

II. Al igual que con el MBCliente se debe crear un DataBlock para configurar su funcionamiento.

Static				
name	String	'Registro'		'Registro'
Id	DWord	1		16#0000_0001
Header	Array[0..2] of String			
Header[0]	String	'Voltaje'		'Voltaje'
Header[1]	String	'Corriente'		'Corriente'
Header[2]	String	'Potencia'		'Potencia'
Data	Struct			
Voltaje	Real	0.0		1.063382E+37
Corriente	Real	0.0		3.873816E+20
Potencia	Real	0.0		6.710886E+08

Figura 8.8: Configuración DataLogCreate

III. luego debemos crear un DataLogOpen el cual abre el archivo en el primer ciclo de ejecución, para que el siguiente bloque pueda escribir.

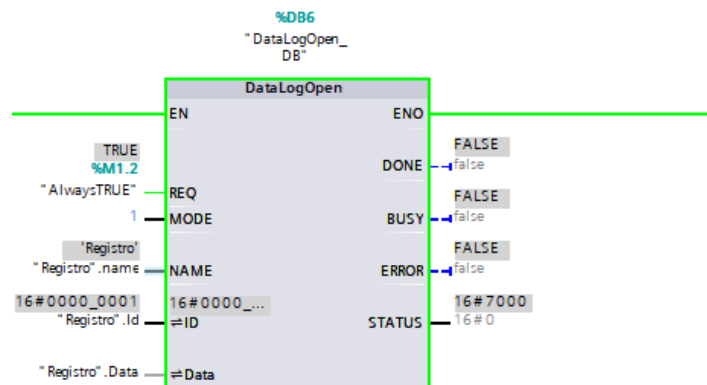


Figura 8.9: DataLogOpen

- **Req:** siempre true para que el archivo se mantenga abierto.
- **Mode:** definimos si queremos escribir o leer (1= escribir).
- El Name, ID y el Data cumple la misma funcion que en el anterior.

IV. Para terminar se debe crear un bloque DataLogWrite el cual escribe periódicamente según el pulso que se le agregue.

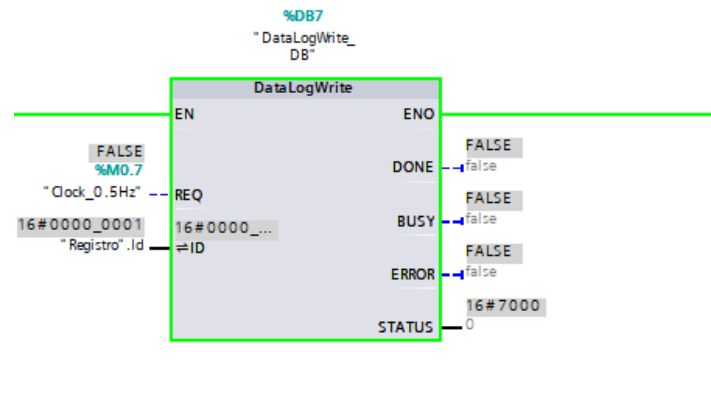


Figura 8.10: DataLoggWrite

- **Req:** Se le añade pulso para que escriba los datos.
- la ID cumple la misma funcion que en los otros.

- V. **Nota:** Los datos recibidos desde el medidor mediante el bloque MBCLIENT se almacenan de forma agrupada dentro de un array de bytes (MBDATAPTR). Para poder utilizarlos individualmente en el programa por ejemplo, convertirlos a variables como REAL, INT o DINT es necesario extraer cada valor desde el array.

Por este motivo, los datos deben pasar por uno o varios bloques MOVE, con el fin de "separarlos" del array y colocarlos en variables internas del PLC que puedan ser interpretadas correctamente (Los valores están en REAL debido a las limitaciones de la Máquina Virtual).

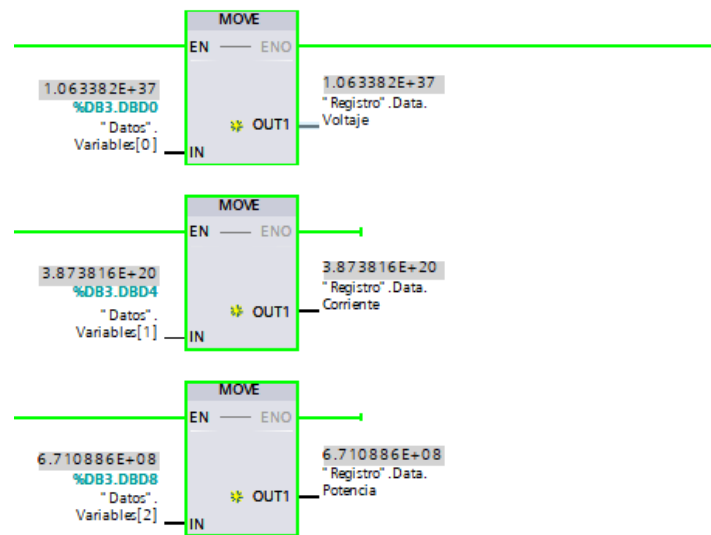


Figura 8.11: Extracción de los Datos

8.5. Desarrollo HMI WEB

Una vez validada la comunicación y el registro, se desarrolló una interfaz web integrada en el PLC mediante WinCC Unified View of Things. Este entorno permitió crear una HMI accesible desde cualquier navegador conectado a la IP del PLC.

I. Se crea la vista principal para añadir los indicadores numericos.

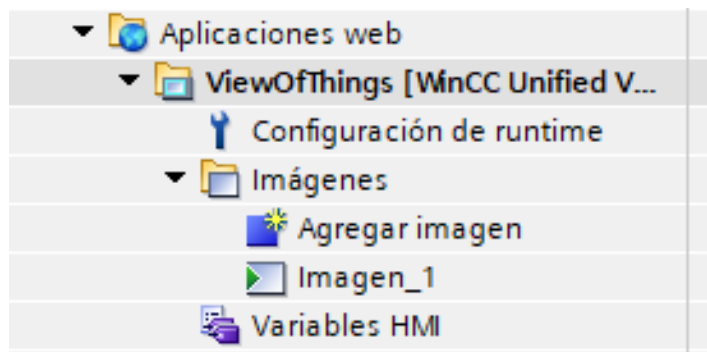


Figura 8.12: Creación de HMI Web

II. se añaden indicadores para la visualización del los Datos.

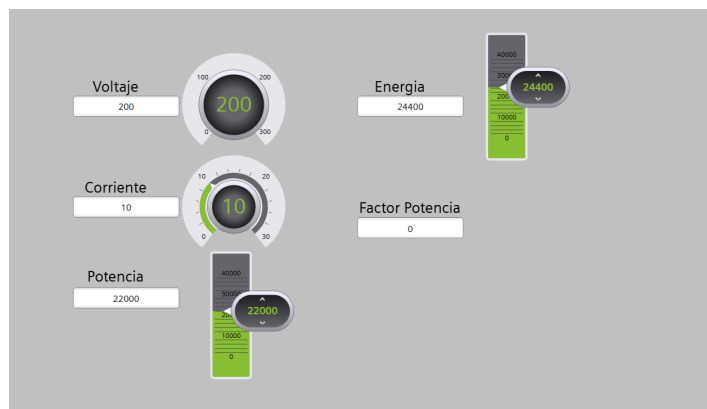


Figura 8.13: HMI Web

8.6. Visualización del HMI Web y Acceso a Registro de Datos

- I. Debemos abrir nuestro navegador de confianza y escribir la IP de nuestro PLC en el buscador.
- II. Con nuestra Usuario y Contraseña creados anteriormente accederemos al Web Server del PLC.



Figura 8.14: Web Server

- **Página de usuario:** Acceso a la HMI Web.
- **Navegador de Archivos:** Acceso al Registro de Datos.
- **Esto solo esta disponible para equipos que esten conectados a la misma RED ya sea via Ethernet o WI-FI.**

8.7. Resultados

- I. La comunicación entre la Maquina Virtual y Modbus Poll fue estable y continua.
- II. El sistema de Data Logging registró correctamente los valores REAL simulados cada 2 segundos.
- III. La HMI Web (VOT) permitió la visualización y supervisión de los parámetros eléctricos en tiempo real desde un navegador, sin necesidad de hardware adicional.
- IV. Se confirmó que la estructura modular del programa (bloques MBCLIENT, Data Logging y HMI) es funcional y escalable para la posterior implementación física con los equipos EM112 y módulo CB1241.
- V. Nota: V. Como recomendación para la implementación en hardware real, se sugiere ajustar el formato de registro para incluir variables INT y BOOL, y definir la frecuencia de muestreo según el tiempo de respuesta del EM112.

Es importante aclarar que la comunicación utilizada en la simulación solo funciona mediante Modbus TCP/IP, ya que Modbus Poll actúa como servidor TCP y el bloque MBCLIENT del PLC opera como cliente TCP.

En una instalación real esto no es posible de forma directa, porque el EM112 utiliza Modbus RTU por RS-485. Por lo tanto, para replicar el comportamiento demostrado en la simulación se requiere obligatoriamente un módulo CB1241/CM1241 RS-485, o un conversor Modbus RTU a Modbus TCP (USR-N510).

Además, se debe verificar el mapa Modbus, el escalado de valores y la integridad del enlace RS-485 al momento de implementar el sistema.

8.8. Resultados sobre la posible implementación con netTAP 50

- I. El uso del conversor Hilscher netTAP 50 permitiría integrar el medidor EM112 con protocolo Modbus RTU hacia una red PROFINET, habilitando la comunicación con el PLC Siemens sin necesidad de módulos adicionales.
- II. Para su implementación en TIA Portal sería necesario importar el archivo GSDML correspondiente al modelo NT 50-RE-EN, configurarlo como un dispositivo PROFINET esclavo y asignarle los bloques de datos que actuarán como área de intercambio cíclico entre el PLC y el conversor.
- III. La programación implicaría una estructura más extensa que la empleada con MB_CLIENT, ya que los registros del EM112 deben mapearse manualmente en la tabla de proceso del netTAP y posteriormente ser transferidos al PLC mediante áreas de entrada y salida, utilizando bloques MOVE para separar y normalizar cada variable.

- IV. A diferencia de Modbus TCP/IP, la lectura de datos no se realiza mediante solicitudes cíclicas del PLC, sino mediante el intercambio de IO Data generado por el netTAP, lo cual requiere una validación continua de consistencia, estado del dispositivo y posible manejo de errores mediante bits de diagnóstico PROFINET.
- V. Aunque el conversor ofrece alta compatibilidad industrial, su implementación agrega complejidad debido al mapeo de registros, configuración intermedia del hardware y la necesidad de adaptar el programa para el manejo de estructuras fijas de datos. Por este motivo, la programación con netTAP 50 se considera más compleja y extensa en comparación con el uso directo del protocolo Modbus TCP/IP.

9. Análisis y Cálculos de Protecciones para el Sistema

9.1. Datos de partida

- Fuente de poder: 24 V / 5 A (120 W).
- Equipos alimentados a 24 V:
 - CPU S7-1200: $I_{nom} = 0,400$ A.
 - netTAP 50: $I_{nom} = 0,072$ A.
 - USR-N510: $I_{nom} \approx 0,03335$ A.
 - CB1241 / CM1241: 0,00 A (no consumen desde 24 V).
- Valores obtenidos desde las fichas técnicas oficiales.
- Margen de diseño aplicado: 25 %.

9.2. Protección de la fuente: Cálculo de corriente en el lado AC

9.2.1. Potencia de salida

$$P_{salida} = V_{salida} \times I_{salida}$$

$$P_{salida} = 24 \times 5 = 120 \text{ W}$$

9.2.2. Potencia de entrada considerando eficiencia

$$P_{entrada} = \frac{P_{salida}}{\eta}$$

$$P_{entrada} = \frac{120}{0,87} = 137,93 \text{ W}$$

9.2.3. Corriente de entrada considerando FP

$$I_{entrada} = \frac{P_{entrada}}{V_{AC} \times FP}$$

Aplicación:

$$I_{entrada} = \frac{137,93}{230 \times 0,60} \approx 1,00 \text{ A}$$

9.2.4. Margen aplicado

$$I_{diseño} = I_{entrada} \times 1,25 = 1,25 \text{ A}$$

9.2.5. Selección práctica de protección AC

- MCB 6A curva C, adecuado para corriente de diseño e inrush típico.

9.3. Consumo de cada equipo

Valores extraídos desde las hojas técnicas:

$$I_{CPU} = 0,400A, \quad I_{netTAP} = 0,072A, \quad I_{USR} \approx 0,03335A$$

9.4. Corriente de diseño por equipo

$$I_{diseño} = I_{nom} \times 1,25$$

CPU S7-1200

$$0,400 \times 1,25 = 0,500 \text{ A}$$

netTAP 50

$$0,072 \times 1,25 = 0,090 \text{ A}$$

USR-N510

$$0,03335 \times 1,25 = 0,0417 \text{ A}$$

9.5. Cálculo de corriente total del riel 24VDC

$$I_{total} = I_{CPU} + I_{netTAP} + I_{USR}$$

$$I_{total} = 0,500 + 0,090 + 0,0417 = 0,6317 \text{ A}$$

9.6. Selección de protección DC

9.6.1. Criterio

$$I_{protec} > I_{total}$$

Selección propuesta

$$I_{protect} = 2 \text{ A}$$

9.6.2. Fórmula para fusible general

$$I_{fusible} = I_{total} \times 1,25 = 0,7896 \text{ A}$$

9.7. Resumen final

- Protección AC: **MCB 6A curva C.**
- Protección DC: **Fusible 2A rápido.**

9.8. Resumen de fórmulas utilizadas

- **Potencia de salida de la fuente:**

$$P_{salida} = V_{salida} \cdot I_{salida}$$

- **Potencia de entrada considerando eficiencia:**

$$P_{entrada} = \frac{P_{salida}}{\eta}$$

- **Corriente en el lado AC considerando factor de potencia:**

$$I_{entrada} = \frac{P_{entrada}}{V_{AC} \cdot FP}$$

- **Corriente con margen de seguridad (25 %):**

$$I_{diseño} = I_{entrada} \times 1,25$$

- **Corriente de diseño por equipo:**

$$I_{diseño_equipo} = I_{nom} \times 1,25$$

- **Corriente total en el riel de 24 VDC:**

$$I_{total} = \sum I_{diseño_equipo}$$

- **Fusible general con margen:**

$$I_{fusible} = I_{total} \times 1,25$$

10. Conclusiones

- I. El sistema de monitoreo propuesto es viable técnica y funcionalmente, permitiendo adquirir y visualizar en tiempo real variables críticas del proceso de recarga de vehículos eléctricos. La arquitectura planteada es escalable e integrable con el cargador existente.
- II. La comunicación Modbus TCP/IP simulada demostró ser estable y confiable, validando el uso del bloque MBCLIENT para la lectura periódica de registros. Sin embargo, para la implementación real es necesario disponer de un módulo RS-485 o de un conversor industrial que traduzca Modbus RTU hacia el PLC.
- III. El uso de WinCC Unified View of Things (HMI web) mostró excelentes resultados, permitiendo visualizar tensiones, corrientes, potencias y energía sin requerir hardware adicional. Esta alternativa es ideal para entornos académicos por su simplicidad, portabilidad y acceso mediante navegador.
- IV. El sistema de Data Logging del PLC cumplió adecuadamente la función de registro histórico, generando archivos ordenados y exportables que permiten analizar el comportamiento del cargador, facilitando actividades de laboratorio e investigación.
- V. A pesar de que el sistema de Data Logging permite almacenar correctamente los valores medidos, la visualización directa de los registros en forma de gráficos no es posible dentro de la HMI web desarrollada con WinCC Unified View of Things, debido a las limitaciones actuales de esta herramienta en los PLC Siemens S7-1200. En particular, el entorno VOT no incorpora funcionalidades nativas para la representación de gráficos históricos, lo que restringe el análisis visual de tendencias directamente desde la interfaz web.

No obstante, esta limitación no afecta la funcionalidad principal del sistema, ya que los archivos de registro pueden ser descargados y analizados posteriormente mediante herramientas externas como hojas de cálculo o software de análisis de datos. Esta característica deja abierta la posibilidad de futuras mejoras, tales como la integración con plataformas SCADA, sistemas en la nube o aplicaciones externas que permitan una visualización gráfica avanzada del historial de datos.

VI. Sobre alternativas de comunicación:

- **CB1241/CM1241:** solución más directa, económica y simple, pero limitada a comunicación local.
- **USR-N510:** solución balanceada, con acceso vía Ethernet y mayor flexibilidad.
- **Hilscher netTAP 50:** la opción más robusta y profesional, pero también la más compleja y costosa.

- VII. El diseño de protecciones eléctricas fue correctamente fundamentado, determinando una protección AC de 6 A curva C y fusibles DC de 2 A para los equipos alimentados desde la fuente de 24 V. El margen del 25 % asegura operación segura y confiable.
- VIII. El proyecto establece una base sólida para la futura implementación física del sistema, ya que la programación, arquitectura de red, datalogging, HMI y cálculos eléctricos han sido completamente desarrollados y verificados en simulación.
- IX. Finalmente, este trabajo contribuye al desarrollo académico en electromovilidad, entregando una herramienta que permite estudiar el comportamiento eléctrico de la carga de vehículos, analizar eficiencia, detectar anomalías y fomentar nuevas líneas de investigación.

10.1. Diseño recomendado

Para la implementación real del sistema de monitoreo de variables eléctricas, se realizó un análisis comparativo entre las distintas alternativas de comunicación disponibles entre el analizador de energía EM112 y el PLC Siemens S7-1200, considerando módulos de comunicación Siemens (CM1241 y CB1241) y soluciones basadas en convertidores industriales externos RS-485 a Ethernet.

Desde el punto de vista de la integración con el entorno Siemens, el módulo CM1241 presenta una ventaja clara frente a las demás alternativas, ya que se incorpora directamente al hardware del PLC y se configura de forma nativa en TIA Portal. En comparación, los convertidores externos requieren configuraciones adicionales de red y herramientas externas de parametrización, mientras que el CB1241 introduce una capa de comunicación adicional basada en Ethernet que no resulta estrictamente necesaria para el alcance del proyecto.

En cuanto a la confiabilidad de la comunicación, el CM1241 permite un enlace Modbus RTU directo sobre RS-485 entre el PLC y el medidor EM112, reduciendo la cantidad de dispositivos intermedios. Frente a soluciones basadas en convertidores o gateways, esta arquitectura disminuye los puntos potenciales de falla y aumenta la estabilidad del sistema, aspecto relevante en entornos eléctricos con presencia de ruido e interferencias.

Respecto a la complejidad de implementación, el CM1241 se presenta como la alternativa más simple, ya que solo requiere la configuración de parámetros seriales y el uso del bloque MBCLIENT. En contraste, el uso de convertidores RS-485 a Modbus TCP implica la gestión de direccionamiento IP, configuración de servicios de red y posibles problemas de latencia, aumentando la complejidad del sistema sin aportar beneficios significativos para el objetivo principal del proyecto.

Desde la perspectiva de la robustez industrial, el CM1241, al ser un módulo oficial Siemens, cumple con estándares industriales de compatibilidad electromagnética, fiabilidad y soporte técnico. Esto representa una ventaja frente a soluciones externas de terceros, cuya calidad y soporte pueden variar según el fabricante.

Finalmente, en términos de mantenimiento, escalabilidad y adecuación al entorno académico, el uso de un módulo Siemens facilita la documentación, replicabilidad del sistema y futuras ampliaciones, manteniendo una arquitectura homogénea y coherente con plataformas industriales utilizadas en formación técnica y universitaria.

En base a este análisis comparativo, se concluye que el módulo Siemens CM1241 no solo cumple con los requisitos funcionales del sistema, sino que representa la alternativa más adecuada frente a las demás opciones evaluadas, al ofrecer una solución más simple, confiable e integrada para la implementación definitiva del sistema de monitoreo propuesto.

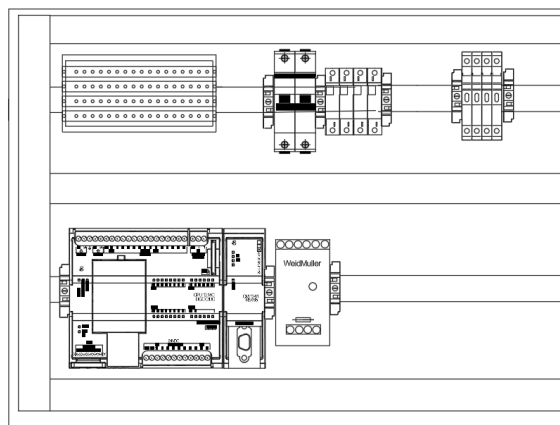


Figura 10.0: Diseño Recomendado

10.1.1. Costo del proyecto

Ítem	Cant.	Modelo	Precio CLP
PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC	1	6ES7214-1AG40-0XB0	991.966
Módulo de comunicación CM1241	1	Siemens CM1241	160.000
Tarjeta SD Siemens para S7-1200 (4GB)	1	6ES7954-8LF03-0AA0	50.440
Fuente Weidmüller 24 V / 5 A	1	1478110000	157.140
MCB Schneider iC60N 6A curva C	1	A9F74106	4.850
Porta-fusible DIN 2A	1	Para fusible 5×20 mm	6.790
Fusible 2A 5×20	1	Rápido	970
Porta-fusible 6A ATO/ATC	2	Blade ATO/ATC	8.924
Fusible 6A ATO	2	ATO estándar	1.940
Cable RS-485 apantallado (10 m)	1	Belden 3106A o similar	21.340
Borneras	6	600 V – 35 A	43.068
Bornera para tierra	1	Color verde-amarillo	7.178
Regleta 3 líneas	1	Neutro/Fase/Tierra	8.730
Canaleta ranurada (2 m)	1	40×25 mm	11.640
Riel DIN (1 m)	1	35 mm estándar	7.760
Tablero metálico mural	1	300×400×150 mm	87.300
Total			1.570.036

Tabla 10.1: Listado de materiales del sistema de monitoreo

11. Anexos

11.1. Equipos Instalados

11.1.1. Instalacion Cargador WALLBOX



Figura 11.1: Cargador Instalado en Universidad

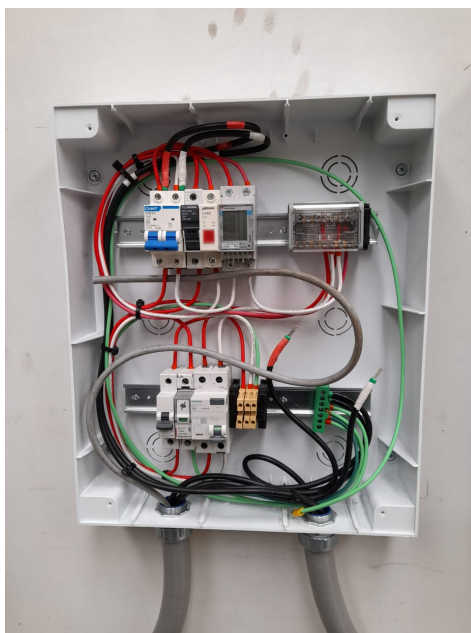


Figura 11.2: Conexion EM112

11.2. Otros Diseños

11.2.1. Diseño CB1241

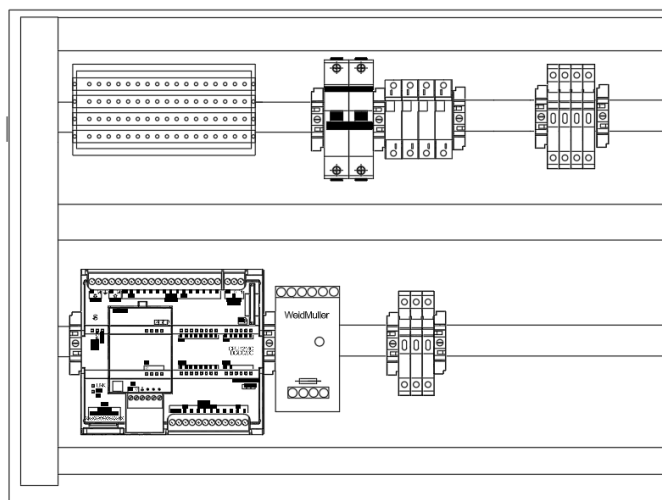


Figura 11.3: Diseño N°1

11.2.2. Diseño USR-510

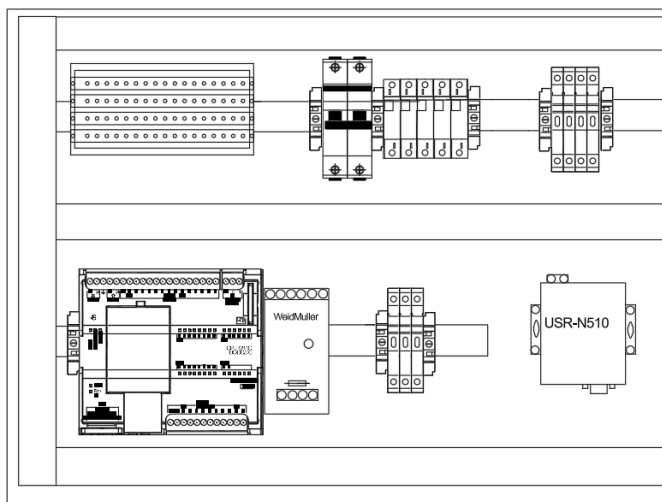


Figura 11.4: Diseño N°2

11.2.3. Diseño NetTap-50

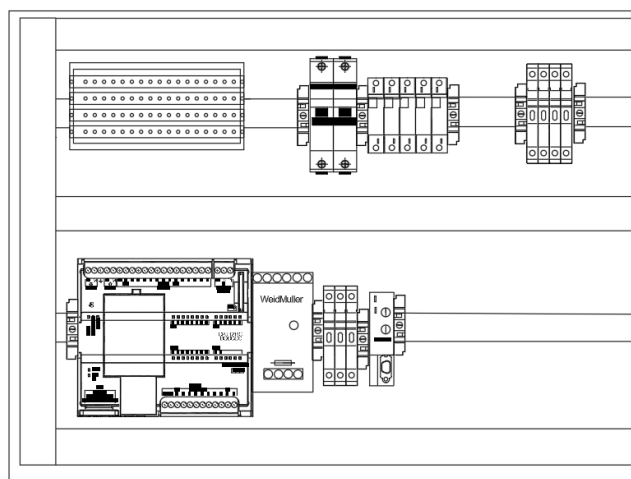


Figura 11.5: Diseño N°3

11.3. Diagramas Electricos

11.3.1. Diagrama Circuito Externo

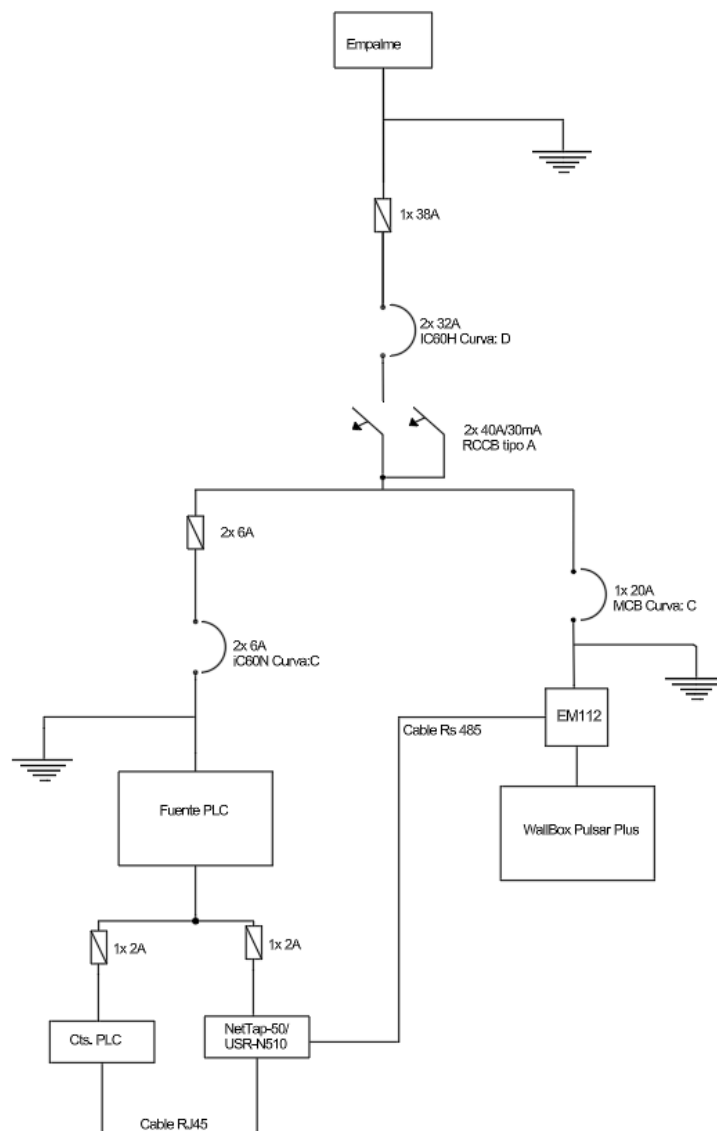


Figura 11.6: Diagrama 1

11.3.2. Diagrama Sin Circuito Externo

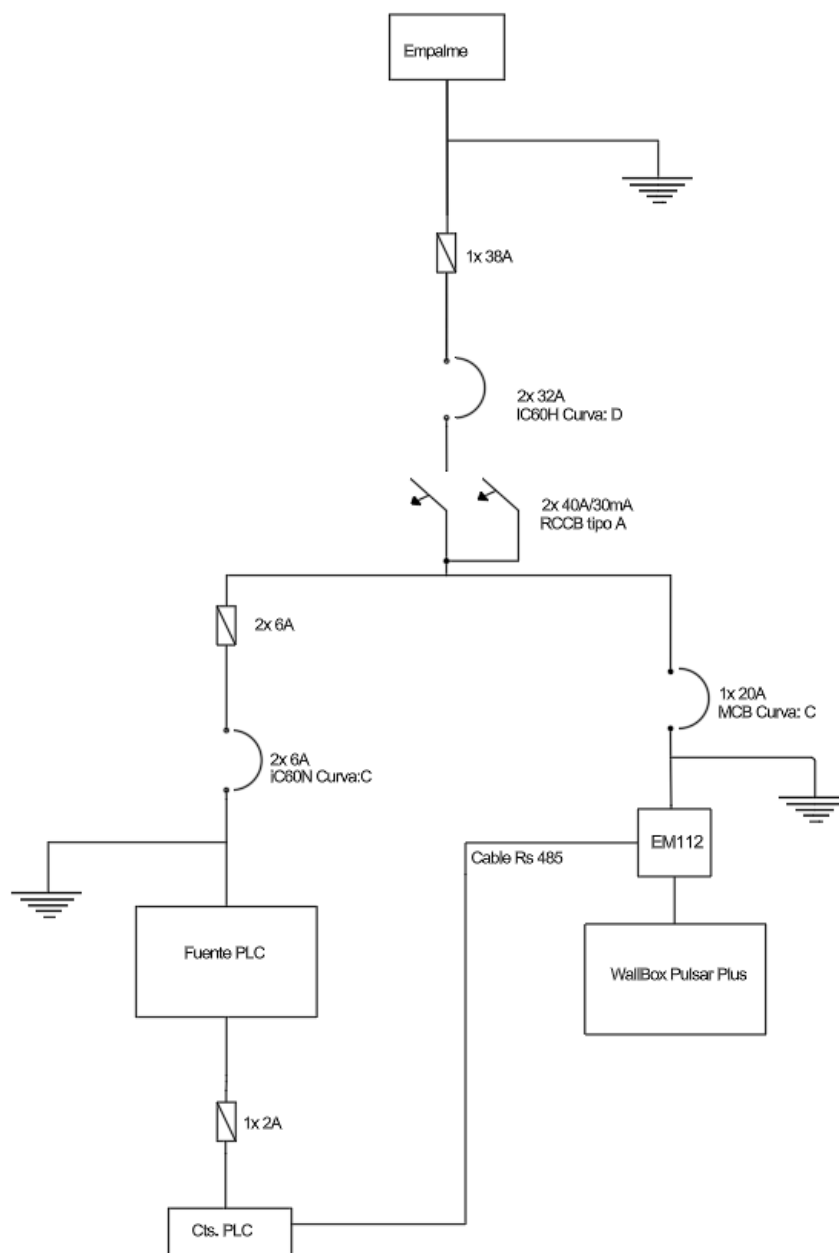


Figura 11.7: Diagrama 2

11.4. Cotizacion Diseños Secundarios

Ítem	Cant.	Modelo	Precio CLP
PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC	1	6ES7214-1AG40-0XB0	991.966
Placa de comunicación CB1241	1	Siemens CB1241	145.000
Tarjeta SD Siemens para S7-1200 (4GB)	1	6ES7954-8LF03-0AA0	50.440
Fuente Weidmüller 24 V / 5 A	1	1478110000	157.140
MCB Schneider iC60N 6A curva C	1	A9F74106	4.850
Porta-fusible DIN 2A	1	Para fusible 5×20 mm	6.790
Fusible 2A 5×20	1	Rápido	970
Porta-fusible 6A ATO/ATC	2	Blade ATO/ATC	8.924
Fusible 6A ATO	2	ATO estándar	1.940
Cable RS-485 apantallado (10 m)	1	Belden 3106A o similar	21.340
Borneras	6	600 V – 35 A	43.068
Bornera para tierra	1	Color verde-amarillo	7.178
Regleta 3 líneas	1	Neutro/Fase/Tierra	8.730
Canaleta ranurada (2 m)	1	40×25 mm	11.640
Riel DIN (1 m)	1	35 mm estándar	7.760
Tablero metálico mural	1	300×400×150 mm	87.300
Total			1.555.036

Tabla 11.1: Listado de materiales con placa Siemens CB1241

Ítem	Cant.	Modelo	Precio CLP
PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC	1	6ES7214-1AG40-0XB0	991.966
Gateway RS-485 a Ethernet	1	USR-N510	48.000
Tarjeta SD Siemens para S7-1200 (4GB)	1	6ES7954-8LF03-0AA0	50.440
Fuente Weidmüller 24 V / 5 A	1	1478110000	157.140
MCB Schneider iC60N 6A curva C	1	A9F74106	4.850
Porta-fusible DIN 2A	1	Para fusible 5×20 mm	6.790
Fusible 2A 5×20	1	Rápido	970
Porta-fusible 6A ATO/ATC	2	Blade ATO/ATC	8.924
Fusible 6A ATO	2	ATO estándar	1.940
Cable RS-485 apantallado (10 m)	1	Belden 3106A o similar	21.340
Borneras	6	600 V – 35 A	43.068
Bornera para tierra	1	Color verde-amarillo	7.178
Regleta 3 líneas	1	Neutro/Fase/Tierra	8.730
Canaleta ranurada (2 m)	1	40×25 mm	11.640
Riel DIN (1 m)	1	35 mm estándar	7.760
Tablero metálico mural	1	300×400×150 mm	87.300
Total			1.458.036

Tabla 11.2: Listado de materiales con gateway USR-N510

Ítem	Cant.	Modelo	Precio CLP
PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC	1	6ES7214-1AG40-0XB0	991.966
Gateway industrial multiprotocolo	1	Hilscher netTAP 50	726.530
Tarjeta SD Siemens para S7-1200 (4GB)	1	6ES7954-8LF03-0AA0	50.440
Fuente Weidmüller 24 V / 5 A	1	1478110000	157.140
MCB Schneider iC60N 6A curva C	1	A9F74106	4.850
Porta-fusible DIN 2A	1	Para fusible 5×20 mm	6.790
Fusible 2A 5×20	1	Rápido	970
Porta-fusible 6A ATO/ATC	2	Blade ATO/ATC	8.924
Fusible 6A ATO	2	ATO estándar	1.940
Cable RS-485 apantallado (10 m)	1	Belden 3106A o similar	21.340
Borneras	6	600 V – 35 A	43.068
Bornera para tierra	1	Color verde-amarillo	7.178
Regleta 3 líneas	1	Neutro/Fase/Tierra	8.730
Canaleta ranurada (2 m)	1	40×25 mm	11.640
Riel DIN (1 m)	1	35 mm estándar	7.760
Tablero metálico mural	1	300×400×150 mm	87.300
Total			2.136.566

Tabla 11.3: Listado de materiales con gateway Hilscher netTAP 50

11.5. Linkografía

11.5.1. Fuentes de información del proyecto

- Ministerio de Energía de Chile. Normativa para sistemas de carga de vehículos eléctricos:
<https://energia.gob.cl/electromovilidad/reglamentacion/normativa-sistemas-de-carga>
- Ministerio de Energía de Chile. Sistemas de carga y tipos de cargadores para vehículos eléctricos:
<https://energia.gob.cl/electromovilidad/sistemas-de-carga/cargadores-electricos>
- Desarrollo de un cargador Modo 3 para vehículos eléctricos, incluyendo comunicación RS-485 y protocolo Modbus:
<https://zaguan.unizar.es/record/164731/files/TAZ-TFG-2025-3133.pdf>

11.5.2. Referencias de equipos y fabricantes

- PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7214-1AG40-0XB0>
- Módulo Siemens CM1241 RS-485:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7241-1AH32-0XB0>
- Placa Siemens CB1241 RS-485:
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7241-1CH32-0XB0>
- Conversor RS-485 a Ethernet USR-N510:
<https://www.usriot.com/products/rs485-to-ethernet-converter-n510.html>
- Gateway industrial Hilscher netTAP 50 NT 50-RE-EN:
<https://www.hilscher.com/products/gateways/nt-50-re-en>
- Ficha técnica del cargador inteligente:

11.5.3. Proveedores y referencias comerciales

- DigiKey Chile: <https://www.digikey.cl>
- RS Components: <https://www.rs-components.com>
- Distrelec: <https://www.distrelec.com>
- Electro Mandarinina – Tableros metálicos: <https://www.electro-mandarina.cl/tableros-metalicos>

11.5.4. Bloques de Programacion

- Modbus TCP client (MB_CLIENT) for S7-1200 and S7-1500:
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109780400>
- Data logging with S7-1200 / S7-1500:
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109747297>
- DataLogCreate, DataLogWrite y DataLogRead – Manual de funciones:
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109479728>