



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



DISEÑO DE UN PROTOTIPO ADAPTADOR-SINCRONIZADOR
DE PROTOCOLOS DMX512 A MODBUS TCP/IP CON
MICROCONTROLADOR ESP8266 EN EQUIPOS INDUSTRIALES
EN FUENTE ORNAMENTAL DE LA UNA PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. LENIN CONDORI AROCUTIPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2024



Lenin Condori Arocutipa

DISEÑO DE UN PROTOTIPO ADAPTADOR-SINCRONIZADOR DE PROTOCOLOS DMX512 A MODBUS TCP_IP CON MICROCO...

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::8254:416624956

92 Páginas

Fecha de entrega
16 dic 2024, 1:27 p.m. GMT-5

12,580 Palabras

Fecha de descarga
16 dic 2024, 1:30 p.m. GMT-5

72,812 Caracteres

Nombre de archivo
DISEÑO DE UN PROTOTIPO ADAPTADOR-SINCRONIZADOR DE PROTOCOLOS DMX512 A MODBUSpdf

Tamaño de archivo
4.4 MB





5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 5% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Miguel Guas Vaccinas Vicos
SUB DIRECTOR DE INVESTIGACION
IPIC





DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, cuyo apoyo incondicional me alentó a continuar y no rendirme en el pasar de los años logrando mis objetivos.

A mis hermanos, que me recordaban el continuar con mi investigación a pesar de varios sucesos.

Lenin Condori Arocutipa



AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor DR. Marco Antonio Quispe Barra, por el apoyo brindado para realizar y lograr el éxito de la implementación del proyecto. También, expreso mi gratitud al Mg. Gavino Rey Vidangos Ponce por sus consejos y paciencia que atribuyeron para el bien de la investigación.

A mis amigos por su apoyo y aliento para la realización de la investigación.

Lenin Condori Arocutipa



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2. OBJETIVOS.....	18
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.3. HIPÓTESIS	19
1.3.1. Hipótesis general.....	19
1.3.2. Hipótesis específicas.....	19
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1. A nivel internacional.....	20
2.1.2. A nivel nacional.....	23



2.2. REFERENCIAS TEÓRICAS	23
2.2.1. Protocolo de comunicación Modbus.....	23
2.2.2. Protocolo Modbus TCP/IP	24
2.2.3. PLC	24
2.2.4. Protocolo DMX512.....	25
2.2.5. Microcontrolador ESP8266	27
2.2.6. Módulo RS485	28
2.2.7. Modulo Ethernet Lite W5500.....	29
2.2.8. Arduino IDE	29
2.2.9. QLC+	30
2.2.10. KiCAD 31	
2.2.11. Fusion 360.....	32
2.2.12. Unreal Engine.....	32

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA.....	33
3.1.1. Diseño de la investigación	34
3.1.2. Variables	35
3.1.3. Población	35
3.1.4. Muestra	35
3.1.5. Ubicación de la investigación.....	35
3.2. MATERIALES.....	37
3.2.1. Hardware.....	37
3.2.2. Software	37
3.3. DESARROLLO DEL PROTOTIPO	38



3.3.1. Adaptación de protocolos DMX512 y Modbus TCP/IP	38
3.3.2. Configuración de canales DMX a direcciones Modbus	41
3.3.3. Designación de canales DMX y direcciones Modbus	43
3.3.4. Configuración de Modbus TCP/IP en PLC SIEMENS	45
3.3.5. Diseño de PCB	49
3.3.5.1. Alimentación y comunicación DMX512	51
3.3.5.2. Microcontrolador y pilotos.....	51
3.3.5.3. Comunicación Ethernet.....	52
3.3.5.4. Navegación HMI.....	52
3.3.6. Diseño del case	52
3.3.7. Implementación del prototipo	56
3.3.8. Diseño de simulador	58
3.3.9. Sincronización	59
3.3.10. Arquitectura del proceso de adaptación y sincronización.....	60

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRUEBAS DE ESTABILIDAD.....	62
4.2. CANALES DISPONIBLES	63
4.3. VALORES DMX ADAPTADOS A MODBUS	64
4.4. DISCUSIONES	69
V. CONCLUSIONES.....	71
VI. RECOMENDACIONES	73
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	77



Área: Automatización e Instrumentación

Tema: Instrumentación

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 de diciembre de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Resumen de características de señal DMX512	26
Tabla 2 Descripción de etapas VDI 2221	34
Tabla 3 Conexiones W5500 y ESP8266	39
Tabla 4 Tabla de pines usados en boot.....	40
Tabla 5 Cantidad de electrobombas	44
Tabla 6 Asignaciones de direcciones y canales	45
Tabla 7 Asignación de direcciones TIA PORTAL	47
Tabla 8 Asignación de salidas.....	49
Tabla 9 Descripción de las partes de la estructura externa	53
Tabla 10 Descripción de las partes de la estructura externa módulo Q	55
Tabla 11 Valores puertos XLR-3	56
Tabla 12 Descripción de cada PCB.....	57
Tabla 13 Prueba de envío y recepción de valores	65



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Estructura señal DMX512	26
Figura 2 Arquitectura de conexión sistema DMX512	27
Figura 3 Microcontrolador ESP8266	27
Figura 4 Módulo RS485.....	28
Figura 5 Módulo Ethernet W5500 LITE	29
Figura 6 Software Arduino IDE.....	30
Figura 7 Software QLC+	31
Figura 8 Software KICAD	31
Figura 9 Software Fusion 360.....	32
Figura 10 Software Unreal Engine	32
Figura 11 Línea de guía VDI 2221	33
Figura 12 Mapa de ubicación de la Universidad Nacional del Altiplano	36
Figura 13 Fuente de laberinto de Ensueños	36
Figura 14 Librerías de programación.....	38
Figura 15 Conexión ESP8266 y módulo RS485.....	38
Figura 16 Conexión ESP 8266 y módulo Ethernet E5500 LITE.....	40
Figura 17 Adición de relé de señal para comunicación	41
Figura 18 Configuraciones iniciales DMX-Modbus.....	42
Figura 19 Desplazamiento de lugar	42
Figura 20 Creación de la variables de y registros Modbus	43
Figura 21 Código de adaptación de valores entre protocolos	43
Figura 22 Disposición de electrobombas	44
Figura 23 Bloque Modbus TCP Client	46



Figura 24	Configuración Modbus Client	46
Figura 25	Activador de inicio de show	48
Figura 26	Programación ladder de activación de salida	48
Figura 27	Diseño de PCB en programa KiCad	50
Figura 28	Vista frontal de PCB.....	50
Figura 29	Vista posterior de PCB	51
Figura 30	Diseño concepto del prototipo.....	52
Figura 31	Indicaciones estructura externa del prototipo.....	53
Figura 32	Indicaciones estructura módulo de expansión Q	54
Figura 33	Conexiones puertos XLR-3	55
Figura 34	Implementación del circuito	56
Figura 35	Implementación del circuito en case	56
Figura 36	Implementación del prototipo en tablero de control.....	57
Figura 37	Designación de canales a dispositivos DMX	58
Figura 38	Funcionamiento de simulador	58
Figura 39	Diseño de show en QLC+.....	59
Figura 40	Configuración de show final	60
Figura 41	Arquitectura DMX-Modbus	61
Figura 42	Ventana de recepción de datos Modbus	62
Figura 43	Mensaje de limitación.....	63
Figura 44	Grafica de disponibilidad de canales DMX.....	64



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Datasheet PLC S7 1200 1214C DC/DC/Rly	77
ANEXO 2 Datasheet módulo de expansión SM1222 DQ16 x relé.....	78
ANEXO 3 Parámetros de configuración Modbus TIA PORTAL.....	79
ANEXO 4 Esquema circuito electrónico modulo 01	80
ANEXO 5 Esquema circuito electrónico módulo 02	81
ANEXO 6 Esquema circuito electrónico módulo 03	82
ANEXO 7 Esquema circuito electrónico módulo 04	83
ANEXO 8 Plano explosionado del prototipo adaptador-sincronizador DMX512- Modbus TCP/IP	84
ANEXO 9 Plano case Adaptador- sincronizador DMX512-Modbus TCP/IP	85
ANEXO 10 Plano case módulo de expansión Q	86
ANEXO 11 Esquema eléctrico anillo 04.....	87
ANEXO 12 Esquema eléctrico anillo 03.....	88
ANEXO 13 Esquema eléctrico anillo 02.....	89
ANEXO 14 Puesta en funcionamiento y pruebas en la fuente ornamental.....	90
ANEXO 15 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	91
ANEXO 16 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.....	92



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

USITT:	American Stage Lighting Association
CD:	Direct Current
DMX:	Digital Multiplex
GPIO:	General Purpose Input/Output
HMI:	Human Machine Interface
IP:	Internet Protocol
IDE:	Integrated Development Environment
PC:	Personal Computer
PCB:	Printed Circuit Board
PLC:	Programmable Logic Controller
QLC+:	Q Light Controller +
SCADA:	Supervisor Control and Data Acquisition
TCP:	Transmission Control Protocol
USB:	Universal Serial Bus



RESUMEN

En la actualidad las fuentes ornamentales trabajan con dos sistemas los cuales son actuadores e iluminación como las que se ubican en la Universidad Nacional del Altiplano, en donde a menudo se tiene inaccesibilidad a los equipos para actualizaciones, además de que estos sistemas trabajan de forma independiente uno de otro haciendo que una sincronización en un show de sonido, luces y actuadores no sea adecuada. La investigación se enfocó en el diseño de un prototipo capaz de adaptar y sincronizar los protocolos de luces DMX512 y los actuadores mediante el protocolo industrial Modbus TCP/IP. Para lo cual se hizo uso del microcontrolador ESP8266, el cual se permitió comunicar con los protocolos mediante los módulos RS485, el cual permitía leer los valores de cada canal y el módulo Ethernet W5500 LITE que por medio de la red cableada hacia el PLC comunicaba los mismos valores asignados a las direcciones Modbus. Cada canal DMX fue adaptada a una dirección Modbus con misma numeración, para luego designar una dirección específica para cada actuador y luminaria según la disposición de la fuente. Implementado el prototipo de forma compacta y con las pruebas en físico se obtuvo que el máximo número de canales a adaptar son 124 por las limitaciones del mismo protocolo Modbus, los valores adaptados llegan a un 100% de efectividad al no haber variaciones con respecto al punto de emisión y recepción. Además, se obtuvo un porcentaje de casi 100% de estabilidad de la comunicación de datos por un periodo de una semana. Obteniendo un prototipo funcional capaz de mejorar y sincronizar el show en una fuente ornamental.

Palabras clave: DMX512, ESP8266, Modbus, PLC.



ABSTRACT

Currently the ornamental fountains work with two systems which are actuators and lighting as those located in the National University of the Altiplano, where often there is inaccessibility to the equipment for updates, in addition to these systems work independently of each other making a synchronization in a show of sound, lights and actuators is not adequate. The research focused on the design of a prototype capable of adapting and synchronizing DMX512 lighting protocols and actuators through the industrial protocol Modbus TCP/IP. For which use was made of the ESP8266 microcontroller, which was allowed to communicate with the protocols through the RS485 modules, which allowed to read the values of each channel and the Ethernet module W5500 LITE that through the wired network to the PLC communicated the same values assigned to the Modbus addresses. Each DMX channel was adapted to a Modbus address with the same numbering, to then designate a specific address for each actuator and luminaire according to the layout of the source. Once the prototype was implemented in a compact form and with the physical tests, it was obtained that the maximum number of channels to adapt is 124 due to the limitations of the Modbus protocol itself, the adapted values reach 100% effectiveness as there are no variations with respect to the point of emission and reception. In addition, a percentage of almost 100% stability of data communication was obtained for a period of one week. Obtaining a functional prototype capable of improving and synchronizing the show in an ornamental fountain.

Keywords: DMX512, ESP8266, Modbus, PLC.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las fuentes ornamentales son populares en distintos lugares, siendo estos principalmente ubicados en las plazas principales de ciudades o poblados. Como un lugar turístico y atractivo para las personas que visitan o viven en los lugares mencionados anteriormente. Pero también pueden ubicarse en otros lugares, como las fuentes que se encuentran en las instalaciones de la Universidad Nacional del Altiplano. Pero estas fuentes tienen un sistema de control encargado de las bombas de agua y otro sistema a cargo de las luces y sonido. Tener una comunicación entre estos sistemas a veces necesita de la adquisición de módulos de expansión de puertos de entrada o el caso de tener que programar un show en el PLC para de sincronizar con el tempo de la música. Con este último se tiene el caso de ser bloqueado el acceso para modificaciones en código por las empresas encargadas del proyecto de las fuentes.

Este proyecto propone el diseño y la implementación de un adaptador, como las tecnologías evolucionan y conducen a la demanda de una interoperabilidad fluida entre los equipos heterogéneos (Elamanov et al., 2022), el cual mejorará la presentación de un show de luces y agua. Obteniendo una sincronización el cual es una parte fundamental de un buen show. Teniendo en la parte de control de la iluminación el protocolo DMX512, siendo utilizado para diferentes equipos de iluminación escénica, lo cual los hace compatibles entre sí (Lic et al., 2015). Además de reducir costos reemplazando la adquisición de módulos de expansión de puertos de entrada para PLC. Estas entradas físicas serán reemplazadas por el protocolo de libre acceso como el Modbus TCP/IP.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las fuentes ornamentales se tiene limitado el acceso al panel de configuración o estar estos con contraseña, normalmente se hace uso de otros métodos como shows preprogramados con secuencias temporales y filtros de frecuencia para acciones de ON/OFF mediante la reproducción de un audio los cuales funcionan, pero no tienen una sincronización total, esto quiere decir que no se tiene el control total de todos los sistemas ya sean los actuadores y las luces al mismo tiempo, porque usualmente estos dos sistemas trabajan de forma independiente.

Acoplar estos dos sistemas (el de accionamiento y el de luces) llevaría a la adquisición y uso de módulos de expansión con funciones limitadas como solo entradas digitales o solo entradas analógicas, estos no siendo económicos. Por lo que para sistemas grandes esta forma de acople no sería factible económicamente.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un prototipo adaptador-sincronizador de protocolos DMX512 a Modbus TCP/IP con microcontrolador ESP8266 en equipos industriales en fuente ornamental de la UNA Puno

1.2.2. Objetivos específicos

- Adaptar los protocolos DMX512 y Modbus TCP/IP en el microcontrolador ESP8266.
- Configurar canales DMX512 a direcciones Modbus para lograr el accionamiento conjunto de los actuadores por medio de una consola DMX.



- Implementar el prototipo adaptador DMX512 a Modbus TCP/IP para la comprobación del funcionamiento.
- Sincronizar la presentación del show en una fuente ornamental de la UNA Puno haciendo uso del prototipo adaptador.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

El diseño de este prototipo mejorará la forma de realizar un show en fuentes ornamentales. El prototipo permitirá la interoperabilidad y adaptación de los protocolos DMX512 y Modbus; el cual logrará el accionamiento del sistema de potencia desde una consola DMX512. Además, sincronizará luces, sonido y actuadores.

1.3.2. Hipótesis específicas

- Los protocolos DMX512 y Modbus TCP/IP se adaptan mediante módulos de comunicación en el microcontrolador ESP8266.
- La configuración de canales DMX512 a direcciones Modbus se realiza mediante el orden numérico, permitiendo una mejor distribución de canales por cada dispositivo a accionar a través de una consola DMX.
- El prototipo adaptador-sincronizador se implementa para comprobar el funcionamiento y validar el diseño.
- El prototipo se utiliza para sincronizar el show en la fuente ornamental ubicada en la UNA Puno.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A nivel internacional

El artículo “Comunicación Industrial basada en Modbus y Node-RED”, enfatiza que en los próximos años que la red de sensores inalámbricos (IWSN), que conforman una parte de Internet de Objetos Industriales (IIOT), desempeñara un avance en la revolución industrial como “Industria 4.0”. El autor se refiere a que el IIOT ayudara a organizaciones a lograr mejorar los mercados de fabricación industrial aumentando la producción, reduciendo los costos, además de desarrollar nuevos servicios y productos. Para lo cual presento un sistema de comunicación industrial de manera inalámbrica basada en las plataformas de Node-Red y el protocolo Modbus. (Tabaa et al., 2018)

En la investigación “Control Industrial con Modbus/TCP y Microcontrolador ESP8266” se implementó una comunicación remota aplicada a una planta industrial a través del microcontrolador ESP8266 en su versión Wemos D1 mini. La comunicación se llevó a cabo mediante el protocolo MQTT, responsable de enviar comandos y recibir información del sistema en diferentes redes Wi-Fi. El Wemos D1 mini permitió la realización de una interfaz física-remota entre le sistema de control, donde el controlador discreto estaba siendo aplicado, y una unidad de supervisión remota. La implementación y comunicación se realizó mediante el protocolo Modbus TCP/IP. El controlador discreto usado fue un PID ejecutado en el microprocesador, siendo diseñada contemplando las



dinámicas del retardo en los paquetes de comunicación mediante el protocolo TCP inalámbrico. Siendo este trabajo una muestra de la posibilidad de establecer comunicaciones inalámbricas entre dispositivos inteligentes con un costo bajo y fácil de implementar, siendo aplicable en casas inteligentes. (Macena, 2022)

En el artículo “Implementación de PLC con software de código abierto OpenPLC en Raspberry Pi y aplicaciones que utilizan Modbus/TCP en un microcontrolador ESP8266”, con fines de aprender a crear sistemas de control automático modernos, se presentó el desarrollo de un controlador lógico programable (PLC) de bajo costo, el cual pudiese ser utilizado en aplicaciones industriales y sistemas domóticos. Para el cual se hizo uso de un Raspberry Pi y el software de simulación de código abierto OpenPLC. Mostrando la comunicación de Open PLC con otros módulos externos como el ESP8266 por medio del protocolo Modbus TCP. Agregando un sistema SCADA, ofreciendo funciones de seguimiento en tiempo real y el almacenamiento de los beneficios de utilizar un sistema SCADA por medio del software ScadaBR; el cual es altamente configurable y puede interconectarse fácilmente con cualquier sistema de automatización basado en un PLC. (Vovousas, 2023)

Se presentó en el artículo “Una arquitectura de comunicación de alto rendimiento para un banco de pruebas de microrred inteligente que utiliza dispositivos inteligentes de borde (EIDs) personalizados con protocolos de comunicación IP SPI y Modbus TCP/IP” una arquitectura de comunicación de 4 capas de alto rendimiento para un banco de pruebas de microrred inteligente conformado por un inversor de energía distribuida de 2kA con canales fotovoltaicos y baterías con funciones avanzadas de soporte en la capa de proceso, un Raspberry Pi en la capa de interfaz, un dispositivo inteligente de borde (EID)



en la capa de subestación y una plataforma de optimización de energía solar de extremo a extremo (e-SEOP) en la capa de supervisión. El Raspberry Pi el cual sirve como una interfaz de comunicación el cual se comunica con el inversor mediante SPI y con el EID mediante el protocolo Modbus TCP/IP. Proponiendo una solución conveniente e integral para la implementación de comunicaciones que usen SPI y protocolo Modbus TCP/IP en una Microred inteligente. Esto proporciono a que le sistema sea altamente escalable, flexible y adaptable, con un aumento de eficiencia de la comunicación. Obteniendo mediante pruebas resultados de comunicaciones más confiables y eficientes entre las capas, facilitando el monitoreo del estado de los dispositivos periféricos y el control coordinado de todo el sistema. (Si et al., 2021)

En la investigación “Estudio del control de iluminación espectacular mediante el protocolo DMX512: Conceptos generales y caso práctico”, se estudió el control de iluminación para espectáculos de entretenimiento mediante el protocolo DMX512. Teniendo como base una visión general y clasificación de los controladores y protocolos para el control de la iluminación. Así como el repaso de los posibles escenarios, definiéndolos y agrupándolos desde el punto de vista operativo durante la producción del espectáculo. Pasando luego al estudio y fabricación de una interfaz OPEN DMX-USB, siendo estos probados en una serie de programas donde se eligio y puso a practica el control de iluminación por medio de un ordenador. Para lo cual se obtuvo por medio del estudio y la utilización de herramientas apropiadas una demostración práctica de adquisición, descripción y documentación de los procesos del diseño. (Gilabert, 2015)



2.1.2. A nivel nacional

En el proyecto de investigación “Diseño e implementación del sistema de control para una fuente ornamental Audio-rítmica, en la Universidad Nacional del Altiplano-Puno” se abordó un sistema de control audio-rítmico para una fuente de agua, el cual crea un nuevo espacio de disfrute visual y atracción, observando ilusiones ópticas en donde el agua levita. Para el mismo se priorizó la conservación del agua. Desarrollando un sistema de control audio-rítmica para crear ilusiones ópticas, en el cual se aplicó el efecto estroboscópico con iluminación LED y sonido a 30Hz generado por un parlante. Los materiales utilizados para la adquisición de datos y procesamiento de datos fueron: un micrófono, software LADVIEW, PIC 16F628A, PIC 16F877 y un módulo bluetooth HC-06. Diseñando la iluminación estroboscópica con LED RGB de alta potencia controlado por el PIC 16F877, programado mediante el software CCS compiler. Se desarrolla un sistema eficiente y de control simple para un control audio-rítmica, el cual adquiere las señales de audio reproducido de una música. (Ccori, Lenin & Cutipa, 2014)

2.2. REFERENCIAS TEÓRICAS

2.2.1. Protocolo de comunicación Modbus

Es un protocolo industrial de comunicación entre dispositivos desarrollado por Modicon Systems, el cual consta de un conjunto de reglas abiertas para una comunicación en serie. Basado en las arquitecturas de Maestro/Esclavo, donde se define como Maestro al que solicita la información y Esclavo al que se le solicita la información. (2022, lima). Donde la comunicación siempre se produce en pares, siendo el maestro el responsable de iniciar cada interacción. Teniendo por lo



general una estructura donde el maestro es una interfaz humano-maquina (HMI) o un sistema SCADA y los esclavos como sensores o controlador lógico programable (PLC).

Modbus funciona en jerarquía de maestro- esclavo. Donde se tiene hasta un total de 247 dispositivos en modo esclavo. Pero ello es utilizado en entornos SCADA (supervisión, control y adquisición de datos) para monitoreo, control y adquisición de datos remotos (Parian et al., 2020).

2.2.2. Protocolo Modbus TCP/IP

Este protocolo es una evolución del protocolo Modbus/RTU, utilizando el protocolo Ethernet. Donde se sustituye el uso de direcciones de cada dispositivo por direcciones IP para la comunicación. Al hacer uso de este protocolo, los datos son integrados en un paquete TCP/IP. Por lo que cualquier red Ethernet con TCP/IP puede admitir el protocolo Modbus TCP/IP. Este protocolo hace uso del puerto TCP 502 para sus conexiones. (Vovousas, 2023)

2.2.3. PLC

El PLC (Controlador Lógico Programable) es un microordenador utilizado principalmente en la automatización industriales, diseñados para sustituir a los anteriores paneles de automatización compuestos por relés (Vovousas, 2023). Este cuenta con las siguientes ventajas:

- El mantenimiento solo se enfoca en un punto más cercano, reduciendo el tiempo para la identificación y reparación de las fallas.
- Programación de nuevas acciones por medio de actualizaciones para mejoras en los procesos.



- Capacidad de ampliación de puertos de entrada y salida, además de módulos de comunicación.
- Adaptabilidad a procesos más complejos.

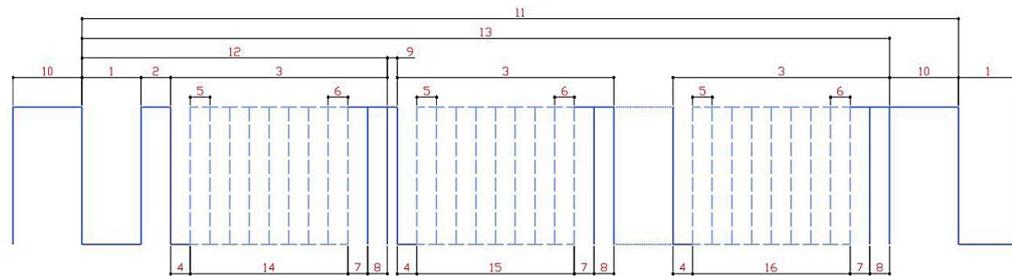
2.2.4. Protocolo DMX512

El protocolo DMX 512 (Digital Multiplex) lo que significaría transmisión digital múltiple, describe un protocolo de flujo de datos sobre un par de cables balanceados. Los datos se envían desde el maestro al esclavo. Puede haber varios esclavos, pero solo un maestro (Hung & Lee, 2013). Donde solo se puede tener un solo emisor y varios receptores, mandando la señal de manera unidireccional y que cada uno de estos receptores tenga la factibilidad de responder a su dirección asignada (Figura 2). La transmisión de datos es en serie de forma asíncrona UART (Universal Aynchronous Receiver-Transmitter) a 250 kbit/s. Con un bit de inicio, ocho de datos, dos de datos y uno de paridad (Gilabert, 2015). La estructura de esta transmisión de datos de muestra en la Figura 1 y su descripción en la Tabla 1. Estos pueden hacer uso de distintas cantidades de canales, dependiendo si este tiene mecanismos móviles o no. Empezando desde luces fijas a sistemas más complejos que permiten controlar más de una función, por ejemplo, el color, el movimiento, etc. En este último caso, podemos controlar diferentes funciones de la luminaria (Lic et al., 2015).

Este protocolo es un estándar de la industria para la transmisión de datos entre controladores de iluminación y luminarias emitida por la American Stage Lighting Association (Usitt) en 1990, llamándose USITT DMX512. (LogosLed, s.f.)

Figura 1

Estructura señal DMX512



Nota: Diagrama de temporización. Adaptado de Gilabert, 2015.

Tabla 1

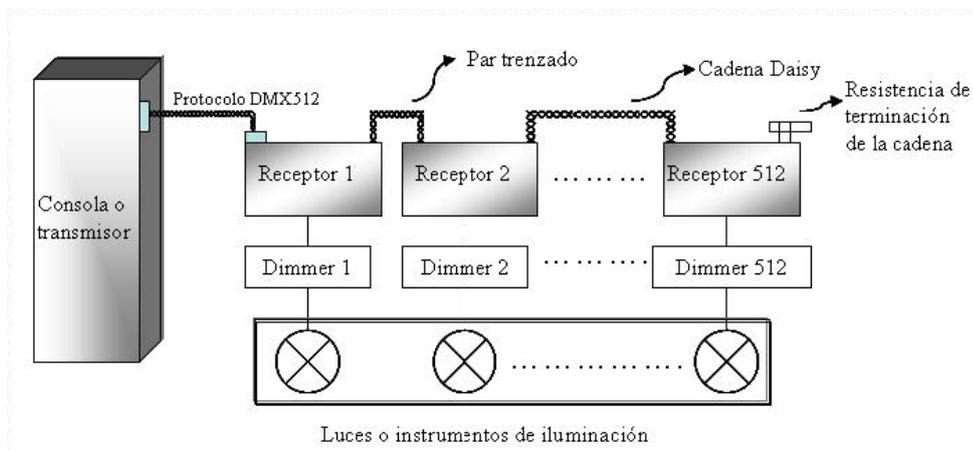
Resumen de características de la señal DMX512

Nº	DESCRIPCIÓN
1	Espacio de interrupción "BREAK"
2	Marca después de interrupción "MAB"
3	Tiempo de blog de datos "SLOT"
4	Bit de inicio
5	Bit menos significativo
6	Bit más significativo
7	Bit de parada
8	Bit de parada
9	Marca de tiempo entre SLOTS
10	Marca nates de la interrupción
11	Tiempo entre interrupciones
12	Secuencia de restablecimiento
13	Paquete DMX512
14	Código de inicio "START CODE" SLOT 0 de datos
15	SLOT 1 de datos
16	SLOT "n" de datos (con un máximo de 512 SLOT'S de un Byte)

Nota: Adaptado de (Gilabert, 2015)

Figura 2

Arquitectura de conexión sistema DMX512



Nota: Red DMX simple con un transmisor. Adaptado de Mendoza, 2009.

2.2.5. Microcontrolador ESP8266

El ESP8266 es un microcontrolador de bajo costo desarrollado por la empresa Espressif Systems (Figura 3), el cual fue lanzado al mercado en el año 2014. Volviéndose popular por su bajo precio, pequeño tamaño, bajo consumo energético y la posibilidad de conectarse a redes Wifi. Usado habitualmente en proyectos de Internet de las cosas (IoT). Tiene la factibilidad de ser programado con el IDE de Arduino (Vovousas, 2023).

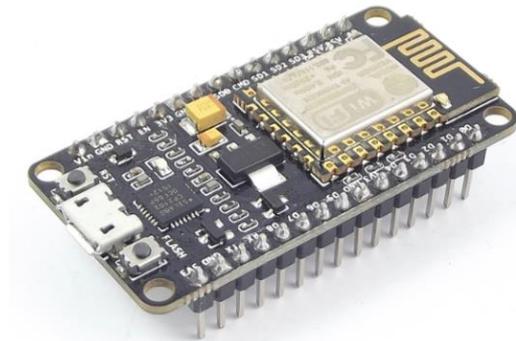
Según Macena, 2022 este microcontrolador cuenta con una arquitectura RISC de 32bits con una frecuencia de trabajo máxima de 160MHz. Teniendo como sus principales características físicas las siguientes:

- Nivel lógico de 3.3v
- PWM y ADC de 10bits
- Wi-Fi 802.11 b/g/n
- 4MB de memoria flash

- Frecuencia de 80 a 160 MHz

Figura 3

Microcontrolador ESP8266



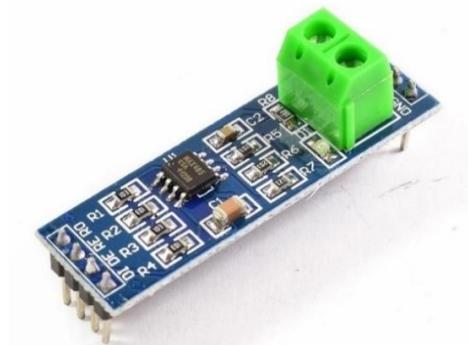
Nota: Fotografía NodeMCU v2 ESP8266 WiFi. Adaptado de Naylamp Mechatronics, s.f. (<https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html>)

2.2.6. Módulo RS485

El integrado MAX 485 es un convertidor de señales de comunicación de bus por medio del estándar RS485(Figura 4). El RS485 es un estándar industrial de capa física, soporta la implementación de un bus de campo industrial tipo Modbus, DMX, etc., ampliamente utilizado por su robustez, fácil implementación y buenas prestaciones (Naylamp Mechatronics, s.f.).

Figura 4

Módulo RS485



Nota: Fotografía módulo MAX485 Conversor RS485 a Serial TTL. Adaptado de Naylamp Mechatronics, s.f. (<https://naylampmechatronics.com/conversores-ttl/62-conversor-rs485-a-serial-ttl.html>)

2.2.7. Módulo Ethernet Lite W5500

En la Figura 5 se muestra el módulo de red de tamaño compacto compatible con Arduino y librerías con la misma API Ethernet, basado en el chip Wiznet W5500 el cual cuenta con mayor velocidad respecto a la versión anterior W5100. Proporcionando un modo más sencillo de conexión a la red local y a internet basado en Ethernet WIZNET con una interfaz TCP/IP. (MonarcaTech, s.f.).

Figura 5

Módulo Ethernet W5500 LITE



Nota: Fotografía Módulo W5500 Lite Ethernet SPI. Adaptado de Monarcatech, s.f.
(<https://monarcatech.com/products/modulo-w5500-lite-ethernet-spi>)

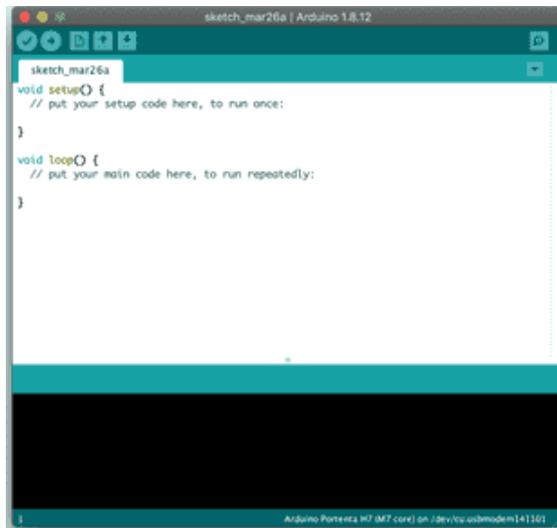
2.2.8. Arduino IDE

El Entorno Integrado de Desarrollo (IDE) de Arduino (Figura 6), es un software gratuito en el cual contienen un editor de texto donde se escribe el código, además de un área de mensajes, una consola de texto, barra de herramienta y de menú. El cual se conecta al hardware de Arduino u otros microcontroladores para cargar programas y comunicarse con ellos (Arduino, 2024).

Actualizado para la programación con módulos ESP8266, ESP32 o Attiny logrando ser compatible la mayoría de librerías.

Figura 6

Software Arduino IDE



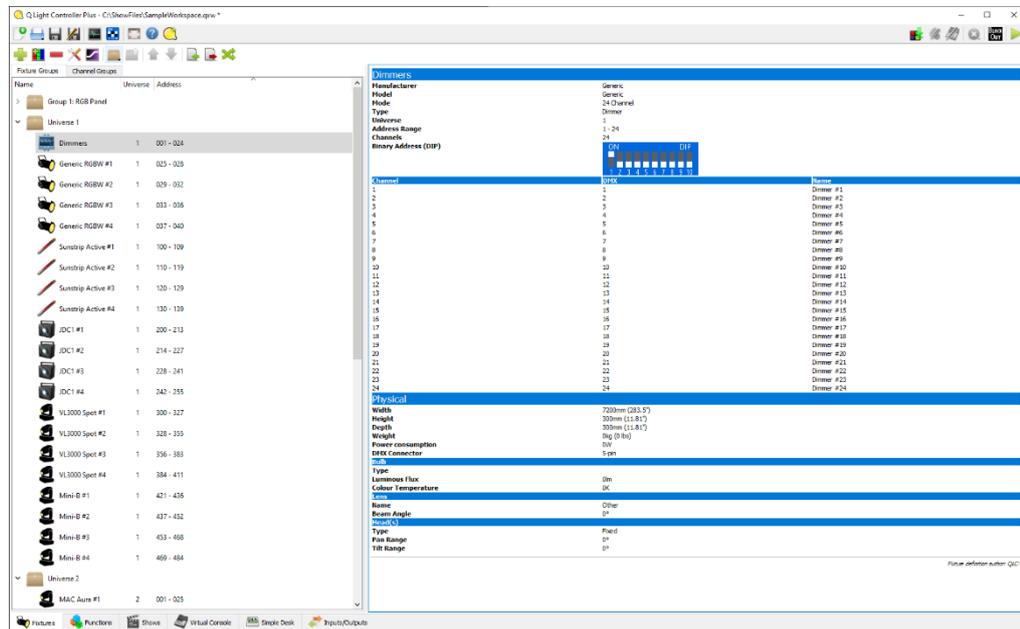
Nota: Interfaz del Software Tools Arduino. Adaptado de Arduino, 2024.
(<https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/Environment/>)

2.2.9. QLC+

En la Figura 7 se muestra la interfaz del usuario del programa QLC+, el cual es un software potente y fácil de usar, el cual fue diseñado para controlar la iluminación, ya sea para un ámbito profesional de iluminación o para iniciantes en este entorno. El cual permite tomar el control de los accesorios de iluminación con facilidad, por medio de adaptadores por puerto USB o por medio inalámbrico ARTNET, proporcionando 4 universos por defecto. Contando con una mesa simple para cambiar los valores de cada canal y la configuración de sincronización en show manager el cual es una interfaz gráfica con vista multipista, al igual que los secuenciadores de audio o edición de videos, donde se logra sincronizar la música con secuencias y salidas de canales (QLCPlus, s.f.). Lo que hace de este programa una forma sencilla de crear shows con secuencia de luces y pistas, agrupando dispositivos para ciertas secuencias y luego editando para nuevas secuencias en un corto tiempo.

Figura 7

Software QLC+



Nota: Interfaz de usuario. Adaptado de QLCPlus, s.f. (<https://www.qlcplus.org/>)

2.2.10. KiCAD

Software gratuito de código abierto para la automatización de diseño electrónico (EDA). El cual cuenta con esquema de captura, simulación de circuito, diseño de placa en circuito impreso (PCB), representación 3D. Además de incluir bibliotecas de componentes, símbolos, huellas y modelo 3D. Tiene requisitos mínimos de sistema, ejecutándose en los distintos sistemas operativos. (Kicad,2024). Como se muestra en la Figura 8 el logo del programa KiCad.

Figura 8

Software KICAD



Nota: Logo programa KiCad. Adaptado de Kicad, s.f. (<https://docs.kicad.org/>)

2.2.11. Fusion 360

Es un software de diseño, ingeniería, electrónica y fabricación. Integrando modelado, CAD, CAM, CAE y PCB 3D basada en la nube (Figura 9). Adecuándose a los requisitos del diseñador para garantizar la estética, forma, ajuste y función del producto final (Autodesk, s.f.).

Figura 9

Software Fusion 360



Nota: Logo programa Fusion 360. Adaptado de Autodesk, s.f.

(<https://www.autodesk.com/latam/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=FSN>)

2.2.12. Unreal Engine

Unreal Engine (Figura 10), es un motor de juego desarrollado por Epic Games. Es conocido por su capacidad para crear gráficos de alta calidad, además ser versátil al crear juegos en una variedad de plataformas, pero no solo en la industria de los videojuegos, sino también en la producción de películas animadas, experiencias de realidad virtual y aplicaciones interactivas. Además, es gratuito y de código abierto (Desarrollo de los Videojuegos, s.f.).

Figura 10

Software Unreal Engine



Nota: Logo programa Unreal Engine. Adaptado de Unreal Engine, s.f.

(<https://www.unrealengine.com/es-ES>)

CAPÍTULO III

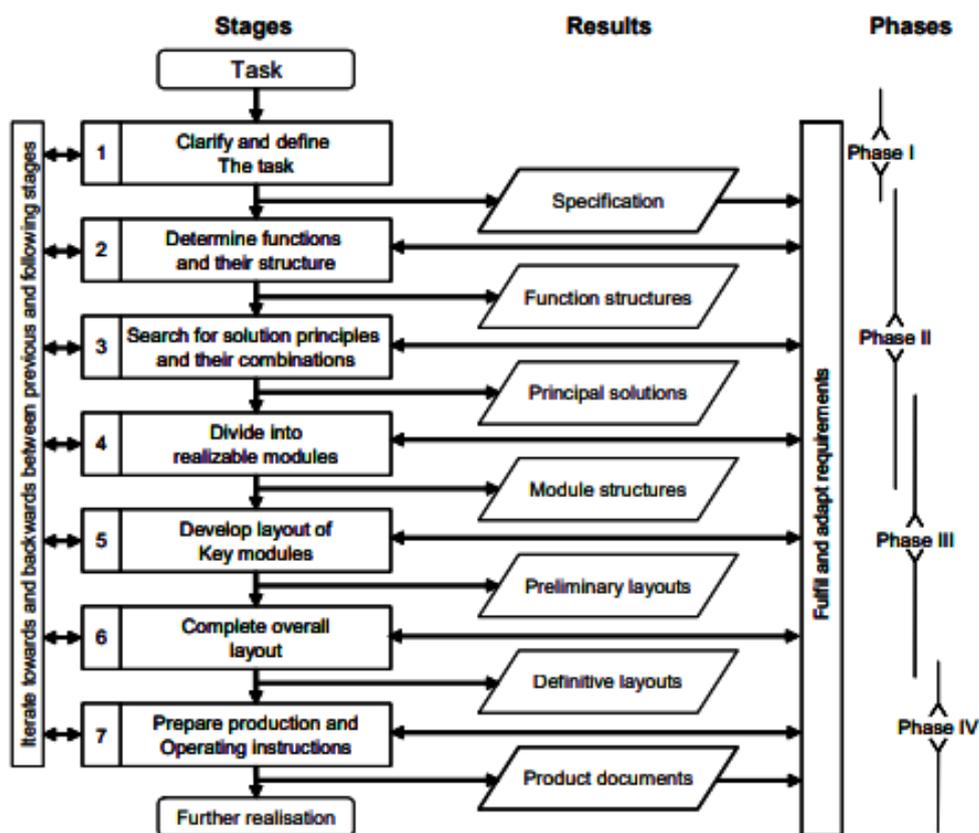
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA

El modelo de análisis se basa en la norma Alemana VDI 2221 el cual es un modelo para la solución de diseño de productos, por medio de requerimientos, modelos conceptuales y la fase de producción, teniendo la guía de fases en la figura 11.

Figura 11

Línea de guía VDI 2221



Nota: Guía de fases VDI 2221. Adaptado de Jänsch & Birkhofer, 2006.

En la Tabla 2 describe cada fase de la Figura 11 del diseño para obtener la solución específica del producto final.

Tabla 2

Descripción de etapas VDI 2221

Etapas	Descripción
Especificación	Contiene información necesaria para el desarrollo y el problema que el producto debería solucionar.
Estructura funcional	Determinación de funciones del producto, por medio de diagramas o descripciones.
Solución principal	Búsqueda de una solución principal. El cual puede ser documentado como un diagrama, circuito o una descripción.
Estructura modular	Permite definir las especificaciones antes de hacer bosquejos específicos del producto.
Diseños preliminares	Se busca un diseño óptimo, por un conjunto de diseños preliminares de los módulos principales, representados como dibujos a escala, diagramas de circuitos.
Diseño definitivo	Adiciona elementos e información más específicos a los diseños preliminares, como componentes, información de configuración, dibujos a escala, diagramas de flujo de instrumentación, entre otros.
Documentos del producto	Esta etapa forma la parte de documentación del producto, manual de funcionamiento, planos, lista de piezas, producción, montaje, pruebas.

Nota: Descripción de las fases del modelo VDI 2221. Adaptado de (Arias et al., 2018).

3.1.1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de tipo experimental, donde se tendrá estudio de investigación en el que se manipulan deliberadamente una o más variables para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador.

(Roberto & Sampieri, n.d.)



3.1.2. Variables

Las variables a tomar son:

Variable 01: Canales DMX512

Variables 02: Direcciones Modbus

3.1.3. Población

La población está definida por los valores recopilados durante 7 días calendarios del 29/07/24 al 05/08/24 2024 en torno a la estabilidad en la comunicación y adaptación, así como a la cantidad de canales DMX512 y direcciones Modbus.

3.1.4. Muestra

La muestra se toma en cuenta al total de la población de los valores recopilados, obteniendo en porcentaje las fallas obtenidas con respecto a los valores aceptables, tomando en cuenta también cada valor de cada canal DMX y dirección Modbus con un porcentaje de factibilidad de la adaptación.

3.1.5. Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Figura 12), en la fuente ornamental con el nombre Laberinto de Ensueños (Figura 13) del Parque de las Aguas.

Figura 12

Mapa de ubicación de la Universidad Nacional del Altiplano



Nota: Generado por Google Earth Pro.

Figura 13

Fuente Laberinto de Ensueños



Nota: Captura de imagen generado por Google Earth Pro



3.2. MATERIALES

3.2.1. Hardware

- Laptop
 - Modelo: LENOVO IDEAPAD I15S
 - Procesador: Intel Core i5 8450U
 - Memoria: 12 GB DDR4
- Microcontrolador ESP8266
- Módulo ethernet Lite W5500
- Pantalla OLED I2C
- Módulo PCF8574
- Módulo RS485
- Leds w2812B encapsulado 5050
- Modulo Step Down MP1584
- Pulsadores
- PLC SIEMENS S7 1200 1214C DC/DC/Rly
- Módulos de expansión SM1222 DQ16 x relé

3.2.2. Software

- Arduino IDE
- Q Light Controller Plus
- Google Earth
- Kicad
- Autodesk Fusion 360
- Unreal Engine

3.3. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

3.3.1. Adaptación de protocolos DMX512 y Modbus TCP/IP

La adaptación de protocolos se hizo mediante el uso de librerías funcionales de para cada uno de los tipos de comunicación, siendo el primero la adaptación del protocolo DMX512 mediante la librería LXESP8266UARTDMX (Figura 14), el cual permite la decodificación de los canales DMX por medio de los puertos de comunicación del ESP8266 conectados al módulo RS485 (Figura 15).

Figura 14

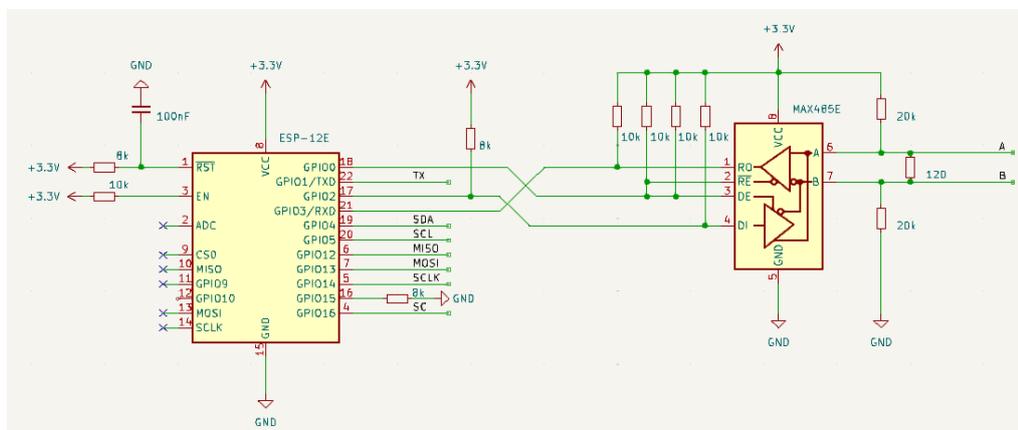
Librerías de programación

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <W5500lwIP.h>
#include <LXESP8266UARTDMX.h>
#include <ModbusIP_ESP8266.h>
```

Nota: Librerías usadas para la adaptación de protocolos en la programación del prototipo.

Figura 15

Conexión ESP8266 y módulo RS485



Nota: Esquema de conexión de pines entre el ESP8266 y el módulo RS485.

La segunda adaptación del protocolo de Modbus TCP/IP el cual al funcionar en una red local es necesario un medio de comunicación, conectando un

módulo Ethernet W5500 LITE al ESP8266, tomando como referencia la conexión de pines de la tabla 3. Para habilitar la comunicación con este protocolo es necesario el uso de tres librerías:

- ModbusIP_ESP8266: Permite la configuración de los registros.
- ESP8266WIFI: Habilita el uso del puerto de comunicación WIFI y las configuraciones necesarias para su conexión a una red inalámbricamente.
- W55001wIP: Habilita los puertos SPI para el uso del módulo Ethernet 5500 y su comunicación con la red local por medios cableados.

Tabla 3

Conexiones W5500 y ESP8266

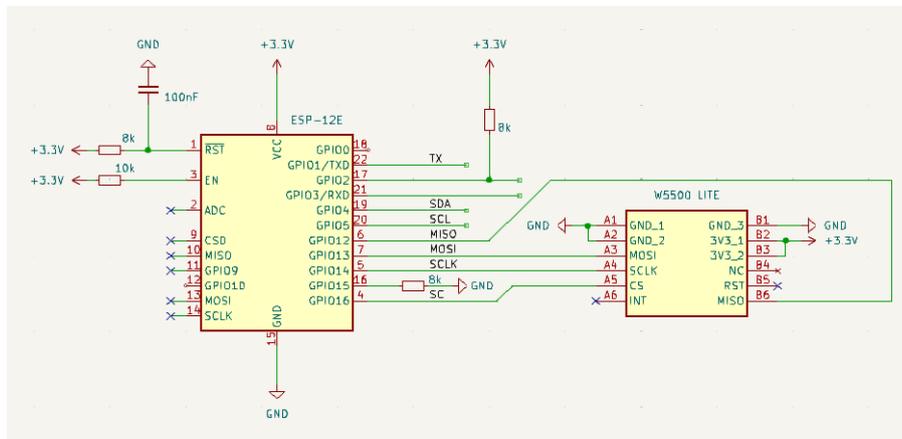
SPI PHY	ESP8266
SCK	GPIO14
MISO	GPIO12
MOSI	GPIO13
CS	GPIO16
RST	RESET
3.3V	3.3V
GND	GND

Nota: Configuración de pines entre el módulo y el ESP8266. Adaptado de ESP8266_ethernet, nopnop2002, 2024 (https://github.com/nopnop2002/esp8266_ethernet?tab=MIT-1-ov-file#readme)

El la Figura 16 se muestra el esquema electrónico de la conexión entre el microcontrolador ESP8266 y el módulo Ethernet W5500 Lite con su esquema de PCB comercial, lo cual facilita el uso de este módulo al solo necesitar los pines de comunicación que se designaron en la Tabla 3 y los puertos de alimentación, siendo el valor de 3.3V al estar trabajando con el ESP8266.

Figura 16

Conexión ESP8266 y módulo Ethernet W5500 LITE



Nota: Esquema de conexión de pines entre el ESP8266 y el módulo W5500 LITE.

Al tener el módulo RS485 conectado al puerto GPIO3(RX) de comunicación del ESP8266, este no tiene la factibilidad de ser programado o recibir actualizaciones. La solución fue agregar un módulo relé en modo normalmente cerrado el cual permita conectar y desconectar los puertos de comunicación (Figura 17), configurado para conmutar cuando se ponga en un valor alto. Con el estudio de las configuraciones de los pines del microcontrolador durante el boot (Tabla 4) se hizo uso del GPIO10 el cual entra en estado alto en el boot, pero esto siendo insuficiente para la activación del relé durante las pruebas, por lo cual se agregó una resistencia en modo pull up de modo que activara al relé.

Tabla 4

Tabla de pines usados en boot

PIN	Estado
GPIO16	pin en estado alto en boot
GPIO0	fallo del boot en estado bajo
GPIO2	pin en estado alto, fallo del boot en estado bajo
GPIO15	fallo del boot en estado alto
GPIO3	pin en estado alto en boot

PIN	Estado
GPIO1	pin en estado alto, fallo del boot en estado bajo
GPIO10	pin en estado alto en boot
GPIO9	pin en estado alto en boot

Nota: Adaptado de Referencia de pines del ESP8266, Random Nerd Tutorials, s.f., (<https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/>)

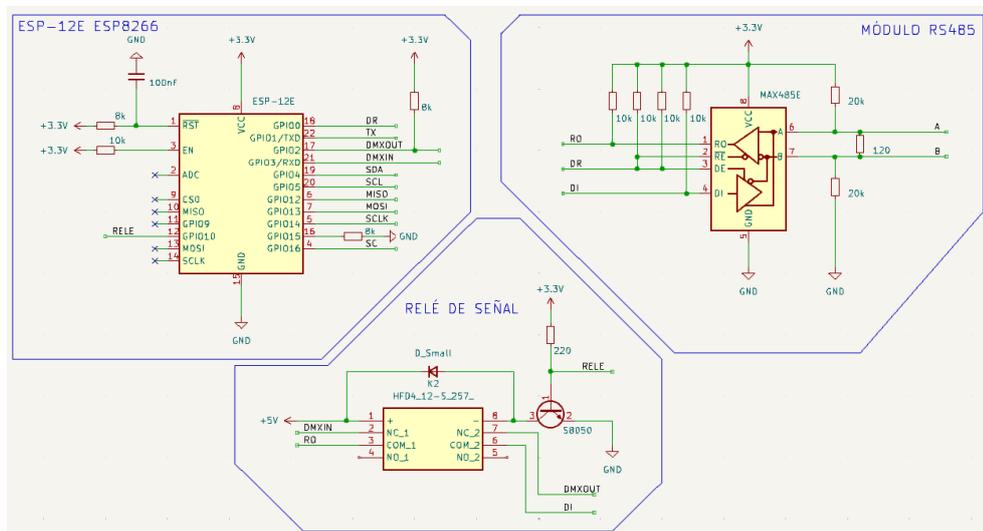
Acciones que permiten la activación de relé:

- Al momento del boot donde el pin se pone en estado alto.
- Mediante programación al asignar el pin en modo alto.

Para que la comunicación con el módulo RS485 se restaure es necesario desactivar el relé, asignando al pin un valor bajo.

Figura 17

Adición de relé de señal para comunicación



Nota: Esquema de conexión de relé de señal entre los puertos de comunicación del ESP8266 y el módulo RS485.

3.3.2. Configuración de canales DMX a direcciones Modbus

La configuración de los canales está dada por la Figura 18, donde se declara que la una cantidad de 100 canales DMX habilitados para la adaptación,

seguido de la cantidad total de registros el cual es igual a la cantidad de canales DMX más uno. Esto se hace debido al número de inicio de ambos protocolos, donde el primer canal DMX está dado por el número uno y el primer registro con cero. Es por ello que se hace el desplazamiento de los registros en un lugar para que ambos protocolos tengan el mismo número de canal y registro al momento de adaptar (Figura 19).

Figura 18

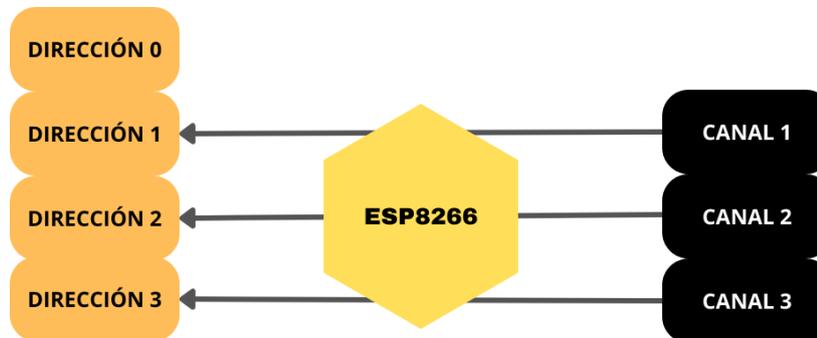
Configuraciones iniciales DMX-Modbus

```
int canales_DMX = 100;  
int *LED_HREG = nullptr;  
const int cantidad_total_de_registros = canales_DMX + 1;
```

Nota: Configuración de cantidad de canales DMX y registros Modbus.

Figura 19

Desplazamiento de lugar



Nota: El orden de entrada de los canales DMX coincide con el orden de salida de las direcciones Modbus.

Luego de las configuraciones iniciales, sigue la configuración y designación de cada registro (Figura 20). Donde se crea las variables LED_HREG en un matriz con el mismo número de elementos que los canales DMX declarados, para luego designar la función Modbus de cada variable, siendo la función 03 de Holding Register con los comandos `mb.addHreg(variable de registro [número])`.

Figura 20

Creación de la variables y registros Modbus

```
LED_HREG = new int[cantidad_total_de_registros];  
for (int i = 0; i < cantidad_total_de_registros; ++i) {  
    LED_HREG[i] = i;  
}  
for (int i = 0; i < cantidad_total_de_registros; ++i) {  
    mb.addHreg(LED_HREG[i]);  
}
```

Nota: Con la función FOR se crea las variables y se habilita los registros necesarios dependiendo los canales DMX declarados.

Las líneas de código de la figura 21, son encargadas de dar lectura del valor de cada uno de los canales DMX y seguidamente escribirlo en el registro Modbus, pero este valor sienta multiplicado por 7.1 para que llegue a un valor máximo de 255 dado originalmente por la consola DMX.

Figura 21

Código de adaptación de valores entre protocolos

```
for (int i = 0; i < cantidad_total_de_registros; ++i) {  
    mb.Hreg(LED_HREG[i], (7, 1 * ESP8266DMX.getSlot(i)));  
}
```

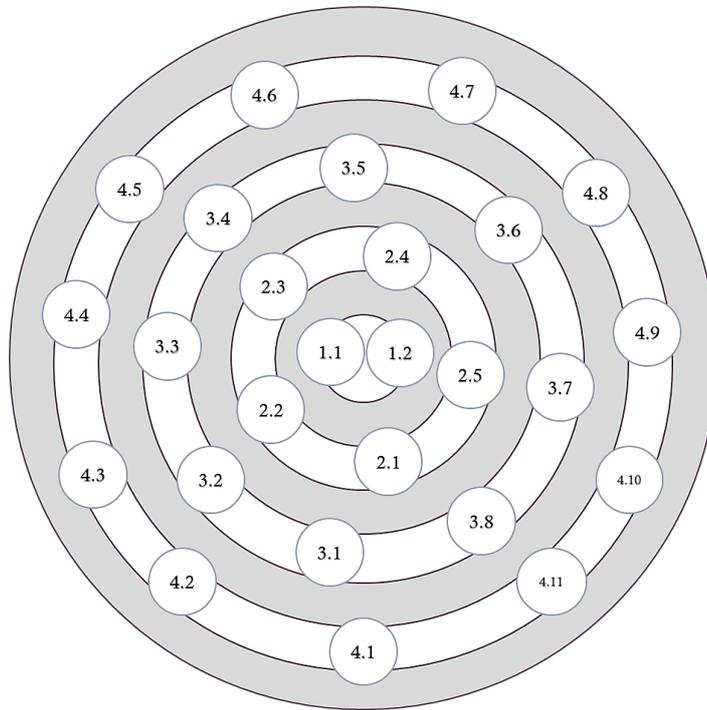
Nota: El código lee el valor de cada canal DMX y lo escribe en cada registro Modbus.

3.3.3. Designación de canales DMX y direcciones Modbus

La designación de canales DMX a direcciones Modbus se basa en la Figura 13, donde se tiene 26 electrobombas divididas en 3 anillos y un punto central, con la cantidad divididas por anillo especificada en la Tabla 5. Por lo que en la Figura 22 se muestra la disposición simplificada de la fuente de Laberinto de Ensueños, donde se observa todos los anillos y las bombas con su respectiva numeración desde el anillo 4 al 1, siendo el 4 el anillo exterior y el 1 el central. Siendo la distribución no simétrica.

Figura 22

Disposición de electrobombas



Nota: Esquema de distribución y numeración de las electrobombas en la Fuente de Ensueños.

Tabla 5

Cantidad de electrobombas

Lugar	Cantidad de electrobombas
Centro	2
1er anillo	5
2do anillo	8
3er anillo	11

Nota: Información de la cantidad de electrobombas por anillo.

Cada electrobomba cuenta con un grupo de luces DMX. Al tener estas la factibilidad de ser programadas con direcciones, teniendo en cuenta la capacidad de repetir las direcciones para cuantas luces sean necesarias en la configuración, pero siendo la dirección de las electrobombas algo independiente al trabajar con otros valores diferentes a las de las luces. Para ello se diseñó la siguiente configuración de canales y direcciones Modbus como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6*Asignaciones de direcciones y canales*

Electrobomba	Dirección Modbus	Canal DMX	Canal DMX luces
1.1	58	58	164
1.2	58	58	164
2.1	48	48	146
2.2	50	50	150
2.3	52	52	154
2.4	54	54	158
2.5	56	56	162
3.1	32	32	114
3.2	34	34	118
3.3	36	36	122
3.4	38	38	126
3.5	40	40	130
3.6	42	42	134
3.7	44	44	138
3.8	46	46	142
4.1	10	10	70
4.2	12	12	74
4.3	14	14	78
4.4	16	16	82
4.5	18	18	86
4.6	20	20	90
4.7	22	22	94
4.8	24	24	98
4.9	26	26	102
4.10	28	28	106
4.11	30	30	110

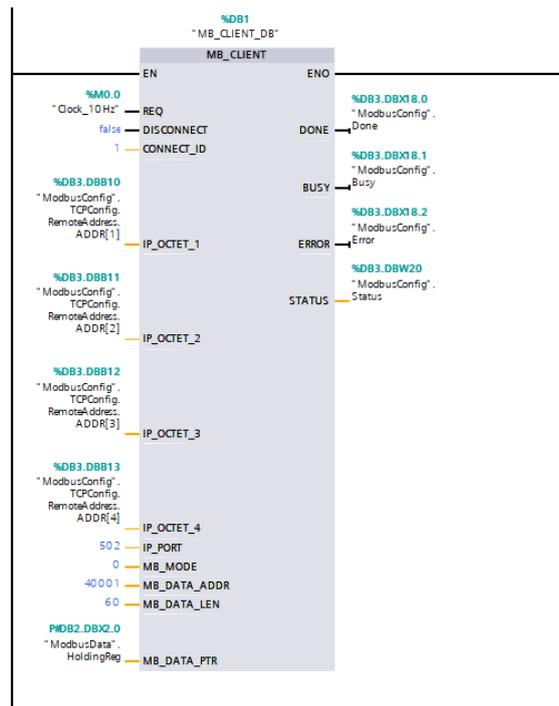
Nota: Asignación de una dirección DMX-Modbus y canal DMX de luces a cada electrobomba.

3.3.4. Configuración de Modbus TCP/IP en PLC SIEMENS

Para la configuración de comunicación TCP/IP en el PLC, se hace uso del bloque de comunicación MB-CLIENT (Figura 23), al estar configurado el PLC en modo maestro. Por lo cual será necesario tener la IP del prototipo el cual es el esclavo para realizar la configuración, siendo este 192.168.1.32 con un puerto remoto 502 (Figura 24). Resaltando que ambos equipos deben estar en la misma red local.

Figura 23

Bloque Modbus TCP Client



Nota: Bloque de configuración de comunicación por Modbus TCP.

Figura 24

Configuración Modbus Client

ModbusConfig				
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...
1	Static			
2	Desconexion	Bool	0.0	false
3	IDConexion	UInt	2.0	1
4	TCPCConfig	TCON_IP_v4	4.0	
5	Interfaced	HW_ANY	4.0	64
6	ID	CONN_OUC	6.0	16#1
7	ConnectionType	Byte	8.0	16#0B
8	ActiveEstablished	Bool	9.0	1
9	RemoteAddress	IP_V4	10.0	
10	ADDR	Array[1..4] of Byte	10.0	
11	ADDR[1]	Byte	10.0	192
12	ADDR[2]	Byte	11.0	168
13	ADDR[3]	Byte	12.0	1
14	ADDR[4]	Byte	13.0	32
15	RemotePort	UInt	14.0	502
16	LocalPort	UInt	16.0	0
17	Done	Bool	18.0	false
18	Busy	Bool	18.1	false
19	Error	Bool	18.2	false
20	Status	Word	20.0	16#0

Nota: Tabla de configuración de comunicación de PLC mediante Modbus TCP.

La asignación de las direcciones Modbus para su lectura dentro del PLC esta dado por la función Modbus usada (Anexo 3) en este caso la función 03 de



Holding Register, en cual también indica que su inicio es con el número 40001 y su matriz donde se vaya a almacenar los valores el cual se definió como HoldingReg (Figura 23) teniendo como primer lugar el número 0.

Teniendo en cuenta el número de inicio de MB_DATA_ADDR en función 03 como 40001 se deduce que se desplaza dos lugares de la dirección Modbus original, pero retomando las direcciones originales dentro de las variables HoldingReg sin la necesidad de desplazar un lugar, ya que esa función se hizo en la programación de adaptación dentro del prototipo, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Asignación de direcciones TIA PORTAL

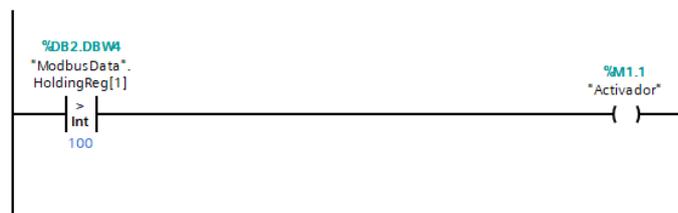
Dirección Modbus	MB_DATA_ADDR	HoldingReg
58	40060	58
48	40050	48
50	40052	50
52	40054	52
54	40056	54
56	40058	56
32	40034	32
34	40036	34
36	40038	36
38	40042	38
40	40042	40
42	40044	42
44	40046	44
46	40048	46
10	40012	10
12	40014	12
14	40016	14
16	40018	16
18	40020	18
20	40022	20
22	40024	22
24	40026	24
26	40028	26
28	40030	28
30	40032	30

Nota: Dirección Modbus, dirección de dato Modbus y variable de valor.

Al tener los valores de cada dirección Modbus dentro de las variables HoldingReg, se hizo la configuración del PLC para la activación de sus salidas digitales por medio de instrucciones de comparación donde al tener un valor superior a 200 el contacto se cierra y permite activar la salida digital. Pero para activar las salidas por medio del prototipo se tiene configurado que necesite que el canal 1 active el estado de activador (Figura 25), en caso de no tener un valor mayor a 100, el PLC entrara en un modo de trabajo local donde previamente se programó secuencias para las salidas (Figura 26).

Figura 25

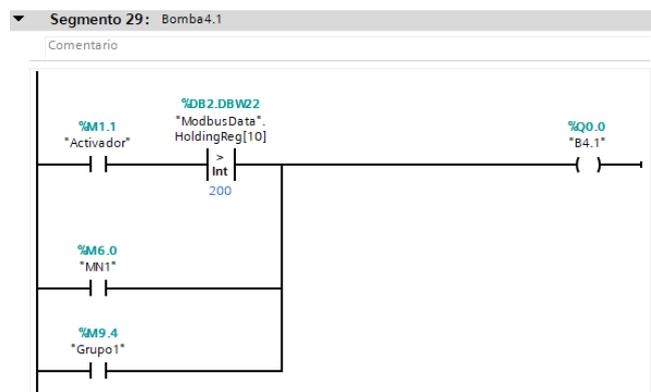
Activador de inicio de show



Nota: Comparación de valor para activación del estado “Activador”.

Figura 26

Programación ladder de activación de salida



Nota: Configuración de varios modos de activación de salida “B4.1”.

Se configuro cada salida con su respectiva dirección de donde se obtiene los valores para su activación (Tabla 8). La asignación y configuración de la

cantidad de puertos de salida se toman en cuenta al estado de la infraestructura al momento de llevarse las pruebas y la presente investigación.

Tabla 8

Asignación de salidas

Valor HoldingReg[...]	Electrobomba	Salida de PLC
10	4.1	Q0.0
12	4.2	Q0.1
14	4.3	Q0.2
16	4.4	Q0.3
18	4.5	Q0.4
20	4.6	Q0.5
22	4.7	Q0.6
24	4.8	Q0.7
26	4.9	Q1.0
28	4.10	Q1.1
30	4.11	Q8.0
32	3.1	Q17.0
34	3.2	Q17.1
36	3.3	Q17.2
38	3.4	Q17.3
40	3.5	Q17.4
42	3.6	Q17.5
44	3.7	Q17.6
46	3.8	Q17.7
48	2.1	Q16.0
50	2.2	Q16.1
52	2.3	Q16.2
54	2.4	Q16.3
56	2.5	Q16.4

Nota: Asignación de valor guardado en HoldingReg a cada electrobomba conectada al puerto de salida digital del PLC.

3.3.5. Diseño de PCB

El diseño del PCB del prototipo fue creado en el programa KiCad, en el cual se tiene 4 niveles:

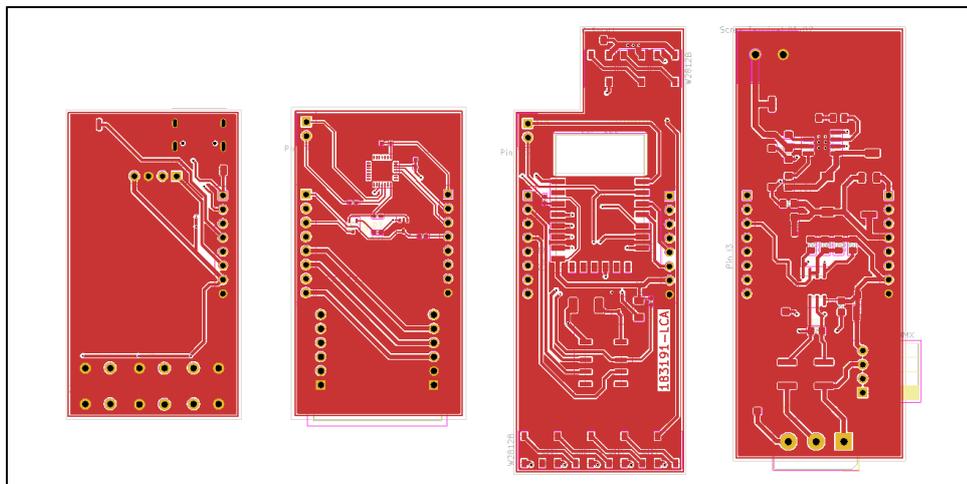
- Alimentación y comunicación DMX512
- Microcontrolador y pilotos

- Comunicación Ethernet
- Navegación HMI

En la Figura 27 se muestra el diseño final de las PCB y en las Figuras 28 y 29 los acabados finales por medio de renderizado en el programa KiCad.

Figura 27

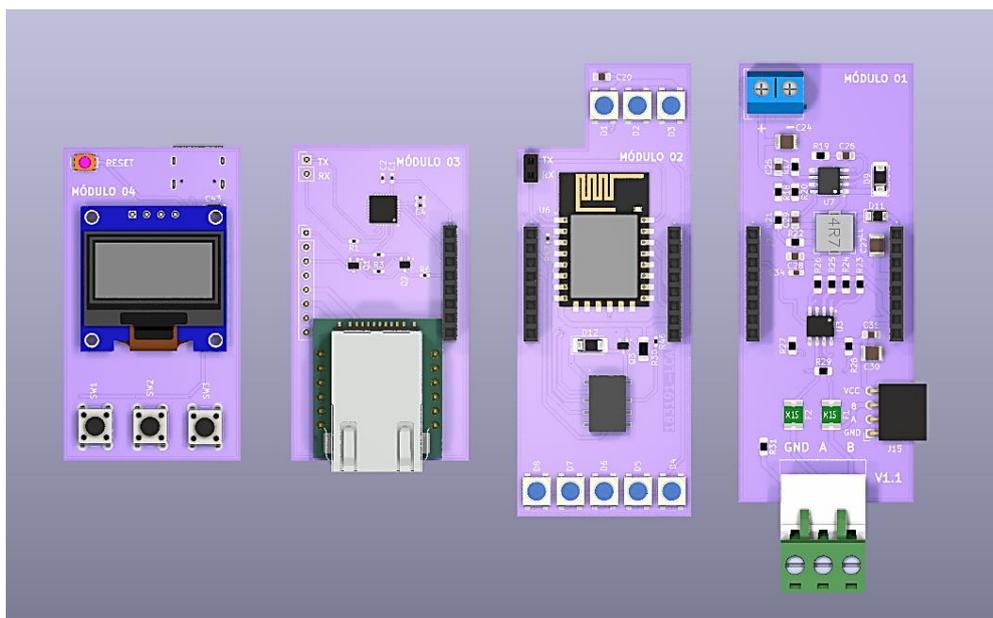
Diseño de PCB en programa KiCad



Nota: Captura de diseños de PCB del prototipo.

Figura 28

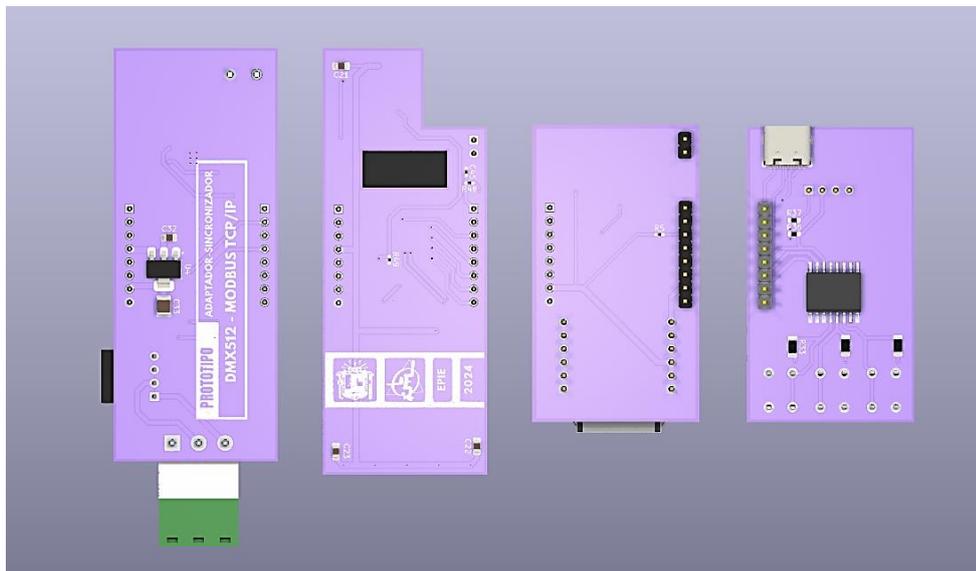
Vista frontal de PCB



Nota: Captura render PCB frontal.

Figura 29

Vista posterior de PCB



Nota: Captura render PCB posterior.

3.3.5.1. Alimentación y comunicación DMX512

El módulo 01 diseñado con el módulo regulador de voltaje MP1584EN el cual permite en su configuración obtener 5V a la salida, con rango de entrada de 9 a 24v en su puerto de entrada superior, así como un regulador de 3.3v para la alimentación del microcontrolador. En su estructura también cuenta con el circuito del módulo RS485 y los puertos para la conexión DMX (Anexo 4).

3.3.5.2. Microcontrolador y pilotos

El módulo 02 integra el microcontrolador ESP8266 en el encapsulado ESP-12E encargado de todos los procesos de adaptación y accionamiento de salidas, como los pilotos conformados por varios leds RGB W2812B para la indicación de conexión tanto de la señal de DMX y la conexión con una red local. Además de llevar integrado la etapa del relé de señal (Anexo 5).

3.3.5.3. Comunicación Ethernet

El módulo 03 está conformado por el módulo Ethernet W5500 Lite y el módulo CP2102 en cargado de la programación del ESP8266 (Anexo 6).

3.3.5.4. Navegación HMI

EL módulo 04 el cual está en contacto con el usuario final tendrá el panel I2C OLED con tres pulsadores configurados en modo pull down, estos conectados al integrado PCF8574 el cual se conectará al microcontrolador por medio de I2C. Así como la entrada USB para la programación del prototipo, EL cual también permite alimentar al prototipo (Anexo 7).

3.3.6. Diseño del case

El diseño del case se desarrolló en el programa de FUSION 360 (Figura 30), donde tomando las medidas y el modelo exacto de la PCB se diseñó con un formato compacto y con soporte para anclaje riel DIN (Anexo 9).

Figura 30

Diseño concepto del prototipo

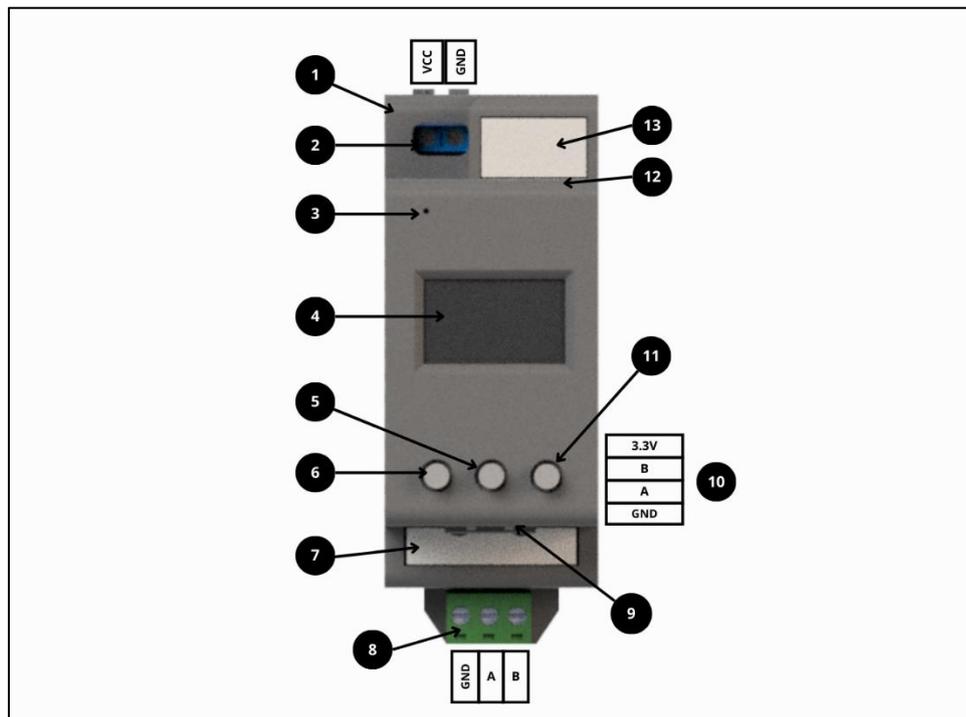


Nota: Render del diseño creado en Fusion 360.

Se tienen dos módulos, el principal perteneciente al prototipo (Figura 31) el cual se describe cada parte en la Tabla 9 y el módulo de expansión Q (Figura 32) el cual también se describe cada parte en la Tabla 10. Ambos diseñados en el programa de Fusion 360.

Figura 31

Indicaciones estructura externa del prototipo



Nota: Indicaciones de partes externas manera numerada e indicación de los valores de los puertos del prototipo.

Tabla 9

Descripción de las partes de la estructura externa

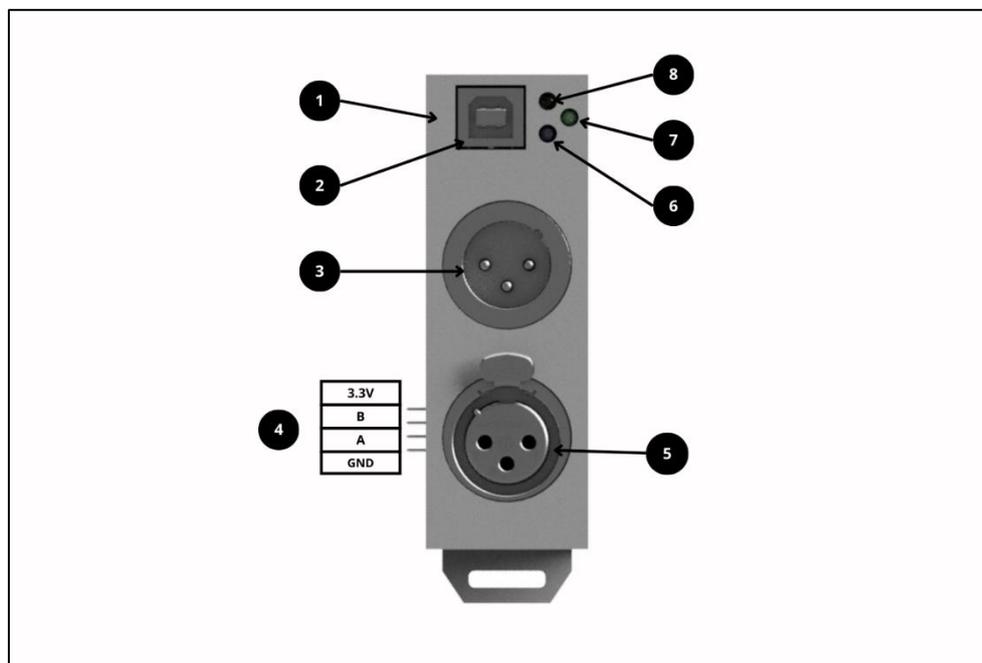
Nº	Parte	Descripción
1	Case	Carcaza de sujeción y protección, material PLA.
2	Puerto de alimentación	Permite ser alimentado con una fuente externa de 9 - 24V DC.
3	Pulsador reset	Permite reiniciar el prototipo.
4	Pantalla I2C OLED	Muestra los estados de del puerto Ethernet y DMX512, así como algunas configuraciones en los menús y submenús.

Nº	Parte	Descripción
5	Pulsador de selección	Pulsador para seleccionar, entrar y salir entre los menús y submenús.
6	Pulsador de navegación	Pulsador para navegar en el menú y submenús.
7	Piloto estado Ethernet	Indica el estado del puerto Ethernet, de color rojo (si no se tiene conexión a una red local) y verde (si se tiene conexión a una red local).
8	Puerto RS485	Permite la conexión con el cableado de comunicación DMX512: GND, A y B.
9	Puerto RJ45	Permite la conexión con una red local.
10	Puerto lateral RS485	Puerto auxiliar para comunicación con otros módulos.
11	Pulsador de navegación	Pulsador para navegar en el menú y submenús.
12	USB tipo-C	Entrada para programación.
13	Piloto estado DMX512	Indica el estado de la señal DMX512, de color rojo (en caso de no tener recepción de alguna señal) y color verde (se tiene recepción de señal).

Nota: Descripción de partes externas del prototipo.

Figura 32

Indicaciones estructura módulo de expansión Q



Nota: Indicaciones de partes externas manera numerada e indicación de los valores de los puertos del módulo de expansión Q.

Tabla 10

Descripción de las partes de la estructura externa módulo Q

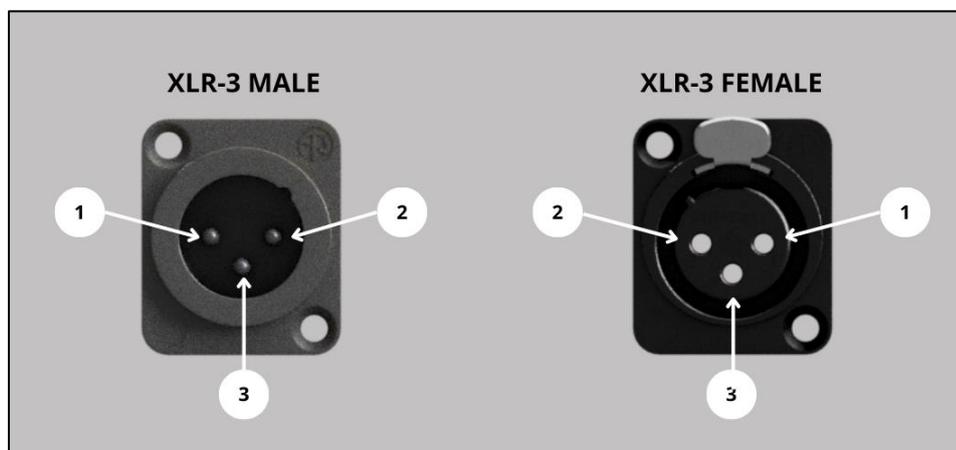
Nº	Parte	Descripción
1	Case	Carcaza de sujeción y protección, material PLA.
2	USB tipo-B	Puerto de comunicación con PC por medio del adaptador de USB a RS485 integrado en el módulo.
3	Puerto de entrada XLR-3 MALE	Puerto de entrada (DMX IN) para conexión de cable XLR-3.
4	Puerto lateral RS485	Puerto de comunicación.
5	Puerto de salida XLR-3 FEMALE	Puerto de salida (DMX OUT) para conexión de cable XLR-3.
6	Piloto de estado RX	Indicador de color amarillo cuando se recibe señales, por medio del adaptador USB a RS485.
7	Piloto de estado TX	Indicador de color verde cuando se transmite la señal DMX512, por medio del adaptador USB a RS485.
8	Piloto de estado encendido	Indicador de color rojo cuando el módulo esta alimentado.

Nota: Descripción de partes externas del módulo Q.

Los conectores usados normalmente en los dispositivos DMX son los XLR-3 (Figura 33), el cual cuenta con solo tres terminales descritos en la Tabla 11. Este tipo de conectores permiten conectar de forma sencilla cada dispositivo.

Figura 33

Conexiones puertos XLR-3



Nota: Indicaciones de pines de forma numerada.

Tabla 11

Valores puertos XLR-3

PINES XLR	VALOR
1	GND
2	B
3	A

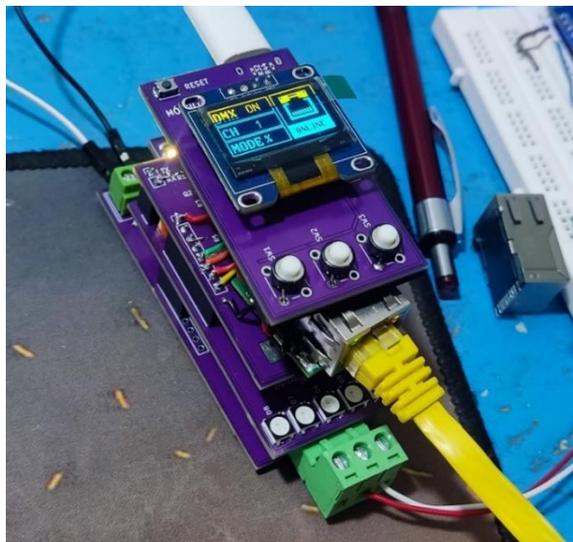
Nota: Descripción de valores de los pines de conexión conector XLR-3.

3.3.7. Implementación del prototipo

En la Figura 34 se observa el acabado final de la implementación en físico de todo el circuito electrónico diseñado del prototipo adaptador-sincronizador, con su primera prueba de funcionamiento de alimentación, comunicación con protocolo DMX512, comunicación con protocolo Modbus TCP/IP, puerto de comunicación USB, pilotos de indicación y HMI.

Figura 34

Implementación del circuito

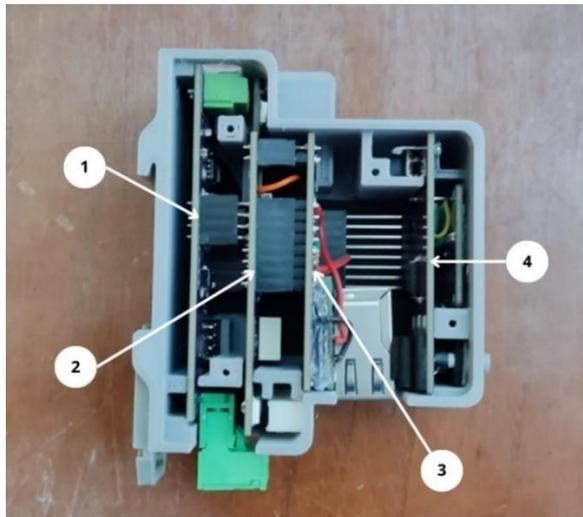


Nota: Armado del circuito en PCB y primer funcionamiento.

En la Figura 35 se muestra la implementación del circuito dentro del case impreso en 3D, describiendo cada PCB en la Tabla 12. Finalmente, implementado en el tablero de control de la Fuente Laberinto de Ensueños (Figura 36).

Figura 35

Implementación del circuito en case



Nota: Indicación numerada de la distribución de los módulos PCB implementados dentro del case.

Tabla 12

Descripción de cada PCB

Nº	PIEZA	FUNCIÓN
1	MÓDULO 01	Alimentación y comunicación DMX512
2	MÓDULO 02	Microcontrolador y pilotos
3	MÓDULO 03	Comunicación Ethernet
4	MODULO 04	Navegación HMI

Nota: Descripción de las PCB's implementadas.

Figura 36

Implementación del prototipo en tablero de control



Nota: Fotografía implementación del prototipo en tablero de control.

3.3.8. Diseño de simulador

El diseño del simulador se hizo en el programa de UNREAL ENGINE con la utilización de las librerías DMX LIGHT SHOW, tomando en cuenta la designación electrobombas y luces de la fuente Laberinto de Ensueños (Figura 22), obteniendo el simulador de la Figura 38. Con las configuraciones de los canales con respecto al modelo disponible de las librerías, usando dos canales para la activación de las electrobombas los cuales son de encendido y dimmer, y de 4 canales para luces, siendo el primero color rojo, segundo azul, tercero verde y cuarto dimmer (Figura 37).

Figura 37

Designación de canales a dispositivos DMX

Nota: Captura tablero de canales DMX universo 1.

Figura 38

Funcionamiento de simulador



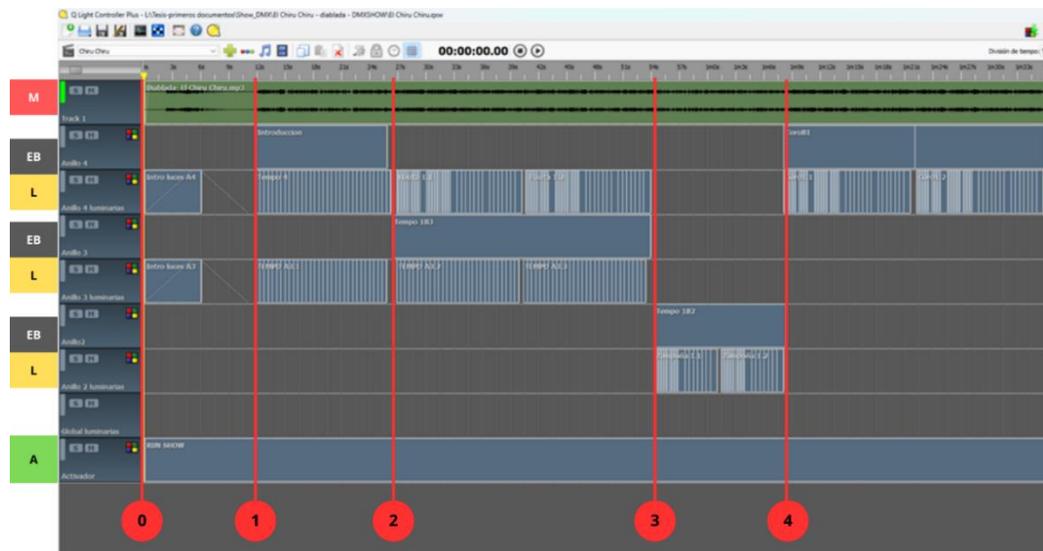
Nota: Captura de simulación basado en la fuente de Laberinto de Ensueño.

3.3.9. Sincronización

Para la sincronización se hizo el uso del programa el cual permitió configurar las salidas DMX y sus valores variables en una línea de tiempo donde se integró una canción (Figura 39).

Figura 39

Diseño de show en QLC+



Nota: Captura de show diseñado en QLC+.

Ubicando la música seleccionada en la primera línea seguida de las electrobombas configuradas con sus respectivas luces y al final la línea del del canal activador, mencionando de este está activo durante toda la duración de la canción. El show configura la bombas y luces por secuencias de la canción en el inicio y melodía:

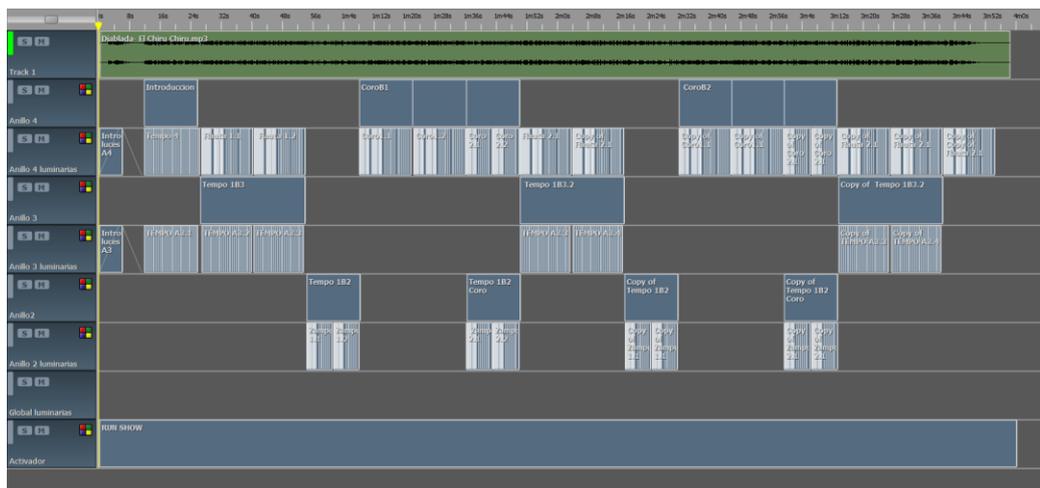
- Punto cero, introducción y activación de luces en anillos cuatro y tres.
- Punto uno, primera melodía, juego de luces anillo tres y cuatro, y activación de electrobombas anillo cuatro.
- Punto dos, segunda melodía, juego de luces anillo tres y cuatro, y activación de electrobombas anillo tres.

- Punto tres, tercera melodía, juego de luces y activación de electrobombas anillos dos.
- Punto cuatro, tercera melodía, juego de luces y activación de electrobombas anillos uno.

Dependiendo a la canción elegida para cada show estas melodías pueden ser repetidas varias veces (Figura 40), por lo cual las secuencias de luces y electrobombas también pueden ser repetidas o con algunos cambios.

Figura 40

Configuración de show final



Nota: Secuencia final de show de 3 minutos con 58 segundos.

A diferencia de las configuraciones de las luces, las activaciones de las electrobombas tienen un tiempo más largo de funcionamiento debido a la forma de configuración de su sistema de arranque y las características del equipo.

3.3.10. Arquitectura del proceso de adaptación y sincronización

Al tener en cuenta que al inicio se tienen de base dos sistemas muy diferentes los cuales uno es íntegramente luminaria y escenificaciones, y el otro

sistema industrial configurado para trabajar con el accionamiento de una fuente ornamental.

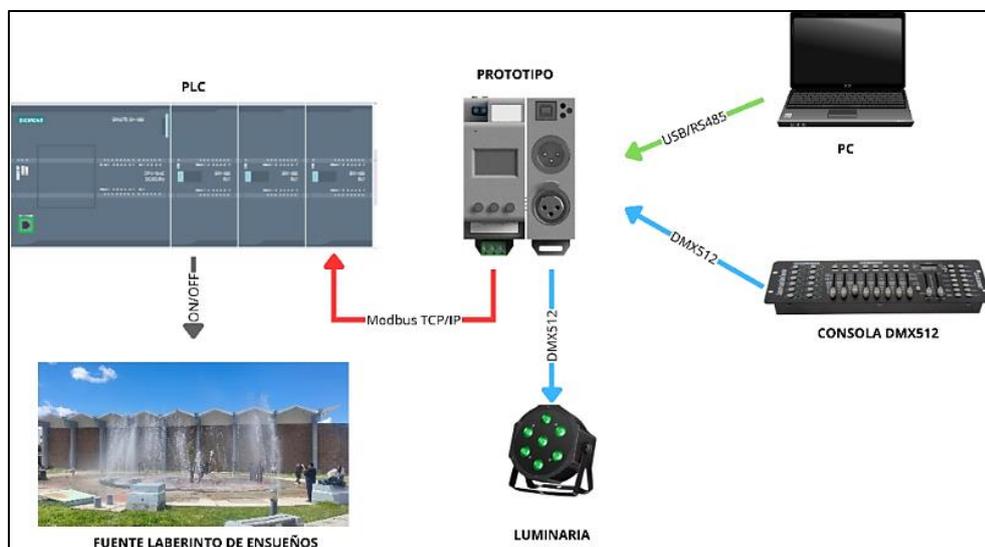
Entonces se toma los datos de la red DMX512, en cual está conformado por una consola ya sea física o virtual (PC) y las luminarias, decodificando la señal para obtener los valores de cada canal y asignarlo a variables para luego ser reasignadas a direcciones Modbus, los cuales se transfieren al PLC por medio del protocolo Modbus TCP/IP, para lo cual designando al prototipo como Maestro y el PLC como Cliente configurados en una misma red. Siendo factible una conexión directa por medio de un cable Ethernet.

Al lograr obtener los valores de la adaptación de canales DMX a direcciones Modbus en el PLC, se procede a designar cada dirección a una salida digital la cual finalmente accionara las electrobombas de la fuente ornamental.

Al final integrando el sistema industrial como una parte más del sistema de luminarias como se observa en la Figura 41.

Figura 41

Arquitectura DMX-Modbus



Nota: Disposición de los elementos integrados en el proceso de adaptación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRUEBAS DE ESTABILIDAD

Se hizo un monitoreo de 1 semana de la estabilidad del prototipo al enviar datos de la conversión de valores obtenidos del DMX512 a canales Modbus de manera ininterrumpida en intervalos de un segundo. Estos últimos siendo recepcionados en el programa ModbusPoll.

Con fecha de inicio 29/07/24 al 05/08/24, obteniendo un total de 622886 datos válidos y 3 datos erróneos, como se muestra en la Figura 42.

Figura 42

Ventana de recepción de datos Modbus

The screenshot shows a window titled 'Mbpoll1' with a status bar displaying 'Tx = 622886: Err = 3: ID = 1: F = 03: SR = 1000ms'. Below the status bar is a table with 10 rows and 2 columns. The first column is labeled 'Alias' and the second column contains numerical values. The values are 00000 for the header, 0 for rows 0-7, 22 for row 8, and 0 for row 9.

	Alias	00000
0		0
1		0
2		0
3		0
4		0
5		0
6		0
7		0
8		22
9		0

Nota: Cantidad de interacciones recibidas.

De todas las muestras recolectadas se saca el porcentaje de error con respecto a las muestras validas, como se muestra en la Ecuación 1.

$$Er = \frac{|total\ de\ muestras\ validas - total\ de\ muestras|}{total\ de\ muestras} \times 100\% \quad (1)$$

$$Er = \frac{|622886 - 622889|}{622889} \times 100\%$$

$$Er = 0.00048\%$$

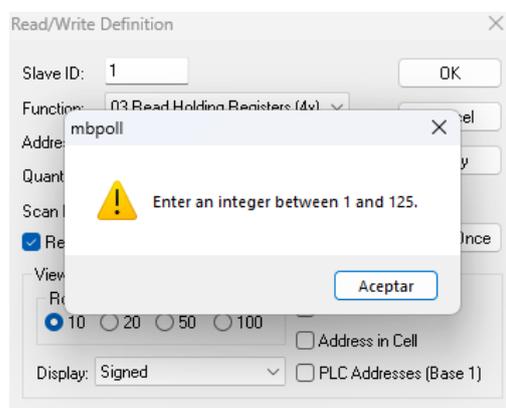
Obteniendo un error de 0.00048 %.

4.2. CANALES DISPONIBLES

Se hizo las pruebas de la cantidad máxima de canales los cuales eran adaptados a direcciones Modbus. Llegando a un límite de 125 direcciones Modbus disponibles, el cual tiene el rango de 0-124 (Anexo 3), en la cual remarca que una solicitud de lectura Modbus está limitada a un máximo de 125 registros, además de la advertencia que se da en el programa de ModbusPoll al superar este rango de registros (Figura 43).

Figura 43

Mensaje de limitación



Nota: Captura de mensaje sobre límite de direcciones permitidas.

De los 125 registros al hacer el desplazamiento de un lugar eliminando el registro cero para concordar la numeración, se tendría un total final de 124 registros disponibles, calculando el porcentaje final de canales adaptados máximos como se muestra en la Ecuación 2.

$$\% \text{ canales adaptados} = \frac{\text{canales adaptados}}{\text{total de canales DMX}} \times 100\% \quad (2)$$

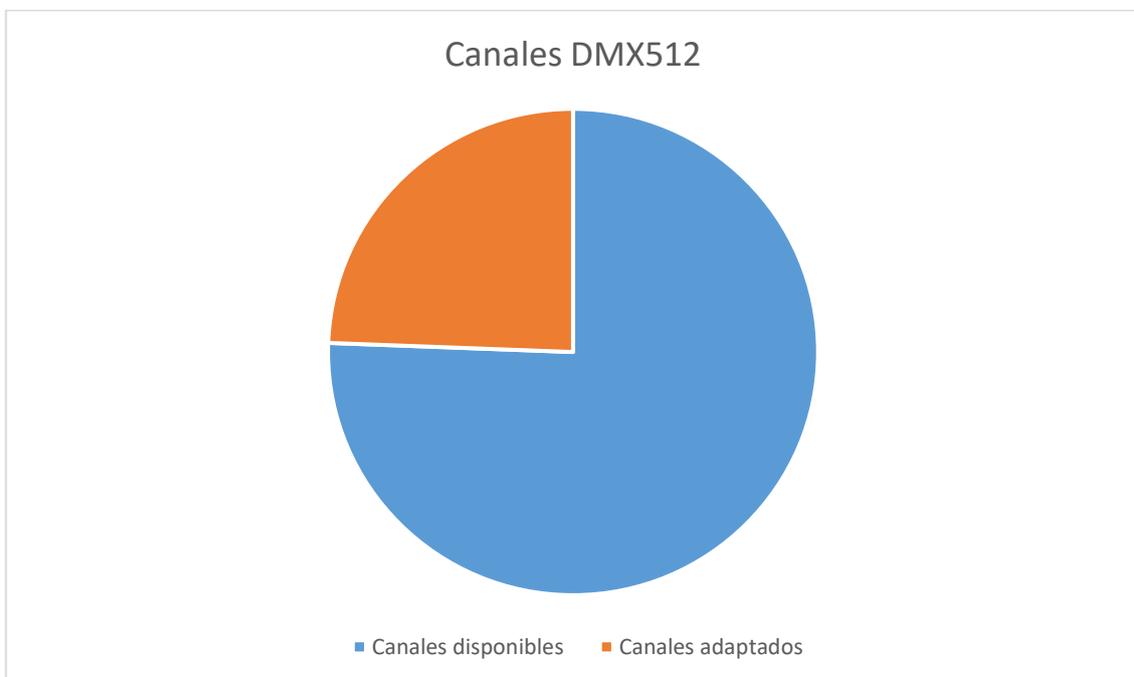
$$\% \text{ canales adaptados} = \frac{124}{512} \times 100\%$$

$$\% \text{ canales adaptados} = 24.22\%$$

Por lo cual se tiene un 24% de canales disponibles de un universo para la adaptación (Figura 44).

Figura 44

Grafica de disponibilidad de canales DMX



Nota: Grafica del total de canales máximos adaptados con respecto al total de un universo.

4.3. VALORES DMX ADAPTADOS A MODBUS

En las pruebas además de la cantidad de canales DMX, también se hizo pruebas de los valores de cada canal y si estos se reflejaban en la salida de las direcciones Modbus (Tabla 13). Donde al haber sido desplazado un lugar no se tiene valores en la dirección Modbus 0 y en el 125, obteniendo un total final de 124 direcciones adaptadas con las que se puede trabajar.

Tabla 13

Prueba de envío y recepción de valores

Canales DMX	Rango de Valores enviados	Direcciones Modbus	Rango de valores Recibidos	Adaptación	%
-	-	0	-	No confirmada	0 %
1	0-255	1	0-255	Confirmada	100 %
2	0-255	2	0-255	Confirmada	100 %
3	0-255	3	0-255	Confirmada	100 %
4	0-255	4	0-255	Confirmada	100 %
5	0-255	5	0-255	Confirmada	100 %
6	0-255	6	0-255	Confirmada	100 %
7	0-255	7	0-255	Confirmada	100 %
8	0-255	8	0-255	Confirmada	100 %
9	0-255	9	0-255	Confirmada	100 %
10	0-255	10	0-255	Confirmada	100 %
11	0-255	11	0-255	Confirmada	100 %
12	0-255	12	0-255	Confirmada	100 %
13	0-255	13	0-255	Confirmada	100 %
14	0-255	14	0-255	Confirmada	100 %
15	0-255	15	0-255	Confirmada	100 %
16	0-255	16	0-255	Confirmada	100 %
17	0-255	17	0-255	Confirmada	100 %
18	0-255	18	0-255	Confirmada	100 %
19	0-255	19	0-255	Confirmada	100 %
20	0-255	20	0-255	Confirmada	100 %
21	0-255	21	0-255	Confirmada	100 %
22	0-255	22	0-255	Confirmada	100 %
23	0-255	23	0-255	Confirmada	100 %
24	0-255	24	0-255	Confirmada	100 %
25	0-255	25	0-255	Confirmada	100 %
26	0-255	26	0-255	Confirmada	100 %
27	0-255	27	0-255	Confirmada	100 %
28	0-255	28	0-255	Confirmada	100 %
29	0-255	29	0-255	Confirmada	100 %



Canales DMX	Rango de Valores enviados	Direcciones Modbus	Rango de valores Recibidos	Adaptación	%
30	0-255	30	0-255	Confirmada	100 %
31	0-255	31	0-255	Confirmada	100 %
32	0-255	32	0-255	Confirmada	100 %
33	0-255	33	0-255	Confirmada	100 %
34	0-255	34	0-255	Confirmada	100 %
35	0-255	35	0-255	Confirmada	100 %
36	0-255	36	0-255	Confirmada	100 %
37	0-255	37	0-255	Confirmada	100 %
38	0-255	38	0-255	Confirmada	100 %
39	0-255	39	0-255	Confirmada	100 %
40	0-255	40	0-255	Confirmada	100%
41	0-255	41	0-255	Confirmada	100 %
42	0-255	42	0-255	Confirmada	100 %
43	0-255	43	0-255	Confirmada	100 %
44	0-255	44	0-255	Confirmada	100 %
45	0-255	45	0-255	Confirmada	100 %
46	0-255	46	0-255	Confirmada	100 %
47	0-255	47	0-255	Confirmada	100 %
48	0-255	48	0-255	Confirmada	100 %
49	0-255	49	0-255	Confirmada	100 %
50	0-255	50	0-255	Confirmada	100 %
51	0-255	51	0-255	Confirmada	100 %
52	0-255	52	0-255	Confirmada	100 %
53	0-255	53	0-255	Confirmada	100 %
54	0-255	54	0-255	Confirmada	100 %
55	0-255	55	0-255	Confirmada	100 %
56	0-255	56	0-255	Confirmada	100 %
57	0-255	57	0-255	Confirmada	100 %
58	0-255	58	0-255	Confirmada	100 %
59	0-255	59	0-255	Confirmada	100 %
60	0-255	60	0-255	Confirmada	100 %
61	0-255	61	0-255	Confirmada	100 %
62	0-255	62	0-255	Confirmada	100 %



Canales DMX	Rango de Valores enviados	Direcciones Modbus	Rango de valores Recibidos	Adaptación	%
63	0-255	63	0-255	Confirmada	100 %
64	0-255	64	0-255	Confirmada	100 %
65	0-255	65	0-255	Confirmada	100 %
66	0-255	66	0-255	Confirmada	100 %
67	0-255	67	0-255	Confirmada	100 %
68	0-255	68	0-255	Confirmada	100 %
69	0-255	69	0-255	Confirmada	100 %
70	0-255	70	0-255	Confirmada	100 %
71	0-255	71	0-255	Confirmada	100 %
72	0-255	72	0-255	Confirmada	100 %
73	0-255	73	0-255	Confirmada	100 %
74	0-255	74	0-255	Confirmada	100 %
75	0-255	75	0-255	Confirmada	100 %
76	0-255	76	0-255	Confirmada	100 %
77	0-255	77	0-255	Confirmada	100 %
78	0-255	78	0-255	Confirmada	100 %
79	0-255	79	0-255	Confirmada	100 %
80	0-255	80	0-255	Confirmada	100 %
81	0-255	81	0-255	Confirmada	100 %
82	0-255	82	0-255	Confirmada	100 %
83	0-255	83	0-255	Confirmada	100 %
84	0-255	84	0-255	Confirmada	100 %
85	0-255	85	0-255	Confirmada	100 %
86	0-255	86	0-255	Confirmada	100 %
87	0-255	87	0-255	Confirmada	100 %
88	0-255	88	0-255	Confirmada	100 %
89	0-255	89	0-255	Confirmada	100 %
90	0-255	90	0-255	Confirmada	100 %
91	0-255	91	0-255	Confirmada	100 %
92	0-255	92	0-255	Confirmada	100 %
93	0-255	93	0-255	Confirmada	100 %
94	0-255	94	0-255	Confirmada	100 %
95	0-255	95	0-255	Confirmada	100 %



Canales DMX	Rango de Valores enviados	Direcciones Modbus	Rango de valores Recibidos	Adaptación	%
96	0-255	96	0-255	Confirmada	100 %
97	0-255	97	0-255	Confirmada	100 %
98	0-255	98	0-255	Confirmada	100 %
99	0-255	99	0-255	Confirmada	100 %
100	0-255	100	0-255	Confirmada	100 %
101	0-255	101	0-255	Confirmada	100 %
102	0-255	102	0-255	Confirmada	100 %
103	0-255	103	0-255	Confirmada	100 %
104	0-255	104	0-255	Confirmada	100 %
105	0-255	105	0-255	Confirmada	100 %
106	0-255	106	0-255	Confirmada	100 %
107	0-255	107	0-255	Confirmada	100 %
108	0-255	108	0-255	Confirmada	100 %
109	0-255	109	0-255	Confirmada	100 %
110	0-255	110	0-255	Confirmada	100 %
111	0-255	111	0-255	Confirmada	100 %
112	0-255	112	0-255	Confirmada	100 %
113	0-255	113	0-255	Confirmada	100 %
114	0-255	114	0-255	Confirmada	100 %
115	0-255	115	0-255	Confirmada	100 %
116	0-255	116	0-255	Confirmada	100 %
117	0-255	117	0-255	Confirmada	100 %
118	0-255	118	0-255	Confirmada	100 %
119	0-255	119	0-255	Confirmada	100 %
120	0-255	120	0-255	Confirmada	100 %
121	0-255	121	0-255	Confirmada	100 %
122	0-255	122	0-255	Confirmada	100 %
123	0-255	123	0-255	Confirmada	100 %
124	0-255	124	0-255	Confirmada	100 %
125	0-255	125	0	No confirmada	0 %

Nota: Se tiene los valores enviados desde los canales DMX y los valores recepcionados en las direcciones Modbus, puesto como confirmada cuando los valores de llegada reflejan los de envío logrando una adaptación válida.



4.4. DISCUSIONES

Se concuerda con Elamanov et al., 2022 donde exista una interoperabilidad fluida entre dispositivos heterogéneos, así reduciendo la cantidad de consolas de control, esto aumentando la eficiencia y por medio del control de manera remota que le adjuntaría según Parian et al., 2020. Con un claro ejemplo que menciona Si et al, 2021 donde se resolvió un problema por medio de adaptación de protocolo SPI y Modbus TCP/IP obteniendo un sistema escalable, flexible y adaptable. Finalizando con un aumento de eficiencia, el cual se busca con la investigación.

Se concuerda con Macena, 2022 el cual menciona que se puede establecer comunicación en dispositivos a bajo costo y fácil de implementar, como lo es el ESP8266 el cual permite esa facilidad de usar una red ya existente para conectarse, ya sea por Ethernet o vía Wi-Fi. Además de adaptar protocolo TCP/IP y un protocolo MQTT, confirmando la factibilidad de la adaptación que se puede hacer en el microcontrolador.

Además Tabaa et al., 2018 menciona el mismo tema de comunicación Industrial entre Modbus y MQTT pero por medio de NODE-RED, el cual concluyó con resultados los cuales hablan sobre la mejora de los entornos industriales al permitir mejorar la automatización del mismo al tener una mayor variedad de equipos conectados a la misma red por medios inalámbricos. Esto siendo lo que se busca actualmente, aumentar la eficiencia y reducir costos.

Al igual que menciona Vovousas, 2023 sobre el bajo costo que se busca en la investigación y nuevas formas de modernizar la automatización haciendo uso del ESP8266 con una comunicación mediante Modbus TCP/IP hacia un Raspberry Pi configurado como PLC. También confirmando que el microcontrolador es factible en temas de adaptación y uso de comunicaciones industriales.



Según Gilabert, 2015 se puede fabricar una interfaz OPEN DMX-USB el cual se comprobó en el Módulo Q de manera satisfactoria, logrando una conexión más rápida con el PC por medio de un cable USB tipo B. A demás mencionar que también hizo uso del programa QLC+ obteniendo el mismo resultado de compatibilidad con el adaptador USB -RS485 en el momento de hacer las pruebas del prototipo. Pero el uso de este adaptador es solo como transmisor con el uso del programa QLC+.

Con respecto a la investigación de Ccori, Lenin & Cutipa, 2014 el cual se tenga el parecido en el concepto de referido a la fuente ornamental ubicada en la Universidad Nacional del Altiplano Puno, ambos tiene diferentes formas de funcionamiento siendo el primero un sistema audio-rítmico por medio de frecuencias adquiridas de las señales de audio de la música y efectos estroboscópicos. Y en el caso de la presente investigación se tiene un sistema preprogramado para lograr la sincronización total de todos los dispositivos como sonido, luces y electrobombas. Pero se concuerda en que al implementar uno de estos dos sistemas se obtendrá de igual manera un espacio de disfrute visual y atracción.



V. CONCLUSIONES

PRIMERO: Se logro el diseño el prototipo adaptador-sincronizador entre los protocolos DMX512 y Modbus TCP/IP haciendo uso del microcontrolador ESP8266 y módulos de comunicación que hicieron posible la adaptación, siendo comprobado su funcionamiento por medio de la implementación en la fuente Laberinto de Ensueños ubicado en la Universidad Nacional del Altiplano Puno, con resultados satisfactorios.

SEGUNDO: Los resultados demostraron que es factible la adaptación de protocolos DMX512 y Modbus TCP/IP en el microcontrolador ESP8266, obteniendo estabilidad para la recepción y envío de datos por largos periodos de tiempo con casi un 100% de efectividad. Pero teniendo la limitación de 124 direcciones máximas para poder adaptar, siendo esta cantidad suficiente para el trabajo con las fuentes ornamental ya que poseen una cantidad de electrobombas muy inferior al máximo de direcciones disponibles.

TERCERO: Las configuraciones de canales DMX512 a direcciones Modbus se basaron en la conformación de electrobombas de la fuente, tomando en cuenta que cada electrobomba contaba con su grupo de luces. Designando direcciones según a esa conformación. Configurando el PLC para accionar las salidas digitales según el valor de las direcciones Modbus, así como tener una secuencia automática en caso de no tener valores entrantes desde el prototipo. Logrando accionar todos los dispositivos desde una consola DMX.



CUARTO: Se implemento el prototipo de manera compacta y funcional con el microcontrolador ESP8266 permitiendo la adaptación de protocolos DMX512 a Modbus TCP/IP. Este cuenta con puertos de alimentación DC el cual permite ser alimentado desde la fuente de 24V del PCL, soporte a riel din, módulo de expansión que permite obtener la señal DMX de una PC por medio de USB o de una consola DMX512. También siendo capaz de funcionar con una conexión directa al PLC mediante el puerto Ethernet sin la necesidad de un router o switch.

QUINTO: Se sincronizo de manera aceptable las electrobombas, luces y música por medio del programa QLC+, donde da la posibilidad de observar la señal audio rítmica para diseñar el show dependiendo al inicio de las melodías, así como el tempo. Así también como el diseño de un simulador de la misma fuente Laberinto de Ensueños de la UNA Puno para previsualizar el show antes de ponerlo a prueba en la fuente real. Esto permite crear varios tipos de shows sincronizados sin la necesidad de estar reprogramando el PLC.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERO: La adaptación se hace por entrada de señal DMX y salida por medio de un puerto Ethernet, pero se tiene la posibilidad de trabajar por redes inalámbricas como WIFI, ya que el microcontrolador tiene implementado esa función, sin embargo, por casos de ser un ambiente industrial es recomendable que la comunicación sea por medio cableado.

SEGUNDO: Se tiene la posibilidad de implementar varios prototipos en una misma red DMX, en las fuentes las cuales estén en proximidad unas con otras permitiendo un accionamiento más sincronizado y centralizado, el cual puede ser accionado desde una misma consola DMX512, siempre en cuando se tenga designado direcciones diferentes para los dispositivos de cada fuente.

TERCERO: Considerar la posibilidad de configurar el prototipo como un puerto de salida DMX, al estar integrado en el circuito la habilitación módulo RS485 en modo de transmisión para una configuración de adaptación inversa Modbus TCP/IP a DMX512, lo que permitiría al PLC accionar las luces o demás equipos que hagan uso del protocolo DMX512, pero teniendo en cuenta la limitación de direcciones Modbus a 124 direcciones.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arduino. (2024). *Arduino Integrated Development Environment (IDE) v1*.
<https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/arduino-ide-v1-basics/>
- Arduino. (2024). *Overview of the Arduino IDE1*. <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/Environment/>
- Arias, Katherine; Sánchez, Michael; Betancourt, Fernando; Leguizamón, Gabriela; García, Rafael; Mendoza, D. (2018). *Estudio de las actividades relevantes en el diseño de productos. Modelo VDI 2221 frente al modelo metodológico I+P+D3*. Artículo de revisión. *Espacios*, 39(09), 22.
- Autodesk. (s.f.) *Fusion 360*. <https://www.autodesk.com/latam/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Ccori, Lenin & Cutipa, W. (2014). “*Diseño e implementación del sistema de control para una fuente ornamental audio- rítmica, en la Universidad Nacional del Altiplano- Puno.*” *Perú*, 1–129.
http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1912/Ccori_Huaquisto_Lenin_Oblitas_Cutipa_Flores_Walter_Oswaldo.pdf?sequence=1
- Desarrollo de los Videojuegos. (s.f.). *Unreal Engine: Todo lo que necesitas saber*.
<https://desarrollodelosvideojuegos.com/unreal-en/>
- Elamanov, S., Son, H., Flynn, B., Yoo, S. K., Dilshad, N., & Song, J. (2022). *Interworking between Modbus and internet of things platform for industrial services. Digital Communications and Networks*.
<https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.09.013>
- Gilabert, P. (2015). *Estudi del control d'il·luminació espectacular mitjançant el protocol DMX512: Conceptes generals i cas pràctic. Universitat Politècnica de València*.
- Github. (2024) *ESP8266_ethernet*. https://github.com/nopnop2002/esp8266_ethernet
- Hung, N. M., & Lee, C.-H. (2013). *Design of Bi-directional RDM-DMX512 Converter for LED Lighting Control. International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent*



Systems, 13(2), 106–115. <https://doi.org/10.5391/ijfis.2013.13.2.106>

Jänsch, J., & Birkhofer, H. (2006). *THE DEVELOPMENT OF THE GUIDELINE VDI 2221 - THE CHANGE OF DIRECTION*. 45–52.

KiCad. (s.f.) *Introducción*. <https://docs.kicad.org/8.0/en/introduction/introduction.html>

KiCad. (s.f.) *KiCad Docs*. <https://docs.kicad.org/>

Lic, P., Rinaldi, M., Colón, T., Aires, D. B., Artes, D., & Dmx, E. (2015). *El protocolo DMX512*. 28–29.

LogosLED (2020) *Qué es DMX? - Breve introducción del sistema de control de Iluminación Digital DMX512, China Fabricación de Iluminación Comercial e Industrial Inteligente*. Disponible en: <https://www.logosled.com/es/whats-dmx-brief-introduction-dmx512-digital-lighting-control-system/> (Accedido: 12 June 2024).

Macena, L. (2022). *Controle Industrial Com Modbus/TCP e Microcontrolador ESP8266*. Universidade Federal Do Ceará, 89.
<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/65846>

Mendoza, E. Y. (2009). *“Diseño E Implementacion De Un Sistema De Control Para La Iluminación De Espectaculos Basado En El Protocolo Dmx512*.

Monarcatech. (s.f.) *Módulo W5500 Lite Ethernet SPI*.
<https://monarcatech.com/products/modulo-w5500-lite-ethernet-spi>

Naylamp Mechatronics. (s.f.) *NodeMCU v2 ESP8266 WiFi*.
<https://naylampmechatronics.com/espessif-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html>

Naylamp Mechatronics. (s.f.) *MÓDULO MAX485 CONVERTOR RS485 A SERIAL TTL*.
<https://naylampmechatronics.com/conversores-ttl/62-conversor-rs485-a-serial-ttl.html>

Parian, C., Guldimann, T., & Bhatia, S. (2020). *Fooling the Master: Exploiting Weaknesses in the Modbus Protocol*. *Procedia Computer Science*, 171(2019), 2453–2458. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.265>



- QLCPlus. (s.f.) *Interfaz de Usuario*. <https://www.qlcplus.org/>
- QLCPlus. (s.f.) *Qué es QLC+?* <https://docs.qlcplus.org/v4/basics/overview>
- Random Nerd Tutorials. (s.f.) *ESP8266 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use?* <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-pinout-reference-gpios/>
- Roberto, M. C., & Sampieri, H. (n.d.). *Metodología dela investigación*.
- Si, Y., Korada, N., Ayyanar, R., & Lei, Q. (2021). *A High Performance Communication Architecture for a Smart Micro-Grid Testbed Using Customized Edge Intelligent Devices (EIDs) with SPI and Modbus TCP/IP Communication Protocols*. *IEEE Open Journal of Power Electronics*, 2(November 2020), 2–17.
<https://doi.org/10.1109/OJPEL.2021.3051327>
- Siemens. (s.f.) Hoja de datos 6ES7214-1HG31-0XB0.
<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/ww/Catalog/Product/6ES7214-1HG31-0XB0>
- Siemens. (s.f.) Datasheet 6ES72221HH320XB0.
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/us/Catalog/Product/6ES72221HH320XB0>
- Tabaa, M., Chouri, B., Saadaoui, S., & Alami, K. (2018). *Industrial Communication based on Modbus and Node-RED*. *Procedia Computer Science*, 130, 583–588.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.107>
- Unreal Engine. (s.f.) *Unreal Engine*. <https://www.unrealengine.com/es-ES>
- Vovousas, G. (2023). *PLC implementation with OpenPLC open-source software in Raspberry Pi, and applications using Modbus/TCP on ESP8266 microcontroller*. *Tesis*.

ANEXOS

ANEXO 1: Datasheet PLC S7 1200 1214C DC/DC/Rly

Hoja de datos

6ES7214-1HG31-0XB0



*** Repuesto *** SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta DC/DC/relé, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24 V DC; 10 DO, relé 2 A; 2 AI 0-10V DC, alimentación: AC 20,4-28,8V DC, Memoria de programas/datos 75 KB

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1214C DC/DC/Relais
Ingeniería con	
• Paquete de programación	STEP 7 V11 SP2 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 24 V DC	SI
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Tensión de carga L+	
• Valor nominal (DC)	24 V
• Rango admisible, límite inferior (DC)	5 V
• Rango admisible, límite superior (DC)	250 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	500 mA; típicamente
Consumo, máx.	1,2 A; 24 V DC
Intensidad de cierre, máx.	12 A; con 28,8 V
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
• 24 V	Rango permitido: 20,4 a 28,8 V
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	12 W
Memoria	
Memoria de trabajo	
• integrada	75 kbyte
Memoria de carga	
• integrada	4 Mbyte
Respaldo	
• existente	SI; sin mantenimiento
• sin pila	SI
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones de bits, típ.	0,085 µs; /instrucción
para operaciones a palabras, típ.	1,7 µs; /instrucción
para aritmética de coma flotante, típ.	2,5 µs; /instrucción
CPU-bloques	
Nº de bloques (total)	DBs, FCs, FBs, contadores y temporizadores. El número máximo de bloques direccionables es de 1 a 65535. No hay ninguna restricción, uso de toda la memoria de trabajo

6ES72141HG310XB0
Página 1/5

11/11/2024

Sujeto a cambios
© Copyright Siemens

Nota: Tomado de SIEMENS (s.f.)

ANEXO 2: Datasheet módulo de expansión SM1222 DQ16 x relé

Data sheet		6ES7222-1HH32-0XB0
		
SIMATIC S7-1200, Digital output SM 1222, 16 DO, relay 2 A		
Figures similar		
General information		
Product type designation	SM 1222, DQ 16x relay/2 A	
Supply voltage		
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V	
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V	
Input current		
from backplane bus 5 V DC, max.	135 mA	
Digital outputs		
• from load voltage L+, max.	11 mA/relay coil	
Power loss		
Power loss, typ.	8.5 W	
Digital outputs		
Number of digital outputs	16	
• in groups of	1	
Short-circuit protection	No; to be provided externally	
Switching capacity of the outputs		
• with resistive load, max.	2 A	
• on lamp load, max.	30 W with DC, 200 W with AC	
Output voltage		
• Rated value (DC)	5 V DC to 30 V DC	
• Rated value (AC)	5 V AC to 250 V AC	
Output current		
• for signal "1" rated value	2 A	
Output delay with resistive load		
• "0" to "1", max.	10 ms	
• "1" to "0", max.	10 ms	
Total current of the outputs (per group)		
horizontal installation		
— up to 50 °C, max.	10 A; Current per mass	
Relay outputs		
• Number of relay outputs	16	
• Rated supply voltage of relay coil L+ (DC)	24 V	
• Number of operating cycles, max.	mechanically 10 million, at rated load voltage 100 000	
Switching capacity of contacts		
— with inductive load, max.	2 A	
— on lamp load, max.	30 W with DC, 200 W with AC	
— with resistive load, max.	2 A	
Cable length		
• shielded, max.	500 m	

6ES72221HH320XB0
Page 1/3

11/11/2024

Subject to change without notice
© Copyright Siemens

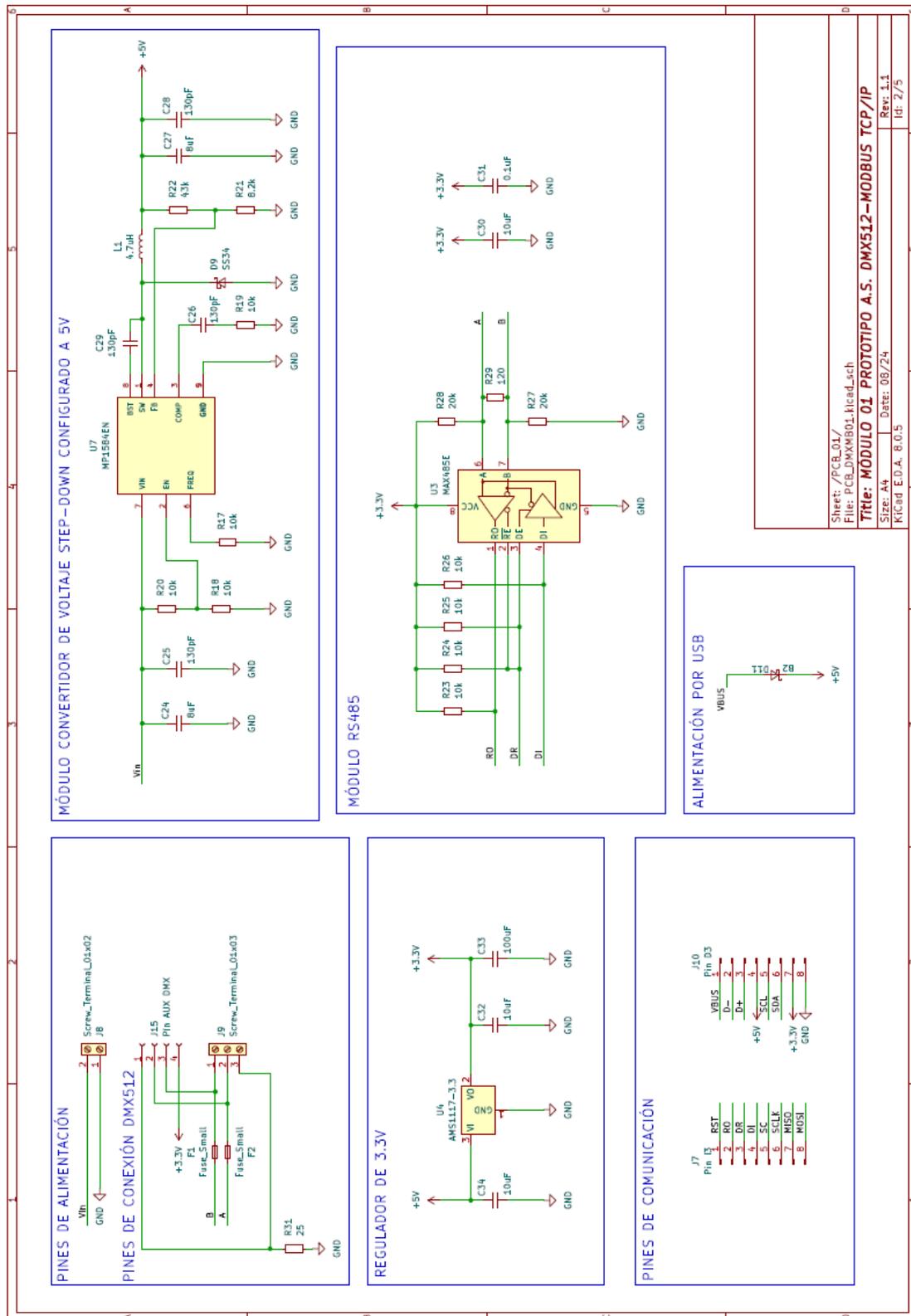
Nota: Tomado de SIEMENS (s.f.)

ANEXO 3: Parámetros de configuración Modbus TIA PORTAL

Sistema de información		Parámetros MB_MODE, MB_DATA... X		
Parámetros MB_MODE, MB_DATA_ADDR y MB_DATA_LEN				
Descripción				
Para los valores 0, 1 y 2 de MB_MODE, la combinación de los parámetros MB_MODE, MB_DATA_ADDR y MB_DATA_LEN define el código de función Modbus que se utiliza en el mensaje Modbus actual:				
<ul style="list-style-type: none"> • MB_MODE contiene la información de si debe leerse o escribirse. • MB_MODE=0: lectura, MB_MODE=1 y 2: escritura • MB_DATA_ADDR contiene la información de lo que debe leerse o escribirse, así como información de la dirección con la que la instrucción "MB_CLIENT" calcula la dirección remota. • DATA_LEN contiene el número de valores que se van a leer o escribir. 				
Ejemplos:				
<ul style="list-style-type: none"> • La combinación MB_MODE=1, MB_DATA_ADDR=1, DATA_LEN=1 define el código de función 05. A partir de la dirección remota 0 se escribe 1 bit de salida. • La combinación MB_MODE=1, MB_DATA_ADDR=1, DATA_LEN=2 define el código de función 15. A partir de la dirección remota 0 se escriben 2 bits de salida. 				
La tabla siguiente muestra la relación entre los parámetros de entrada MB_MODE, MB_DATA_ADDR, DATA_LEN de la instrucción "MB_CLIENT" y la función Modbus correspondiente.				
MB_MODE	MB_DATA_ADDR	DATA_LEN	Función Modbus	Función y tipo de datos
0	de 1 a 9.999	de 1 a 2.000	01	Leer de 1 a 2.000 bits de salida en la dirección remota de 0 a 9.998
0	de 10.001 a 19.999	de 1 a 2.000	02	Leer de 1 a 2.000 bits de entrada en la dirección remota de 0 a 9.998
0	de 40.001 a 49.999	de 1 a 125	03	Leer de 1 a 125 registros de parada en la dirección remota de 0 a 9.998
0	de 30.001 a 39.999	de 1 a 125	04	Leer de 1 a 125 palabras de entrada en la dirección remota de 0 a 9.998
1	de 1 a 9.999	1	05	Escribir 1 bit de salida en la dirección remota de 0 a 9.998
1	de 40.001 a 49.999	1	06	Escribir 1 registro de retención en la dirección remota de 0 a 9.998
1	de 1 a 9.999	de 2 a 1.968	15	Escribir de 2 a 1.968 bits de salida en la dirección remota de 0 a 9.998
1	de 40.001 a 49.999	de 2 a 123	16	Escribir de 2 a 123 registros de parada en la dirección remota de 0 a 9.998
2	de 1 a 9.999	de 1 a 1.968	15	Escribir de 1 a 1.968 bits de salida en la dirección remota de 0 a 9.998
2	de 40.001 a 49.999	de 1 a 123	16	Escribir de 1 a 123 registros de parada en la dirección remota de 0 a 9.998
11	Los parámetros MB_DATA_ADDR y DATA_LEN no se evalúan al ejecutar esta función.		11	Leer la palabra de estado y el contador de eventos del servidor: <ul style="list-style-type: none"> • La palabra de estado forma el estado de ejecución (0: no en ejecución, 0xFFFF: en ejecución). • El contador de eventos se incrementa si la orden Modbus se ha ejecutado correctamente. Si se produce un error al ejecutar una función Modbus, el servidor envía un mensaje, pero el contador de eventos no se incrementa.

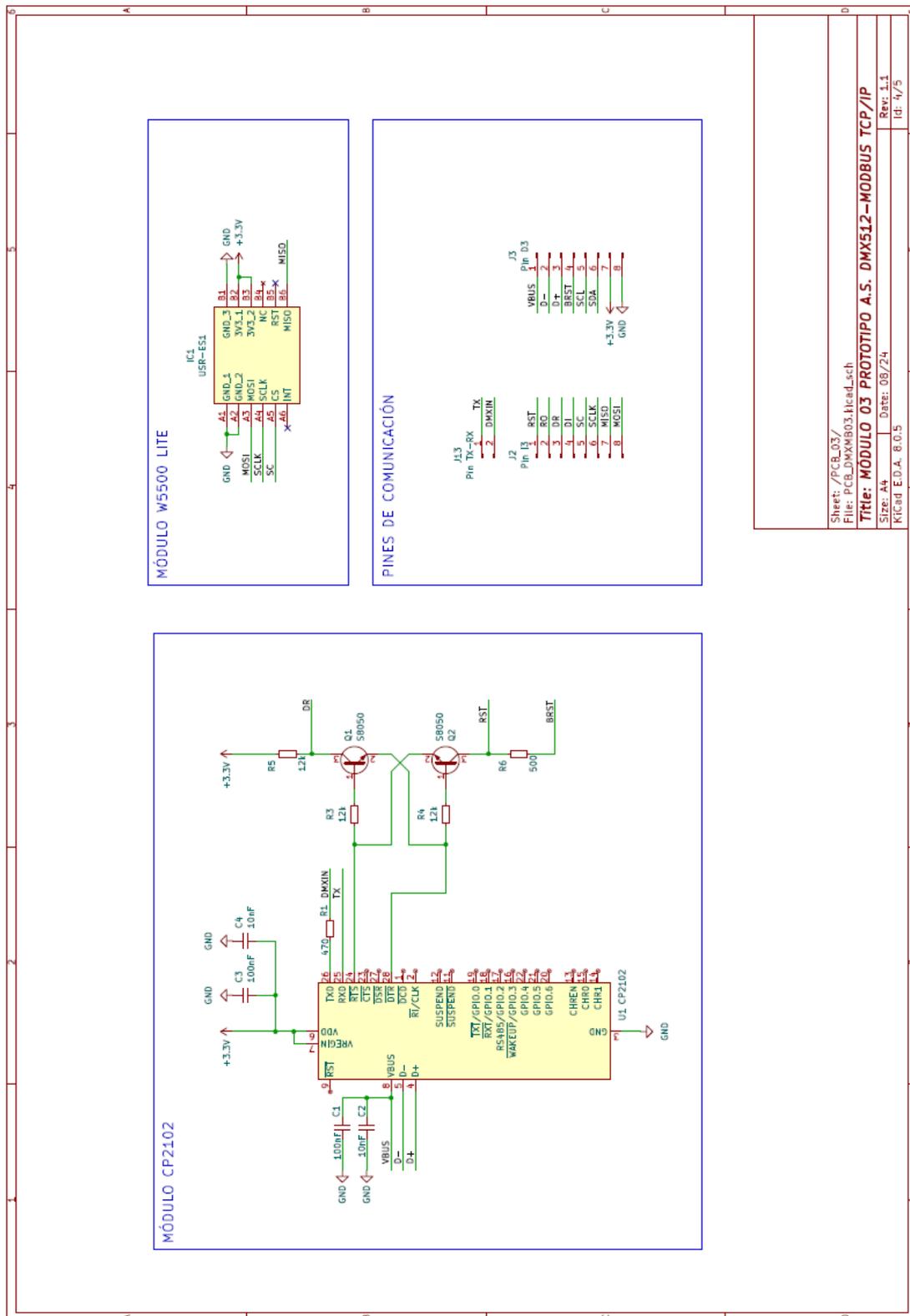
Nota: Captura parámetros programa TIA PORTAL.

ANEXO 4: Esquema circuito electrónico modulo 01



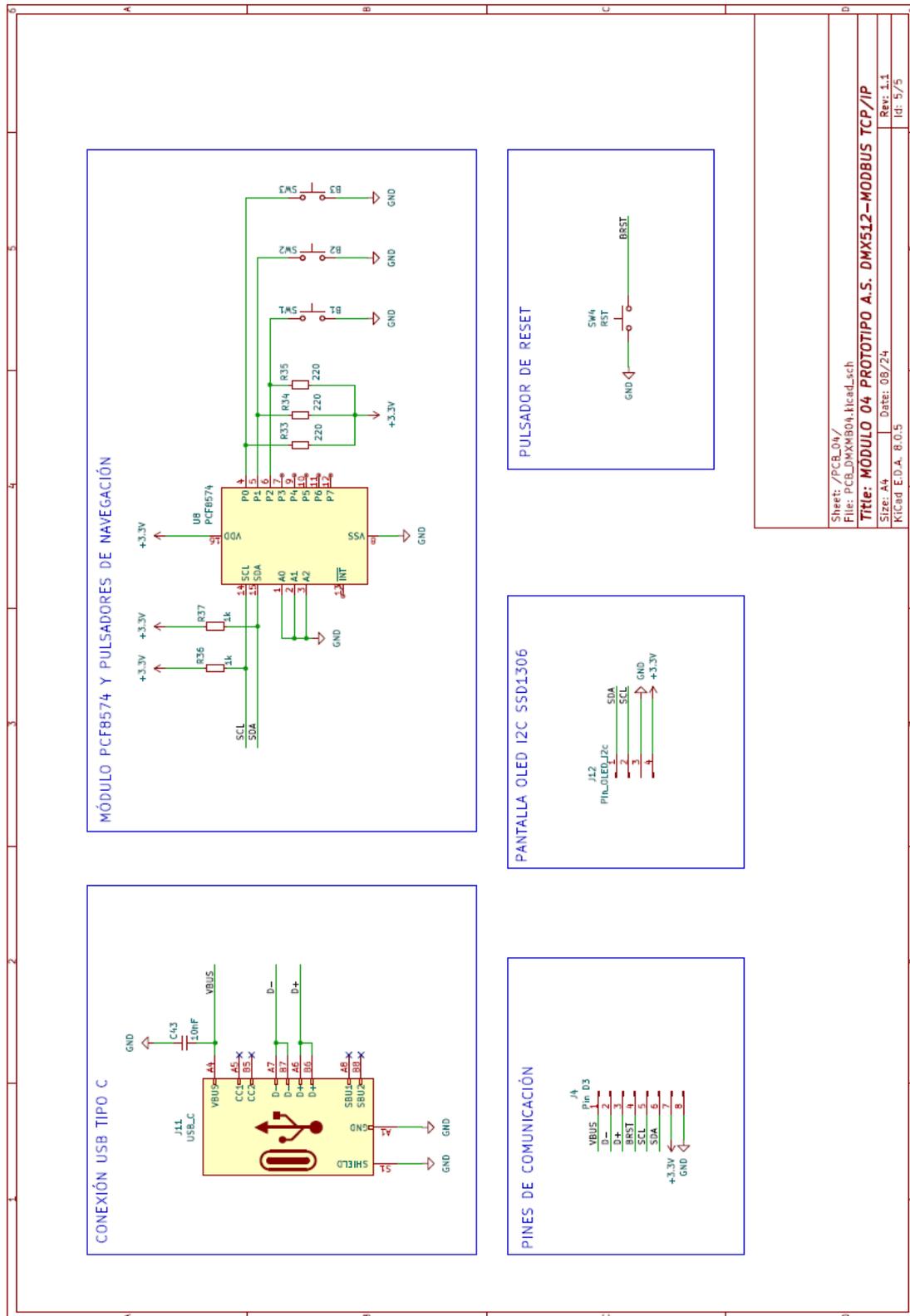
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 6: Esquema circuito electrónico módulo 03



Nota: Elaboración propia.

ANEXO 7: Esquema circuito electrónico módulo 04



Nota: Elaboración propia.

ANEXO 8: Plano explosionado del prototipo adaptador-sincronizador DMX512-

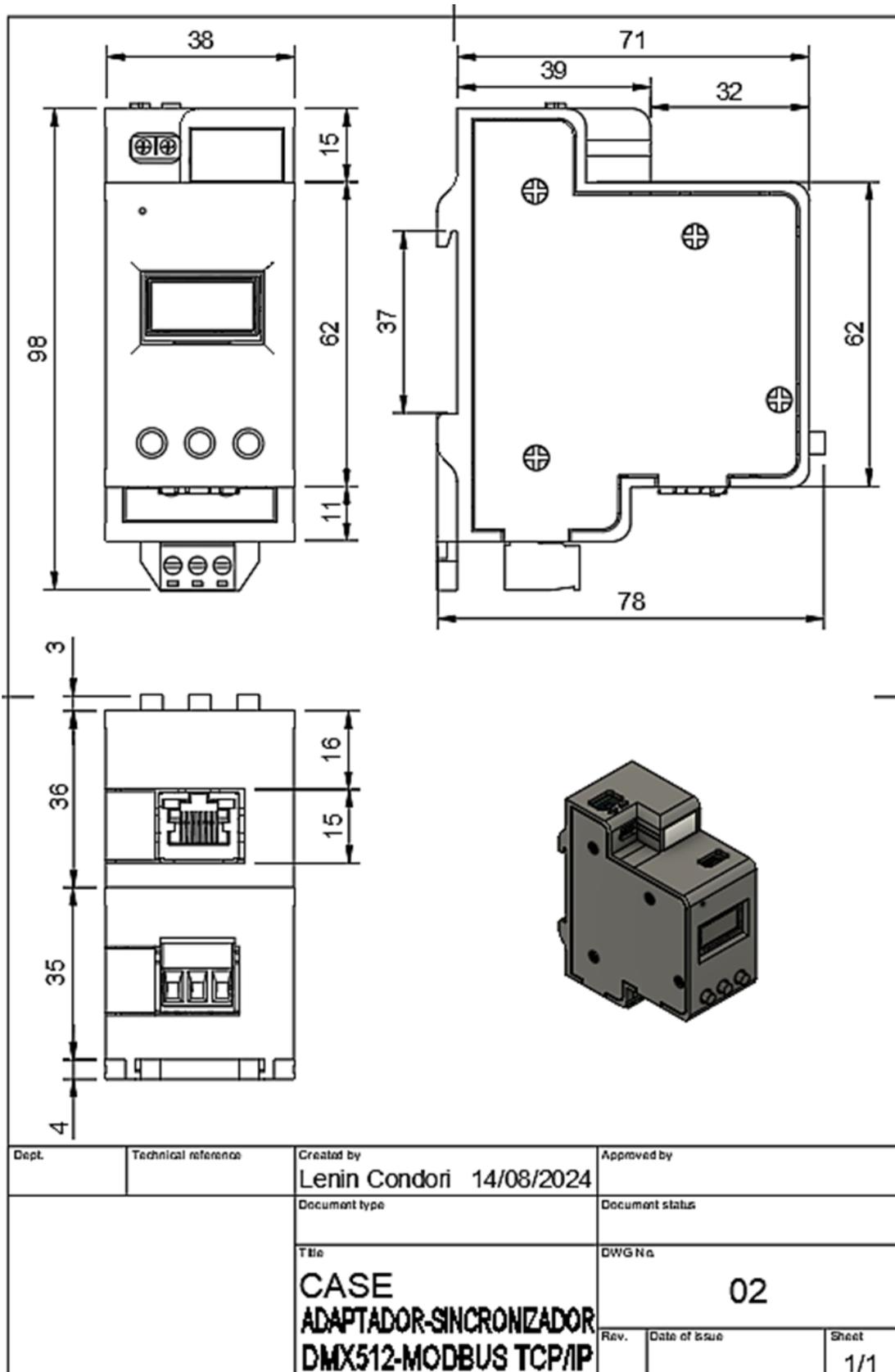
Modbus TCP/IP

Lista de piezas			
elem ento	ctd	número de pieza	material
1	1	Case_Principal	Plástico
2	1	Piloto DMX	Polycarbonat o, claro
3	1	Piloto Ethernet	Polycarbonat o, claro
4	1	Sujetador	Plástico
5	1	Enganche	Plástico
6	1	Pulsador_3	Plástico
7	1	Pulsador_2	Plástico
8	1	Pulsador_1	Plástico
9	1	Tapa_lateral	Plástico
10	1	Tornillo_1	Acero
11	1	Tornillo_4	Acero
12	1	Tornillo_2	Acero
13	1	Tornillo_3	Acero
14	1	PCB_DMX	

Dept.	Technical reference	Created by Lenin Condoni	Approved by
		14/08/2024	
		Document type	Document status
		Title PROTOTIPO ADAPTADOR-SINCRONIZADOR DMX512 - MODBUS TCP/IP	DWG No. 01
		Rev.	Date of Issue
			Sheet 1/1

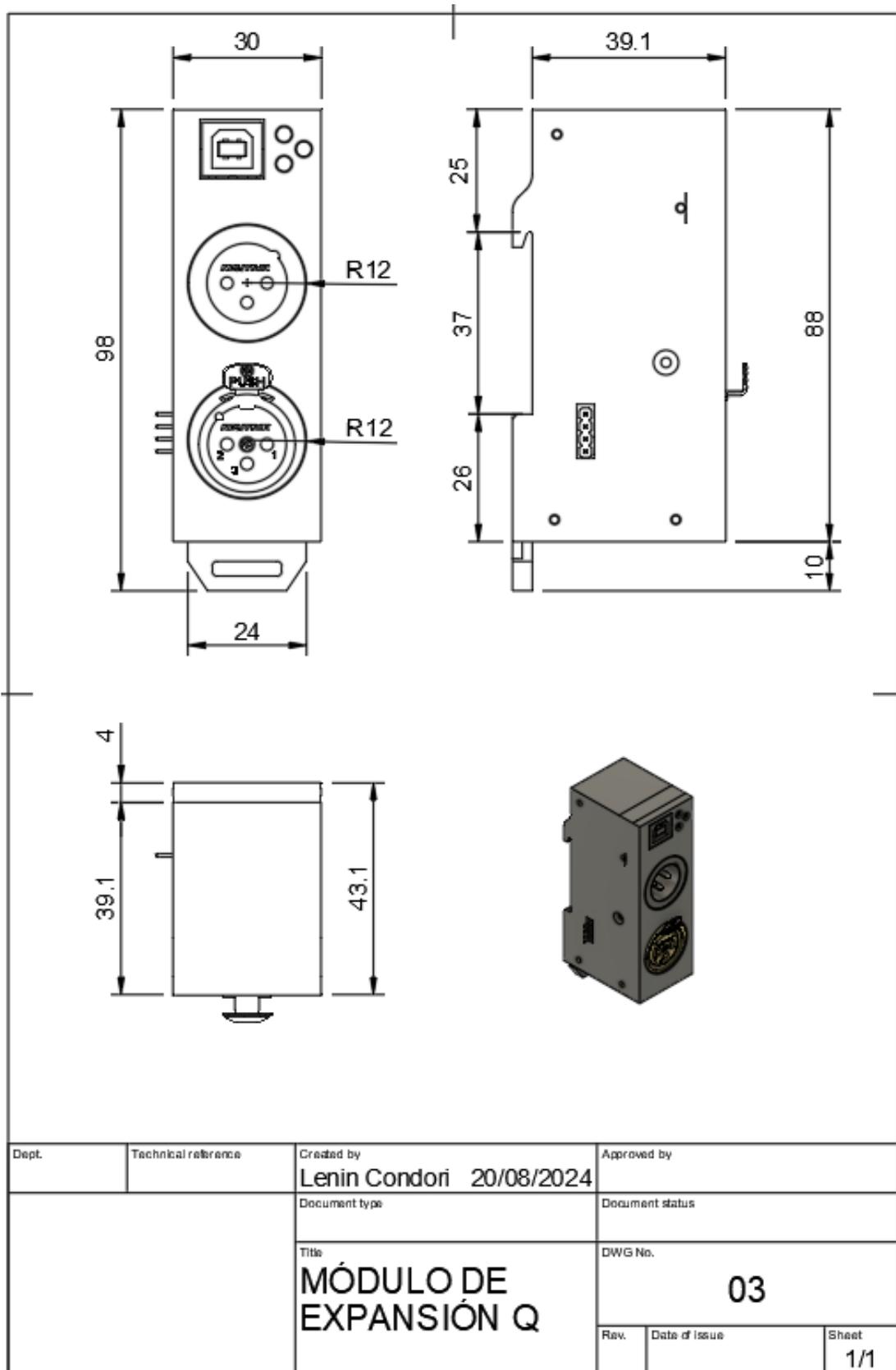
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 9: Plano case Adaptador- sincronizador DMX512-Modbus TCP/IP



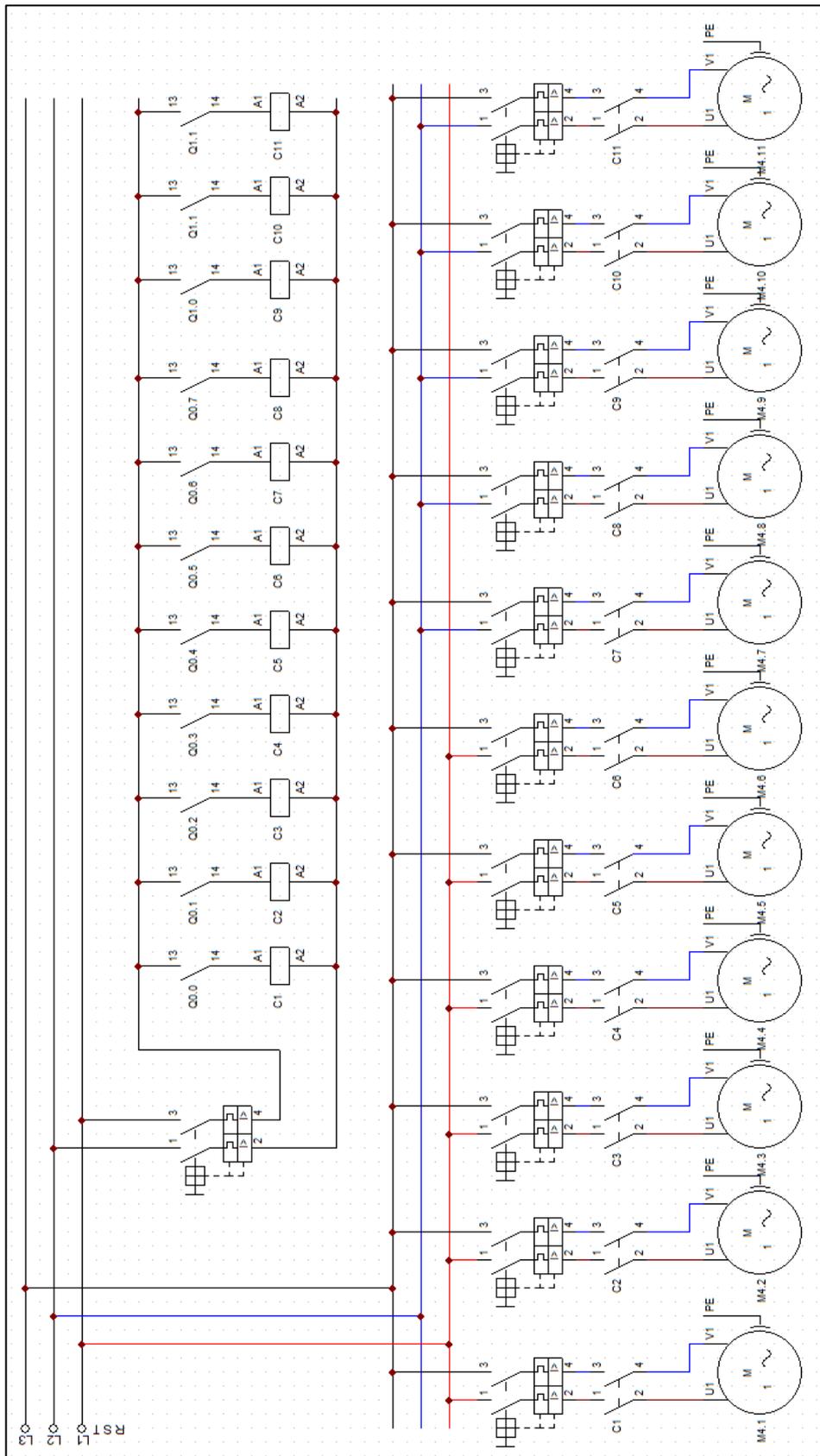
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 10: Plano case módulo de expansión Q



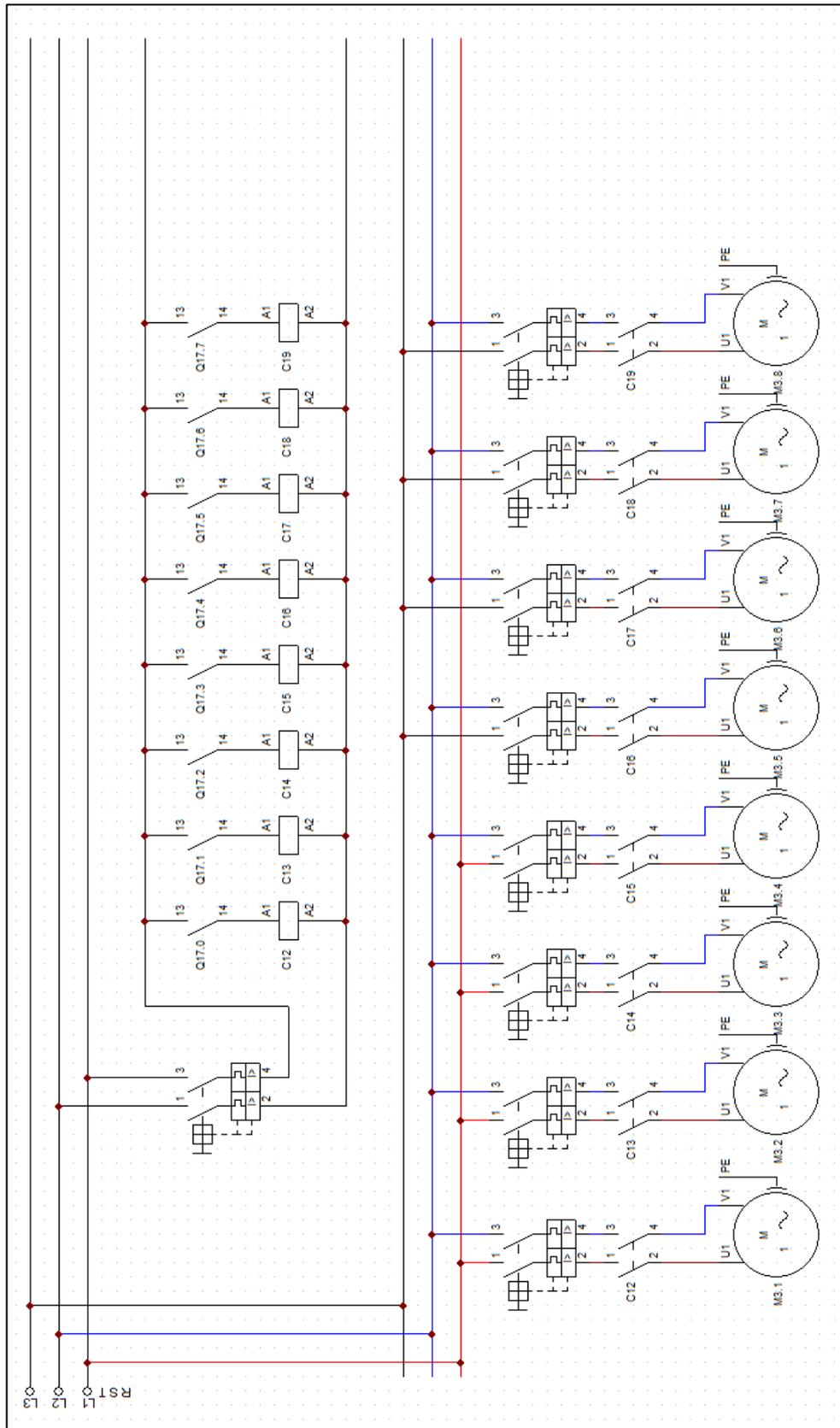
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 11: Esquema eléctrico anillo 04



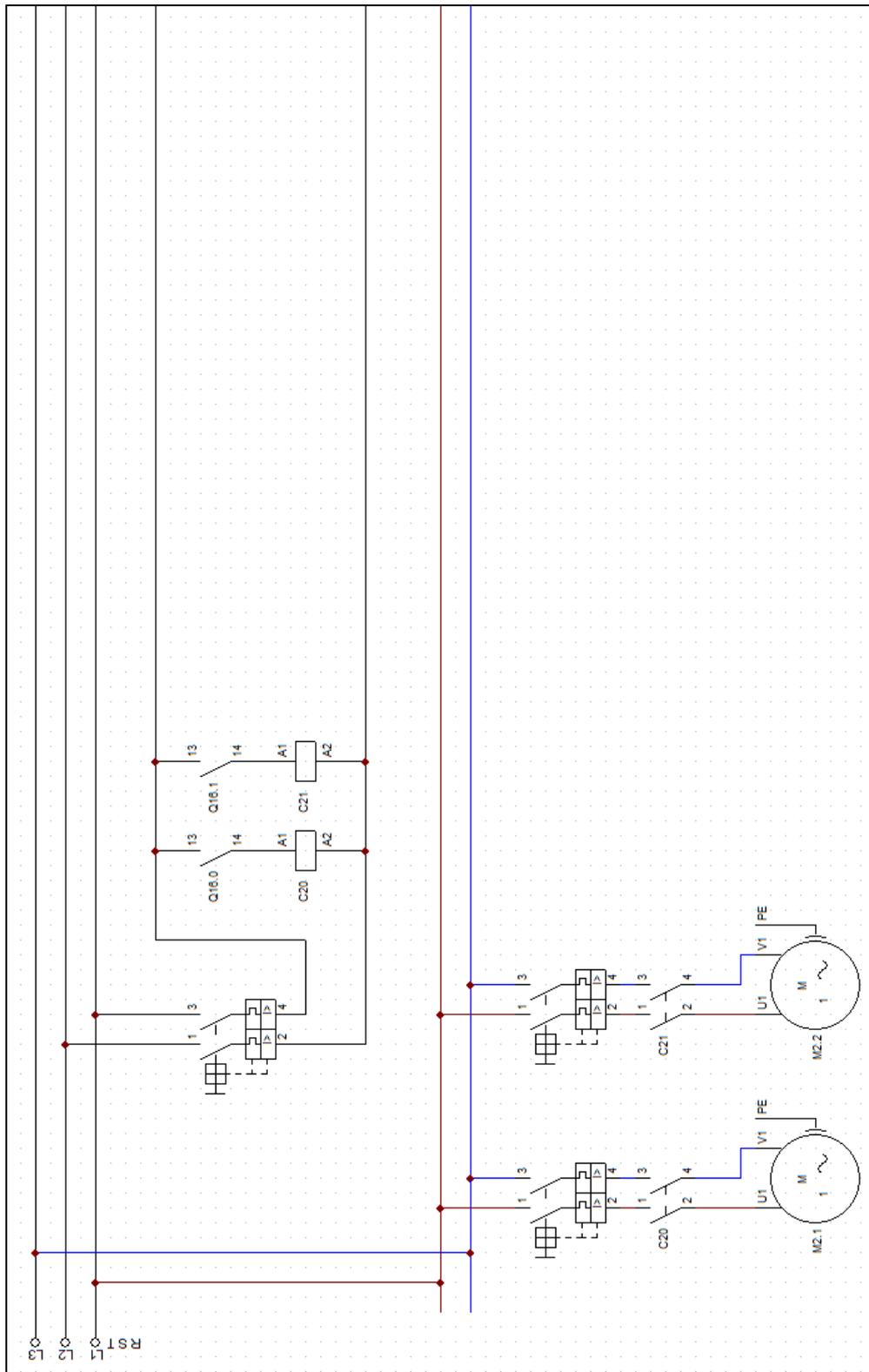
Nota: Elaboración propia.

ANEXO 12: Esquema eléctrico anillo 03



Nota: Elaboración propia.

ANEXO 13: Esquema eléctrico anillo 02



Nota: Elaboración propia.

ANEXO 14: Puesta en funcionamiento y pruebas en la fuente ornamental



Nota: Elaboración propia.



ANEXO 15: Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Lenin Condori Arocutipa
identificado con DNI 70454597 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, **Programa de Segunda Especialidad**, **Programa de Maestría o Doctorado**
Ingeniería Electrónica

informo que he elaborado el/la **Tesis** o **Trabajo de Investigación** denominada:

“DISEÑO DE UN PROTOTIPO ADAPTADOR-SINCRONIZADOR DE PROTOCOLOS DMX512 A MODBUS TCP/IP CON
MICROCONTROLADOR ESP8266 EN EQUIPOS INDUSTRIALES EN FUENTE ORNAMENTAL DE LA UNA PUNO”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 13 de diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 16: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Lenin Condori Arocutipa
identificado con DNI 70454597 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Electrónica

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“DISEÑO DE UN PROTOTIPO ADAPTADOR-SINCRONIZADOR DE PROTOCOLOS DMX512 A MODBUS TCP/IP CON
MICROCONTROLADOR ESP8266 EN EQUIPOS INDUSTRIALES EN FUENTE ORNAMENTAL DE LA UNA PUNO

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 13 de diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella