|  |
| --- |
|  |

Especificación de requisitos de software

Proyecto: PLC4uni

Revisión 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | septiembre |

De la plantilla de formato del documento © & Coloriuris http://www.qualitatis.org

.Ficha del documento

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Fecha** | **Revisión** | **Autor** | **Verificado dep. calidad.** |
| 20/9/2025 | Rev-1 | Luis Andrés González De Peña (Equipo de Desarrollo) | Ing. Carlos Pichardo (director del Proyecto) |

Documento validado por las partes en fecha: [20/09/2025]

|  |  |
| --- | --- |
| Por el cliente | Por la empresa suministradora |
|  |  |
| Ing. Carlos Pichardo (director del proyecto) | Equipo de Estudiantes de Mecatrónica – Proyecto PLC4uni). |

Contenido

[Ficha del documento 3](#_Toc33411057)

[Contenido 4](#_Toc33411058)

[1 Introducción 6](#_Toc33411059)

[1.1 Propósito 6](#_Toc33411060)

[1.2 Alcance 6](#_Toc33411061)

[1.3 Personal involucrado 6](#_Toc33411062)

[1.4 Definiciones, acrónimos y abreviaturas 6](#_Toc33411063)

[1.5 Referencias 6](#_Toc33411064)

[1.6 Resumen 6](#_Toc33411065)

[2 Descripción general 7](#_Toc33411066)

[2.1 Perspectiva del producto 7](#_Toc33411067)

[2.2 Funcionalidad del producto 7](#_Toc33411068)

[2.3 Características de los usuarios 7](#_Toc33411069)

[2.4 Restricciones 7](#_Toc33411070)

[2.5 Suposiciones y dependencias 7](#_Toc33411071)

[2.6 Evolución previsible del sistema 7](#_Toc33411072)

[3 Requisitos específicos 7](#_Toc33411073)

[3.1 Requisitos comunes de los interfaces 8](#_Toc33411074)

[3.1.1 Interfaces de usuario 8](#_Toc33411075)

[3.1.2 Interfaces de hardware 8](#_Toc33411076)

[3.1.3 Interfaces de software 8](#_Toc33411077)

[3.1.4 Interfaces de comunicación 8](#_Toc33411078)

[3.2 Requisitos funcionales 8](#_Toc33411079)

[3.2.1 Requisito funcional 1 9](#_Toc33411080)

[3.2.2 Requisito funcional 2 9](#_Toc33411081)

[3.2.3 Requisito funcional 3 9](#_Toc33411082)

[3.2.4 Requisito funcional n 9](#_Toc33411083)

[3.3 Requisitos no funcionales 9](#_Toc33411084)

[3.3.1 Requisitos de rendimiento 9](#_Toc33411085)

[3.3.2 Seguridad 9](#_Toc33411086)

[3.3.3 Fiabilidad 9](#_Toc33411087)

[3.3.4 Disponibilidad 9](#_Toc33411088)

[3.3.5 Mantenibilidad 10](#_Toc33411089)

[3.3.6 Portabilidad 10](#_Toc33411090)

[3.4 Otros requisitos 10](#_Toc33411091)

[4 Apéndices 10](#_Toc33411092)

# Introducción

La presente Especificación de Requisitos de Software (SRS) corresponde al proyecto **PLC4uni**, un controlador lógico programable de carácter docente que será diseñado y desarrollado por los estudiantes de la asignatura de Diseño Mecatrónico, bajo la dirección del profesor de la materia. Este documento proporciona una visión global del proyecto, establece los objetivos, el alcance, el personal involucrado, las definiciones y abreviaturas necesarias, así como las referencias de apoyo y un resumen de la organización del documento.

## Propósito

* **Propósito del proyecto:** El proyecto PLC4uni tiene como propósito diseñar y construir un PLC educativo de bajo costo, basado en el microcontrolador ESP32, que permita cubrir la necesidad actual de la universidad de contar con equipos propios para la enseñanza de automatización y control. El objetivo es ofrecer una herramienta práctica que acerque a los estudiantes a los conceptos de programación, control y comunicación industrial en un entorno seguro y accesible.
* **Propósito del documento:** Este documento tiene la finalidad de establecer, de manera clara y verificable, los requisitos funcionales y no funcionales del sistema, servir de guía al equipo desarrollador durante todas las etapas del proyecto, y proporcionar una base de validación para el director del proyecto.

**Audiencia a la que va dirigido:** Está dirigido a:

* **Profesores de la universidad**, que usarán el PLC para impartir clases y diseñar prácticas.
* **Estudiantes en formación**, que lo utilizarán para aprender conceptos de automatización y control.
* **Equipo desarrollador y técnicos de laboratorio**, que requieren el documento como guía técnica de diseño, construcción y pruebas.

## Alcance

## El PLC4UNI se plantea como una herramienta formativa de bajo costo, destinada a la enseñanza de conceptos básicos de automatización. Contará con un entorno de programación introductorio en lenguajes como Ladder o FBD, ejecutará los programas de manera cíclica y permitirá trabajar con entradas y salidas digitales y analógicas. Asimismo, dispondrá de conectividad con computadoras a través de USB o Ethernet y funciones que faciliten la supervisión y la simulación de ejercicios prácticos.

## El desarrollo incluirá la definición de los requisitos principales, la creación del prototipo, su validación mediante ensayos en laboratorio y la preparación de materiales técnicos para su aplicación académica. Quedan excluidos los procesos de certificación industrial y la integración completa con sistemas propietarios de terceros, limitándose únicamente a usos educativos.

## Personal involucrado

|  |  |
| --- | --- |
| Nombre | Carlos Pichardo |
| Rol | Director del proyecto |
| Categoría profesional | Docente universitario |
| Responsabilidades | Supervisión, validación y aprobación del proyecto |
| Información de contacto | cpichardo@itla.edu.do |
| Aprobación |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Nombre | Luis Andrés González De Peña |
| Rol | Integrante del equipo desarrollador |
| Categoría profesional | Estudiante |
| Responsabilidades | Desarrollo, diseño y documentación del proyecto |
| Información de contacto | 202010390@itla.edu.do |
| Aprobación |  |

## Definiciones, acrónimos y abreviaturas

**PLC (Controlador Lógico Programable / Programmable Logic Controller):** Equipo electrónico empleado para la automatización de procesos industriales mediante la programación de rutinas

**PLC4UNI:** Proyecto académico desarrollado por estudiantes de Mecatrónica del ITLA, consistente en un PLC con fines educativos.

**SRS (Software Requirements Specification / Especificación de Requisitos de Software):** Documento que detalla de manera exhaustiva los requerimientos funcionales y no funcionales que debe cumplir un software.

**ERS (Especificación de Requisitos del Sistema):** Documento que establece las necesidades técnicas de todo el sistema, considerando tanto hardware como software.

**ITLA (Instituto Tecnológico de Las Américas):** Centro de estudios superiores donde se lleva a cabo el desarrollo del proyecto.

**HW (Hardware):** Conjunto de elementos físicos del sistema, como la placa, el microcontrolador y los módulos de entradas/salidas.

**SW (Software):** Programación y código que permiten la operación, control y programación del PLC4UNI.

**I/O (Entradas y Salidas / Input/Output):** Señales analógicas o digitales que conectan el PLC con su entorno.

**DI (Entrada Digital / Digital Input):** Señal binaria que solo admite dos estados: 1 (activo) o 0 (inactivo).

**DO (Salida Digital / Digital Output):** Señal binaria de salida utilizada para accionar dispositivos externos en modo ON/OFF.

**AI (Entrada Analógica / Analog Input):** Señal de valor continúo empleada para representar magnitudes como voltaje, corriente o temperatura.

**AO (Salida Analógica / Analog Output):** Señal continua de salida que permite el control proporcional de equipos como motores o válvulas.

**Ciclo de Escaneo (Scan Cycle):** Proceso repetitivo donde el PLC lee entradas, ejecuta instrucciones y actualiza las salidas.

**Ladder (LD / Lenguaje Escalera):** Lenguaje gráfico de programación basado en esquemas similares a circuitos de relés eléctricos.

**FBD (Function Block Diagram / Diagrama de Bloques de Funciones):** Lenguaje visual donde las funciones se representan como bloques conectados entre sí.

**HMI (Interfaz Hombre-Máquina / Human Machine Interface):** Pantalla o entorno gráfico que facilita la interacción entre el operador y el PLC.

**USB (Universal Serial Bus):** Protocolo de comunicación estándar que posibilita la conexión y transferencia de datos entre un ordenador y el PLC.

**Ethernet (IEEE 802.3):** Estándar de red alámbrica que posibilita la interconexión y el intercambio de datos entre equipos dentro de una red de área local (LAN).

**Firmware:** Programa interno alojado en el hardware del PLC, cuya función es coordinar y ejecutar las instrucciones del sistema.

**Log:** Archivo o registro donde se almacenan de manera cronológica los sucesos, fallos o acciones realizadas por el sistema.

**QA (Quality Assurance / Garantía de Calidad):** Conjunto de prácticas y procedimientos destinados a verificar que el producto final cumpla con los requisitos establecidos.

## Referencias

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Referencia** | **Titulo** | **Ruta** | **Fecha** | **Autor** |
| 1 | Repositorio | https://github.com/LuisAndres-bot/Luis\_Gonzalez\_PLC4uni/tree/main | 20/9/2025 | Luis Andrés González De Peña |
| 2 | IEC 61131-3: Programming Languages for PLCs | https://webstore.iec.ch/publication/4552 | 2013 | IEC |
| 3 | Programmable Logic Controllers: Principles and Applications | ------ | 2015 | J.W. Webb, R.A. Reis |
| 4 | Documentación oficial ESP32 | https://docs.espressif.com | 2025 | Espressif Systems |
| 5 | Modbus Protocol Specification V1.1b3 | https://modbus.org | 2012 | Modbus Organization |
| 6 | Siemens SIMATIC PLCs | https://support.industry.siemens.com | 2025 | Siemens |
| 7 | Allen-Bradley ControlLogix PLCs | https://literature.rockwellautomation.com | 2025 | Rockwell Automation |
| 8 | Schneider Electric Modicon PLCs | https://www.se.com | 2025 | Schneider Electric |
| 9 | Mitsubishi MELSEC PLCs | https://www.mitsubishielectric.com/fa | 2025 | Mitsubishi Electric |
| 10 | Omron Sysmac PLCs | https://automation.omron.com | 2025 | Omron |

## 

## Resumen

Este documento reúne los lineamientos técnicos y académicos que fundamentarán el diseño y desarrollo del PLC4UNI, un controlador lógico programable concebido con fines didácticos en el ITLA. Su propósito es vincular las necesidades de estudiantes y docentes con las capacidades del prototipo, estableciendo un marco de referencia que oriente tanto la construcción como la verificación del sistema.

El contenido se organiza en cuatro apartados principales:

**Introducción:** Presenta la finalidad del documento, el alcance del sistema a implementar, los actores participantes y los conceptos esenciales para interpretar adecuadamente la información.

**Visión general:** Describe el contexto educativo en el que se aplicará el producto, las características de los usuarios, sus restricciones técnicas, posibles dependencias y la proyección de evolución del proyecto.

**Requisitos detallados:** Agrupa los requerimientos que el sistema debe cumplir, incluyendo funciones clave como la ejecución de programas en Ladder, la gestión de señales de entrada/salida y el monitoreo, así como propiedades de calidad tales como confiabilidad, seguridad, mantenibilidad, rendimiento y portabilidad.

**Anexos:** Incluye material complementario, entre ellos esquemas, planes de trabajo, referencias bibliográficas y recursos de apoyo que favorecen la comprensión del proyecto.

En conjunto, el documento no solo establece qué debe realizar el PLC4UNI, sino también los criterios para asegurar que lo haga de manera efectiva y alineada con los objetivos educativos, sirviendo de guía tanto al equipo desarrollador como a los responsables académicos del seguimiento.

# Descripción general

## Perspectiva del producto

El PLC4UNI se plantea como un prototipo con fines didácticos, desarrollado como un sistema autónomo y tomando como referencia a los controladores lógicos programables de fabricantes reconocidos como Siemens o Allen-Bradley. Su propósito no es sustituir a los equipos industriales certificados, sino brindar una opción accesible para que los estudiantes puedan experimentar directamente con un dispositivo físico.

En el entorno de laboratorio, el PLC4UNI funcionará como el recurso principal para la realización de prácticas de automatización. Podrá enlazarse con sensores, actuadores y tableros de prueba, además de comunicarse con un computador que servirá como plataforma de programación y supervisión.

## Funcionalidad del producto

**Entre las funcionalidades principales que ofrecerá el PLC4UNI se destacan:**

* Un entorno de programación gráfico e intuitivo basado en lenguajes como Ladder y FBD.
* Ejecución continua de rutinas con tiempos de respuesta menores a 10 milisegundos.
* Captura de señales provenientes de entradas digitales (como pulsadores o sensores de proximidad) y de entradas analógicas (por ejemplo, potenciómetros o niveles de voltaje).
* Manejo de salidas digitales para la activación de dispositivos externos (luces, relés, motores básicos) y de salidas analógicas para generar variaciones de voltaje o corriente en aplicaciones de control proporcional.
* Interconexión con un computador mediante USB y Ethernet, lo que permitirá transferir programas y realizar monitoreo en tiempo real.
* Almacenamiento interno de registros con los eventos, fallos y estados relevantes del sistema.

## 

## Características de los usuarios

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo de usuario | Profesor universitario |
| Formación | profesional en ingeniería, automatización o áreas afines |
| Habilidades | Capacidad de diseñar prácticas, guiar el uso del PLC, evaluar resultados y resolver dudas técnicas |
| Actividades | Preparar y explicar ejercicios de programación y control; supervisar el trabajo de los estudiantes; usar el PLC4uni como herramienta de enseñanza. |

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo de usuario | Estudiante |
| Formación | nivel Tecnólogo |
| Habilidades | Experiencia académica básica en programación y electrónica, lectura de diagramas, uso de instrumentos de laboratorio. |
| Actividades | Realizar prácticas de conexión de sensores y actuadores; programar y probar el PLC; aprender conceptos de automatización mediante el uso del PLC4uni. |

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo de usuario | Gerente de compras |
| Formación | Profesional en administración, gestión empresarial o áreas relacionadas con adquisiciones y logística. |
| Habilidades | Capacidad de evaluar proveedores, analizar costos y beneficios, gestionar presupuestos y tomar decisiones de compra estratégicas en función de la calidad y utilidad del equipo. |
| Actividades | Identificar necesidades, comparar opciones, negociar adquisiciones y asegurar la inversión en el PLC4uni. |

## Restricciones

## El proyecto PLC4UNI estará sujeto a diversas restricciones tanto técnicas como de implementación.

## En el aspecto de hardware, se utilizará un microcontrolador que dispondrá de un número limitado de entradas y salidas, lo que representa una diferencia considerable frente a los PLC de mayor capacidad utilizados en la industria. El equipo estará orientado a la conexión con sensores y actuadores de baja y media potencia, mientras que para manejar cargas más elevadas será necesario recurrir a módulos externos de protección o expansión.

## En cuanto al software, el firmware se desarrollará sobre plataformas abiertas y ligeras (como FreeRTOS o Linux embebido), lo cual restringirá la compatibilidad con entornos propietarios de fabricantes comerciales. El entorno de programación estará enfocado en lenguajes estándar de uso común, principalmente Ladder y FBD, dejando de lado alternativas más avanzadas y menos utilizadas en el ámbito académico.

## Respecto a normativas y seguridad, el diseño cumplirá con lineamientos básicos para equipos de baja tensión, adecuados a entornos educativos y aplicaciones industriales simples, pero no contará con certificaciones avanzadas de seguridad funcional. Finalmente, el sistema se mantendrá enfocado en la simplicidad pedagógica, evitando configuraciones innecesariamente complejas para asegurar su utilidad como herramienta didáctica dentro del ITLA.

## Suposiciones y dependencias

El diseño del PLC4UNI parte de una serie de supuestos que se consideran válidos durante su desarrollo, pero que podrían modificar el rumbo del proyecto si llegaran a variar:

* Se contempla la disponibilidad de microcontroladores y demás componentes electrónicos en el mercado local; cualquier retraso en el suministro o falta de stock impactaría en los tiempos de entrega.
* Se asume que los laboratorios del ITLA cuentan con computadoras adecuadas para realizar la programación y el monitoreo del prototipo a través de conexiones USB o Ethernet.
* Se espera que las herramientas de programación y simulación de código abierto puedan integrarse correctamente con el firmware diseñado; en caso contrario, sería necesario migrar hacia otra plataforma.
* El proyecto depende de la participación activa de docentes y estudiantes, quienes deberán colaborar en la recolección de requisitos, validación de pruebas y ajustes de diseño.
* Se da por hecho que el sistema operativo embebido elegido (como FreeRTOS o una versión ligera de Linux) es lo suficientemente estable y compatible con las bibliotecas requeridas para el desarrollo.

## *.*Evolución previsible del sistema

# Si bien el PLC4UNI ha sido concebido principalmente para fines educativos y aplicaciones industriales simples, se proyectan varias mejoras potenciales a futuro, entre ellas:

# Incrementar la cantidad de entradas y salidas digitales y analógicas mediante el uso de módulos de expansión.

# Añadir compatibilidad con protocolos de comunicación industrial como Profibus, Profinet o CANopen, además del ya previsto Modbus TCP/IP.

# Ampliar el soporte de lenguajes de programación contemplados en la norma IEC 61131-3, incorporando opciones como Texto Estructurado (ST) y SFC.

# Integrar una interfaz HMI propia que permita la supervisión y el control sin necesidad de recurrir a una computadora externa.

# Mejorar la plataforma de programación con herramientas más avanzadas de simulación y depuración.

# Considerar la obtención de certificaciones básicas, tanto educativas como industriales, que habiliten su aplicación en entornos formativos de mayor exigencia técnica.

# Requisitos específicos

Esta sección describe de manera detallada todos los requisitos que debe cumplir el sistema PLC4uni. La definición precisa de estos requisitos permitirá al equipo de desarrollo diseñar un sistema completo y verificable, y a los encargados de pruebas comprobar que cada funcionalidad se satisface.

Los requisitos se identifican con un número único (ej. RF-1, RF-2, RNF-1) para asegurar trazabilidad y seguimiento. Para cada requisito se indica su nombre, tipo (requisito o restricción), fuente (quién lo propuso o definió), prioridad (alta, media, baja) y una descripción.

## Requisitos comunes de los interfaces

El sistema PLC4uni contará con un conjunto de interfaces que permitirán la interacción entre el usuario, el hardware y el software del controlador. Estos requisitos abarcan tanto la manera en que los usuarios perciben y utilizan el sistema (interfaz de usuario), como la conexión del hardware con sensores y actuadores, la integración del software de control, y los mecanismos de comunicación con dispositivos externos.

### 

### Interfaces de usuario

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | IFU-01 | | |
| Nombre de requisito | Entorno gráfico Ladder/FBD | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto / Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El entorno de usuario deberá ofrecer la posibilidad de desarrollar programas utilizando lenguajes gráficos como Ladder y FBD.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | IF-02 | | |
| Nombre de requisito | Interfaz amigable en español | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto / Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

La interfaz deberá presentarse en español, con posibilidad de agregar inglés en el futuro, y estar diseñada para facilitar el uso a estudiantes universitarios.

### Interfaces de hardware

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | IFH-02 | | |
| Nombre de requisito | Interfaces de hardware | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El PLC dispondrá de:

8 entradas digitales optoaisladas, compatibles con 0–24 VDC y con filtrado contra rebotes.

8 salidas digitales tipo relé o MOSFET para cargas de hasta 5A DC.

# 4 entradas analógicas con rango 0–10 VDC o 4–20 mA y resolución mínima de 12 bits.

Alimentación de 24 VDC con protecciones (fusibles y diodos), reguladores internos de 5V/3.3V.

Conexiones mediante borneros desmontables con identificación clara.

### 

### Interfaces de software

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | IFS-03 | | |
| Nombre de requisito | Interfaces de software | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El firmware estará basado en C/C++ empleando ESP-IDF o Arduino Core. Incluirá librerías estándar para manejo de E/S, comunicación serial, RS-485 y Wi-Fi. Se dispondrá de una API interna con funciones como read\_input(), write\_output(), read\_analog(). Además, contará con interfaz de configuración mediante aplicación en PC (serial/USB) o interfaz web sencilla vía Wi-Fi.

### 

### Interfaces de comunicación

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | IF-04 | | |
| Nombre de requisito | Interfaces de comunicación | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto / Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El PLC deberá incluir:

* USB-UART para programación y diagnóstico.
* RS-485 con protocolo Modbus RTU, velocidades configurables (9600 a 115200 bps).
* Conectividad Wi-Fi para Modbus TCP o HTTP básico, con acceso desde PC o móvil.
* Protocolo interno simple, basado en comandos tipo texto, para configuración vía consola serial.

## 

## Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales definen las acciones principales que el PLC4uni debe realizar, considerando validación de entradas, secuencia de operaciones, manejo de errores y generación de salidas.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RF-1 | | |
| Nombre de requisito | Arranque y autodiagnóstico | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

Al encenderse, el PLC debe ejecutar un autodiagnóstico que verifique memoria, estado de entradas, salidas y comunicación. El resultado debe mostrarse en LEDs y en la pantalla. La duración máxima del test será de 5 segundos.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RF-2 | | |
| Nombre de requisito | Lectura de entradas digitales | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El sistema debe leer las ocho entradas digitales y mostrar su estado tanto en la pantalla como a través de Modbus. La latencia máxima de actualización será de 50 milisegundos.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RF-3 | | |
| Nombre de requisito | Control de salidas digitales | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El PLC debe permitir activar o desactivar cada salida digital desde la interfaz local o mediante comandos Modbus. El tiempo máximo de reacción será de 50 milisegundos.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RF-4 | | |
| Nombre de requisito | Lectura de entradas analógicas | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El PLC debe muestrear las cuatro entradas analógicas con una frecuencia mínima de 5 Hz y una resolución de 12 bits, entregando los valores en unidades de voltaje o corriente.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RF-5 | | |
| Nombre de requisito | Comunicación RS-485 Modbus RTU | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El PLC debe funcionar como esclavo Modbus RTU, respondiendo a comandos de lectura de entradas, escritura de salidas y consulta de registros.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RF-6 | | |
| Nombre de requisito | Comunicación Wi-Fi | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El sistema debe habilitar la conexión Wi-Fi para monitoreo básico a través de Modbus TCP o interfaz web.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RF-7 | | |
| Nombre de requisito | Señal de emergencia | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El PLC debe disponer de una entrada de paro de emergencia (E-STOP). Al activarse, todas las salidas deben apagarse inmediatamente y permanecer así hasta que se reinicie el sistema de forma manual.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RF-8 | | |
| Nombre de requisito | Actualización de firmware | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El PLC debe aceptar actualizaciones de firmware mediante USB o Wi-Fi, verificando la integridad del archivo mediante checksum antes de aplicarlo.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RF-9 | | |
| Nombre de requisito | Registro de eventos críticos | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director de proyecto | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**  
El PLC debe almacenar un registro circular con al menos 100 eventos críticos (fallos de comunicación, activación del E-STOP, errores de hardware). El registro debe poder descargarse vía USB.

## 

## Requisitos no funcionales

### Requisitos de rendimiento

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RNF-01 | | |
| Nombre de requisito | Ciclo de escaneo y respuesta Modbus | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto / Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

### Descripción:

### El PLC debe ejecutar un ciclo completo de escaneo (lectura de entradas, ejecución de lógica simple y actualización de salidas) en ≤ 100 ms. Además, la respuesta a una petición Modbus RTU debe ser ≤ 100 ms en condiciones normales.

### Seguridad

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RNF-02 | | |
| Nombre de requisito | Seguridad y protección del sistema | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El sistema debe implementar protección por contraseña para el acceso a configuración avanzada vía PC o Wi-Fi, verificación de checksum antes de aceptar actualizaciones de firmware, y aislamiento galvánico entre señales de control y potencia.

### Fiabilidad

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RNF-03 | | |
| Nombre de requisito | Fiabilidad del sistema | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El PLC debe garantizar un MTTF mínimo de 10,000 horas en condiciones normales de laboratorio. Debe emplear el watchdog interno del ESP32 para reinicio automático en caso de bloqueo del sistema.

### Disponibilidad

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RNF-04 | | |
| Nombre de requisito | Disponibilidad operativa | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El PLC debe estar disponible ≥ 99% del tiempo en horario de prácticas. En caso de fallo, el reinicio del sistema no debe superar los 5 segundos.

### Mantenibilidad

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RNF-05 | | |
| Nombre de requisito | Mantenibilidad del sistema | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El firmware debe estar documentado y comentado. Se debe disponer de un manual de usuario y un manual técnico. Además, el sistema debe contar con un puerto de depuración accesible (UART/JTAG) para recuperación en caso de fallo.

### 

### Portabilidad

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | RNF-06 | | |
| Nombre de requisito | Portabilidad del código | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto / Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El código debe estar escrito en C/C++ estándar para facilitar su portabilidad a otras placas ESP32 o STM32 en el futuro, evitando dependencias fuertes de librerías propietarias.

## Otros requisitos

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Número de requisito | OR-01 | | |
| Nombre de requisito | Requisitos legales, académicos y culturales | | |
| Tipo | Requisito | Restricción | |
| Fuente del requisito | Director del proyecto / Equipo de desarrollo | | |
| Prioridad del requisito | Alta/Esencial | Media/Deseado | Baja/ Opcional |

**Descripción:**

El sistema debe cumplir con normas básicas de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética para uso en laboratorios educativos. Además, el diseño debe estar documentado como material de aprendizaje (diagramas, explicaciones, guías). Toda la documentación debe elaborarse en español, con posibilidad de versión en inglés si la universidad lo requiere.

# Apéndices

**Bibliografía y referencias técnicas:**

* Rockwell Automation (2021). *Manual de usuario de controladores programables Allen-Bradley MicroLogix 1400*.
* Siemens AG (2022). *Manual del sistema para controladores programables SIMATIC S7-1200*.
* Espressif Systems (2023). *Manual de referencia técnica del ESP32*.
* Stenerson, J. (2019). *Automatización Industrial: Controladores Lógicos Programables* (3.ª edición).
* IEC 61131-3 (2013). *Controladores programables – Lenguajes de programación*.
* Apuntes de la asignatura *Diseño para Mecatrónicos* – ITLA (2025), Ing. Carlos Pichardo.

**Glosario ampliado:**

* **Modbus TCP/IP:** Protocolo industrial que permite el intercambio de información entre dispositivos a través de TCP/IP.
* **Profibus:** Estándar para la comunicación en buses de campo dentro de sistemas industriales.
* **Profinet:** Protocolo de comunicación industrial basado en Ethernet para interconexión de equipos.
* **FreeRTOS:** Sistema operativo en tiempo real diseñado para microcontroladores.
* **Linux embebido:** Versión ligera de Linux optimizada para dispositivos con recursos limitados.

**Repositorio oficial del proyecto:**

El proyecto se encuentra alojado en GitHub, donde se pueden consultar los diagramas electrónicos, el firmware, la documentación y los avances:

**Enlace al repositorio:** <https://github.com/LuisAndres-bot/Luis_Gonzalez_PLC4uni/tree/main>

**Contacto del equipo:**

* **Director del proyecto:** Ing. Carlos Pichardo — correo institucional: [cpichardo@itla.edu.do](mailto:cpichardo@itla.edu.do)
* **Integrante del equipo de desarrollo:** Luis Andrés González De Peña — correo: [202010390@itla.edu.do](mailto:202010390@itla.edu.do)