



CARRERAS TECNOLÓGICAS				
TSCMECÁNICA AUTOMOTRIZ	<input type="checkbox"/>		TS OFFSET	<input type="checkbox"/>
TS MECÁNICA INDUSTRIAL	<input type="checkbox"/>		TS TDII	<input type="checkbox"/>
TS ELECTRICIDAD	<input type="checkbox"/>		TS CONTABILIDAD	<input type="checkbox"/>
TS ELECTRÓNICA	<input type="checkbox"/>			
CARRERAS TECNOLÓGICAS UNIVERSITARIAS				
TSU MECÁNICA INDUSTRIAL	<input type="checkbox"/>			
TSU MECATRÓNICA	<input checked="" type="checkbox"/>			
COORDINACIÓN /GESTOR/ ÁREA / UNIDAD /COMITÉ/ COMISIÓN				
TITULACIÓN				

## MEMORIA TÉCNICA DEL PROYECTO TÉCNICO

**“Sistema Didáctico Automatizado con Manipulador y Cinta Transportadora Controlado por PLC”**

Realizado por:	Omar Zurita

Quito – Ecuador  
Julio – 2025

## MEMORIA TÉCNICA DEL PROYECTO TÉCNICO

### DATOS GENERALES DEL PROYECTO

<b>1.1. Nombre del proyecto</b>
Sistema Didáctico Automatizado con Manipulador y Cinta Transportadora Controlado por PLC
<b>1.2. Cobertura y localización</b>
El proyecto se va a llevar a cabo en las instalaciones del Instituto tecnológico Superior Central Técnico, se implementa en el área de Mecatrónica.
<b>1.3. Tipo de proyecto</b>
Desarrollo de la programación en PLC Delta y del diseño de una interfaz HMI para un sistema automatizado de control de un manipulador y una banda transportadora, con capacidad de operación en tiempo real.
<b>1.4. Estudiantes participantes</b>
Omar Alexander Zurita Quiña
<b>1.5. Docente tutor</b>
Javier Almeida

## Índice

1. Antecedentes .....	4
2. Objetivo del proyecto .....	4
1.1. Objetivo General .....	4
1.2. Objetivos Específicos .....	5
3. Fundamentación teórica .....	5
3.1 Programación Ladder en el sistema didáctico automatizado con PLC Delta .....	5
3.2 Lógica secuencial de control .....	6
3.4 Comunicación PLC–HMI mediante Modbus RTU .....	6
3.5 Diseño de la interfaz HMI .....	7
3.6 Estructura modular del programa .....	8
4. Descripción del proyecto .....	9
4.1 Desarrollo del código Ladder .....	9
4.2 Configuración del HMI .....	10
4.3 Implementación de comunicación Modbus .....	12
4.4 Pruebas de funcionamiento y ajustes .....	13
5. Cuadro resumen de costos del proyecto .....	16
6. Conclusiones y recomendaciones .....	17
6.1 Conclusiones .....	17
6.2 Recomendaciones .....	18
7. Bibliografía .....	20

## **Sistema didáctico automatizado con manipulador y cinta transportadora controlado por PLC**

### **1. Antecedentes**

La carrera de Mecatrónica en el Instituto Superior Tecnológico Central Técnico es una oferta académica relativamente nueva, lo que implica que aún se encuentra en proceso de fortalecimiento en cuanto a la disponibilidad de equipos y sistemas didácticos. Esta situación representa una oportunidad para desarrollar herramientas tecnológicas que enriquezcan la formación práctica de los estudiantes, especialmente en áreas como automatización, control de procesos y sistemas industriales.

Como parte de la primera promoción de esta carrera, se identifica la importancia de contar con un sistema que represente de manera concreta los principios de la mecatrónica en un entorno controlado y seguro. En respuesta a esta necesidad, se plantea el desarrollo de un sistema automatizado funcional que pueda servir como recurso educativo permanente para las próximas generaciones. Este sistema emula procesos reales de la industria mediante un controlador, un brazo robótico y una cinta transportadora, permitiendo a los estudiantes interactuar con tecnología actual, afianzar los conceptos teóricos abordados en clase y adquirir experiencia práctica en la integración de PLC, sensores, actuadores y HMI.

### **2. Objetivo del proyecto**

#### **2.1. Objetivo General**

Diseñar y programar un sistema didáctico automatizado con manipulador y cinta transportadora, para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en la carrera de Mecatrónica, mediante la integración de un PLC Delta, una interfaz HMI y sensores industriales.

## 2.2. Objetivos Específicos

Definir los requerimientos técnicos del sistema automatizado, incluyendo las entradas, salidas, sensores, actuadores y la secuencia lógica de operación.

Desarrollar el código Ladder en ISPSOft para el PLC Delta, implementando la lógica de control (contactos, bobinas, temporizadores, contadores, etc.).

Diseñar la interfaz HMI, elaborando pantallas gráficas que permitan la supervisión de variables, el control manual o automático del sistema y la interacción intuitiva del usuario.

Desarrollar diferentes modos de operación, que permita a los estudiantes alternar entre control manual y automático del sistema, facilitando el aprendizaje progresivo en programación y monitoreo industrial.

## 3. Fundamentación teórica

### 3.1 Programación Ladder en el sistema didáctico automatizado con PLC Delta

La programación de este sistema se realiza con diagrama de escalera (Ladder) utilizando el PLC Delta (serie DVP) y el software ISPSOft. El Ladder es un lenguaje gráfico que simula circuitos eléctricos de relés, muy intuitivo para técnicos e ingenieros de automatización. Según la norma IEC 61131-3, el Ladder fue el primer lenguaje estandarizado para PLC y sigue siendo el más usado por su familiaridad con los esquemas eléctricos (Digikey, 2020). De hecho, la IEC 61131-3 define cinco lenguajes básicos para PLC (diagrama escalera, bloques de funciones, función secuencial o GRAFCET, texto estructurado e instrucción de lista), de los cuales el proyecto utiliza principalmente Ladder (International Electrotechnical Commission, 2025). El PLC Delta DVP-EX (por ejemplo) integra puertos serie RS-232/RS-485 compatibles con Modbus RTU (Delta Electronics, Inc., 2024), y soporta operaciones de conteo rápido, temporizadores y relés internos que facilitan la implementación de lógicas secuenciales. La naturaleza gráfica de Ladder permite representar fácilmente entradas (contactos) y salidas (bobinas) del sistema, y ha demostrado

ser eficaz para el diagnóstico y mantenimiento: su claridad visual ayuda a identificar rápidamente peldaños o condiciones lógicas incorrectas (KWOCÓ, 2024).

### **3.2 Lógica secuencial de control**

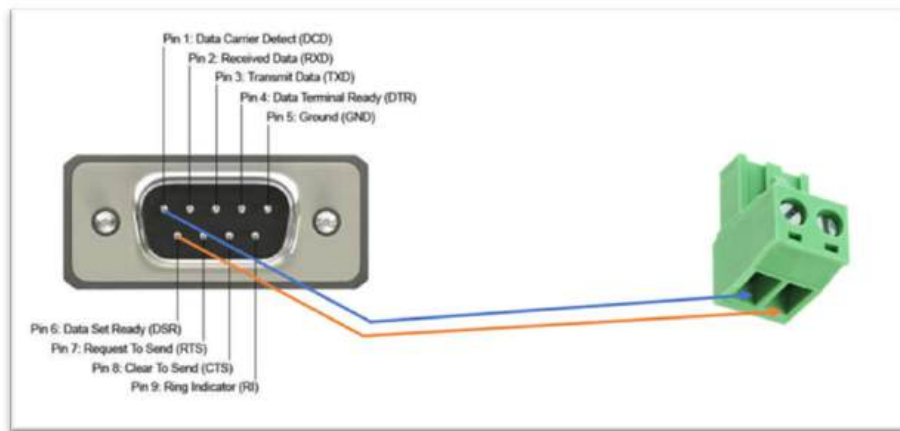
El control del manipulador y la cinta transportadora se modela como una máquina de estados finita, donde cada paso de la secuencia se activa mediante memorias de enclavamiento (SET/RESET) y transita cuando se cumplen condiciones de sensores (finales de carrera, detectores de piezas). La implementación en Ladder organiza las redes de control por funciones (alimentación general, secuencia principal, seguridad), garantizando claridad y trazabilidad durante la depuración (Digikey, 2020).

### **3.4 Comunicación PLC–HMI mediante Modbus RTU**

La comunicación entre el PLC y la interfaz HMI se realiza vía Modbus RTU sobre RS-485. Modbus RTU es un protocolo serial maestro-esclavo: un solo maestro (p. ej. la HMI) puede comunicarse con hasta 247 esclavos (dispositivos) en el mismo bus. El PLC actúa típicamente como esclavo Modbus, respondiendo a peticiones de lectura/escritura de la HMI. El protocolo Modbus RTU transmite los datos en formato binario compacto e incluye un CRC-16 para verificación de errores (Witte Software, 2025). Cada mensaje Modbus incluye la dirección de esclavo, un código de función, los datos útiles y el campo de CRC. Por ejemplo, el PLC Delta DPV SS2, con su puerto RS-485 integrado, gestiona automáticamente la conversión de los datos del programa (registros D) a tramas Modbus RTU al ser invocada la instrucción de comunicación correspondiente (Delta Electronics, Inc., 2025). De este modo, la HMI puede iniciar y frenar el proceso escribiendo bits de control en el PLC, y el PLC reporta estados y alarmas leyendo valores de entrada/salida a petición de la HMI.

**Figura 1**

*Conexión de los pines VGA al terminal enchufable hembra doble casquillo*



*Nota.* Esta conexión se realiza en el tablero de forma paralela con los conectores banana hembra señalados como: RS-485 HMI y RS-485 PLC, como se muestra en la siguiente Figura 1. Fuente: Elaboración propia.

### 3.5 Diseño de la interfaz HMI

La HMI brinda control interactivo mediante botones de inicio, pausa, reinicio y continuar, configurados para escribir bits o palabras en los registros del PLC a través de Modbus. Por ejemplo, al presionar “Iniciar” se activa un flag que dispara la secuencia automática; “Pausa” mantiene detenido el proceso; “Reiniciar” devuelve el sistema al estado inicial seguro; y “Continuar” reanuda la operación.

El diseño se realizó aplicando principios de la norma ISA-101, que recomienda que las pantallas HMI sean claras, consistentes y centradas en las tareas del usuario. En este proyecto se implementaron:

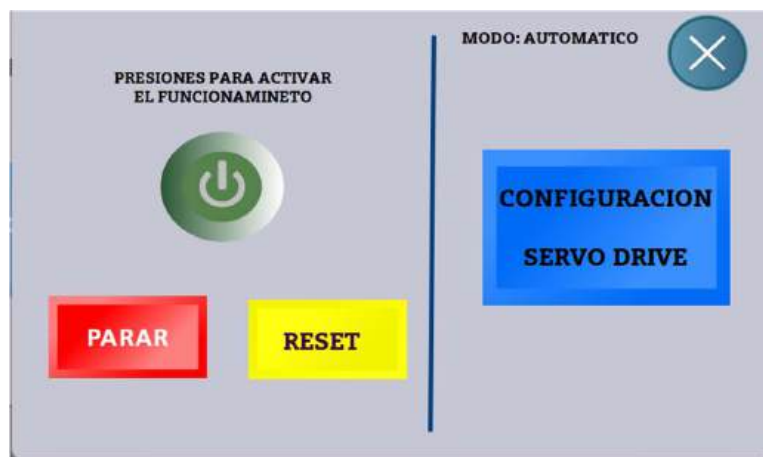
- Jerarquía visual definida, ubicando los elementos críticos (estado del sistema, alarmas y controles principales) en posiciones de fácil acceso visual.
- Codificación de color funcional, donde verde indica condiciones normales, amarillo advertencias y rojo alarmas, evitando colores decorativos sin significado.

- Agrupación por función, colocando en bloques diferenciados los controles del manipulador, la cinta transportadora y las alarmas.
- Consistencia de diseño, manteniendo la misma ubicación, símbolos y nomenclatura en todas las pantallas.

Estas características mejoran la rapidez de interpretación, facilitan la operación segura y favorecen el aprendizaje de los estudiantes en la interacción con sistemas industriales (International Society of Automation, 2025).

## Figura 2

Pantalla 2 de la interfaz, la cual muestra los controles en el modo automático



*Nota.* La pantalla se diseñó en base a la normativa ISA-101, cumpliendo con la agrupación lógica de controles, uso de colores con significado y disposición consistente para facilitar una operación segura y clara.

### 3.6 Estructura modular del programa

Para facilitar la mantenibilidad y ampliación, el código Ladder se organiza de forma modular. Se definen subrutinas o bloques separados para tareas genéricas del sistema: por ejemplo, un módulo de control de la cinta, otro para el manipulador, otro para comunicaciones HMI, y otro para gestión de interfaces. Delta ISPSOft admite instrucciones de llamada/retorno (CALL/SRET) que permiten invocar subrutinas específicas. De esta manera, cada sección del proceso puede desarrollarse y probarse por separado. El código



modular reduce la duplicación de lógicas (por ejemplo, rutinas de temporizadores o contadores reutilizables) y simplifica futuras extensiones (añadir sensores o actuadores). En general, esta estructura en bloques independientes mejora la claridad del programa Ladder y facilita su mantenimiento a largo plazo.

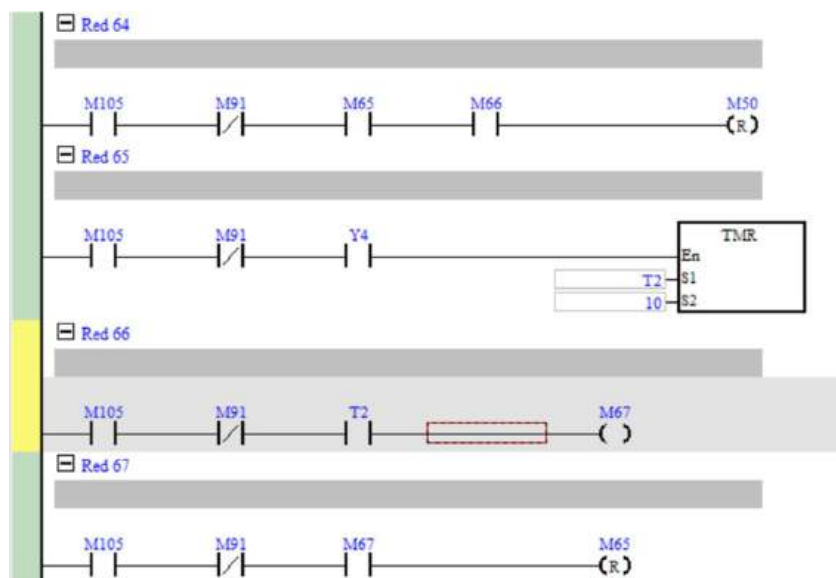
## 4. Descripción del proyecto

### 4.1 Desarrollo del código Ladder

En ISPSOft se crea el programa conforme a IEC 61131-3, usando lógica de contactos (NO, NC) y bobinas para representar las condiciones lógicas del sistema. Se incluyen temporizadores, memorias y contadores para controlar duraciones y secuencias (por ejemplo, tiempo de espera entre movimientos) así como bloques lógicos para funciones complejas.

**Figura 3**

*Redes que corresponden a la activación de un pistón, con memorias y un temporizador.*



*Nota:* Cada red Ladder corresponde a una parte de la operación (alimentación de la cinta, activación del manipulador, seguridad, etc.), facilitando la lectura. El entorno de desarrollo permite simular y monitorear las variables internas antes de la puesta en marcha real. Además, se etiquetaron todas las entradas y salidas físicas a utilizar, junto con varias

memorias internas, lo que resulta fundamental para el entendimiento del código y el seguimiento del funcionamiento del sistema durante la depuración y el mantenimiento.

#### Figura 4

*Etiquetación en la aplicación ISPSOft: entradas y salidas.*

Dispositivo	Comentario
X0	Sensor de proximidad #1
X1	Sensor inductivo #6
X2	Sensor inductivo #7
X3	Sensor inductivo #5
X4	Sensor inductivo #4
X5	Sensor inductivo #3
X20	Sensor inductivo #2
X21	Sensor magnetico DERECHA
X22	Sensor magnetico ABAJO
X23	Sensor magnetico ARRIBA
X24	Sensor magnetico IZQUIERDA
X25	Por definir
Y0	SERVO DRIVE
Y1	SERVO DRIVE
Y2	SERVO DRIVE
Y3	KM1 PISTON #2
Y4	KM2 PISTON #1
Y20	KM6 MOV. IZQUIERDA
Y21	KM3 MOV. DERECHA
Y22	KM7 MOV. SUBIR
Y23	KM4 MOV. BAJAR
Y24	KM5 GRIPPER

## 4.2 Configuración del HMI

La interfaz HMI esta diseñada siguiendo los principios de la norma ISA-101, priorizando claridad, consistencia y agrupación por funciones. Se implementaron pantallas específicas para cada modo de operación:

- Pantalla de inicio: permite seleccionar el modo manual o automático.
- Modo manual: presenta controles gráficos para el movimiento del brazo robótico (giros, elevación, apertura/cierre de la garra) y la operación de la banda transportadora en ambas direcciones.
- Modo automático: incluye botones de arranque, paro y reinicio, así como acceso a la configuración del servo drive.

Los elementos de control (botones virtuales y selectores) están codificados por color según su función: verde para acciones normales, rojo para paro, amarillo para reinicio y azul para funciones secundarias. Los textos y símbolos se muestran en alto contraste para garantizar legibilidad y reducir errores de operación.

**Figura 5**

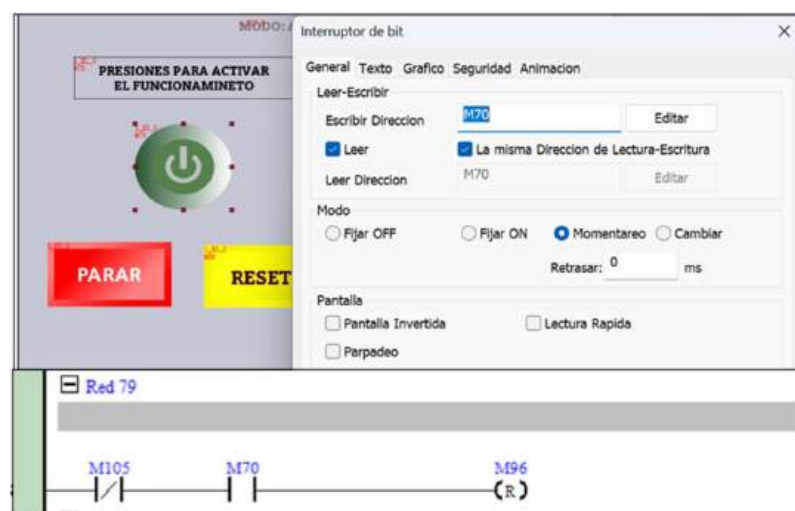
*Interfaz del HMI en el modo manual*



*Nota:* Cada elemento gráfico se vincula a una variable del PLC; por ejemplo, los botones mandan a la activación de una memoria la cual activa el proceso programado.

**Figura 6**

*Configuraciones para comunicaciones entre PLC y HMI*



*Nota:* Memoria vinculada en PLC y HMI para iniciar proceso.

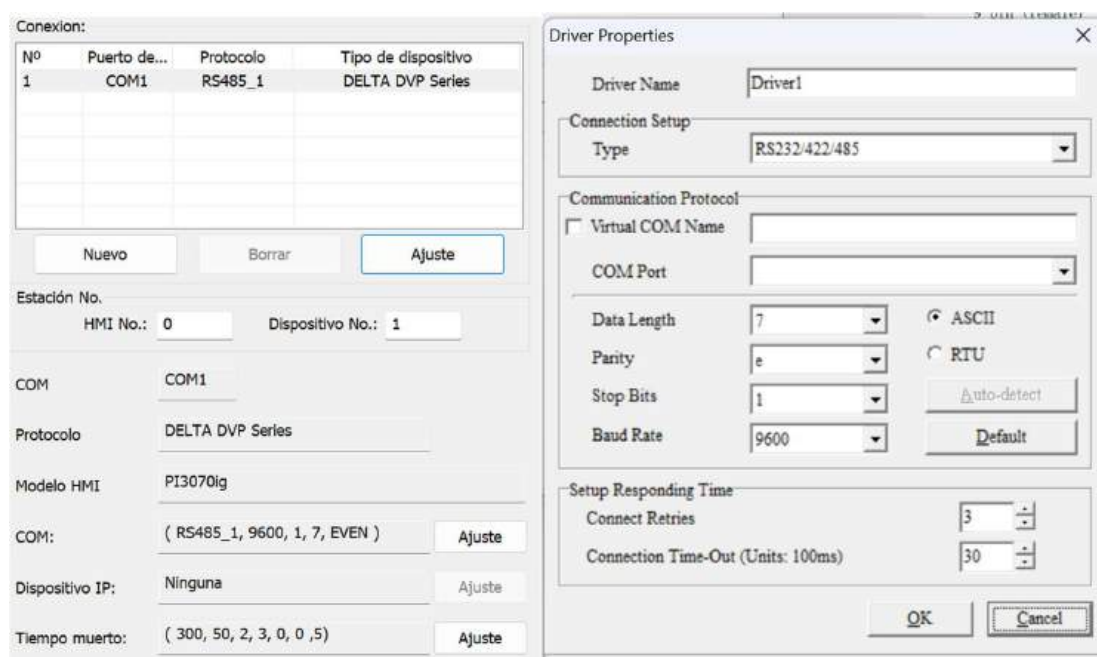
En la figura 6 se puede notar como el botón de iniciar el sistema esta enlazado con la memoria 70 [M70] y en el código Ladder se enlaza para accionar una memoria 96 [M96] la cual es encargada de accionar el proceso principal (manipulador, banda transportadora y clasificación).

### 4.3 Implementación de comunicación Modbus

Para la implementación de la comunicación Modbus se configuró el HMI en PIStudio y el PLC Delta DVP Series en ISPSOft, estableciendo la comunicación mediante interfaz RS-485. Se ajustaron parámetros como velocidad de transmisión (9600 bps), paridad (Even), bits de datos (7) y bit de parada (1).

**Figura 7**

*Configuración de propiedades en aplicativos*



*Nota:* En la figura se aprecia, a la izquierda, la configuración del puerto de comunicación en el HMI y, a la derecha, las propiedades definidas en COMMGR para garantizar el intercambio de datos entre ambos dispositivos de forma estable y sin pérdida de información.

#### 4.4 Pruebas de funcionamiento y ajustes

Se llevan a cabo pruebas integrales del sistema en condiciones reales de laboratorio.

Se verifica que cada acción (como el arranque de la cinta o el desplazamiento del manipulador) ocurra cuando se cumplen las condiciones programadas. Los errores detectados (fallos de sincronización, condiciones no contempladas, etc.) se corrigen iterativamente: se modifican redes Ladder, se ajustan tiempos y se actualizan las direcciones Modbus. Este ciclo de prueba y error es clave para depurar fallas y garantizar un desempeño confiable del software.

**Tabla 1**

*Relación proceso–efecto en el sistema automatizado*

Proceso	Efecto
<b>Selección de modo de operación en la interfaz</b>	Se activan memorias internas según el modo elegido (manual o automático) y se habilitan las funciones asociadas
<b>En modo automático, pulsar botón <i>Play</i></b>	Inicia la secuencia programada de manipulación y transporte
<b>Verificación de sensores de posición magnéticos y de referencia</b>	Confirma que el manipulador y actuadores están en posición inicial segura
<b>Manipulador abre el gripper y baja el brazo</b>	Prepara el sistema para sujetar el objeto
<b>Gripper se cierra sobre el objeto</b>	El objeto queda asegurado para su traslado
<b>Manipulador sube el brazo y gira hacia la banda transportadora</b>	Posiciona el objeto sobre la banda
<b>Manipulador baja el brazo y abre el gripper</b>	Suelta el objeto sobre la banda

<b>Sensor de detección en la banda se activa</b>	Se habilita el movimiento de la banda transportadora
<b>Banda transportadora se mueve</b>	Traslada el objeto hacia la estación de clasificación
<b>Sensor capacitivo e inductivo detectan material</b>	Identifican si el objeto es plástico o metal
<b>Según detección, banda se detiene y se activa pistón correspondiente</b>	El pistón empuja el objeto hacia el contenedor adecuado
<b>Si no se detecta material válido, banda continúa hasta el final</b>	El objeto es desplazado al área de descarte
<b>Activación del botón de <i>Pausa</i> en la interfaz</b>	El proceso se detiene temporalmente y guarda la posición actual para poder reanudarlo desde el mismo punto
<b>Activación del botón de <i>Reset</i> en pantalla o paro de emergencia físico</b>	Detiene inmediatamente todo el sistema y devuelve los actuadores a la posición inicial segura
<b>Manipulador retorna a posición inicial</b>	Sistema queda listo para el siguiente ciclo

*Nota:* Los procesos son secuenciales. Fuente: Elaboración propia.

#### **4.4.1 Errores detectados, problemas identificados y soluciones aplicadas**

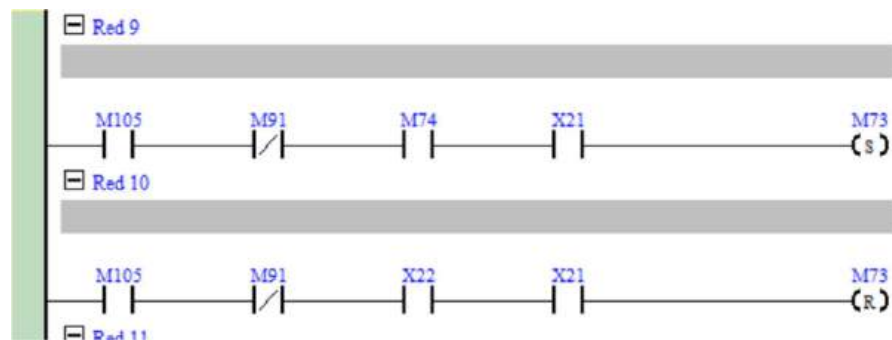
##### **Primer error**

Durante las pruebas iniciales del sistema, se identifica que todos los procesos se ejecutan de forma simultánea. Esto genera una ejecución caótica, ya que cada etapa del proceso actúa como si fuera independiente, sin respetar una secuencia lógica de operación. El problema radica en que no existe un control que permite coordinar los pasos de forma ordenada.

**Solución:** Para corregir esta falla, se implementa memorias de tipo *set/reset* que controlan el inicio y final de cada etapa. De esta manera, se garantiza que un proceso solo comience cuando el anterior haya terminado, asegurando una secuencia de trabajo correcta.

**Figura 9**

*Identificación de interfaz utilizada por el usuario en el HMI*



*Nota:* En este caso la memoria 73[M73] es la que se enclava o no para saber que está en dicha etapa (este caso X21 que es entrada del sensor que detecta si el brazo regreso a su posición inicial).

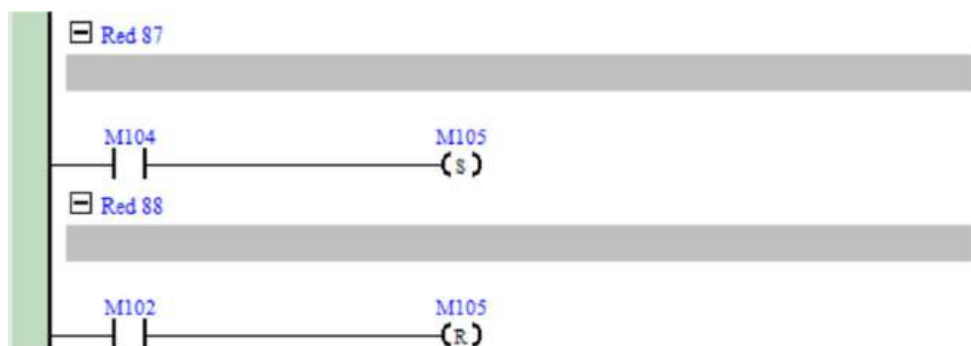
### **Segundo error**

Cada interfaz del sistema cuenta con memorias que permiten identificar en qué parte del proceso se encuentra. Sin embargo, se detecta que varias memorias están compartidas o mezcladas entre distintas interfaces, lo que causa que una acción iniciada desde una pantalla se activara también desde otra, generando interferencias en la lógica de control.

**Solución:** Este inconveniente se corrige desde la configuración del HMI. Se reorganiza la asignación de memorias, de forma que cada proceso y cada interfaz utiliza bloques de memoria independientes, evitando cruces no deseados entre modos o pantallas diferentes.

**Figura 10**

*Enclavamiento y desenclavamiento de memorias*



*Nota:* M104 y M102 son memorias que se accionan por botones del HMI, y M105 es la que guarda el estado de si esta en dicha interfaz o no.

## 5. Cuadro resumen de costos del proyecto

**Tabla 2**

*Materiales usados para la implementación del sistema*

ítem	Descripción	Cantidad	V. Unitario	V. Total
1	SERVODRIVE SINEE 750W / 220V / PULSOS	1	201.25	201.25
2	SERVOMOTOR SINEE 750W 2.39Nm 3000RPM	1	170.10	170.10
3	CABLE DE ENCODER SINEE L=3m	1	28.00	28.00
4	CABLE DE POTENCIA SINEE L= 3m	1	28.00	28.00
5	HMI WECON 7" 16M DE COLORES, ETHERNET, RS422, 232, 485, MICRO USB, USB, SD CARD SLOT	1	191.52	191.52
6	PLC DELTA SS2 8 ENTRADS 6 OUT A TRANSISTOR	1	90.93	90.93
7	MODULO DELTA COMBINADO 8IN 8 OUT A RELÉ PARA PLC DVP	1	65.10	65.10
8	CABLE DE PROGRAMACIÓN USB/DB9, MINI DIN 8	1	30.00	30.00
9	CABLE DE COMUNICACIÓN PLC HMI	1	7.50	7.50
10	ACTUADOR LINEAL LONGITUD EFECTIVA 600mm, INCLUYE ELEMENTO DE MONTAJE Y SENSORES, CARGA 25Kg	1	423.99	423.99
11	FUENTE AMLPULS 100-240AC INPUT 24V/5A 120W OUTPUT	1	33.60	33.60
12	CILINDRO NEUMÁTICO DE ACERO DEL DEDO DE DOBLE EFECTO DEL AIRE ALTO BUEN SELLADO, MHZ2 NEUMÁTICO, CILINDROS DE AIRE INDUSTRIALES	1	60.56	60.56
13	CILINDRO ROTATORIO NEUMÁTICO DE LA OSCILACIÓN DEL CILINDRO ROTATORIO DE 180 GRADOS	1	77.85	77.85
14	BAOMAIN 4 ELECTROVÁLVULA INTEGRADA 4V210-08 DC 24V CABEZA ÚNICA 2 POSICIONES 5 VÍAS CON SILENCIADOR BASE SET DE ACCESORIOS RÁPIDOS	1	72.54	72.54
15	TAILONZ PNEUMATIC VÁLVULA ELECTROMAGNÉTICA 4V220-08 DC24V 1/4 "NPT DOBLE BOBINA OPERADA POR PILOTO ELÉCTRICA 2 POSICIÓN 5 VÍAS TIPO DE CONEXIÓN	2	43.84	87.69



16	CILINDRO NEUMÁTICO DE DOBLE VARILLA TN20X10S CILINDRO DE EMPUJE COMPACTO DE DOS EJES (TN20X125-S)	1	111.97	111.97
17	CS1-J CILINDRO DE AIRE SENSOR MAGNÉTICO INTERRUPTOR CON INDICADOR LED ROJO SENSOR MAGNÉTICO 5 A 240V DC/AC	2	29.56	59.13
18	YWBL-WH INTERRUPTOR MAGNÉTICO DEL SENSOR, CILINDRO NEUMÁTICO MAGNÉTICO DEL SENSOR DEL INTERRUPTOR MAGNÉTICO DC AC 5V-240V, INTERRUPTOR MAGNÉTICO	3	29.95	89.87
19	MESA DE 120X60	1	70.00	70.00
20	CABLE # 12 AWG 15 METROS	1	8.00	8.00
21	PULG BABANA MACHO	90	0.25	22.50
22	ACCESORIOS BROCA, PERNOS, TORNILLO, ESTAÑO, CONECTORES, RIEL DIN, CABLE UTP	1	9.50	9.50
23	CAJA DE 40X40X20 DE DOBLE FONDO METALICO	1	59.95	59.95
<b>SUBTOTAL</b>				1,999.55
<b>IVA 15%</b>				299.93
<b>TOTAL</b>				2,299.48

## 6. Conclusiones y recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

Se logró identificar y definir con precisión los requerimientos técnicos del sistema, incluyendo tanto los elementos físicos (sensores, actuadores, pulsadores, señalizadores, etc.) como las variables lógicas necesarias para su operación. Asimismo, se estructuró una secuencia lógica de funcionamiento basada en las condiciones reales de operación, lo que permitió implementar un flujo ordenado de cada etapa del proceso, garantizando la sincronización entre hardware y programación.

Se programó correctamente la lógica de control utilizando el lenguaje Ladder, aprovechando estructuras básicas y avanzadas como contactos normalmente abiertos/cerrados,

bobinas, temporizadores tipo TON y TOF, contadores ascendentes, memorias de enclavamiento (set/reset), y señales de transición. La correcta organización del código permitió optimizar el uso de recursos del PLC y obtener una respuesta eficiente y coherente del sistema ante distintos eventos y estados operativos.

Se diseñaron pantallas gráficas funcionales en la interfaz HMI que permiten monitorear en tiempo real el estado del sistema, activar o desactivar procesos manual o automáticamente, visualizar alertas y acceder a configuraciones específicas. Las pantallas fueron organizadas bajo principios de la norma ISA-101; diseño intuitivo, facilitando la interacción del usuario y permitiendo una rápida comprensión de las funciones disponibles, lo cual es clave en entornos educativos e industriales.

Se desarrollaron dos modos de operación: manual y automático. Esto permite que los usuarios, especialmente estudiantes, puedan comprender gradualmente la lógica del sistema. El modo manual facilita el control individual de los actuadores y la comprensión de sus funciones, mientras que el modo automático permite observar el funcionamiento integral del sistema según una secuencia predefinida. Esta dualidad favorece el aprendizaje práctico de la programación y el monitoreo de procesos industriales automatizados.

## **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda implementar actualizaciones progresivas en la interfaz gráfica HMI, como la incorporación de gráficos de tendencia en tiempo real, registros de eventos y variables críticas, así como la posibilidad de visualizar datos históricos para análisis comparativo. Además, es pertinente integrar protocolos de comunicación adicionales (como Modbus TCP, MQTT o Ethernet/IP), lo cual permitiría que el sistema se conecte con otras plataformas industriales o educativas y se adapte a entornos con mayor nivel de complejidad.

Para garantizar la confiabilidad operativa del sistema automatizado didáctico, se aconseja establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que abarque tanto el hardware como el software. Este debe incluir:

- Revisión periódica de conexiones eléctricas, sensores y actuadores.
- Actualización del firmware del PLC y del panel HMI.
- Copia de seguridad regular del programa Ladder y configuración HMI.
- Verificación del estado de funcionamiento de botones físicos y pantalla táctil.
- Pruebas funcionales programadas antes del uso en sesiones prácticas.

Una rutina estructurada de mantenimiento contribuye a preservar el rendimiento óptimo del sistema, minimiza riesgos de fallos imprevistos y asegura un entorno confiable para el aprendizaje técnico.

## 7. Bibliografía

Delta Electronics, Inc. (07 de 2024). *deltaww*. Serie DVP-SS2: <https://www.deltaww.com/en-US/products/PLC-Programmable-Logic-Controllers/253>

Delta Electronics, Inc. (2025). *deltaww*. ISPSOFT programming software: <https://www.deltaww.com/en-us/products/PLC-Programmable-Logic-Controllers/3598>

Digikey. (febrero de 2020). *Digikey*. Lógica en escalera y otras opciones de programación del PLC: <https://www.digikey.com/es/blog/ladder-logic-and-other-plc-programming-options>


International Electrotechnical Commission. (2025). IEC 61131-3:2025 Programmable controllers – Part 3: Programming languages (4th ed.). IEC.: <https://webstore.iec.ch/en/publication/68533>

International Society of Automation. (2025). ISA-101: Enhancing Human-Machine Interface Design for Safer, Smarter Automation.: <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-standards/isa-101-standards>


KWOCÓ. (5 de diciembre de 2024). *kwoco-plc*. ¿Qué es la lógica de escalera del PLC y cómo funciona?: <https://kwoco-plc.com/es/plc-ladder-logic>

Witte Software. (2025). Modbus protocol overview: <https://www.modbustools.com/modbus.html>

**REALIZADO  
POR:**

Omar Zurita	
<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>

**REVISADO  
POR:**

Ing. Javier Almeida <b>DOCENTE TUTOR</b>	
<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>