

# **Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial**


Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME Proyecto PE109325

Elaborado por:

M.F. Gabriel Hurtado Chong


Ing. Pedro Luis Galindo Roblero

Itzel Vilchis Torres

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

# Contenido


Práctica 1: Salidas Autoenclavadas.....	3
Práctica 2: Temporizadores .....	19
Práctica 3: Contadores .....	35
APÉNDICE A: Creación de un proyecto en TIA Portal .....	51
APÉNDICE B: Creación tags dentro de un proyecto de TIA Portal .....	55
APÉNDICE C: Creación, configuración y compilación de los Data Block (DB) .....	56
APÉNDICE D: Compilación de un proyecto en TIA Portal.....	59
APÉNDICE E: Establecer la comunicación entre TIA Portal y el software ESPEJISMO mediante NetToPLCsim.....	61

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería





# Práctica 1: Salidas Autoenclavadas

## Rúbrica de evaluación

CONCEPTOS, RUBROS O ASPECTOS A EVALUAR	BUENO (2 PUNTOS) Completo entendimiento del problema, realiza la actividad cumpliendo todos los requerimientos.	REGULAR (1 PUNTO) Bajo entendimiento del problema, realiza la actividad cumpliendo algunos de los requerimientos.	INSUFICIENTE (0 PUNTOS) No demuestra entendimiento del problema o de la actividad.
1. Seguridad en la ejecución de la actividad	Identifica correctamente los peligros y fuentes de energía, minimiza los riesgos aplicando las medidas de control, realiza la verificación y firma con su nombre.	Identifica parcialmente los peligros, sin aplicar todas las medidas de control.	No aplica ninguna medida de control, no verifica y no firma.
2. Ejecución de la práctica	Muestra un entendimiento completo durante el desarrollo de las actividades, la entrega cumple con todos los requerimientos.	Muestra un entendimiento moderado durante el desarrollo de las actividades, la entrega no cumple con algunos requisitos.	No demuestra entendimiento de las actividades, la entrega no cumple con la mayoría de los requisitos.
3. Ortografía y actividades de investigación	Utiliza correctamente las reglas de ortografía, la redacción es clara y realiza las actividades de investigación correctamente apoyadas en la literatura citada.	Presenta algunos errores ortográficos, ocasionalmente descuida la forma en que escribe y realiza las actividades de investigación inadecuadamente.	Comete continuamente errores de ortografía, descuida la legibilidad en sus respuestas y no realiza las actividades de investigación.
4. Cuestionario	Responde las preguntas correctamente tomando en cuenta la información proporcionada en el fundamento teórico.	Responde parcialmente las preguntas o las respuestas no son precisas.	No responde el cuestionario.
5. Conclusiones y observaciones	Reflexiona sobre las actividades, demuestra pensamiento crítico en el desarrollo de la práctica y aporta con recomendaciones sobre las actividades.	Las conclusiones entregadas son únicamente un recuento de lo realizado en la práctica sin generar ninguna observación.	No genera conclusiones ni observaciones.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## I. Seguridad en la ejecución


	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado	Medidas de control	Verificación
1 <sup>ro</sup>	Voltaje alterno 	Electrocución 	Identificar los puntos energizados antes de realizar la actividad y evitar contacto	<input type="checkbox"/>
2 <sup>do</sup>	Voltaje continuo 	Daño a equipo 	Verificar polaridad y nivel antes de realizar la conexión del equipo o dispositivo	<input type="checkbox"/>
Apellidos y nombres:			_____	

## II. Objetivos de aprendizaje

**Objetivo general:** El alumno aprenderá a utilizar salidas autoenclavadas en un PLC, comprendiendo su funcionamiento tanto en un entorno físico como en un entorno virtual mediante gemelos digitales.

### Objetivos específicos:

- El alumno aplicará su conocimiento de programación de PLC para mantener una salida energizada retroalimentándola con su propia señal.
- El alumno comprenderá cómo están representadas las salidas en el mapa de memoria del PLC.
- El alumno comprenderá que una salida puede también emplearse como una señal de control dentro de la programación del PLC.
- El alumno validará la lógica de autoenclavamiento en un gemelo digital en Unity, asegurando que los pulsadores virtuales actúen de la misma manera que los pulsadores físicos.
- El alumno analizará la sincronización entre el entorno real y el virtual, verificando que el encendido/apagado de un actuador, ya sea un motor o un indicador luminoso, se refleje de forma simultánea en ambos sistemas.
- El alumno reconocerá la utilidad y las ventajas de los gemelos digitales como herramienta para el diseño, prueba y verificación de lógicas de control industrial.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

### III. Introducción

En la automatización, resulta esencial mantener el estado de determinados actuadores incluso después de que la señal de arranque desaparezca. Las salidas autoenclavadas (*seal-in circuits*) permiten esta condición al usar la propia salida como señal de retroalimentación dentro del programa del PLC [1]. Este concepto fue obtenido de los circuitos de control con relevadores donde, usando el lenguaje de escalera y su lógica, al incluir un contacto auxiliar de salida en paralelo con la señal de arranque, se asegura la continuidad operativa hasta que se active otra señal de paro [2].

Petruzella destaca que las señales autoenclavadas constituyen la base del control de motores y procesos repetitivos, donde un simple impulso inicial es suficiente para mantener en funcionamiento un actuador [1]. De manera complementaria, Balcells señala que este tipo de programación permite comprender el papel dual de las salidas en el mapa de memoria del PLC, pues no solo accionan dispositivos externos, sino que también pueden emplearse como señales de control internas [3].

En esta práctica, se trabajará con un gemelo digital desarrollado en Unity que puede estar conectado a equipo físico similar mediante un PLC. Esto permitirá validar que tanto los botones físicos como los virtuales actúen de forma sincronizada, generando simultáneamente el mismo efecto en la activación de un motor eléctrico o de un indicador luminoso. Tal integración entre el entorno físico y virtual sigue la tendencia actual de la industria 4.0 hacia el uso de los gemelos digitales (*digital twins*), que facilitan el análisis y la validación de sistemas de control previamente a su implementación real [4].

### IV. Material y equipo



[5] Figura 1. 1 Computadora



[6] Figura 1.2 Controlador Siemens S7-




[7] Figura 1. 3 Botonera



[8] Figura 1. 4 Actuadores, motor y torreta luminosa



	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
		Versión	01
Práctica 1:	<b>Salidas Autoenclavadas</b>	Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## V. Desarrollo de la actividad

En esta práctica, el estudiante desarrollará en TIA Portal la lógica de un autoenclavamiento que posteriormente será validado mediante el software denominado Entorno de Simulación para Programación y Ejecución de Interfaces Sincronizadas con Mecanismos Operativos (ESPEJISMO), el cual ofrece un entorno virtual con diversos gemelos digitales desarrollados en *Unity*. El sistema de simulación reproduce el comportamiento del actuador controlado por el PLC, permitiendo verificar el procedimiento, código y señales tanto físicas como virtuales.

El gemelo digital está conectado al PLC a través del software *NetToPLCsim*, lo que asegura que los cambios en la lógica (como el arranque, paro y mantenimiento del estado de las salidas) se reflejen en tiempo real. De este modo, el alumno podrá confirmar la correcta operación de su programa de autoenclavamiento tanto desde una botonera física como desde los pulsadores virtuales del entorno, reforzando la comprensión del manejo de señales, direccionamiento y sincronización entre el entorno real y el virtual.

Para esta primera práctica se buscará crear un código en el que se podrán controlar distintos actuadores virtuales tales como el movimiento de un motor (Figura 1.5) o el arranque de una banda (Figura 1.6) o bien el encendido de las luces de una torreta luminosa (Figura 1.7).

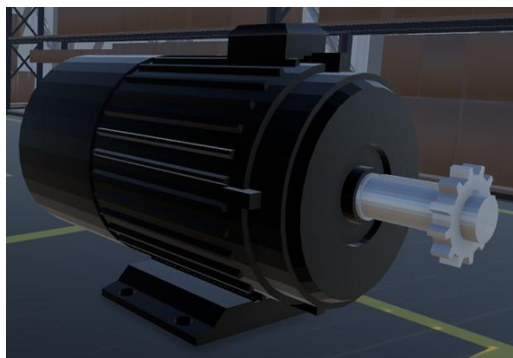


Figura 1.5 Motor

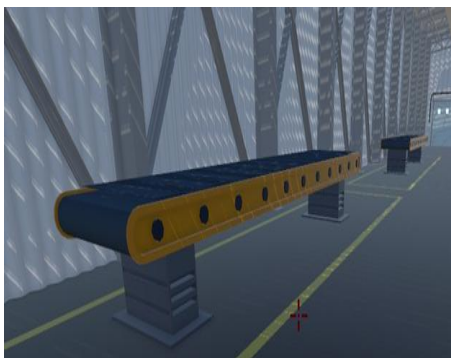



Figura 1.6 Banda



Figura 1.7 Torreta luminosa

Para iniciar o detener el funcionamiento de cada actuador se hará uso, dentro del entorno virtual, de un tablero de control con botones de arranque y o bien de una botonera física (Figura 1.8).

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

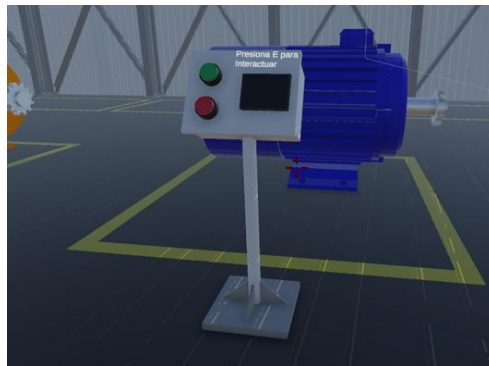


Figura 1. 8 Tablero de control

## PASO 1: Creación de proyecto en TIA Portal

Para comenzar con el desarrollo de la práctica se tendrá que crear un nuevo proyecto en TIA Portal. Para hacerlo puede consultar el [Apéndice A](#).

## PASO 2: Creación de tags

Continuando en el árbol de proyecto, se accederá a “PLC tags”, y dentro de “Default tag table” se declaran las variables necesarias para esta práctica: “ArranqueMotorNegro” y “ParoMotorNegro”.

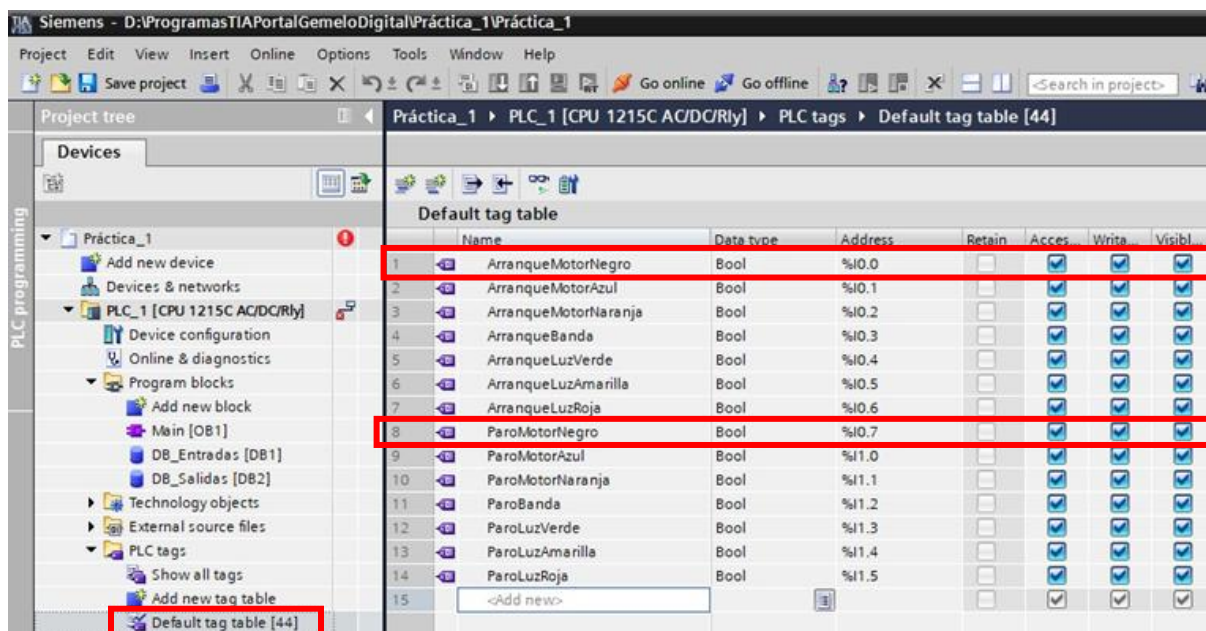



Figura 1. 9 Declaración de Tags

Es necesario tener en cuenta que estas variables son únicamente para hacer el primer ejemplo de autoenclavado, para el desarrollo completo de la práctica será necesario programar los 7 autoenclavamientos que corresponderán a cada uno de los dispositivos de salida disponibles en el entorno virtual: motor negro, motor azul, motor naranja, luz verde, luz amarilla, luz roja y banda.

Recordemos que estas señales corresponden a las señales físicas que se van a recibir.

Si se tienen dudas con respecto a la creación de tags, consultar el [Apéndice B](#).

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

### PASO 3: Creación, configuración y compilación de los Data Block (DB)

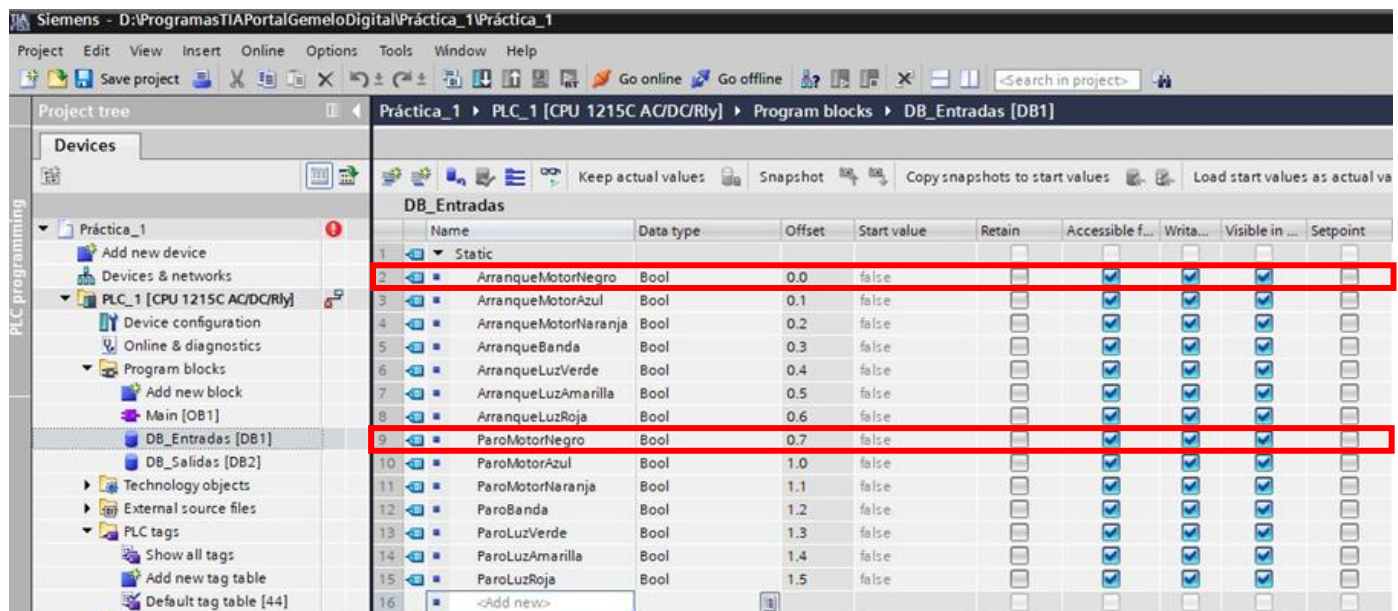
Para la creación, configuración y compilación de los DB, puede consultar el [Apéndice C](#).

En esta práctica se va a requerir la creación de dos DB; el primero debe de ser nombrado como “DB\_Entradas” y el segundo debe corresponder a “DB\_Salidas”.

### PASO 4: Llenar los DB

Data block de entradas:

En su interior se declararán las variables “ArranqueMotorNegro” y “ParoMotorNegro” (Figura 1.10). Es necesario que las direcciones sean colocadas en el siguiente orden, recordemos que para este ejemplo se hará el enclavado de únicamente el motor negro.



Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint
1	Static							
2	ArranqueMotorNegro	Bool	0.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	ArranqueMotorAzul	Bool	0.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	ArranqueMotorNaranja	Bool	0.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	ArranqueBanda	Bool	0.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	ArranqueLuzVerde	Bool	0.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	ArranqueLuzAmarilla	Bool	0.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	ArranqueLuzRoja	Bool	0.6	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	ParoMotorNegro	Bool	0.7	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	ParoMotorAzul	Bool	1.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	ParoMotorNaranja	Bool	1.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	ParoBanda	Bool	1.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	ParoLuzVerde	Bool	1.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	ParoLuzAmarilla	Bool	1.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	ParoLuzRoja	Bool	1.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	<Add new>							


Figura 1. 10 Declaración de variables DB\_Entradas

En este DB se declaran las señales de arranque y paro porque son las señales que se van a recibir, en otras palabras, son las señales que va a entrar.

Data block de salidas:

Después, en el segundo DB denominado “DB\_Salidas”, se declara la variable “EncendidoMotorNegro”. Es necesario que las direcciones sean colocadas en el siguiente orden, recordemos que para este ejemplo se hará el enclavado de únicamente el motor negro.

También recordemos que en este caso para cada actuador solo corresponde una señal debido a que solo contamos con una salida, que es la que se va a encargar de representar (en este caso) el giro del motor.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

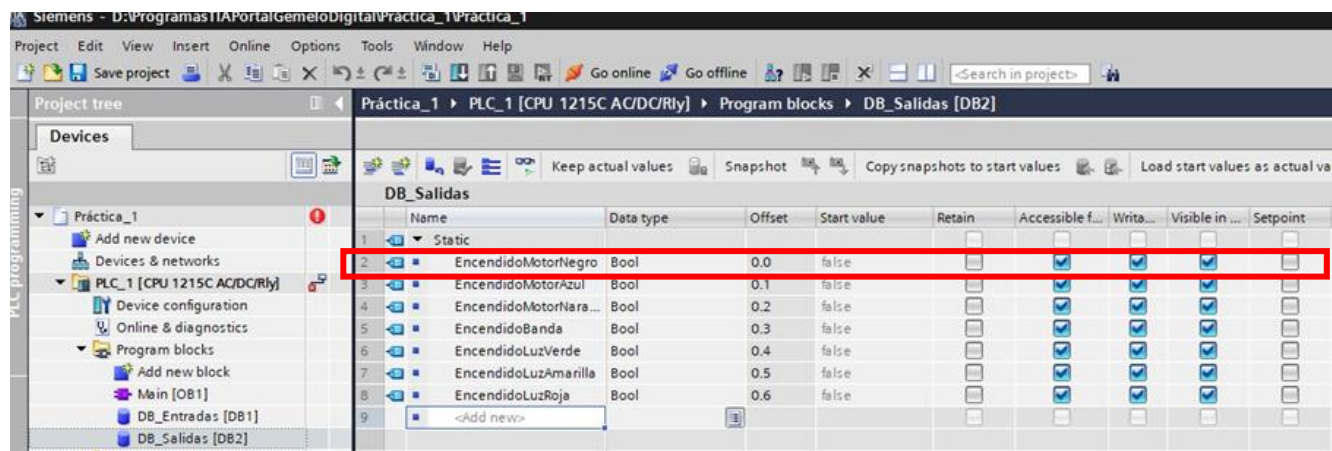


Figura 1. 11 Declaración de variables DB\_Salidas

### PASO 5: Verificar que estén compilados los DB.

Es necesario verificar que los dos DB estén compilados, si se tiene duda con respecto a este paso, consultar el [Apéndice C](#).

### PASO 6: Creación del diagrama de escaleras

En el bloque “Main”, se desarrollará el programa correspondiente a la Práctica 1. Al abrirlo, se mostrará el entorno de programación (Figura 1.12).

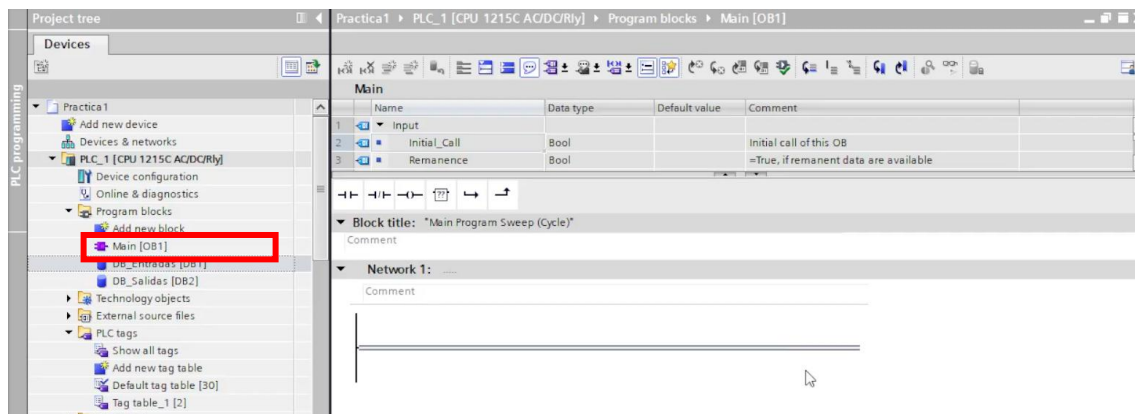


Figura 1. 12 Entorno de programación TIA Portal

Utilizando las herramientas de TIA Portal (Figura 1.13):

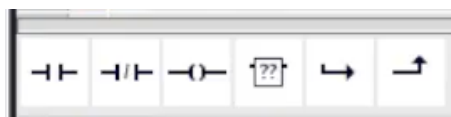



Figura 1. 13 Herramientas de TIA Portal

Se arrastrarán tres contactos normalmente abiertos conectados en paralelo mediante la herramienta “Open branch”. A continuación, se colocarán en serie dos contactos normalmente cerrados y, al final, también en serie una salida (Figura 1.14). Este esqueleto nos será de utilidad para cada uno de los distintos actuadores de esta práctica.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

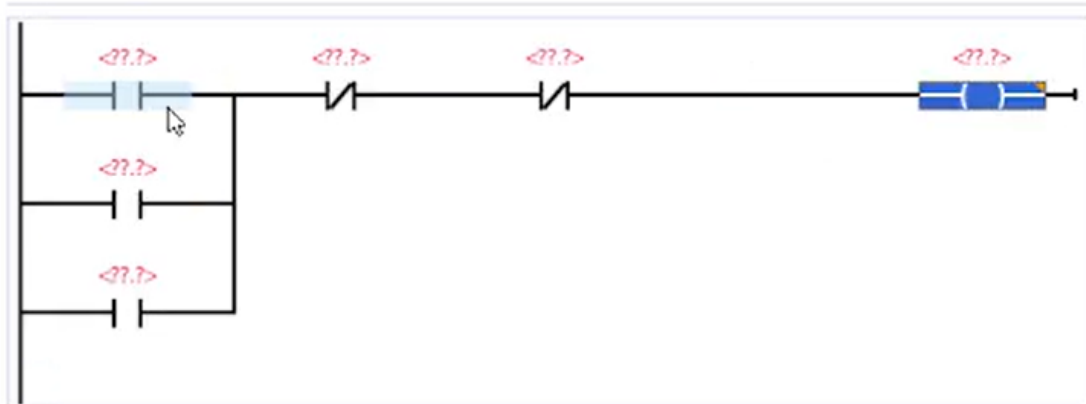


Figura 1. 14 Diseño de Práctica 1

Para nombrarlos se deberá seleccionar cada icono con signo de interrogación en color rojo. Por ejemplo; para el primer contacto normalmente abierto (NA) seleccionará “ArranqueMotorNegro” (declarado en la sección de tags), en el primer contacto normalmente cerrado (NC) el “ParoMotorNegro” (también declarado de la sección de tags). En el siguiente contacto NA se asignará “ArranqueMotorNegro” pero en esta ocasión el que fue declarado en el “DB\_Entradas”, mientras que para el siguiente botón NC elige “ParoMotorNegro” del “DB\_Entradas”. Para crear el autoenclavamiento, la bobina de salida y el contacto restante deben llevar el mismo nombre, para lo cual dentro del “DB\_Salidas” se seleccionará el elemento “EncendidoMotorNegro”, tal como se muestra a continuación (Figura 1.15). Repetir para cada actuador.

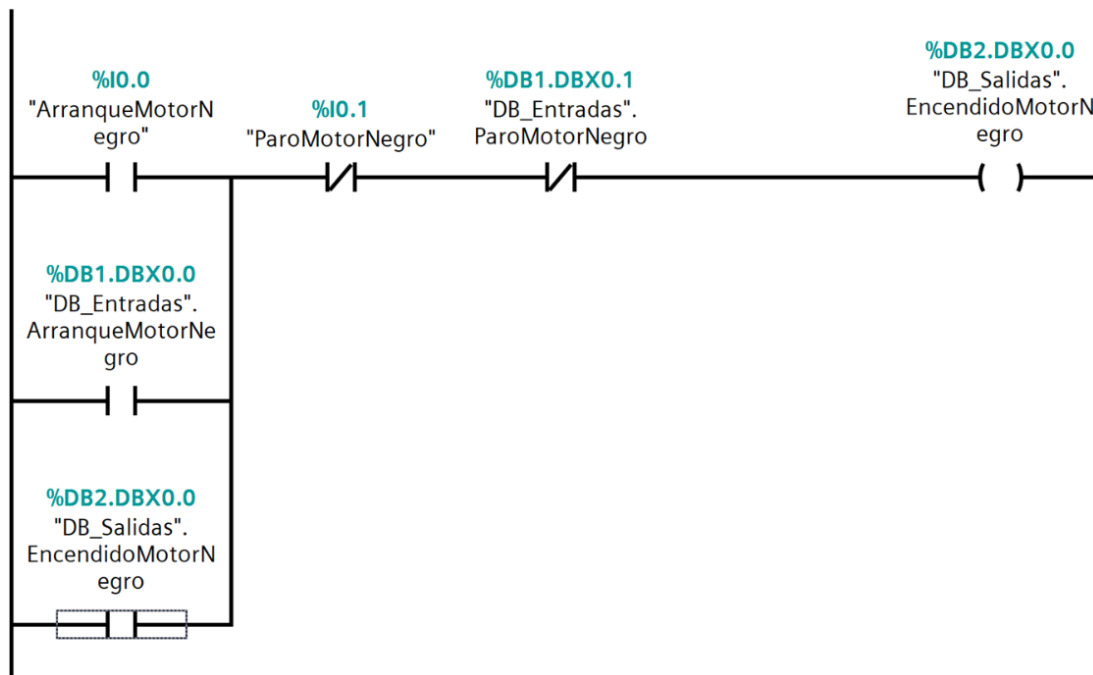



Figura 1. 15 Programación LAD

De tenerse dudas con respecto a la programación puede consultar el siguiente video: <https://youtu.be/FITS9NY0RGg?si=zDBmM6NOx1bSD2IA>

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## PASO 7: Compilar TIA Portal

Una vez que se completa el diagrama de escalera es necesario compilar el proyecto en TIA Portal, esto nos ayuda a realizar una detección temprana de posibles errores. Ya que si tiene errores graves no va a permitir la compilación.

Sin embargo, si la compilación es correcta la simulación “ESPEJISMO” nos va a permitir detectar errores en la lógica de control.

De tenerse dudas en cuanto a la compilación de un proyecto en TIA Portal puede dirigirse al [Apéndice D.](#)

## PASO 8: Conectarse al simulador

Cuando el programa compile de manera correcta, ya se puede hacer la conexión al software “ESPEJISMO”, es de vital importancia seguir cada paso de manera correcta, ya que de no hacerlo podrían llegar a presentarse complicaciones para ejecutar la simulación.

Para ello es necesario consultar el [Apéndice E.](#)

Como ya se mencionó al comienzo, el propósito de esta práctica es mantener en funcionamiento un actuador aun después de que la señal de arranque ha dejado de estar presente, lo cual es una de las principales problemáticas en los sistemas industriales y que puede ser resuelta fácilmente mediante un autoenclavamiento. Para facilitar su comprensión, se emplea un entorno virtual en Unity que simula un sistema formado por distintos actuadores (tres motores, tres luces en una torreta y una banda) que pueden ser controlados desde una botonera (que puede ser real o virtual).

La simulación muestra visualmente el encendido y apagado de los actuadores y está diseñada para sincronizarse con una botonera física o virtual mediante la lógica programada en el PLC. De esta forma, cualquier acción realizada en los contactos reales o virtuales se refleja inmediatamente en el gemelo digital, permitiendo, en este caso, apreciar el funcionamiento del autoenclavamiento.

Al ejecutar el gemelo digital, se iniciará la carga de la simulación (el proceso puede tardar algunos segundos) En primera instancia se desplegará el menú mostrado en la Figura 1.16, en donde se seleccionará la Práctica 1.

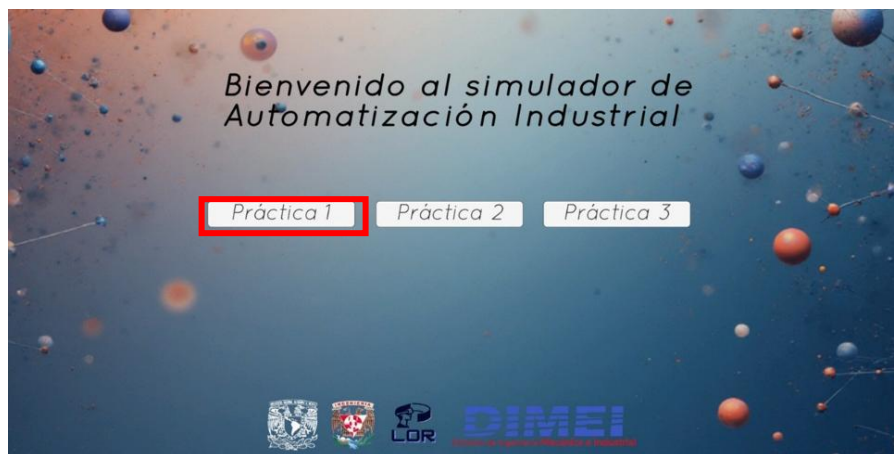



Figura 1. 16 Menú del simulador

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

El sistema permitirá elegir entre el uso del simulador (PLCSIM) o el PLC físico; para esta práctica, se seleccionará primero “PLCSIM”, y se continuará presionando “Siguiente”.



Figura 1. 17 Selección de uso

### PASO 9: Llenar tabla de simulación

Para poder hacer uso del hardware “ESPEJISMO”, se va a requerir del llenado de una tabla de registros de memoria. Al ser esta tabla parte del simulador, únicamente va a requerir las señales virtuales, las cuales son declaradas dentro de los Data Blocks.


Llenar esta tabla es de vital importancia ya que, de no hacerlo correctamente, se mostrarán errores en la simulación.

Para ello puede hacerse de dos maneras diferentes, la primera es de forma automática con uso de la opción “Pre-sets”

En la siguiente pantalla (Figura 1.18), se seleccionará “Conectar”.



Figura 1. 18 Selección de uso

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Y posteriormente "Pre-sets". (Figura 1.19).



Figura 1. 19 Registro de dirección de memoria

De esta manera los registros son asociados de manera automática y solo es cuestión de verificar que sean correctos comparando el recuadro "Información guardada" con las direcciones de nuestro proyecto de TIA Portal, la cuales aparecen en la parte superior al nombre de cada contacto usado en el diagrama de escalera como se muestra en la Figura 1. 20:

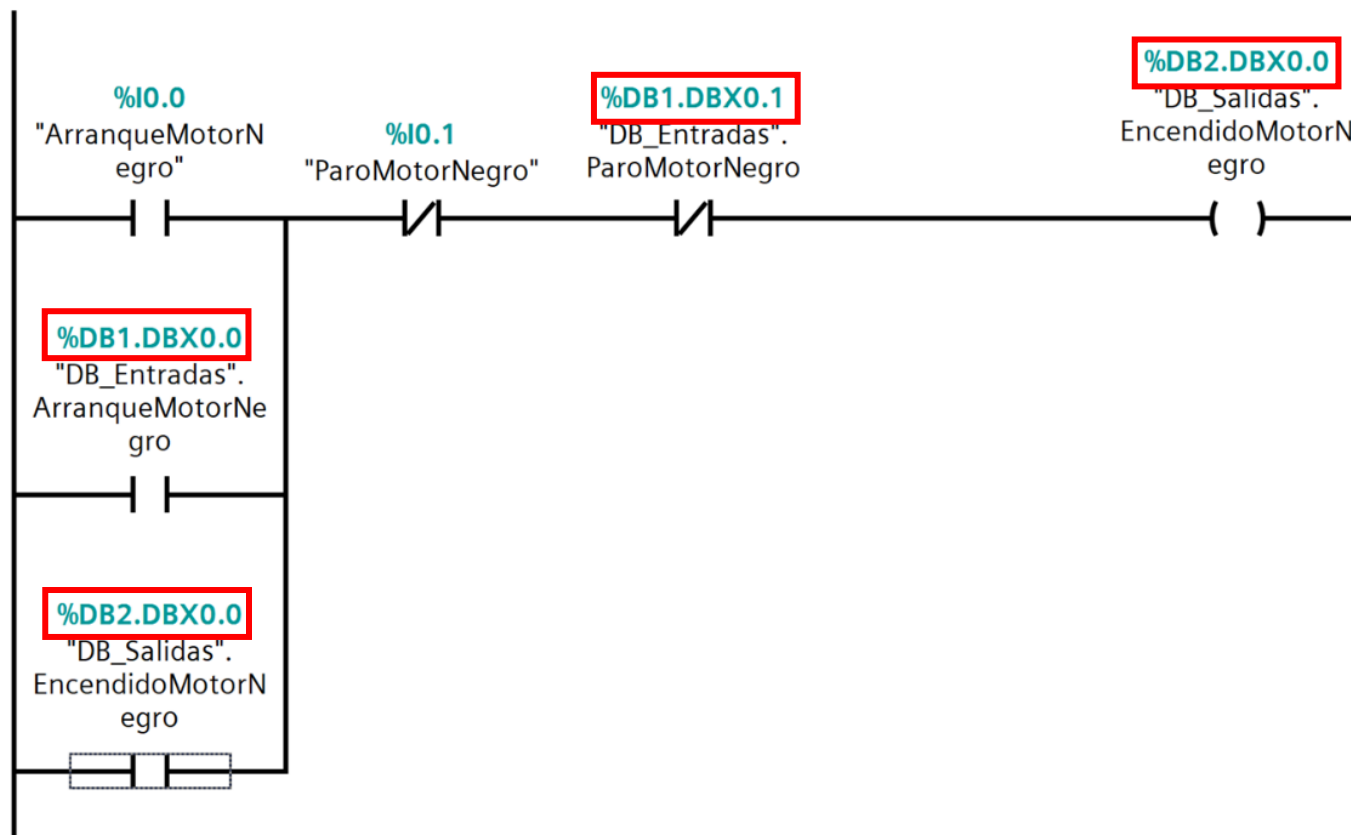



Figura 1. 20 Registros de memoria en LAD


	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Para poder conectarse al simulador de manera manual se recomienda apoyarse en la siguiente tabla, se deberá considerar que estas variables pueden cambiar, por eso es importante tener en cuenta los registros virtuales (de los DB).

NOMBRE	DIRECCIÓN
ArranqueMotor1	I0.0
ArranqueMotor2	I0.1
ArranqueMotor3	I0.2
ArranqueBanda	I0.3
ArranqueLuzVerde	I0.4
ArranqueLuzAmarilla	I0.5
ArranqueLuzRoja	I0.6
ParoMotor1	I0.7
ParoMotor2	I1.0
ParoMotor3	I1.1
ParoBanda	I1.2
ParoLuzVerde	I1.3
ParoLuzAmarilla	I1.4
ParoLuzRoja	I1.5
DB_ArranqueMotor1	DB1.DBX0.0
DB_ArranqueMotor2	DB1.DBX0.1
DB_ArranqueMotor3	DB1.DBX0.2
DB_ArranqueBanda	DB1.DBX0.3
DB_ArranqueLuzVerde	DB1.DBX0.4
DB_ArranqueLuzAmarilla	DB1.DBX0.5
DB_ArranqueLuzRoja	DB1.DBX0.6
DB_ParoMotor1	DB1.DBX0.7
DB_ParoMotor2	DB1.DBX1.0
DB_ParoMotor3	DB1.DBX1.1
DB_ParoBanda	DB1.DBX1.2
DB_ParoLuzVerde	DB1.DBX1.3
DB_ParoLuzAmarilla	DB1.DBX1.4
DB_ParoLuzRoja	DB1.DBX1.5
DB_EncendidoMotor1	DB2.DBX0.0
DB_EncendidoMotor2	DB2.DBX0.0
DB_EncendidoMotor3	DB2.DBX0.0
DB_EncendidoBanda	DB2.DBX0.0
DB_EncendidoLuzVerde	DB2.DBX0.0
DB_EncendidoLuzAmarillo	DB2.DBX0.0
DB_EncendidoLuzRoja	DB2.DBX0.0

Tabla 1. 1 Registro de memoria

De tenerse dudas con respecto al llenado de la tabla puede consultar el siguiente video:  
<https://youtu.be/SL4a6nICp0I?si=WUwPmf3DFoKbxS7V>

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
		Versión	01
Práctica 1:	<b>Salidas Autoenclavadas</b>	Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## PASO 10: Vista del ESPEJISMO

Una vez realizados los 9 pasos anteriores se puede acceder al simulador. Como vista inicial se tendrá un almacén.

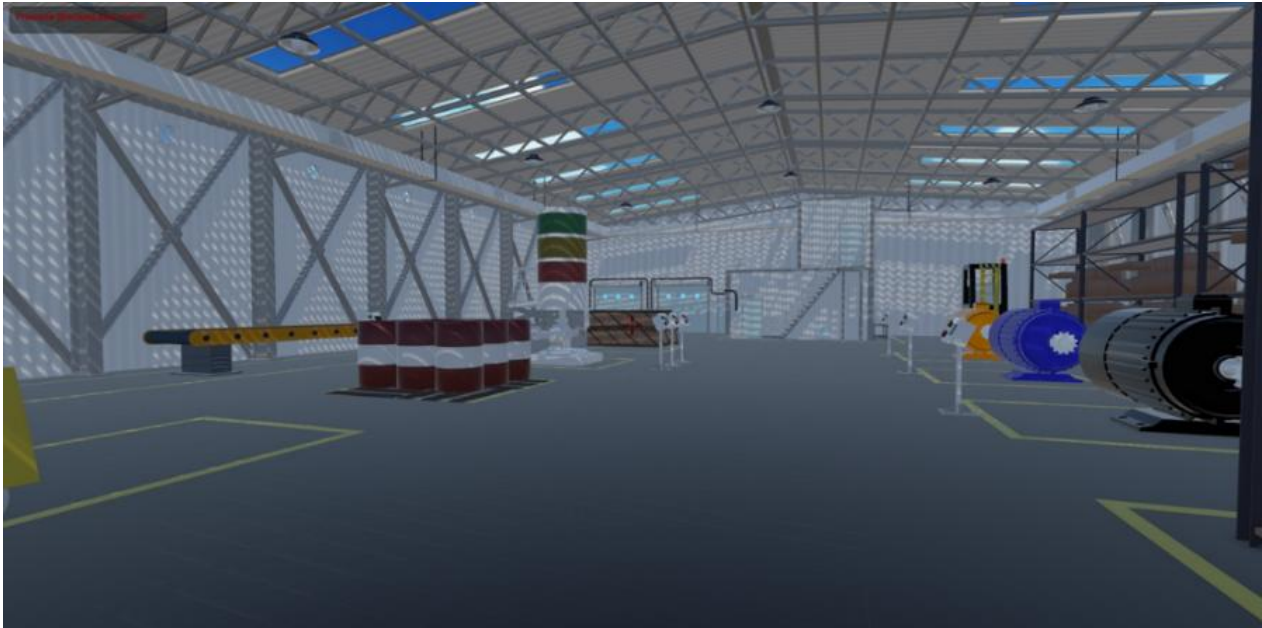


Figura 1.21 Entorno del simulador

Para moverse dentro del entorno virtual se deberá hacer uso de las flechas del teclado. Diríjase a cualquiera de las botoneras frente a los actuadores. Al presionar el botón de arranque (haciendo un click en el botón) correspondiente al motor negro (cada actuador tiene su respectivo botón de arranque y paro) en la parte superior se activará el actuador correspondiente.

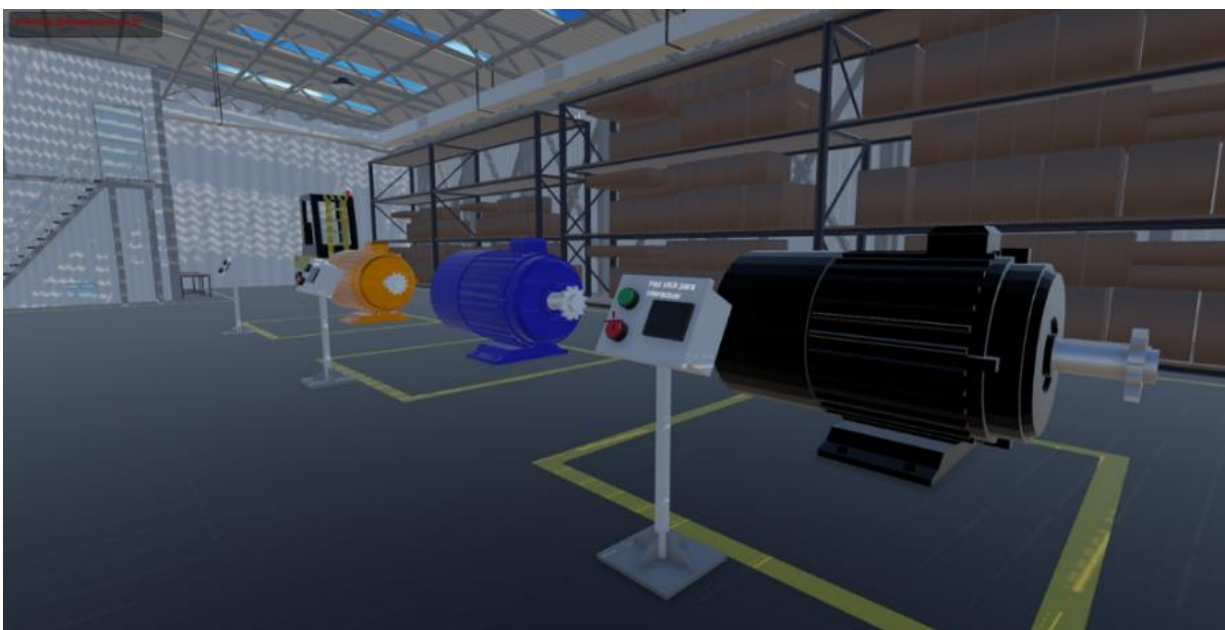



Figura 1. 22 Botonera Virtual

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
		Versión	01
Práctica 1:	<b>Salidas Autoenclavadas</b>	Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Con las flechas en el teclado podrá moverse por el área para apreciar mejor el giro de los motores (Figura 1.23).

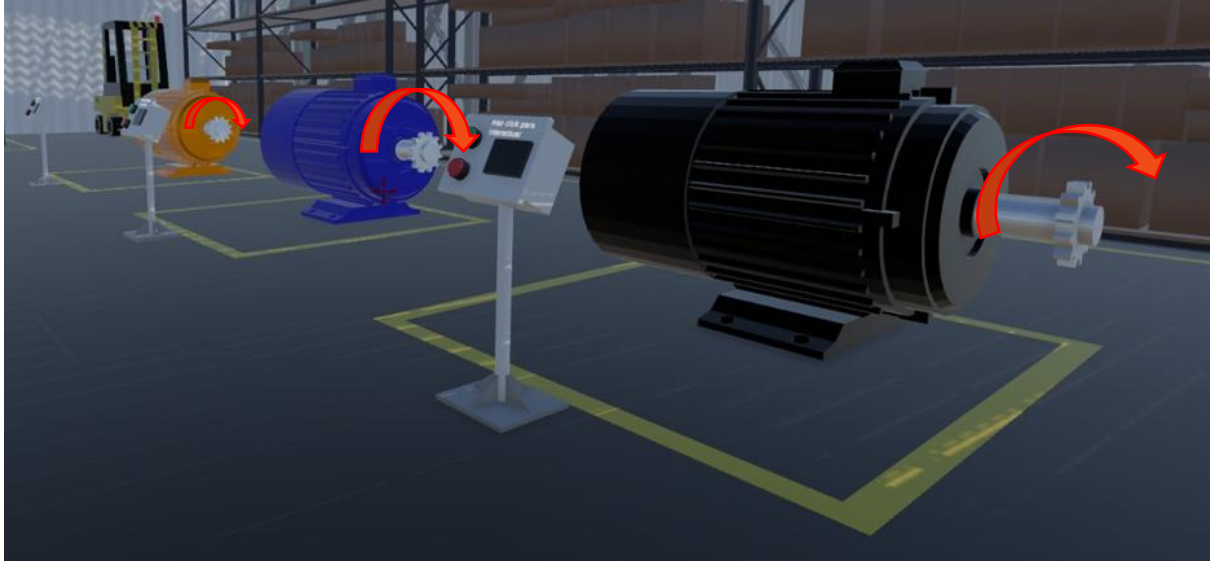



Figura 1. 23 Giro del motor virtual

En caso de querer ver la simulación antes de realizar la práctica puede hacerlo visitando el siguiente video: [https://youtu.be/aeRgjRNFOZo?si=iDSprEbRzO2G\\_r12](https://youtu.be/aeRgjRNFOZo?si=iDSprEbRzO2G_r12)

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
		Versión	01
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## VI. Cuestionario

1. ¿Qué es una salida autoenclavada en un PLC y cuál es su principio de funcionamiento?

---



---



---

2. ¿Qué diferencia existe entre una señal de arranque momentánea y una salida autoenclavada?

---



---



---

3. ¿Cómo se representa una salida en el mapa de memoria del PLC?

---



---



---

4. Ejercicio práctico: Implementar el autoenclavamiento para todos los actuadores; Motor Negro, Motor Azul, Motor Naranja, Banda, Luz Verde, Luz Amarilla y Luz Roja

---



---



---

## VII. Actividad de investigación

Cómo se implementan los *seal-in circuits* en lógica de escalera y en qué aplicaciones industriales son más frecuentes.

---




---



---




	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería





## Práctica 2: Temporizadores

### Rúbrica de evaluación

CONCEPTOS, RUBROS O ASPECTOS A EVALUAR	BUENO (2 PUNTOS) Completo entendimiento del problema, realiza la actividad cumpliendo todos los requerimientos.	REGULAR (1 PUNTO) Bajo entendimiento del problema, realiza la actividad cumpliendo algunos de los requerimientos.	INSUFICIENTE (0 PUNTOS) No demuestra entendimiento del problema o de la actividad.
1. Seguridad en la ejecución de la actividad	Identifica correctamente los peligros y fuentes de energía, minimiza los riesgos aplicando las medidas de control, realiza la verificación y firma con su nombre.	Identifica parcialmente los peligros, sin aplicar todas las medidas de control.	No aplica ninguna medida de control, no verifica y no firma.
2. Ejecución de la práctica	Muestra un entendimiento completo durante el desarrollo de las actividades, la entrega cumple con todos los requerimientos.	Muestra un entendimiento moderado durante el desarrollo de las actividades, la entrega no cumple con algunos requisitos.	No demuestra entendimiento de las actividades, la entrega no cumple con la mayoría de los requisitos.
3. Ortografía y actividades de investigación	Utiliza correctamente las reglas de ortografía, la redacción es clara y realiza las actividades de investigación correctamente apoyadas en la literatura citada.	Presenta algunos errores ortográficos, ocasionalmente descuida la forma en que escribe y realiza las actividades de investigación inadecuadamente.	Comete continuamente errores de ortografía, descuida la legibilidad en sus respuestas y no realiza las actividades de investigación.
4. Cuestionario	Responde las preguntas correctamente tomando en cuenta la información proporcionada en el fundamento teórico.	Responde parcialmente las preguntas o las respuestas no son precisas.	No responde el cuestionario.
5. Conclusiones y observaciones	Reflexiona sobre las actividades, demuestra pensamiento crítico en el desarrollo de la práctica y aporta con recomendaciones sobre las actividades.	Las conclusiones entregadas son únicamente un recuento de lo realizado en la práctica sin generar ninguna observación.	No genera conclusiones ni observaciones.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## I. Seguridad en la ejecución


	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado	Medidas de control	Verificación
1 <sup>ro</sup>	Voltaje alterno 	Electrocución 	Identificar los puntos energizados antes de realizar la actividad y evitar contacto	<input type="checkbox"/>
2 <sup>do</sup>	Voltaje continuo 	Daño a equipo 	Verificar polaridad y nivel antes de realizar la conexión del equipo o dispositivo	<input type="checkbox"/>
		Apellidos y nombres:	_____	

## II. Objetivos de aprendizaje

**Objetivo general:** El alumno aprenderá el funcionamiento y la programación de los temporizadores en un PLC, aplicando su lógica en entornos físicos y virtuales a través de gemelos digitales.

### Objetivos específicos:

- El alumno conocerá y entenderá los tipos de temporizaciones que existen (positiva y negativa).
- El alumno aplicará su conocimiento de programación de PLC para resolver un problema que requiera temporización (positiva y/o negativa).
- El alumno aprenderá a realizar el monitoreo de un *timer*.
- El alumno implementará un gemelo digital que represente el comportamiento de una puerta automática y un semáforo, comprobando la correspondencia entre la simulación y la mesa física.
- El alumno observará en tiempo real los valores de *preset* (PT) y *acumulado* (ET) tanto en el entorno virtual como en el PLC real, fortaleciendo el concepto de sincronización digital-física.
- El alumno comprenderá cómo la temporización aplicada en el gemelo digital puede ser trasladada sin modificaciones al entorno físico, asegurando la portabilidad del diseño.
- El alumno reconocerá el papel de los gemelos digitales en la reducción de riesgos y en la optimización de pruebas en procesos industriales.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

### III. Introducción

En la programación de PLC, los temporizadores constituyen herramientas fundamentales para coordinar operaciones que dependen del tiempo. Estos bloques reemplazan con ventaja a los temporizadores electromecánicos tradicionales, proporcionando mayor precisión, menor desgaste y flexibilidad en la programación [1], [2].

Según Petruzella, existen tres tipos de temporizadores principales: el **TON** (*On-Delay*), que activa la salida después de un tiempo de entrada estable; el **TOF** (*Off-Delay*), que prolonga la salida tras la desconexión de la entrada; y el **RTO** (*Retentive On*), que acumula tiempo incluso si la señal se interrumpe [1]. Balcells enfatiza la importancia de distinguir entre temporización positiva y negativa, ya que estas permiten resolver una gran variedad de problemas industriales, desde arranques secuenciales de motores hasta ciclos de producción sincronizados [3].

En la práctica propuesta, tanto el gemelo digital como la mesa física de trabajo van a estar conectados de tal manera que se puedan temporizar los eventos y que estos puedan observarse tanto en un simulador como en los actuadores reales. Para el primer ejercicio, un sensor de presencia activa una puerta automática que permanece abierta un tiempo predeterminado. En el segundo, se emplean dos pulsadores para iniciar y detener la secuencia de un semáforo de tres luces. Siemens, en su guía de STEP7, recomienda este tipo de prácticas por su claridad didáctica y por la posibilidad de monitorear en tiempo real los valores de *present* (PV) y *acumulado* (ACC) del temporizador [4].

La sincronización entre entorno físico y digital asegura que tanto el botón virtual como el real generen el mismo comportamiento en el sistema, lo que reproduce el principio de los digital *twins*, donde la validación del diseño ocurre en paralelo en los dos dominios [5].

### IV. Material y equipo



[6] Figura 2. 1 Computadora




[7] Figura 2.2 Controlador Siemens S7-1200



[8] Figura 2.3 Botonera



[9] Figura 2. 4 Pistón

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## V. Desarrollo de la actividad

En esta práctica se aborda la necesidad de controlar procesos que dependen del tiempo, mediante el uso de un temporizador en un PLC. Para este ejercicio se necesita simular el funcionamiento de una puerta automática de una tienda. Comenzará el proceso al accionar el botón arranque de la botonera (verde). También se contará con un botón de paro (rojo). Mientras no se active el arranque la tienda permanecerá cerrada.

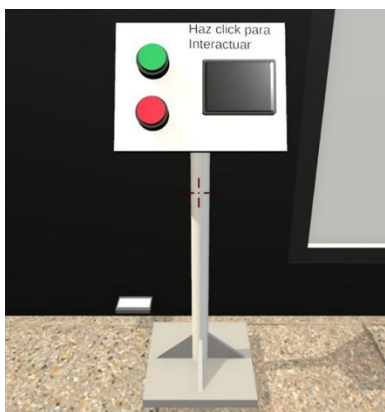


Figura 2. 5 Botonera



Figura 2. 6 Tienda cerrada

Cuando el arranque se accione la tienda estará abierta y la puerta se activará, la cual se abre cuando un sensor detecta a una persona y permanece abierta durante 5 segundos usando un temporizador TON. Si una segunda persona se aproxima antes de que el conteo finalice, el temporizador se reinicia, manteniendo la puerta abierta durante 5 segundos más; una vez completado el tiempo sin presencia de personas, la puerta se cierra. En caso de no hacerlo correctamente la puerta podría cerrarse frente a una persona y lastimarla.

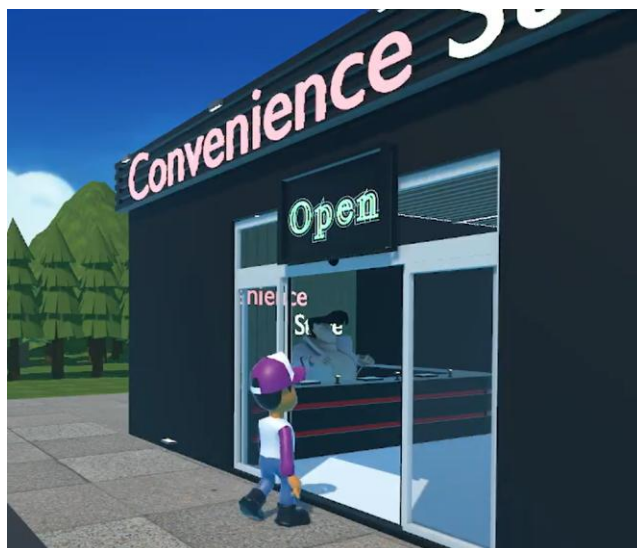



Figura 2. 7 Puerta automática virtual

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Para facilitar la comprensión del proceso, se utiliza un gemelo digital en Unity que reproduce el comportamiento de la puerta y permite observar en tiempo real la interacción de cada uno de los componentes. Es necesario tener en cuenta que, al tratarse de gemelos digitales, además de contar con el arranque y paro virtual también se contará con los respectivos botones físicos, reflejando de manera simultánea su funcionamiento (pistón).

### PASO 1: Creación de proyecto en TIA Portal

Para comenzar con el desarrollo de la práctica se tendrá que crear un nuevo proyecto en TIA Portal. Para hacerlo puede consultar el [Apéndice A](#).

### PASO 2: Creación de tags

Continuando en el árbol de proyecto, se accederá a “PLC tags”, y dentro de “Default tag table” se declaran las variables necesarias para esta práctica: “Arranque” y “Paro”.

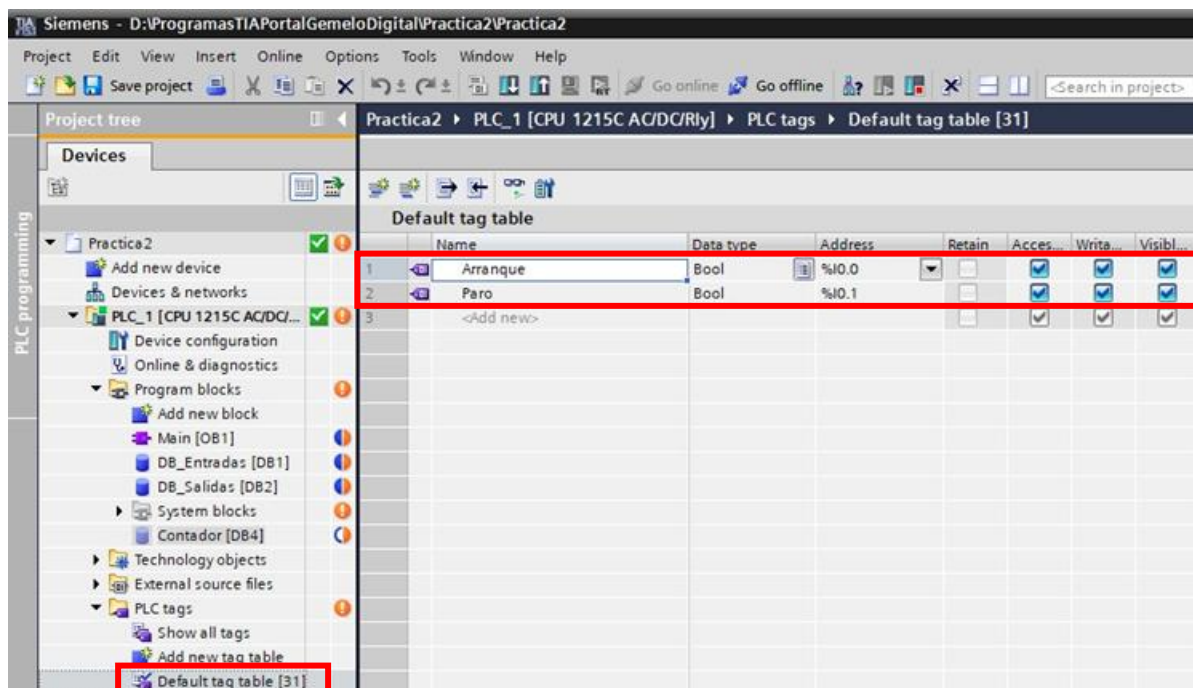


Figura 2. 8 Declaración de Tags


Recordemos que estas señales corresponden a las señales físicas que se van a recibir.

Si se tienen dudas con respecto a la creación de tags, consultar el [Apéndice B](#).

### PASO 3: Creación, configuración y compilación de los Data Block (DB)

Para la creación, configuración y compilación de los DB, consultar el [Apéndice C](#).

En esta práctica se va a requerir la creación de dos DB; el primero debe de ser nombrado como “DB\_Entradas” y el segundo debe corresponder a “DB\_Salidas”.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## PASO 4: Llenar los DB

Data block de entradas:

En el interior de “DB\_Entradas” se declararán las variables “Arranque”, “Paro” y “Sensor” (Figura 2.9).

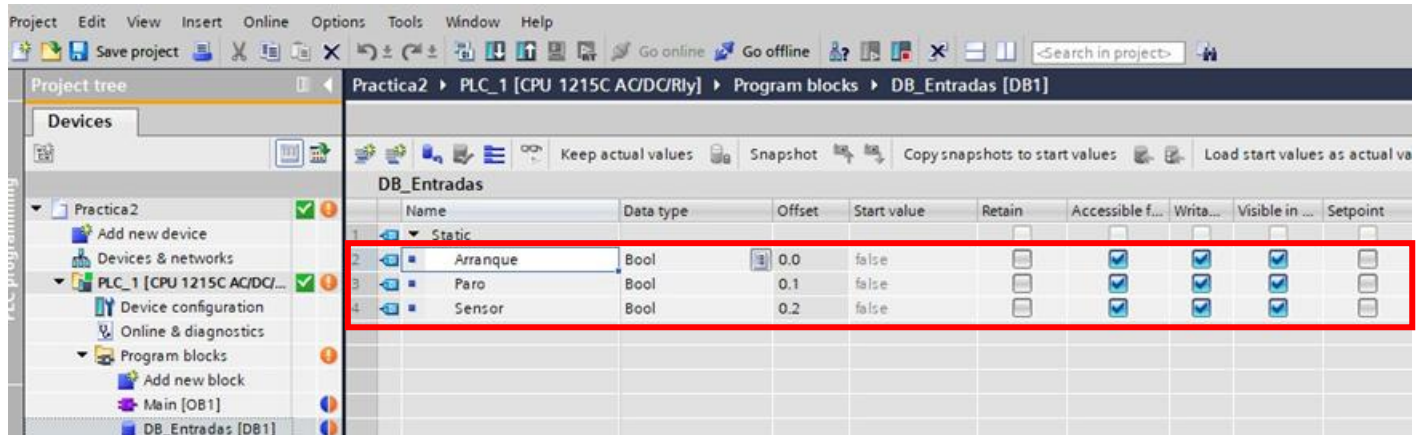


Figura 2. 9 DB\_Entradas

Recordemos que este DB se encarga de las señales de entrada, tales como el arranque y el paro, en este caso son las correspondientes a la parte virtual, sumado a ello también agregamos la señal denominada “Sensor”, la cual también funciona como una entrada ya que al detectar la presencia de una persona arroja la señal correspondiente.

Data block de salidas:

En el segundo Data block denominado “DB\_Salidas”, se declararán las variables booleanas “Puerta” y “Encendido”. (Figura 2.10).

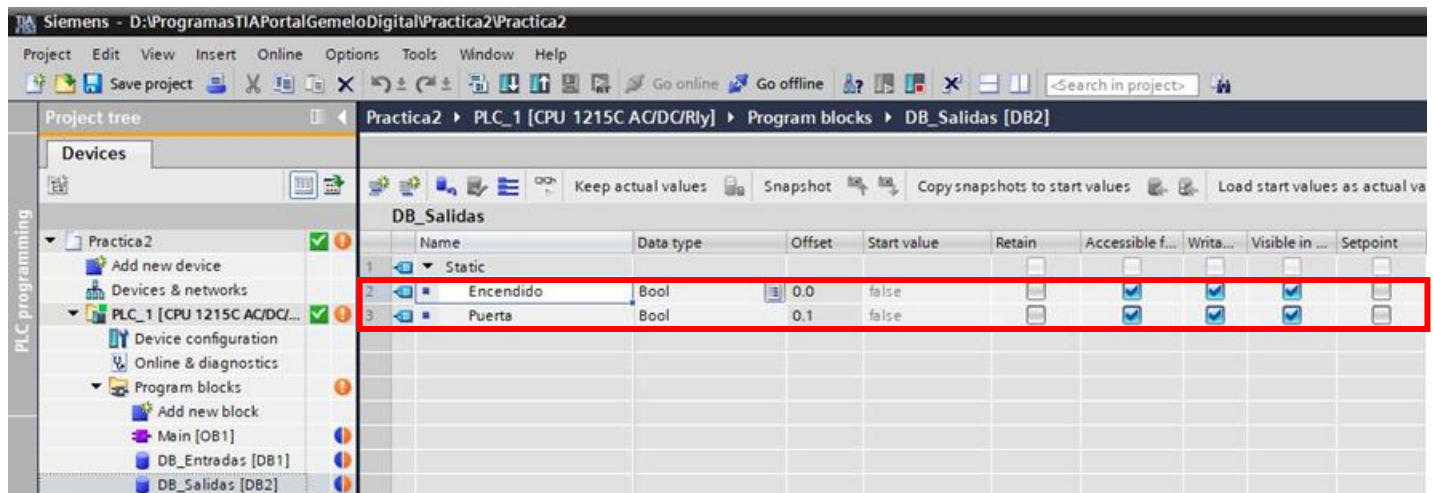



Figura 2. 10 DB\_Salidas

Estas salidas corresponden al enclavamiento de todo el sistema (señal de “Encendido”), y al movimiento que representa el pistón con el que se apertura la puerta (señal de “Puerta”).

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

### PASO 5: Verificar que estén compilados los DB.

Es necesario verificar que los dos DB estén compilados, si se tiene duda con respecto a este paso, consultar el [Apéndice C](#).

### PASO 6: Creación del diagrama de escaleras

En el bloque “Main”, se desarrollará el programa correspondiente a la Práctica 2. Al abrirlo, se mostrará el entorno de programación (Figura 2.11).

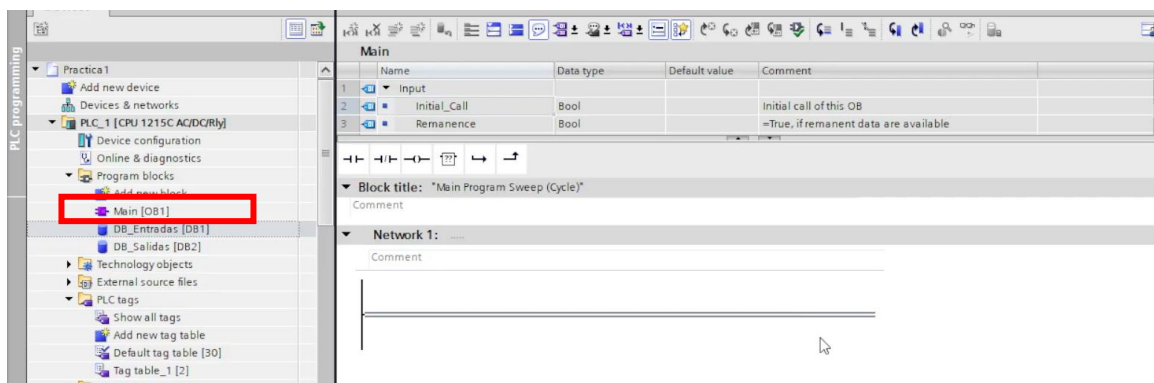


Figura 2. 11 Entorno de programación TIA Portal

Utilizando las herramientas de TIA Portal (Figura 2.12):

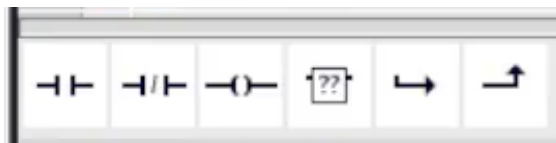



Figura 2. 12 Herramientas de TIA Portal

Para elaborar el primer renglón del programa se realizará un enclavamiento muy parecido al que corresponde a la Práctica 1.

Se inserta un contacto normalmente abierto y se le asigna “Arranque” (señal declarada dentro de los tags). A continuación, se coloca un contacto NC con la señal de “Paro” declarada en los tags. Después en otro contacto NC y se asigna la entrada “Paro” de “DB\_Entradas” (señal virtual). Al final del renglón se coloca una bobina de salida y se selecciona el DB “DB\_Salidas”, asignando el elemento “Encendido”. En paralelo a nuestro primer arranque colocamos la señal de “Arranque” pero en esta ocasión el que corresponde al “DB\_Entradas”.

Para realizar el autoenclavamiento, se crea una rama en paralelo a los contactos NA. Se selecciona el “DB\_Salidas”, asignando el elemento “Encendido”, se debe de tener cuidado en que el nombre sea exactamente el mismo que el de la bobina del final del primer renglón (Figura 2.13).

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

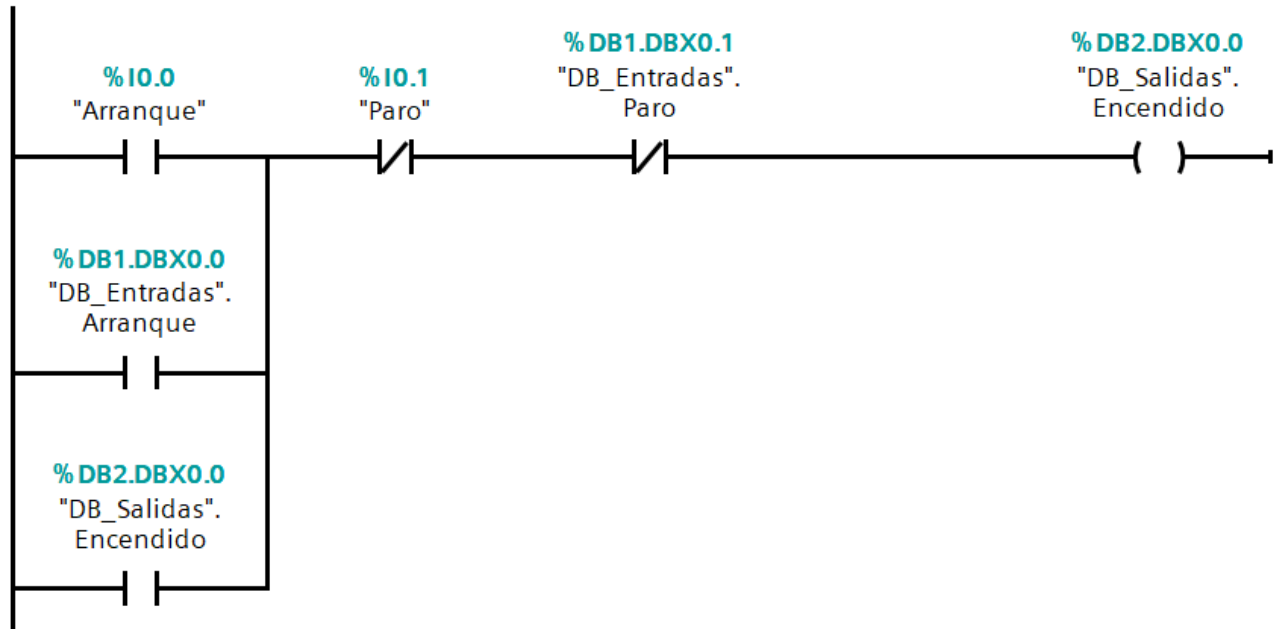


Figura 2. 13. Primer renglón del diagrama de escalera.

En el segundo renglón se inserta un contacto NA y se asigna el DB “DB\_Salidas”, seleccionando el elemento “Encendido”. A la derecha se coloca un contacto NA y se asigna el DB “DB\_Entradas”, seleccionando el elemento “Sensor”. En paralelo a este contacto se inserta un contacto NC y se selecciona como variable la salida Q del temporizador IEC\_Timer\_0\_DB al cual vamos a nombrar “Contador” ya que nuestro temporizador se va a encargar de contar 5 segundos. Al final del renglón se coloca una bobina de salida y se asigna el DB “DB\_Salidas”, seleccionando el elemento “Puerta”.

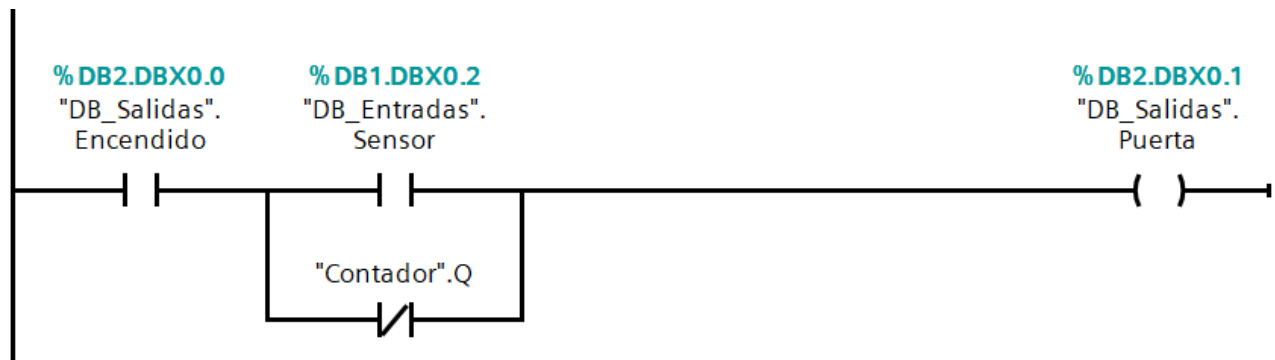



Figura 2. 14. Segundo renglón del diagrama de escalera

En el tercer renglón se inserta un contacto NC y se asigna el DB “DB\_Entradas”, seleccionando el elemento “Sensor”. A continuación, se inserta un temporizador tipo TON y se selecciona el bloque de datos IEC\_Timer\_0\_DB al cual llamamos “Contador”, estableciendo el tiempo correspondiente en el parámetro PT (5 segundos).

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

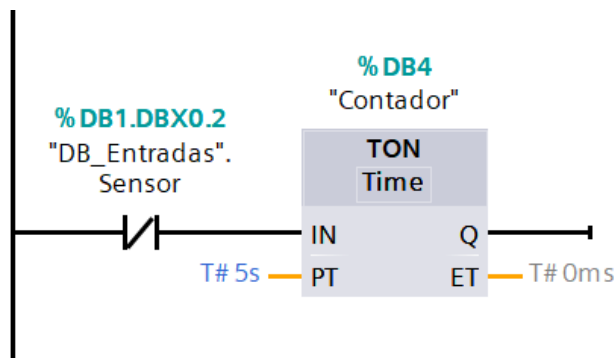


Figura 2. 15 Tercer renglón del diagrama de escalera.

De tenerse dudas con respecto a la programación puede consultar el siguiente video: [https://youtu.be/4QW2XYc50Q4?si=kMNNN\\_AkXdaESS7s](https://youtu.be/4QW2XYc50Q4?si=kMNNN_AkXdaESS7s)

### PASO 7: Compilar TIA Portal

Una vez que se completa el diagrama de escalera es necesario compilar el proyecto en TIA Portal, esto nos ayuda a realizar una detección temprana de posibles errores. Ya que si tiene errores graves no va a permitir la compilación.

Sin embargo, si la compilación es correcta la simulación “ESPEJISMO” nos va a permitir detectar errores en la lógica de control.

De tenerse dudas en cuanto a la compilación de un proyecto en TIA Portal puede dirigirse al [Apéndice D.](#)


### PASO 8: Conectarse al simulador

Cuando el programa compile de manera correcta, ya se puede hacer la conexión al software “ESPEJISMO”, es de vital importancia seguir cada paso de manera correcta, ya que de no hacerlo podrían llegar a presentarse complicaciones para ejecutar la simulación.

Para ello es necesario consultar el [Apéndice E.](#)

En esta práctica se busca replicar el funcionamiento de una puerta automática, para lo cual se hará uso de una simulación en la que el alumno podrá interactuar con una puerta automática de una tienda. Dentro de la simulación se encontrarán varios personajes haciendo la función de clientes (que aparecerán de manera completamente aleatoria). Si la puerta está correctamente programada, los clientes no tendrán dificultades. Sin embargo, si la lógica del código es incorrecta, los clientes se accidentarán con la puerta mostrando al alumno el error. De la misma manera si el alumno quiere interactuar con la simulación como si fuera un cliente, también podrá hacerlo al aproximarse a la puerta.

Al ejecutar el gemelo digital, se iniciará la carga de la simulación (el proceso puede tardar algunos segundos), se desplegará el siguiente menú en el que seleccionará la Práctica 2.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
		Versión	01
Práctica 1:	<b>Salidas Autoenclavadas</b>	Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

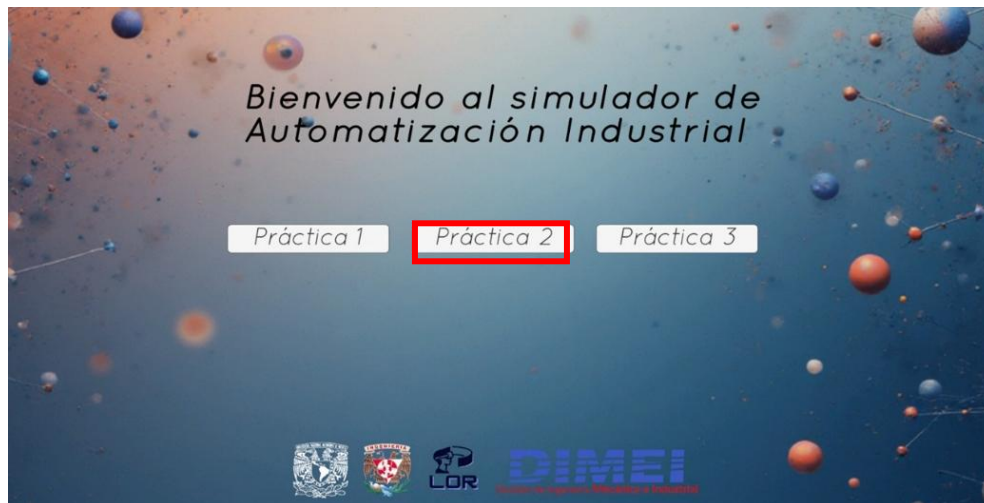


Figura 2. 16 Menú del simulador

El sistema permitirá elegir entre el uso del simulador o el PLC físico; para esta práctica, se seleccionará “PLCSIM”, y se continuará presionando “Siguiente”.



Figura 2. 17 Selección de uso

### PASO 9: Llenar tabla de simulación

Para poder hacer uso del hardware “ESPEJISMO”, se va a requerir del llenado de una tabla de registros de memoria. Al ser esta tabla parte del simulador, únicamente va a requerir las señales virtuales, las cuales son declaradas dentro de los Data Blocks.

Llenar esta tabla es de vital importancia ya que, de no hacerlo correctamente, se mostrarán errores en la simulación.

Para ello puede hacerse de dos maneras diferentes, la primera es de forma automática con uso de la opción “Pre-sets”

En la siguiente pantalla (Figura 1.18), se seleccionará “Conectar” y posteriormente “Pre-sets”.


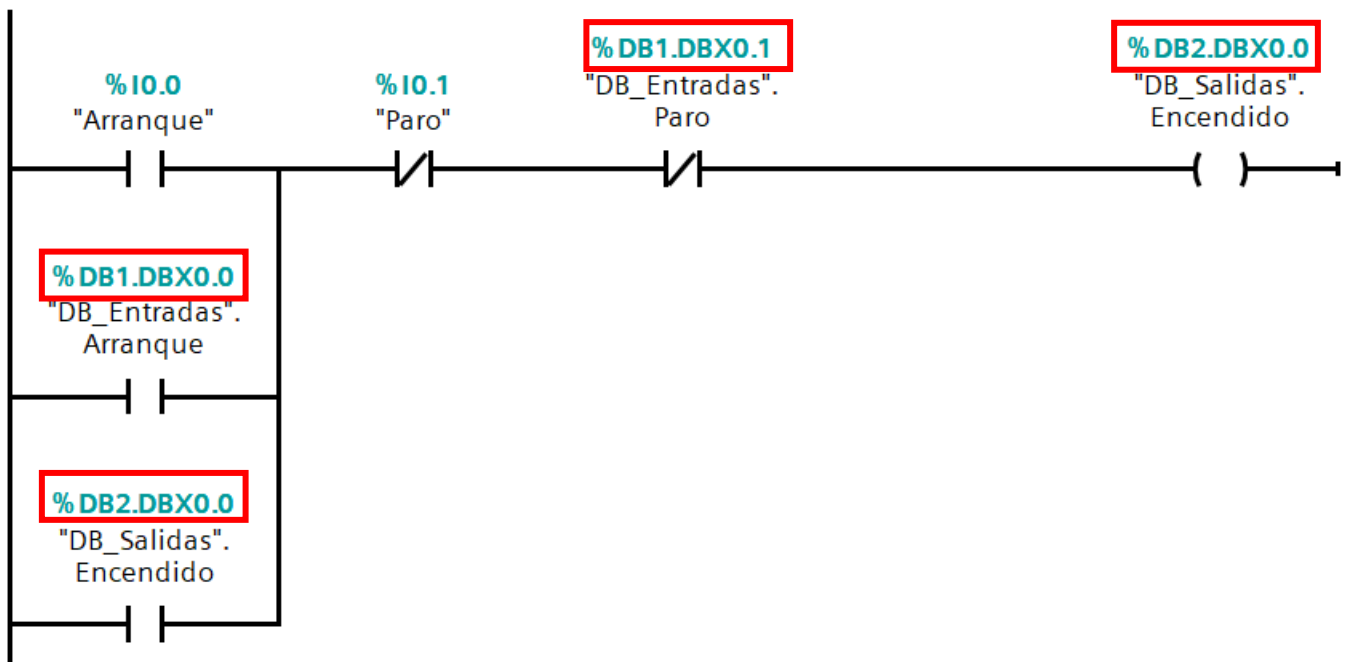

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería



Figura 2. 18 Registro de dirección de memoria

De esta manera los registros son asociados de manera automática y solo es cuestión de verificar que sean correctos comparando el recuadro "Información guardada" con las direcciones de nuestro proyecto de TIA Portal, la cuales aparecen en la parte superior al nombre de cada contacto usado en el diagrama de escalera como se muestra en la Figura 1. 19:



	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

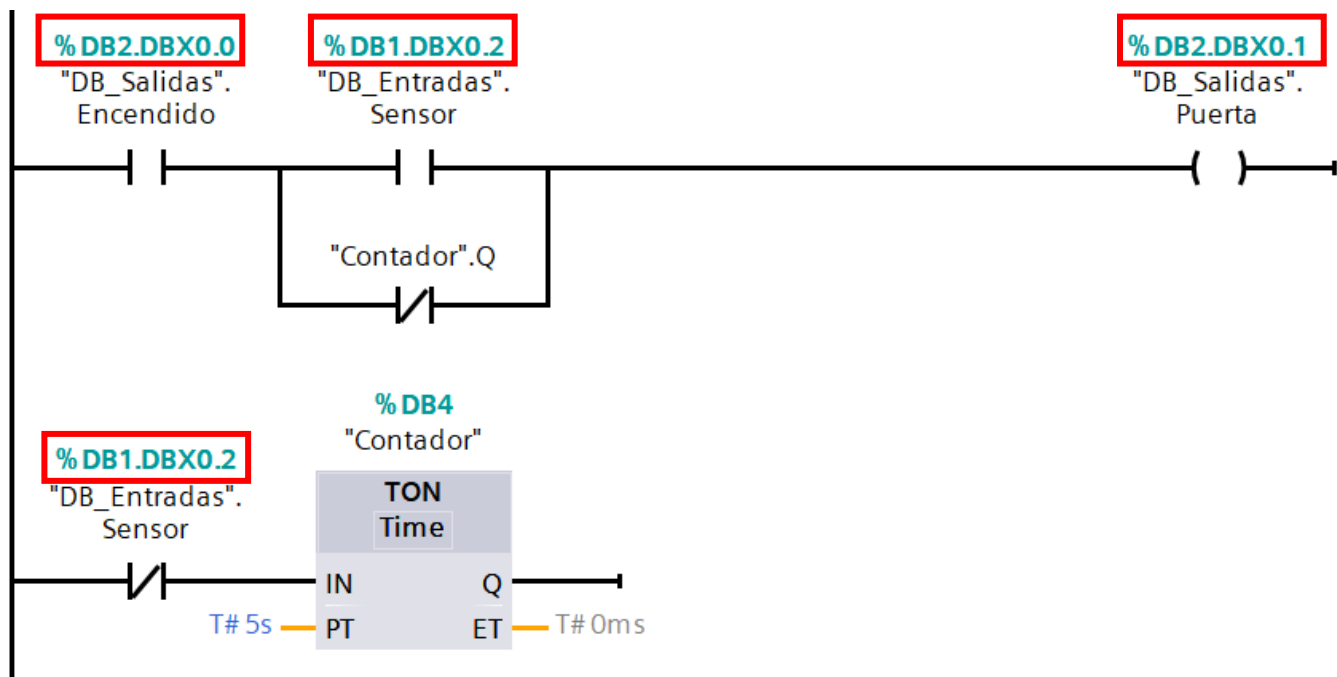


Figura 2. 19. Registro de memoria en LAD

Para poder conectarse al simulador de manera manual se recomienda apoyarse en la siguiente tabla, se deberá considerar que estas variables pueden cambiar, por eso es importante tener en cuenta los registros virtuales (de los DB).

NOMBRE	DIRECCIÓN
Arranque	I0.0
Paro	I0.1
DB_Arranque	DB1.DBX0.0
DB_Paro	DB1.DBX0.1
DB_Sensor	DB1.DBX0.2
Encendido	DB2.DBX0.0
Puerta	DB2.DBX0.1


Tabla 2. 1 Registro de memoria

Una vez cargado el programa se ejecutará la simulación virtual. Para hacerlo correctamente consulte el [Apéndice B](#).

De tenerse dudas con respecto al llenado de la tabla puede consultar el siguiente video: <https://youtu.be/uepHzXBXmeA?si=PQg4iarKtYxVFJVZ>

## PASO 10: Vista del ESPEJISMO

Al llenar correctamente las direcciones de memoria se desplegará el entorno del simulador. Donde se presionará el botón de arranque para que la tienda abra y pueda ejecutarse correctamente la simulación (si se hace de manera correcta el letrero cambiara de Close a Open)

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

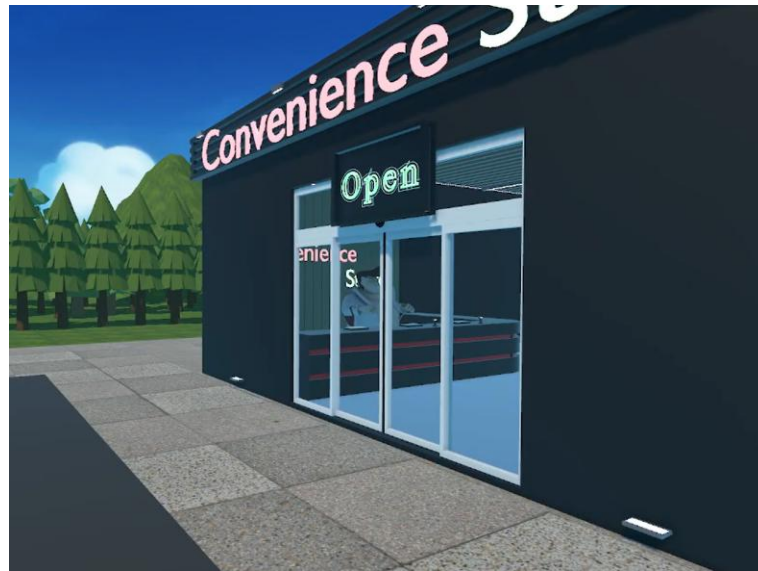



Figura 2. 20 Entorno del simulador

Para moverse dentro del entorno virtual se deberá hacer uso de las flechas del teclado. Diríjase a la puerta para poder entrar y probar el simulador:



Figura 2. 21 Interacción del alumno

También se podrá apreciar cómo interactúan los personajes con la puerta:

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
		Versión	01
Práctica 1:	<b>Salidas Autoenclavadas</b>	Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

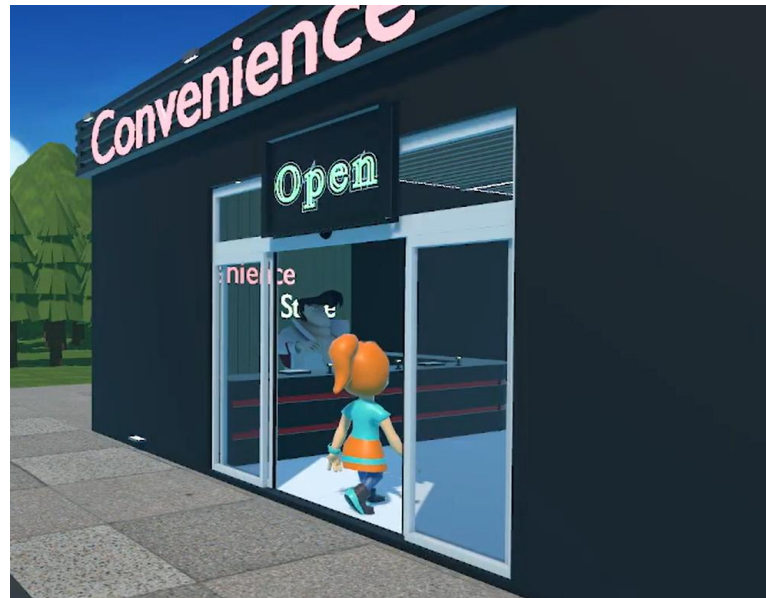



Figura 2. 22 Interacción de los personajes

Si el código es incorrecto los personajes chocarán con la puerta y se caerán, recalcando el error.



Figura 2. 23 Error de programación

En caso de querer ver la simulación antes de realizar la práctica puede hacerlo visitando el siguiente video: <https://youtu.be/vfc3AoeAWTI?si=SzHhp5wjJeMBMyiO>

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## VI. Cuestionario

1. ¿Qué tipos de temporizadores existen en los PLC y cómo funcionan?

---



---

2. ¿Qué diferencia hay entre temporización positiva y negativa?

---



---

3. ¿Qué parámetros son monitoreables en un temporizador?

---



---

4. ¿Cómo se aplica un temporizador en el control de un semáforo?

---



---

5. ¿Qué ventaja aporta un gemelo digital en la simulación de temporizadores?

---




---

6. Ejercicio práctico: Elaborar un semáforo con las siguientes condiciones; La luz roja debe estar encendida durante 5 segundos, la luz amarilla 2 segundos y la luz verde 5 segundos. Debe de llevar un arranque y un paro, al presionar el botón de paro debe apagarse todo y empezar todo nuevamente al presionar el arranque.

---



---

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## VII. Actividad de investigación

Investigue las diferencias prácticas entre TON, TOF y RTO. Explique un caso de uso para cada uno en la industria.

---



---



---

## VIII. Conclusiones y observaciones.

---




---



---

### Referencias


- [1] F. D. Petruzella, Programmable Logic Controllers, 5th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2016, ch. 7.
- [2] H. Bolton, Programmable Logic Controllers, 6th ed. Oxford, U.K.: Newnes, 2015.
- [3] J. Balcells, J. L. Romeral, and J. L. Romeral Martínez, Autómatas Programables, Barcelona, España: Marcombo, 2004. [En línea]. Disponible: <https://books.google.com.mx/books?id=xfsSjADge70C>
- [4] Siemens AG, SIMATIC STEP 7: Getting Started, Nuremberg, Germany: Siemens AG, 2010. [En línea]. Disponible: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/551/45531551/att\\_56646/v1/S7gs\\_d.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/551/45531551/att_56646/v1/S7gs_d.pdf)
- [5] K. L. Sharma, Overview of Industrial Process Automation, Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2016.
- [6] Figura 1.1: Computadora [Imagen] (2025). Recuperado de Galindo Robledo P. L., Comunicación entre un Controlador de Lógica Programable (PLC) y un entorno virtual. (2025) [Accedido en 18-10-2025].
- [7] Figura 1.2: Controlador Siemens S7-1200 [Imagen] (2025). Recuperado de Gastelum/SIEMENS: S7-1200 PLC 1212C DC/DC/DC 8DI 24VDC/6DQ 24VDC/2AI 0-10V ALIM 24VDC. (2025) [Accedido en 18-10-2025].
- [8] Figura 1.3: Botonera [Imagen] (2025). Autoría propia. (2025) [Accedido en 10-12-2025].
- [9] Figura 1.4: Pistón [Imagen] (2026). Recuperada de Cilindros neumáticos: automatización y soluciones con cilindros neumáticos. (2026) [Accedido en 11-02-2026].

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería





## Práctica 3: Contadores

### Rúbrica de evaluación

CONCEPTOS, RUBROS O ASPECTOS A EVALUAR	BUENO (2 PUNTOS) Completo entendimiento del problema, realiza la actividad cumpliendo todos los requerimientos.	REGULAR (1 PUNTO) Bajo entendimiento del problema, realiza la actividad cumpliendo algunos de los requerimientos.	INSUFICIENTE (0 PUNTOS) No demuestra entendimiento del problema o de la actividad.
1. Seguridad en la ejecución de la actividad	Identifica correctamente los peligros y fuentes de energía, minimiza los riesgos aplicando las medidas de control, realiza la verificación y firma con su nombre.	Identifica parcialmente los peligros, sin aplicar todas las medidas de control.	No aplica ninguna medida de control, no verifica y no firma.
2. Ejecución de la práctica	Muestra un entendimiento completo durante el desarrollo de las actividades, la entrega cumple con todos los requerimientos.	Muestra un entendimiento moderado durante el desarrollo de las actividades, la entrega no cumple con algunos requisitos.	No demuestra entendimiento de las actividades, la entrega no cumple con la mayoría de los requisitos.
3. Ortografía y actividades de investigación	Utiliza correctamente las reglas de ortografía, la redacción es clara y realiza las actividades de investigación correctamente apoyadas en la literatura citada.	Presenta algunos errores ortográficos, ocasionalmente descuida la forma en que escribe y realiza las actividades de investigación inadecuadamente.	Comete continuamente errores de ortografía, descuida la legibilidad en sus respuestas y no realiza las actividades de investigación.
4. Cuestionario	Responde las preguntas correctamente tomando en cuenta la información proporcionada en el fundamento teórico.	Responde parcialmente las preguntas o las respuestas no son precisas.	No responde el cuestionario.
5. Conclusiones y observaciones	Reflexiona sobre las actividades, demuestra pensamiento crítico en el desarrollo de la práctica y aporta con recomendaciones sobre las actividades.	Las conclusiones entregadas son únicamente un recuento de lo realizado en la práctica sin generar ninguna observación.	No genera conclusiones ni observaciones.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## I. Seguridad en la ejecución


	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado	Medidas de control	Verificación
1 <sup>o</sup>	Voltaje alterno 	Electrocución 	Identificar los puntos energizados antes de realizar la actividad y evitar contacto	<input type="checkbox"/>
2 <sup>do</sup>	Voltaje continuo 	Daño a equipo 	Verificar polaridad y nivel antes de realizar la conexión del equipo o dispositivo	<input type="checkbox"/>
Apellidos y nombres:			_____	

## II. Objetivos de aprendizaje

**Objetivo general:** El alumno aprenderá el funcionamiento y la programación de los contadores en un PLC, aplicándolos en sistemas de producción simulados **y físicos** mediante gemelos digitales.

### Objetivos específicos:

- El alumno aplicará su conocimiento de programación para emplear algún contador disponible en el PLC.
- El alumno programará un contador para encender o apagar alguna salida tras activarse una señal un cierto número de veces predeterminado.
- El alumno diseñará un sistema de llenado de contenedores en un gemelo digital que se sincronice con el montaje físico, comprobando que los eventos de conteo ocurran de manera equivalente en ambos entornos.
- El alumno utilizará sensores virtuales y físicos para detectar la presencia de contenedores y piezas, verificando la precisión del conteo.
- El alumno correlacionará los valores de conteo acumulado (CV) con las condiciones programadas, asegurando que la compuerta de una tolva cierre exactamente al alcanzarse el número de piezas definido.
- El alumno llevará un registro simultáneo de la cantidad de piezas y de contenedores llenados, validando la robustez de la lógica de conteo en un gemelo digital.
- El alumno valorará la importancia de los gemelos digitales en la validación de procesos de producción, destacando su utilidad para optimizar ciclos industriales antes de su implementación real.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

### III. Introducción

En muchos de los procesos industriales, es necesario registrar la ocurrencia de eventos más que medir intervalos de tiempo. Para ello, los contadores en PLC son herramientas esenciales, pues permiten incrementar (**CTU**), decrementar (**CTD**) o gestionar ambos conteos (**CTUD**) en función de señales de entrada [1]. Estos dispositivos virtuales sustituyen con ventaja a los contadores electromecánicos al integrarse en la lógica del programa y almacenar los valores en el mapa de memoria del controlador [2].

Petruzella describe que los contadores permiten accionar salidas al alcanzar un valor preestablecido, siendo fundamentales en operaciones como el conteo de piezas, el llenado de lotes o la activación de alarmas después de cierto número de ciclos [1]. Por su parte, Balcells señala que la combinación de contadores con sensores y actuadores ofrece gran versatilidad para resolver problemas de clasificación, empaquetado y producción repetitiva [3].

En esta práctica, el sistema virtual simula una banda transportadora con una tolva y sensores de proximidad, en la que cada contenedor se llena con un número predeterminado de piezas. El conteo se refleja simultáneamente en el PLC, en la interfaz virtual **y en la parte física**, asegurando que la simulación y el montaje real operen de manera sincronizada [4]. Siemens recomienda este tipo de ejercicios por su potencial para enseñar la relación entre las entradas discretas, el conteo acumulado y la activación de salidas controladas [4].

El uso de gemelos digitales permitirá validar la lógica de conteo tanto en condiciones simuladas como reales, reduciendo riesgos y aumentando la comprensión de cómo los eventos discretos se convierten en variables de control industrial [5].

### IV. Material y equipo




[6] Figura 3.1 Computadora



[7] Figura 3.2 Controlador Siemens S7-1200



[8] Figura 3.3 Botonera

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
		Versión	01
Práctica 1:	<b>Salidas Autoenclavadas</b>	Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## V. Desarrollo de la actividad

En esta práctica se aborda el uso de contadores en PLC para registrar eventos discretos dentro de sistemas de producción. El ejercicio consiste en simular una banda transportadora con una tolva y sensores que permiten llevar un conteo preciso de piezas y contenedores, tanto en el montaje físico como en el gemelo digital.

El sistema opera de la siguiente manera: una caja avanza por la banda hasta activar un sensor que detiene el movimiento y abre la tolva; un segundo sensor cuenta la caída de cinco pelotas dentro de la caja, tras lo cual la compuerta de la tolva se cierra y la banda se reactiva. La caja continúa hasta un segundo sensor que vuelve a detenerla para ejecutar el sellado; una vez completado, la banda se pone nuevamente en marcha hasta llevar la caja al final del recorrido. Durante todo el proceso, los valores de conteo se sincronizan entre el PLC, la simulación y el entorno físico, permitiendo comprobar que las condiciones programadas se cumplen de forma equivalente en ambos escenarios y evidenciando la utilidad del gemelo digital para validar ciclos industriales basados en conteos.

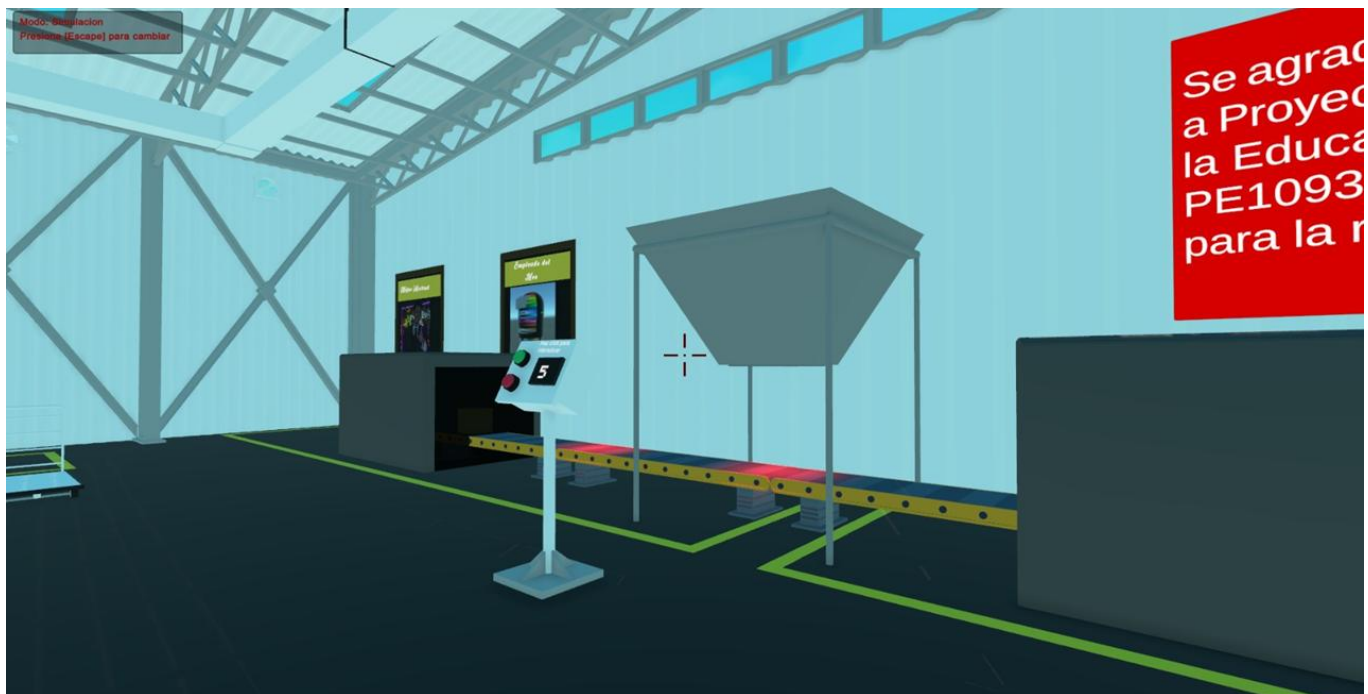



Figura 3. 4 Sistema de envasado por cantidad

### PASO 1: Creación de proyecto en TIA Portal

Para comenzar con el desarrollo de la práctica se tendrá que crear un nuevo proyecto en TIA Portal. Para hacerlo puede consultar el [Apéndice A](#).

### PASO 2: Creación de tags

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Continuando en el árbol de proyecto, se accederá a “PLC tags”, y dentro de “Default tag table” se declararán las variables necesarias para esta práctica: “Arranque” y “Paro”.

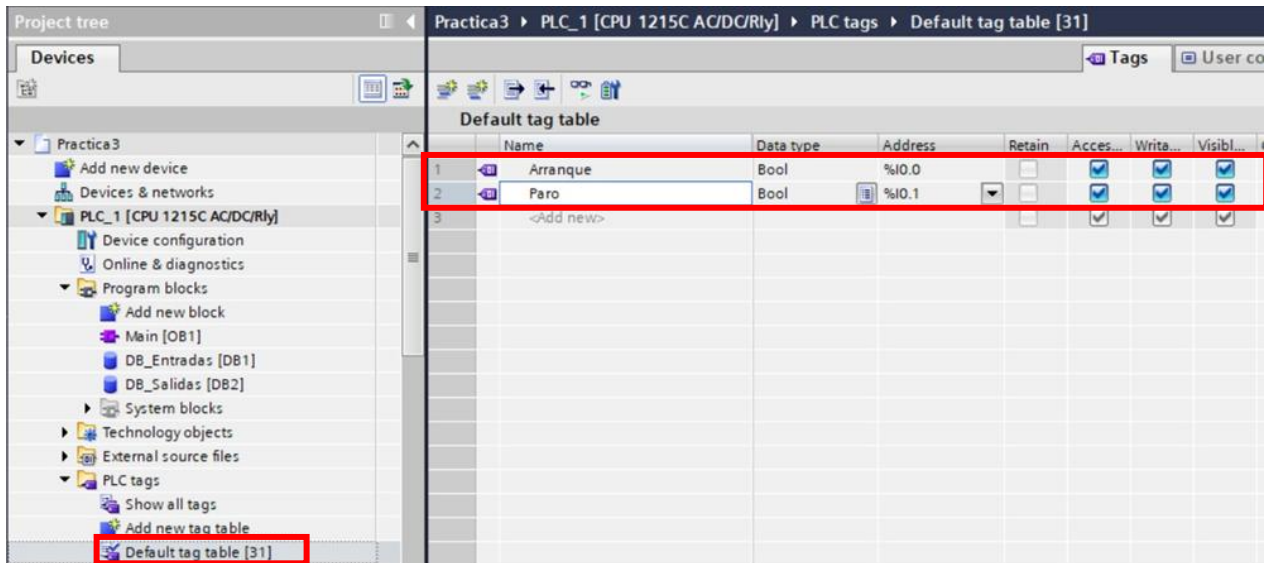


Figura 3. 5 Declaración de Tags

### PASO 3: Creación, configuración y compilación de los Data Block (DB)

Para la creación, configuración y compilación de los DB, puede consultar el [Apéndice C](#).

En esta práctica se va a requerir la creación de dos DB; el primero debe de ser nombrado como “DB\_Entradas” y el segundo debe corresponder a “DB\_Salidas”.

### PASO 4: Llenar los DB

Data block de entradas:

En su interior se declararán las variables “Arranque”, “Paro”, “SensorPosiciónCaja”, “SensorPelotas” y “SensorSellado”. (Figura 3.6).

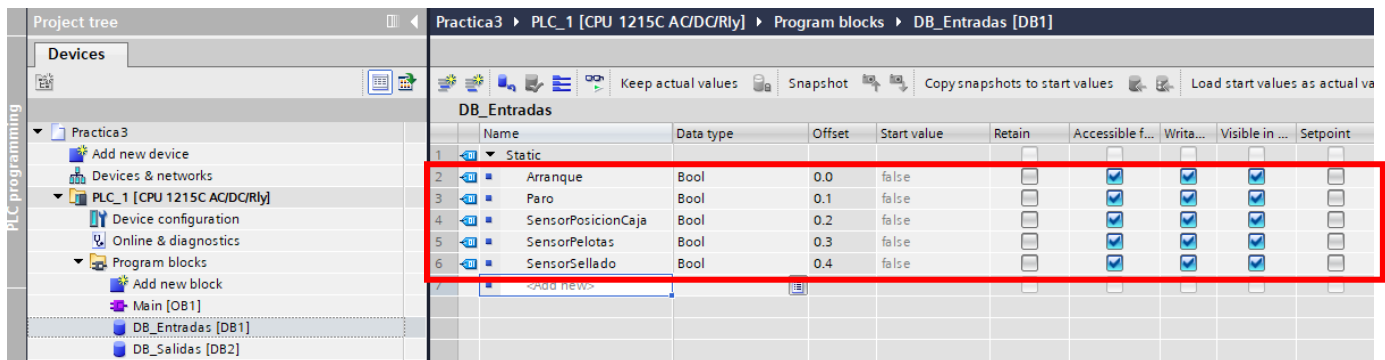



Figura 3.6 DB\_Entradas

Para este caso es necesario recurrir a más señales de entradas proporcionadas por sensores, ya que con ellas se logrará el funcionamiento de nuestra línea de operación.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Data block de salidas:

Después, en el segundo *Data block* denominado “DB\_Salidas”, se declarará la variable “Encendido”, “Banda”, “Tolva” y “ContadorPelotas” (Recuerda declarar esta última como entera). (Figura 3.7).

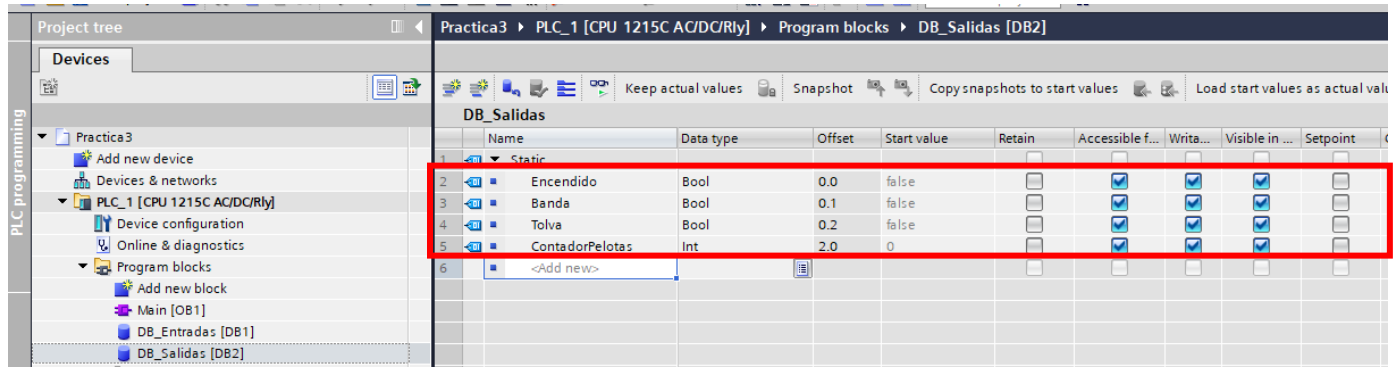


Figura 3.7 DB\_Salidas

### PASO 5: Verificar que estén compilados.

Es necesario verificar que los dos DB estén compilados, si se tiene duda con respecto a este paso, consultar el [Apéndice C](#).

### PASO 6: Creación del diagrama de escaleras

En el bloque “Main”, se desarrollará el programa correspondiente a la Práctica 3. Al abrirlo, se mostrará el entorno de programación (Figura 3.8).

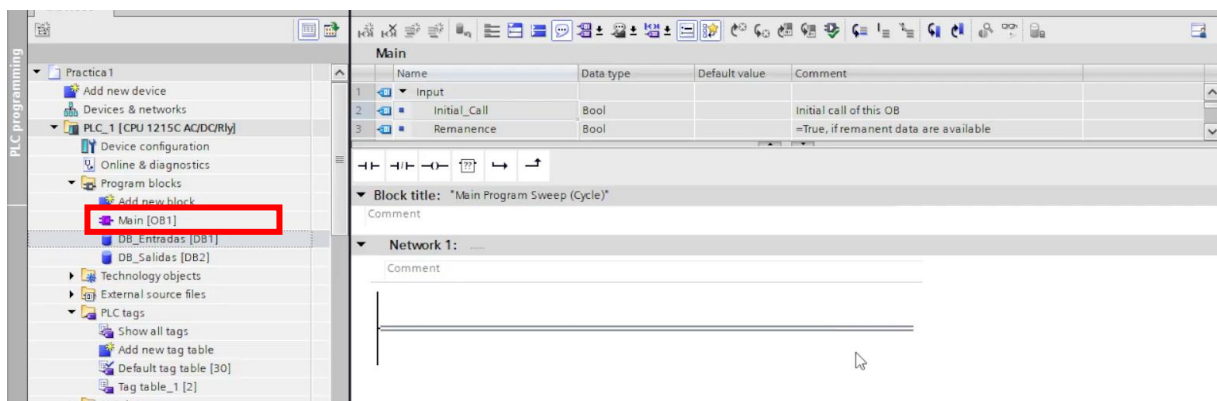


Figura 3. 8 Entorno de programación TIA Portal

Utilizando las herramientas de TIA Portal (Figura 3.9):

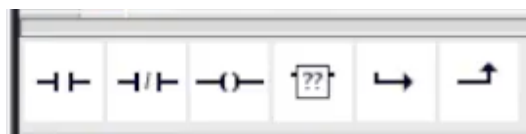



Figura 3. 2 Herramientas de TIA Portal

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Para elaborar el primer renglón del programa se realizará un enclavamiento muy parecido al que corresponde a la Práctica 1 y 2. En general casi todos los programas requieren de enclavados.

Se inserta un contacto normalmente abierto y se le asigna “Arranque” (señal declarada dentro de los tags). A continuación, se coloca un contacto NC con la señal de “Paro” declarada en los tags. Después en otro contacto NC y se asigna la entrada “Paro” de “DB\_Entradas” (señal virtual). Al final del renglón se coloca una bobina de salida y se selecciona el DB “DB\_Salidas”, asignando el elemento “Encendido”. En paralelo a nuestro primer arranque colocamos la señal de “Arranque” pero en esta ocasión el que corresponde al “DB\_Entradas”.

Para realizar el autoenclavamiento, se crea una rama en paralelo a los contactos NA. Se selecciona el “DB\_Salidas”, asignando el elemento “Encendido”, se debe de tener cuidado en que el nombre sea exactamente el mismo que el de la bobina del final del primer renglón (Figura 3.10).

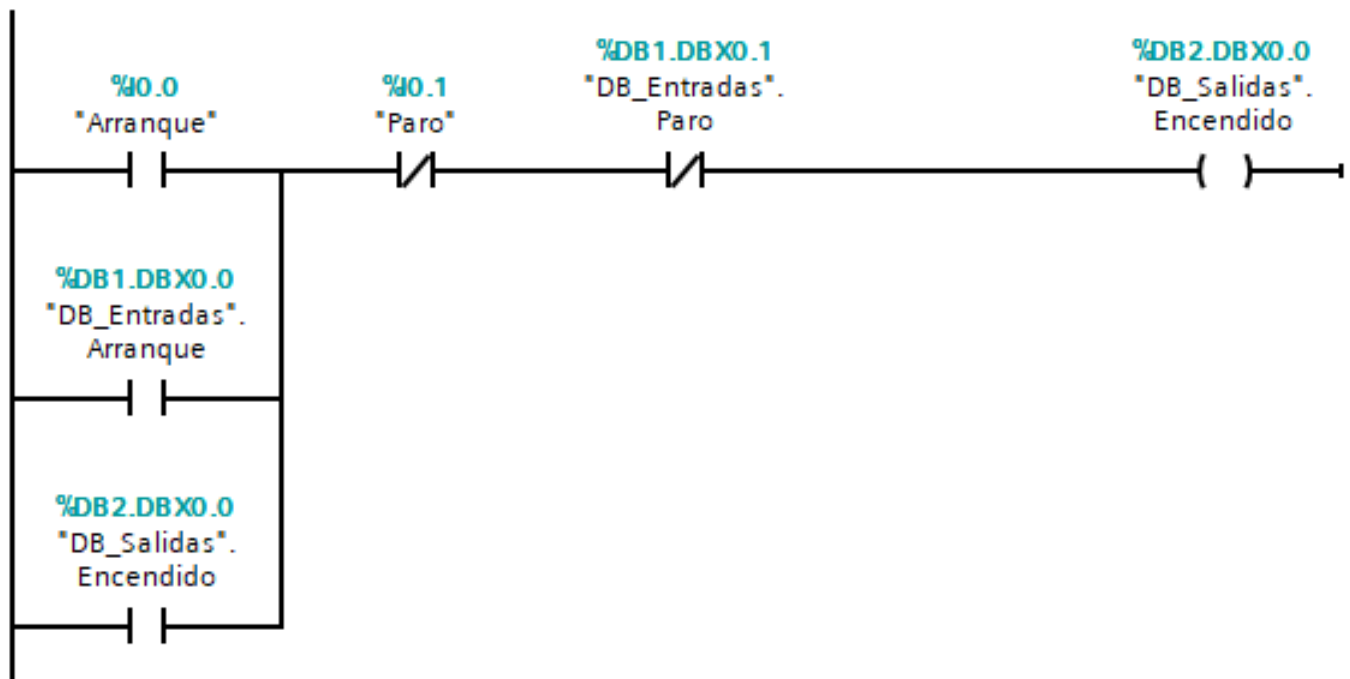



Figura 3. 10. Primer renglón del diagrama de escalera

En el segundo renglón se inserta un contacto NA y se asigna el DB “DB\_Salidas”, seleccionando el elemento “Encendido”. A continuación, se coloca un contacto NC y se selecciona la salida Q del bloque IEC\_Counter\_0\_DB al cual llamaremos “Contador”. Después se inserta un contacto NC y se asigna el “DB\_Salidas”, seleccionando el elemento “Tolva”. Al final del renglón se coloca una bobina de salida y se asigna el “DB\_Salidas”, seleccionando el elemento “Banda”. En paralelo al contacto del contador se inserta un contacto NC y se asigna el DB “DB\_Entradas”, seleccionando el elemento “SensorPosicionCaja”.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

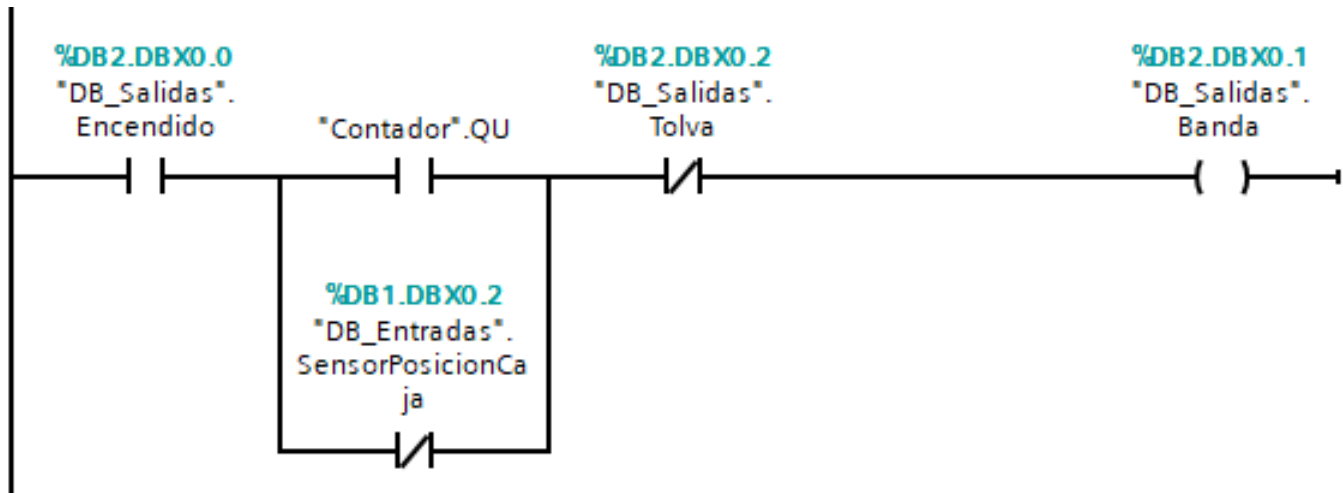


Figura 3.11. Segundo renglón de diagrama de escalera

En el tercer renglón se inserta un contacto NA y se asigna el DB “DB\_Entradas”, seleccionando el elemento “SensorPosicionCaja”. A la derecha se coloca un contacto NA y se asigna el “DB\_Salidas”, seleccionando el elemento “Encendido”. Posteriormente se inserta un contacto NC y se selecciona la salida Q del bloque IEC\_Counter\_0\_DB llamado “Contador”. Al final del renglón se coloca una bobina de salida y se asigna el “DB\_Salidas”, seleccionando el elemento “Tolva”.

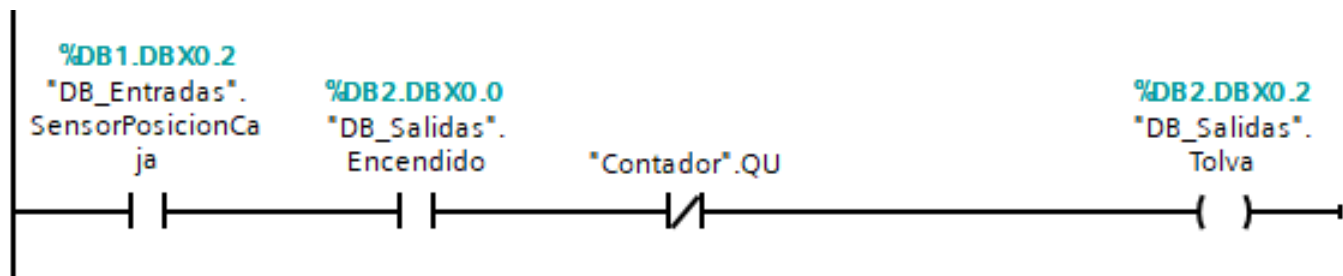



Figura 3.12. Tercer renglón de diagrama de escalera

En el cuarto renglón se inserta un contacto NA y se asigna el “DB\_Entradas”, seleccionando el elemento “SensorPelotas”. A continuación, se inserta un contador ascendente tipo CTU y se selecciona el bloque IEC\_Counter\_0\_DB al cual nombramos “Contador”. La entrada CU queda asociada al contacto del sensor. En la entrada R se asigna el DB “DB\_Entradas”, seleccionando el elemento “SensorSellado”. En el parámetro PV se introduce el valor correspondiente (En este caso es de 5 pelotas). Finalmente, la salida CV del contador se asigna al DB “DB\_Salidas”, seleccionando el elemento “ContadorPelotas”.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

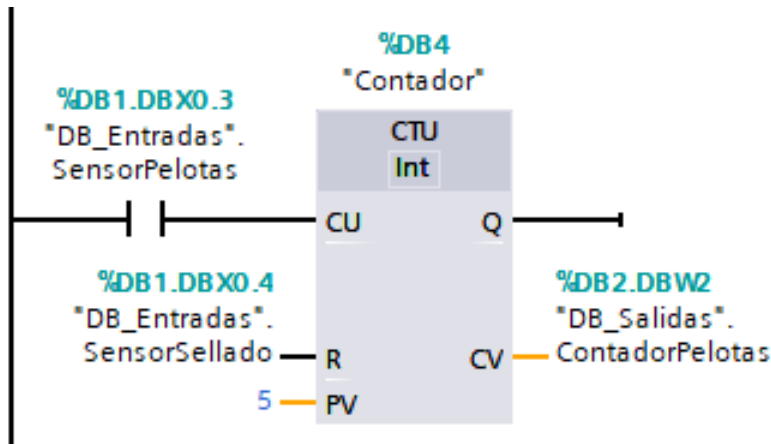


Figura 3. 13 Cuarto renglón de diagrama de escaleras

De tenerse dudas con respecto a la programación puede consultar el siguiente video: [https://youtu.be/w8GOHYgPZZ4?si=s\\_G7Sy-u00uOtGY3](https://youtu.be/w8GOHYgPZZ4?si=s_G7Sy-u00uOtGY3)

### PASO 7: Compilar TIA Portal

Una vez que se completa el diagrama de escalera es necesario compilar el proyecto en TIA Portal, esto nos ayuda a realizar una detección temprana de posibles errores. Ya que si tiene errores graves no va a permitir la compilación.

Sin embargo, si la compilación es correcta la simulación “ESPEJISMO” nos va a permitir detectar errores en la lógica de control.

De tenerse dudas en cuanto a la compilación de un proyecto en TIA Portal puede dirigirse al [Apéndice D](#).


### PASO 8: Conectarse al simulador

Cuando el programa compile de manera correcta, ya se puede hacer la conexión al software “ESPEJISMO”, es de vital importancia seguir cada paso de manera correcta, ya que de no hacerlo podrían llegar a presentarse complicaciones para ejecutar la simulación.

Para ello es necesario consultar el [Apéndice E](#).

En esta práctica se busca replicar el funcionamiento de una empaedora industrial utilizando una simulación en Unity, donde el alumno podrá observar e interactuar con un sistema automático compuesto por una banda, una tolva y varios sensores. Dentro del entorno virtual aparecerá una caja avanzando por la banda de forma continua; cuando la lógica del programa esté correctamente implementada, la caja se detendrá justo frente al sensor de posición, la tolva se abrirá en el momento adecuado y se depositarán exactamente cinco pelotas en su interior.

Si la programación es correcta, la banda se reactivará después del llenado y llevará la caja al siguiente punto, donde otro sensor detendrá el avance para simular el proceso de sellado. Una vez concluido, la banda volverá a moverse hasta llevar la caja al final del recorrido. Todo este ciclo podrá observarse en tiempo real, permitiendo al alumno comprobar cómo cambian los valores del contador y cómo influyen en el comportamiento de los actuadores dentro de la escena.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Sin embargo, si existen errores en la lógica, por ejemplo, si el contador no incrementa, si la tolva no cierra, o si la banda arranca antes de tiempo la simulación mostrará fallas visibles, como cajas que reciben menos pelotas, contenedores que se desbordan o movimientos adelantados que interrumpen el proceso. Estas inconsistencias permitirán al alumno identificar con claridad qué parte del código debe corregirse.

Al ejecutar el gemelo digital, se iniciará la carga de la simulación (el proceso puede tardar algunos segundos), se desplegará el siguiente menú en el que seleccionará la Práctica 3.

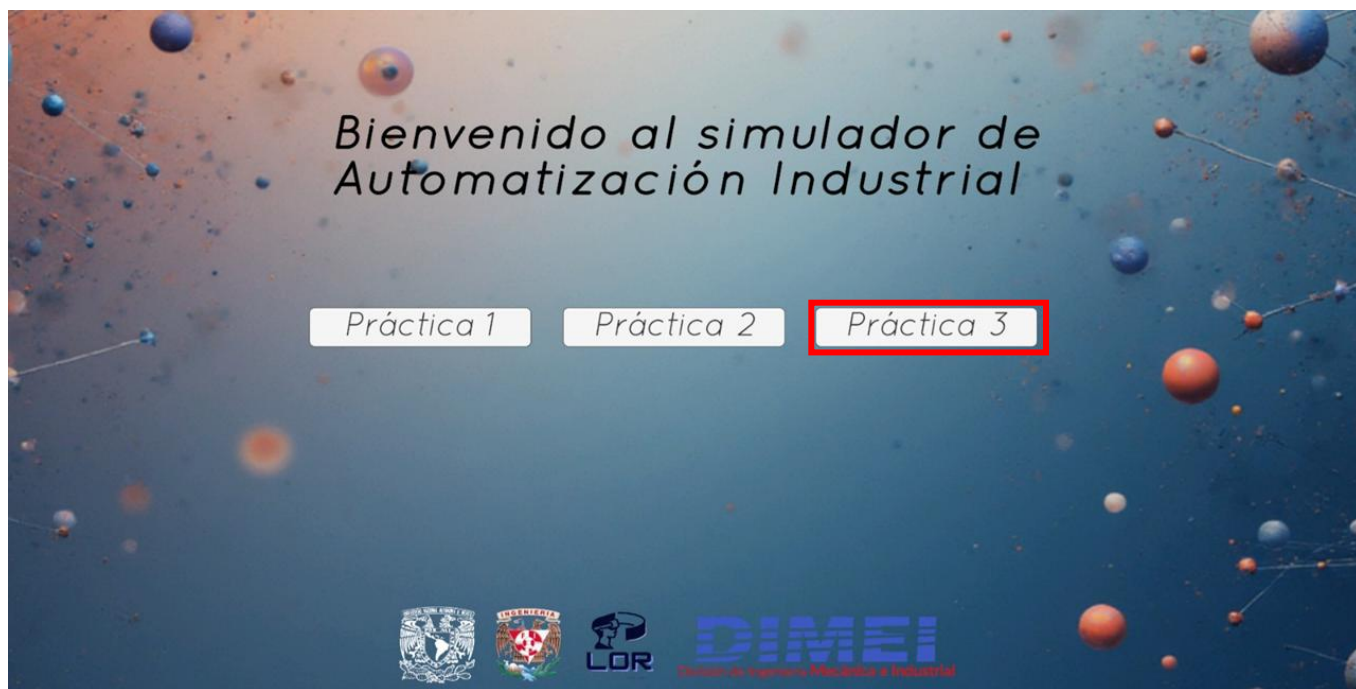



Figura 3. 14 Menú del simulador

El sistema permitirá elegir entre el uso del simulador o el PLC físico; para esta práctica, se seleccionará “*PLCSIM*”, y se continuará presionando “*Siguiente*”.



Figura 3. 15 Selección de uso

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Para poder hacer uso del hardware “ESPEJISMO”, se va a requerir del llenado de una tabla de registros de memoria. Al ser esta tabla parte del simulador, únicamente va a requerir las señales virtuales, las cuales son declaradas dentro de los Data Blocks.

Llenar esta tabla es de vital importancia ya que, de no hacerlo correctamente, se mostrarán errores en la simulación.

Para ello puede hacerse de dos maneras diferentes, la primera es de forma automática con uso de la opción “Pre-sets”

En la siguiente pantalla (Figura 3.16), se seleccionará “Conectar”.

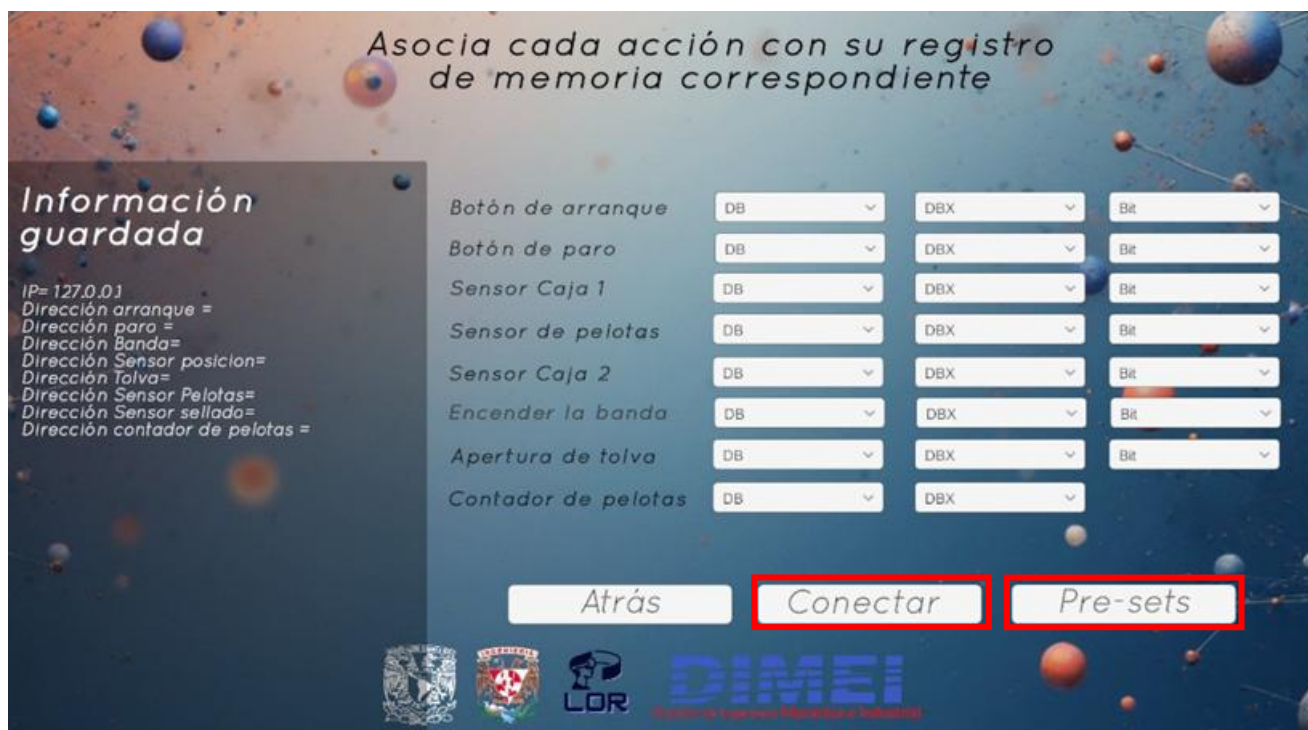



Figura 3.16 Registro de dirección de memoria

De esta manera los registros son asociados de manera automática y solo es cuestión de verificar que sean correctos comparando el recuadro “Información guardada” con las direcciones de nuestro proyecto de TIA Portal, la cuales aparecen en la parte superior al nombre de cada contacto usado en el diagrama de escalera como se muestra en la Figura 3. 17:

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

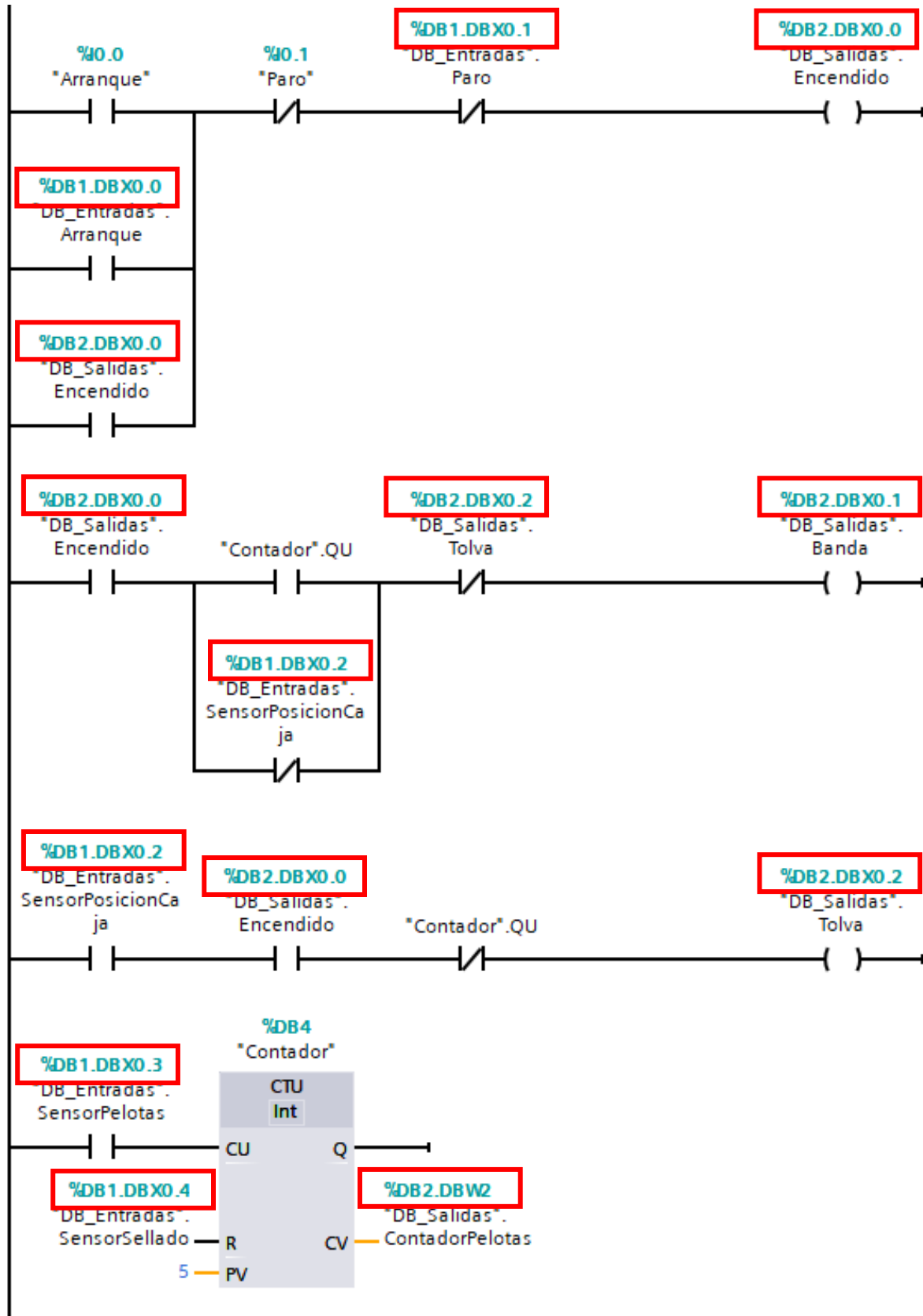



Figura 3. 17. Registros de memoria en LAD

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Para poder conectarse al simulador de manera manual se recomienda apoyarse en la siguiente tabla, se deberá considerar que estas variables pueden cambiar, por eso es importante tener en cuenta los registros virtuales (de los DB).

NOMBRE	DIRECCIÓN
Arranque	I0.0
Paro	I0.1
DB_Arranque	DB1.DBX0.0
DB_Paro	DB1.DBX0.1
DB_SensorPosicionCaja	DB1.DBX0.2
DB_SensorPelotas	DB1.DBX0.3
DB_SensorSellado	DB1.DBX0.4
DB_Encendido	DB2.DBX0.0
DB_Banda	DB2.DBX0.1
DB_Tolva	DB2.DBX0.2
DB_ContadorPelotas	DB2.DBW2

Tabla 3.1 Registro de memoria

De tenerse dudas con respecto al llenado de la tabla puede consultar el siguiente video: <https://youtu.be/r7Qmhlvo2jo?si=rJILV8yPbojXZPrv>

### PASO 10: Vista del ESPEJISMO

Al llenar correctamente las direcciones de memoria se desplegará el entorno del simulador.

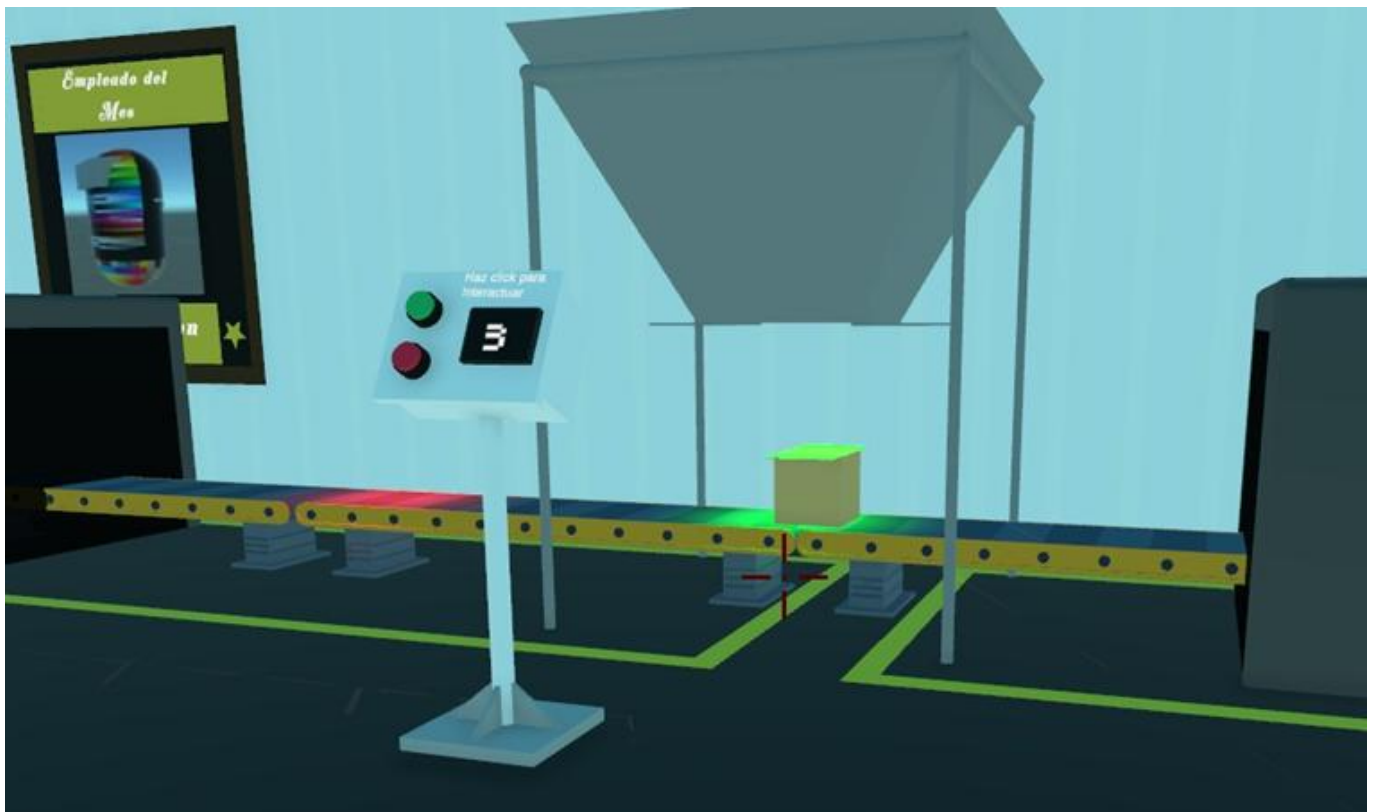



Figura 3. 18 Entorno del simulador

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Para moverse dentro del entorno virtual se deberá hacer uso de las flechas del teclado. Diríjase a la botonera, en ella podrá apreciar el conteo de pelotas.

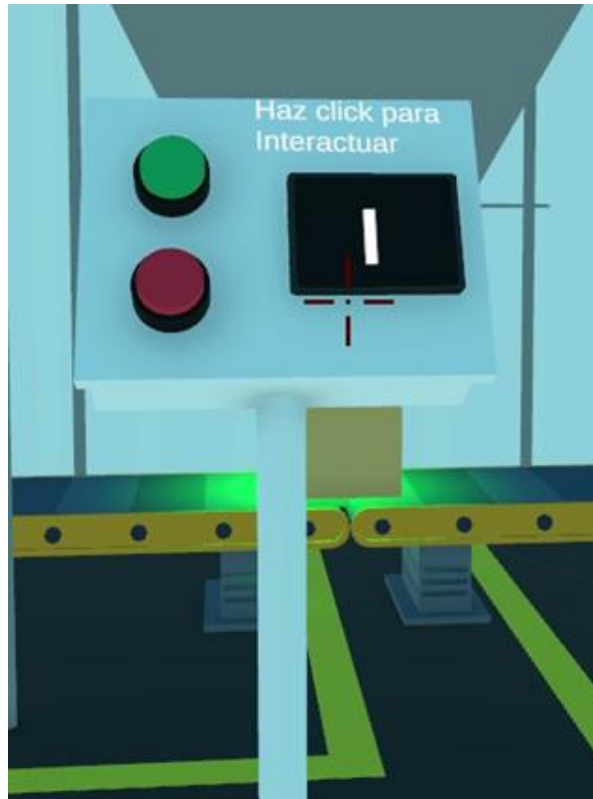



Figura 3. 19 Tablero de control con contador

En caso de querer ver la simulación antes de realizar la práctica puede hacerlo visitando el siguiente video: <https://youtu.be/OB31sQXsOSY?si=vZ1tpCI4FO1pmRdF>

## VI. Cuestionario

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

1. ¿Qué tipos de contadores existen en los PLC y cómo se diferencian (CTU, CTD, CTUD)?

---



---



---

2. ¿Cómo se almacenan los valores de un contador en el PLC?

---



---



---

3. ¿Cuál es una aplicación práctica de un contador en la industria?

---



---



---

4. ¿Qué sucede cuando el valor acumulado alcanza el preset definido?

---



---



---

5. ¿Cómo interactúan los **sensores físicos** y virtuales en el gemelo digital para el conteo?


---



---



---

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## VII. Actividad de investigación

Investigue cómo se implementan los contadores en lógica de escalera y cuáles son sus principales aplicaciones industriales.

---



---



---



---



---

## VIII. Conclusiones y observaciones.

---




---



---

### Referencias

- [[1] F. D. Petruzella, Programmable Logic Controllers, 5th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2016, ch. 8.
- [2] H. Bolton, Programmable Logic Controllers, 6th ed. Oxford, U.K.: Newnes, 2015.
- [3] J. Balcells, J. L. Romeral, and J. L. Romeral Martínez, Autómatas Programables, Barcelona, España: Marcombo, 2004. [En línea]. Disponible: <https://books.google.com.mx/books?id=xfsSjADqe70C>
- [4] Siemens AG, SIMATIC STEP 7: Getting Started, Nuremberg, Germany: Siemens AG, 2010. [En línea]. Disponible: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/551/45531551/att\\_56646/v1/S7gs\\_d.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/551/45531551/att_56646/v1/S7gs_d.pdf)
- [5] K. L. Sharma, Overview of Industrial Process Automation, Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2016.
- [6] Figura 1.1: Computadora [Imagen] (2025). Recuperado de a Galindo Robledo P. L., Comunicación entre un Controlador de Lógica Programable (PLC) y un entorno virtual. (2025) [Accedido en 18-10-2025].
- [7] Figura 1.2: Controlador Siemens S7-1200 [Imagen] (2025). Recuperado de Gastelum/SIEMENS: S7-1200 PLC 1212C DC/DC/DC 8DI 24VDC/6DQ 24VDC/2AI 0-10V ALIM 24VDC. (2025) [Accedido en 18-10-2025].
- [8] Figura 1.3: Botonera [Imagen] (2025). Autoría propia. (2025) [Accedido en 10-12-2025].

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## APÉNDICE A: Creación de un proyecto en TIA Portal

Para crear un nuevo proyecto se procederá a abrir *TIA Portal*.



Figura A. 1 TIA Portal

Dentro de TIA Portal, se creará un nuevo proyecto, asignándole un nombre, una ruta para guardar los archivos en el campo “path” y registrando el nombre del autor en el campo “Author”. Después, se presionará el botón “create” (Figura A.2).

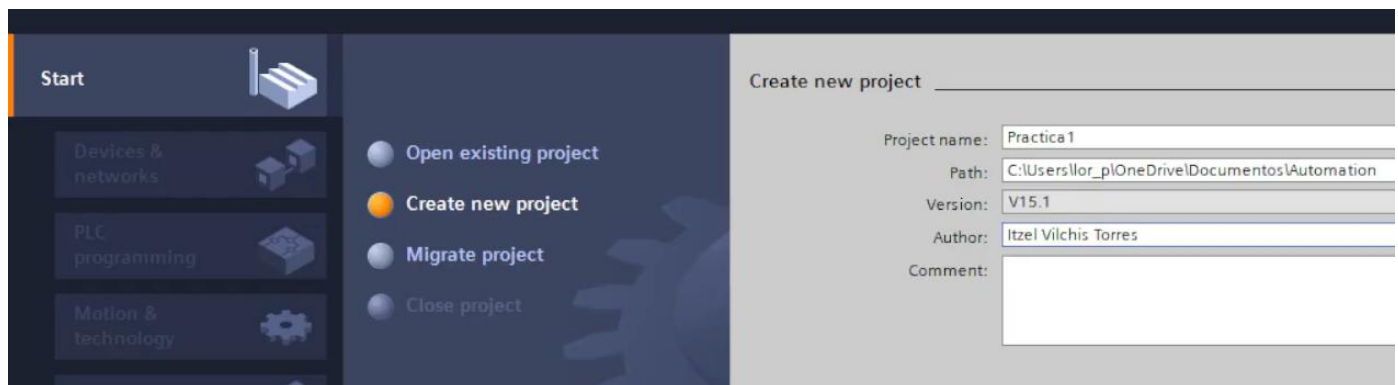



Figura A.2 Crear nuevo proyecto

En la sección “Device & networks”, deberá seleccionarse “Add new device”. Dentro de las carpetas, se navegará por: “Controllers”, “SIMATIC S7-1200”, “CPU”, “CPU 1215C AC/DC/Rly”, eligiendo el modelo correspondiente a “6ES7 215-1BG40-0XB0” (Figura A.3).

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

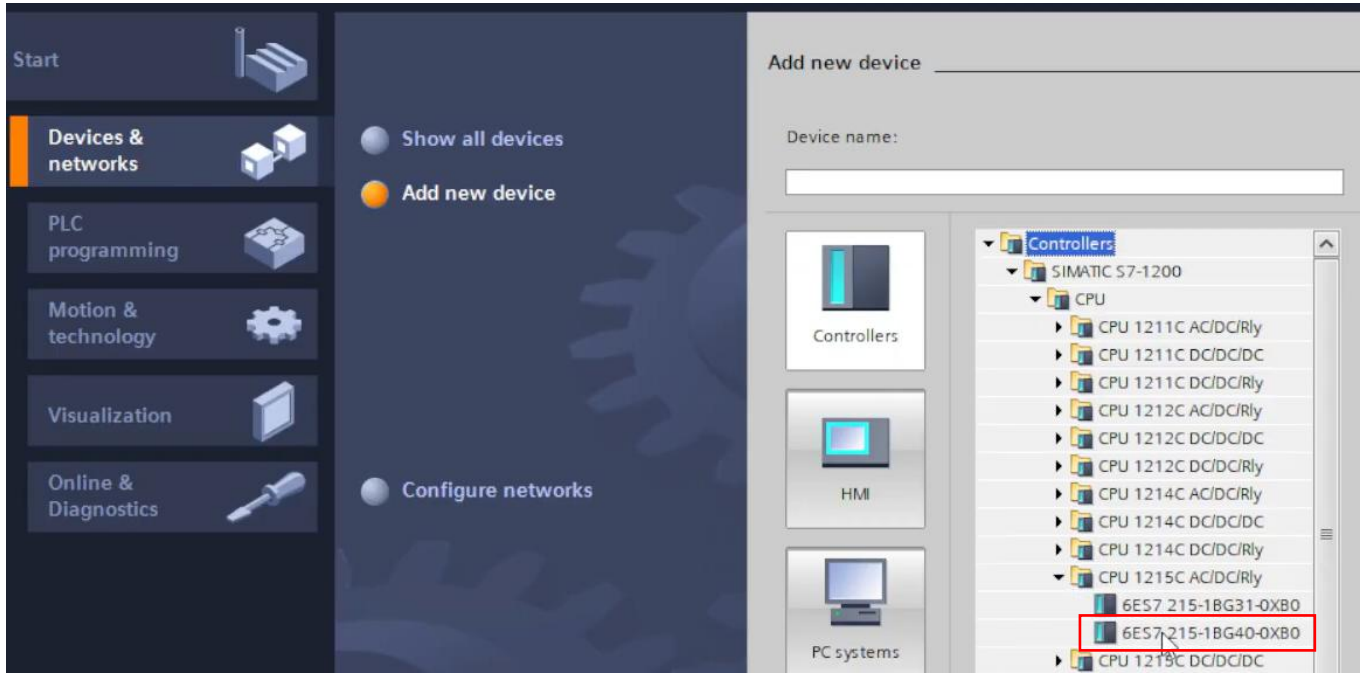


Figura A. 3 Agregar el nuevo dispositivo

Una vez que cargado, se desplegará la vista general del dispositivo (Figura A.4).

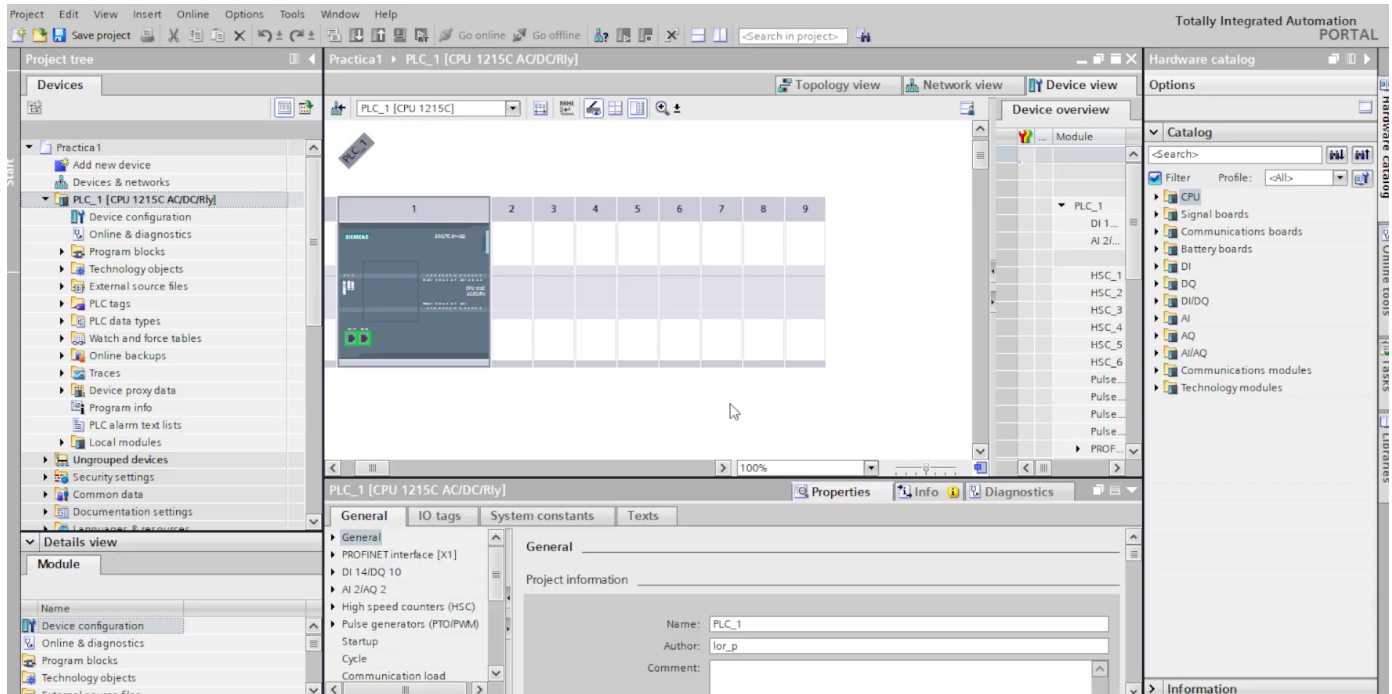



Figura A. 4 Vista general

De acuerdo al número de su equipo será necesario consultar la siguiente tabla de direcciones IP para el siguiente paso:

	<b>Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial</b>	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
		Versión	01
Práctica 1:	<b>Salidas Autoenclavadas</b>	Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

No. De gabinete	NO. DE PLC / BRIGADA	DIRECCIÓN IP (192.168.105.XXX)
1	01	121
	02	122
2	03	123
	04	124
	05	125
3	06	126
	07	127
4	08	128
	09	129
	10	130

Tabla A. 1. Direcciones IP

En la parte inferior central de la interfaz, se abrirá el menú “PROFINET interface [X1]”, después “Ethernet addresses” y se configurará la IP correspondiente al equipo utilizado (Figura A.5).

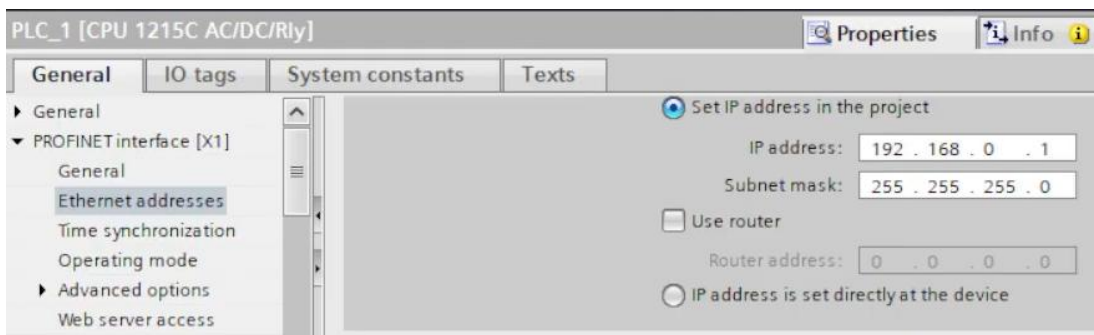


Figura A. 5 Configuración de IP

Dentro de la misma categoría “General”, se desplegará “Protection & Security”, para seleccionar “Connection mechanisms” y activar la opción de “Permitir acceso con comunicación PUT/GET” (Figura A.6).

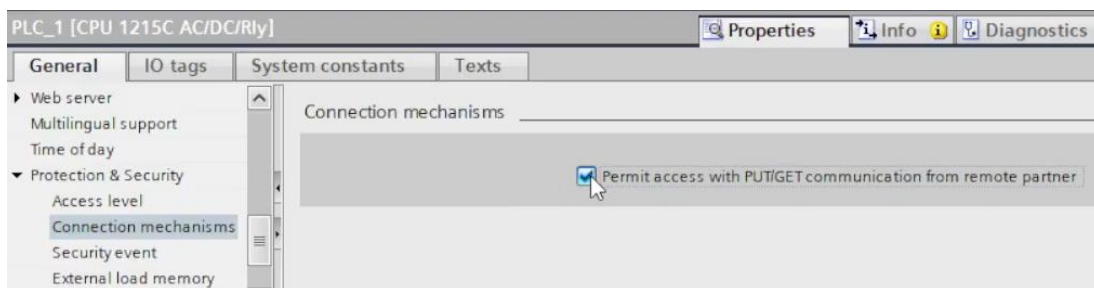



Figura A. 6 Activación de PUT/GET

En el panel lateral derecho, se mostrará un menú con módulos disponibles. Se deberá desplegar, “DI/DQ”, luego “DI 16x24VDC/DQ 16xRelay” y seleccionar el módulo “6ES7 223-1PL32-0XB0” (Figura A.7). Este módulo aparecerá en el recuadro 2 de la vista del proyecto.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

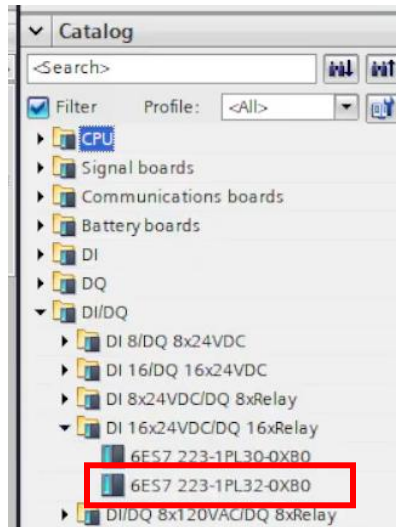


Figura A. 7 Elección de módulo

Al hacer doble clic sobre él, se mostrará el menú inferior, donde se abrirá la sección “DI 16/DQ 16”, posteriormente “I/O addresses”, y se modificarán las direcciones tanto para “Input addresses” como para “Output addresses”: “Start address” a 2 y las “End address” por el número 3 (Apéndice A.8).

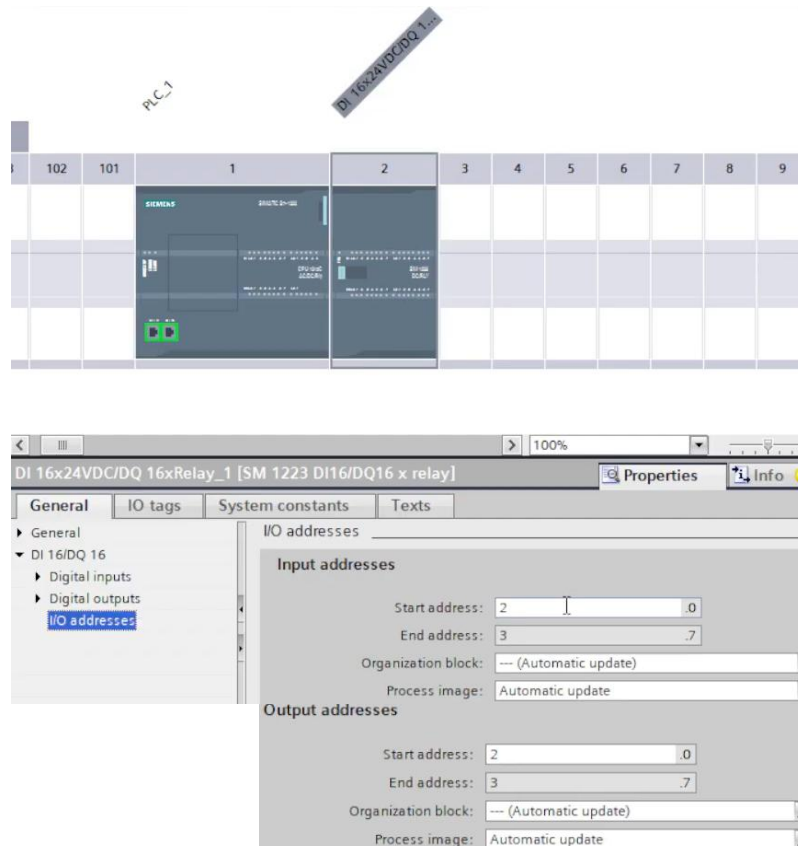



Figura A. 8 Direcciones de entradas y salidas

Como apoyo visual se puede consultar el siguiente video: [https://youtu.be/I1p\\_czCEkxc?si=inFQ3leD25s\\_zGR5](https://youtu.be/I1p_czCEkxc?si=inFQ3leD25s_zGR5)

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## APÉNDICE B: Creación tags dentro de un proyecto de TIA Portal


Para la creación de los tags es necesario dirigirse al árbol de operaciones que se encuentra en la parte lateral derecha del proyecto. En este árbol se va a encontrar el apartado de “PLC tags” dentro de este se va a encontrar “Default tag table”.

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...
1	Arranque	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Paro	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	<Add new>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Apéndice B. 1. Tabla de tags

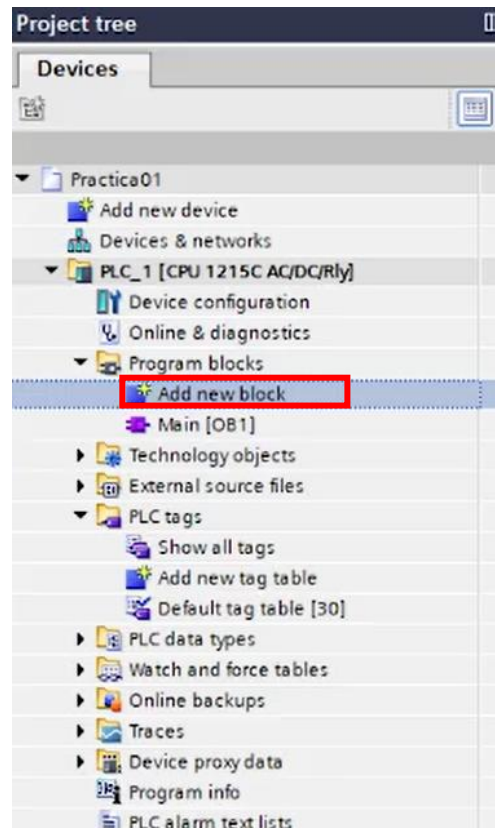
Dentro de esta tabla se tienen que declarar las señales que se van a utilizar para el desarrollo del programa, estas pueden variar dependiendo de lo que se requiera. Con frecuencia lo que no cambia es la señal de arranque y la señal de paro.

Como apoyo visual se puede consultar el siguiente video: <https://youtu.be/pv0NVXNDtZw?si=fwyACzevQ3cHqXDn>

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería


## APÉNDICE C: Creación, configuración y compilación de los Data Block (DB)

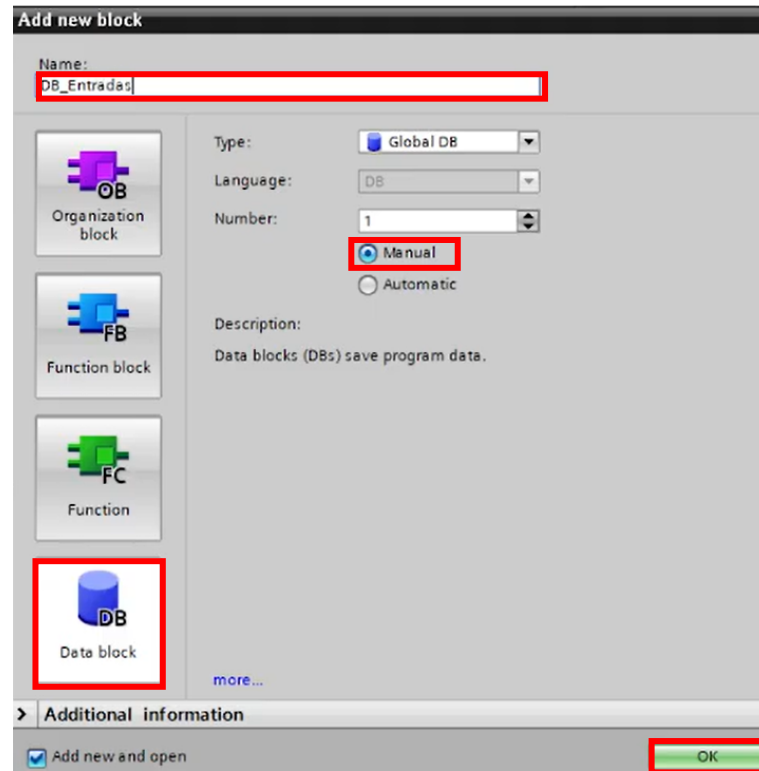
Para crear un Data Block (DB) es necesario dirigirse al árbol de operaciones que se encuentra en la parte lateral izquierda, aquí se encontrará el apartado “Program blocks” y dentro de este se tiene el apartado de “Add new blocks”.



Apéndice C. 1. Creación de un Data Block

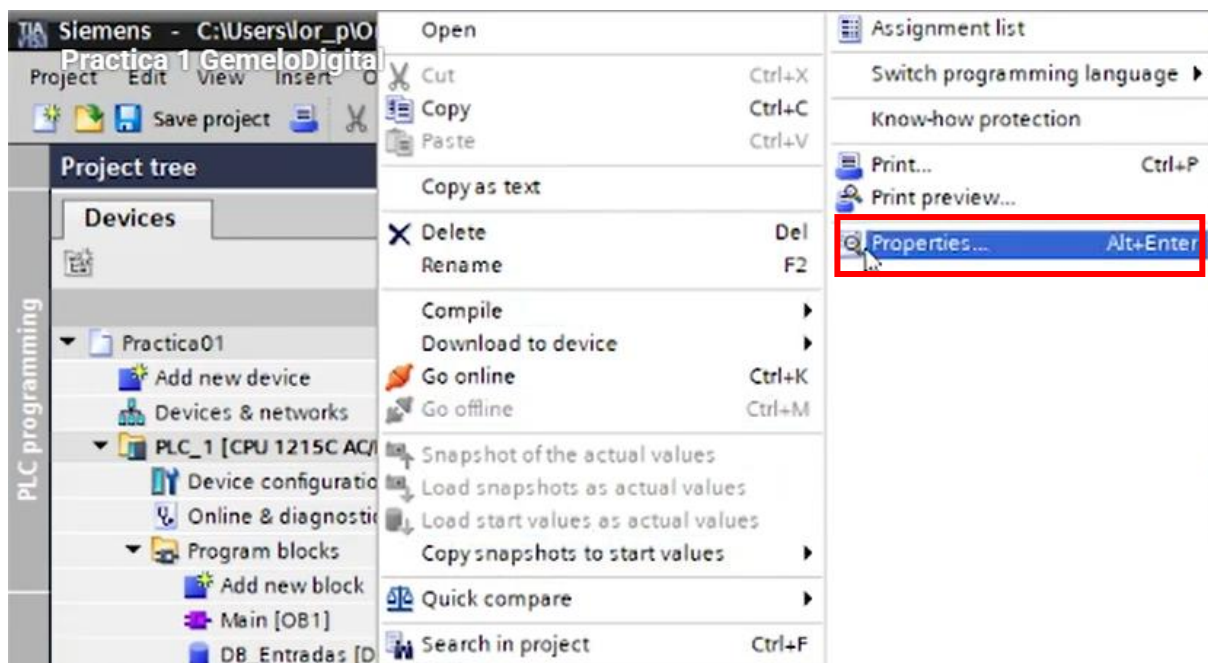
Una vez aquí se nos van a mostrar cuatro opciones, nosotros elegiremos la cuarta “Data Block”, se le asignará un nombre en “Name”, también nos aseguraremos de que esté en “Manual”. Una vez que se corrobore esto podemos presionar el botón de “Ok”.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería




Apéndice C. 2. Selección de DB

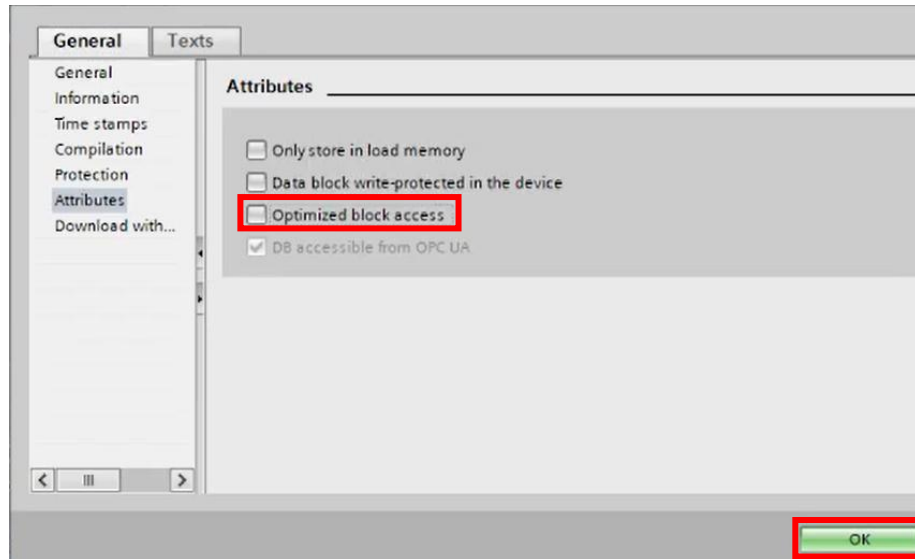
Una vez creado el DB es necesario configurarlo, para esto en el árbol de operaciones, en el DB se da click derecho y cuando se despliegue el menú se elige la opción de “Properties...”.



Apéndice C. 3. Configuración de DB

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

En la sección de “Attributes” deberá desactivarse la opción “Optimized block access” y confirmar con “OK”. Este procedimiento deberá repetirse con todos los DB que lleguen a crearse.



Apéndice C. 4. Quitar el acceso optimizado

Finalmente debe de compilarse cada DB creado, para esto en el mismo árbol de operaciones sobre el DB se da click derecho, luego en “Compile” nos aparecerá la opción de “Software (only changes)”, se hace click sobre este y esperamos un par de segundos a que termine de compilarlo.

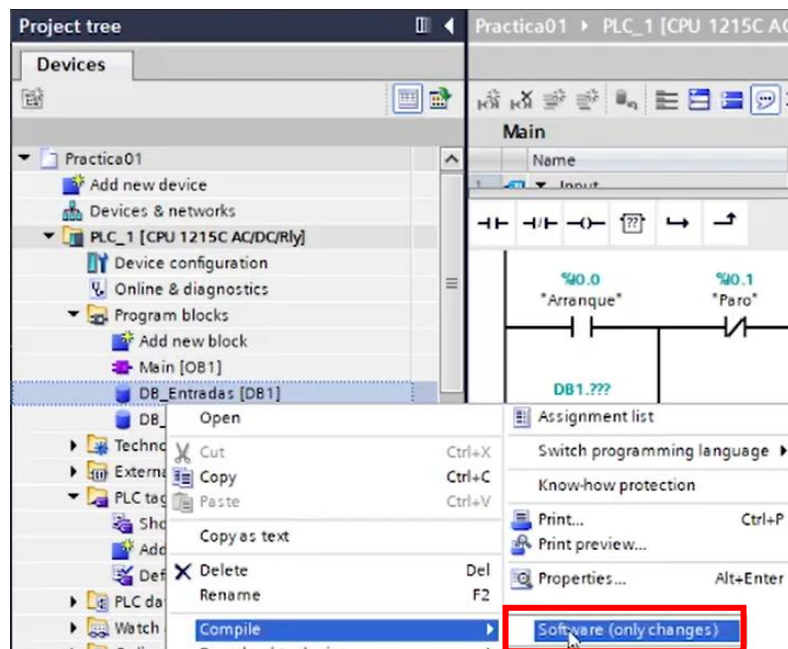



Figura 1. 18 Compilación del DB

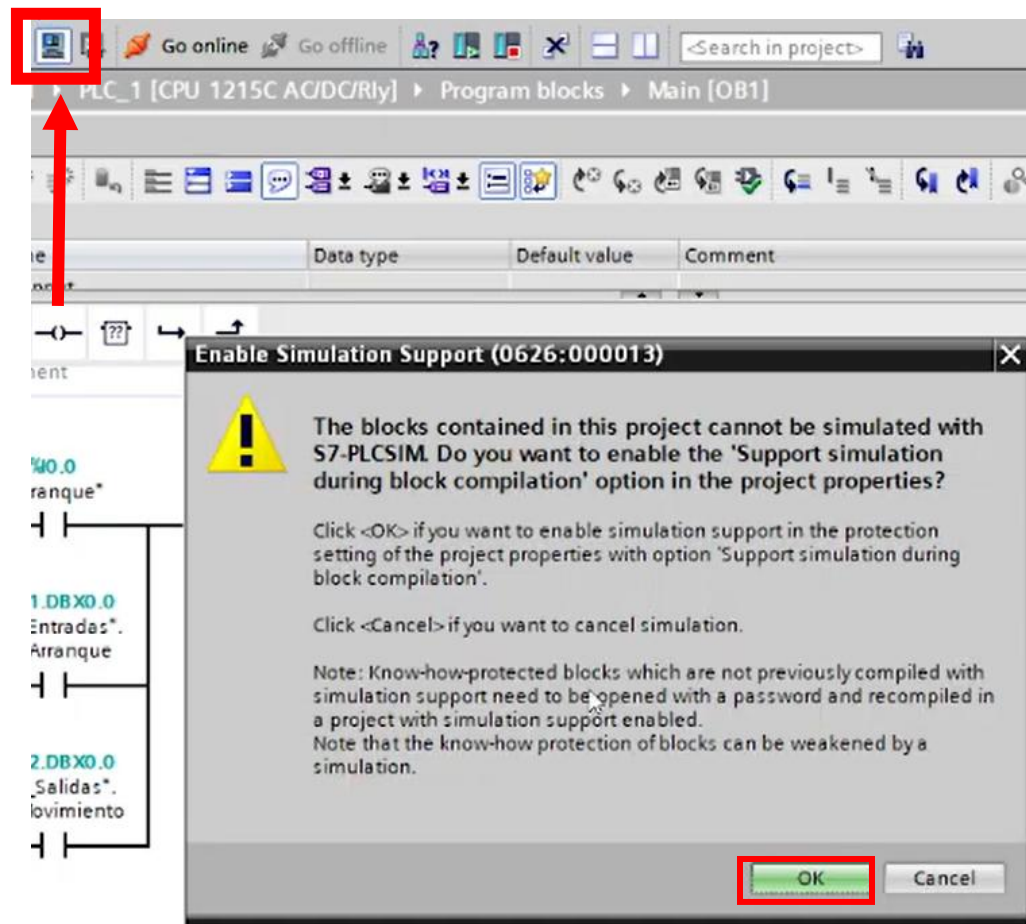
Como apoyo visual se puede consultar el siguiente video: <https://youtu.be/2ynhizvv0Dk?si=haNnjxuD5fGMO8Jz>

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

## APÉNDICE D: Compilación de un proyecto en TIA Portal


Para compilar un proyecto de TIA Portal es necesario seguir los siguientes pasos:

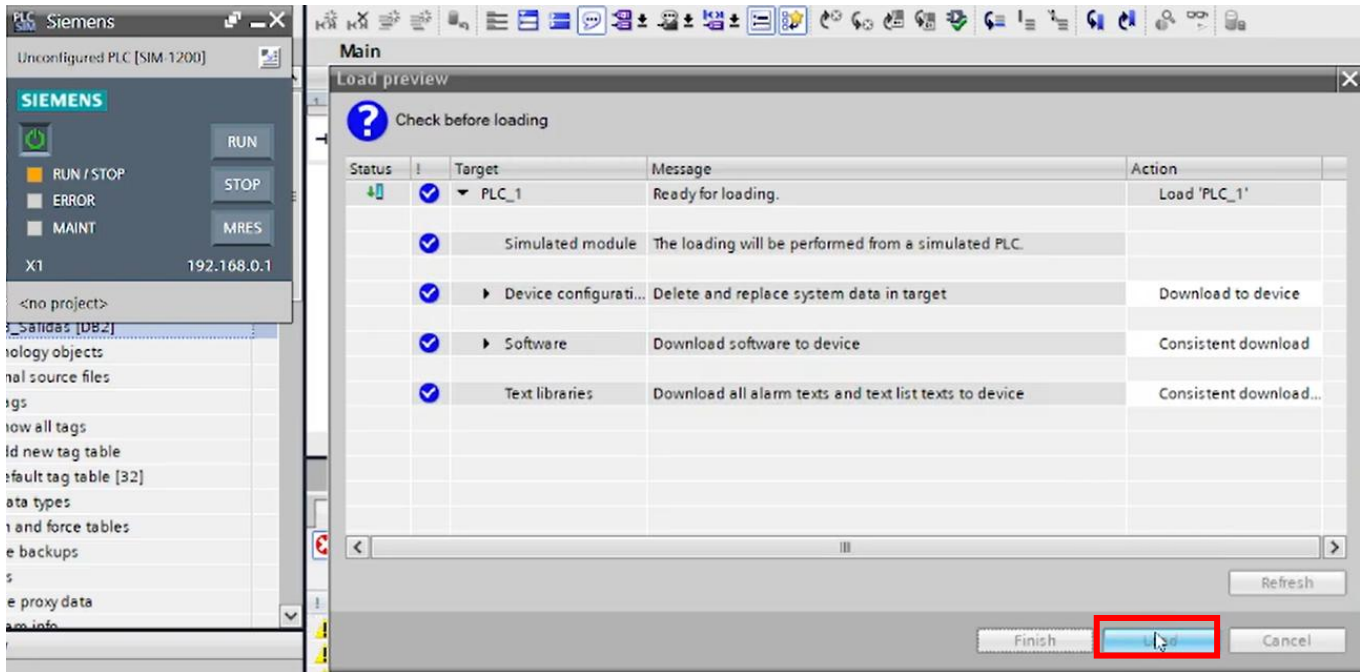
En la barra de herramientas superior de la interfaz se seleccionará el simulador y se confirmará con “Ok” a la ejecución (Apéndice D.1).



Apéndice D. 1 Selección del simulador TIA Portal

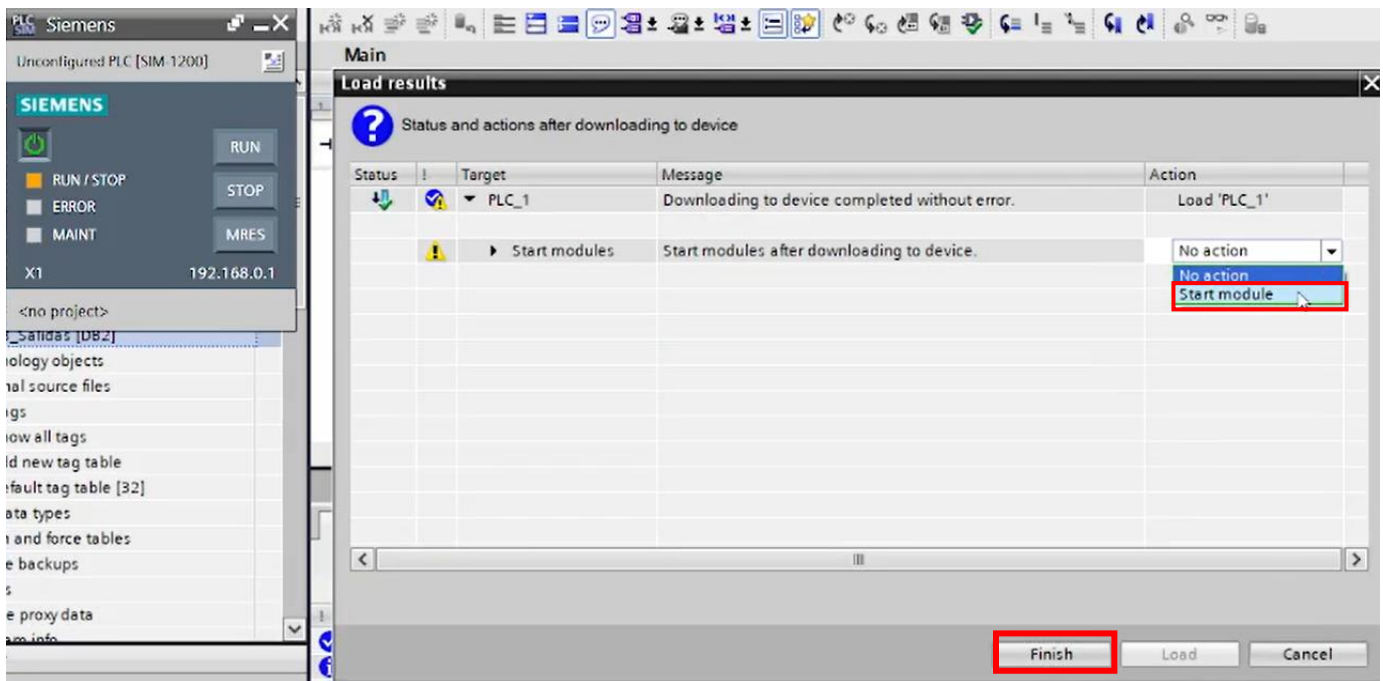
Después se presionará “Load”:

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería




Apéndice D. 2 Primera parte de compilación del simulador

Posteriormente se cambiará de “No action” a “Start module”, finalizando con “Finish”, para descargar el programa al simulador:



Apéndice D. 3. Segunda parte de compilación del simulador

Como apoyo visual se puede consultar el siguiente video: <https://youtu.be/NtmbgoVBAJA?si=0VUbSMmdwAELFfk4>

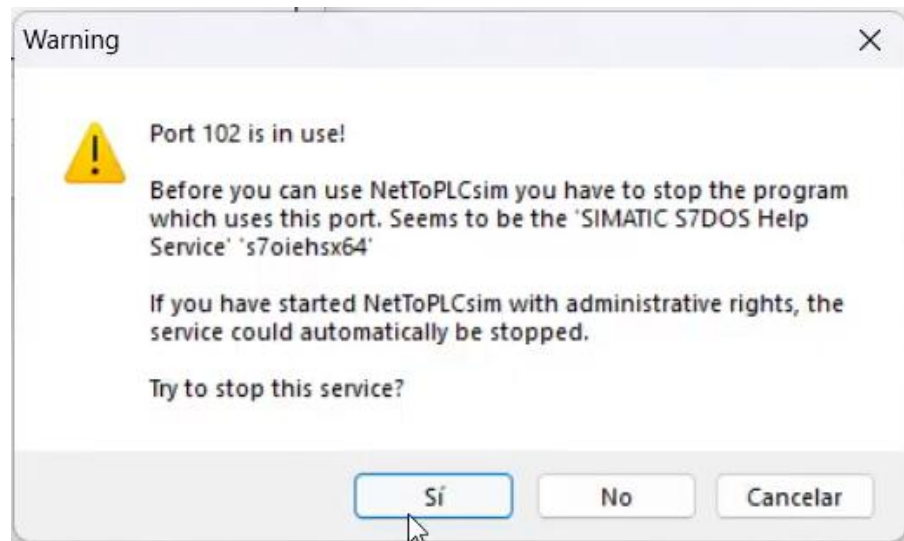
	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
		Versión	01
Práctica 1:	<b>Salidas Autoenclavadas</b>	Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

---

## APÉNDICE E: Establecer la comunicación entre TIA Portal y el software ESPEJISMO mediante NetToPLCsim

---

Para iniciar las prácticas, es necesario ejecutar con permisos de administrador el programa “NetToPLCsim” ubicado en el equipo de cómputo. Al abrirlo, se mostrará una advertencia (*Figura A.1*), a la cual se deberá responder “Sí”.




*Figura A. 1 Ejecución de NetToPLCsim*

Posteriormente, se esperará a que el programa cargue y, una vez completado el proceso, será necesario presionar “OK” (*Figura A.2*).



*Figura A. 2 Carga de NetToPLCsim*

A continuación, el sistema solicitará permisos para acceder a las redes públicas y privadas; deberá permitirse dicho acceso para garantizar el funcionamiento correcto de la aplicación (*Figura A.3*).

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
		Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

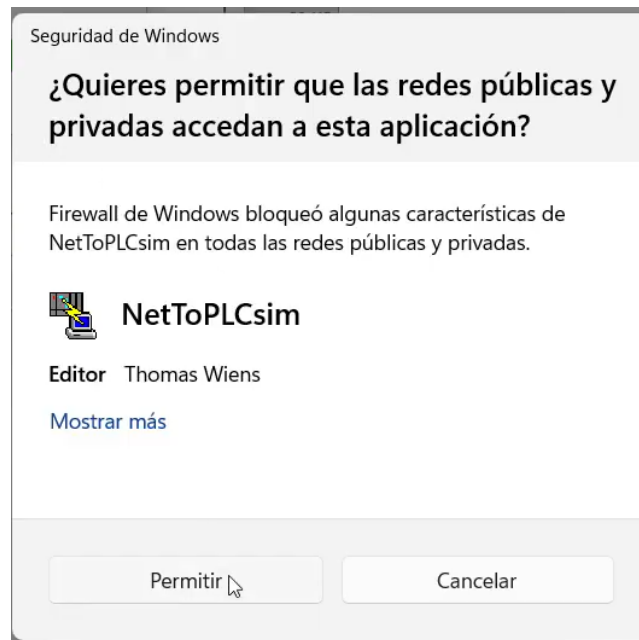


Figura A. 3 Acceso a redes

Para poder usar la simulación de Unity es necesario que después de compilar el código en TIA Portal se sigan los siguientes pasos correctamente. Una vez cargado el programa, se volverá a abrir “NetToPLCsim”, donde se deberá seleccionar “Add”.

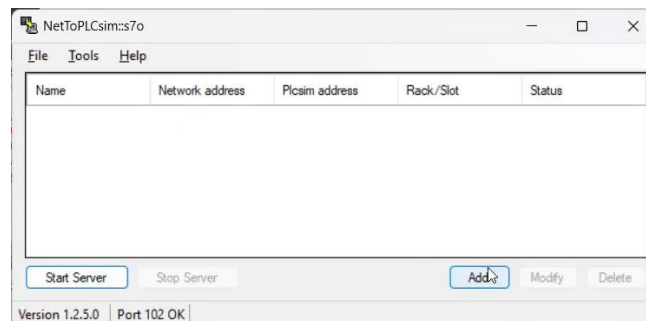



Figura B. 1 Desplegar nuevamente NetToPLCsim

En la ventana emergente se asignará en “Network IP Address” la dirección 127.0.0.1.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
	Laboratorio de Automatización Industrial		Facultad de Ingeniería

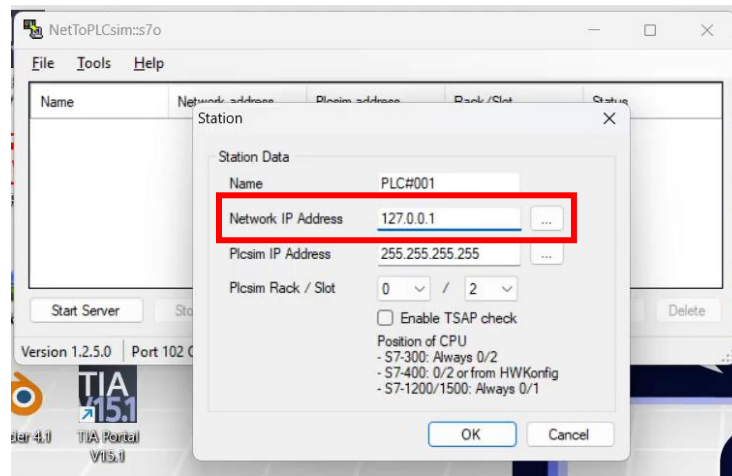


Figura B. 2 Network IP Address

En “Plcsim IP Address” se hará click en el botón con los 3 puntos:

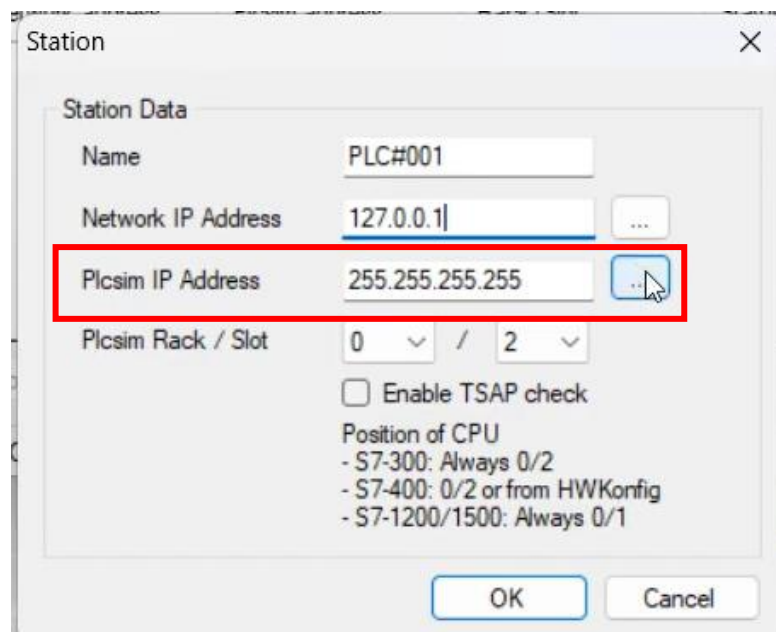



Figura B. 3 Plcsim IP Address

En la ventana emergente, se seleccionará la IP correspondiente al simulador, configurada anteriormente, haciendo doble clic en ella.

	Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
	Práctica 1: <b>Salidas Autoenclavadas</b>	Versión	01
	Laboratorio de Automatización Industrial		Facultad de Ingeniería

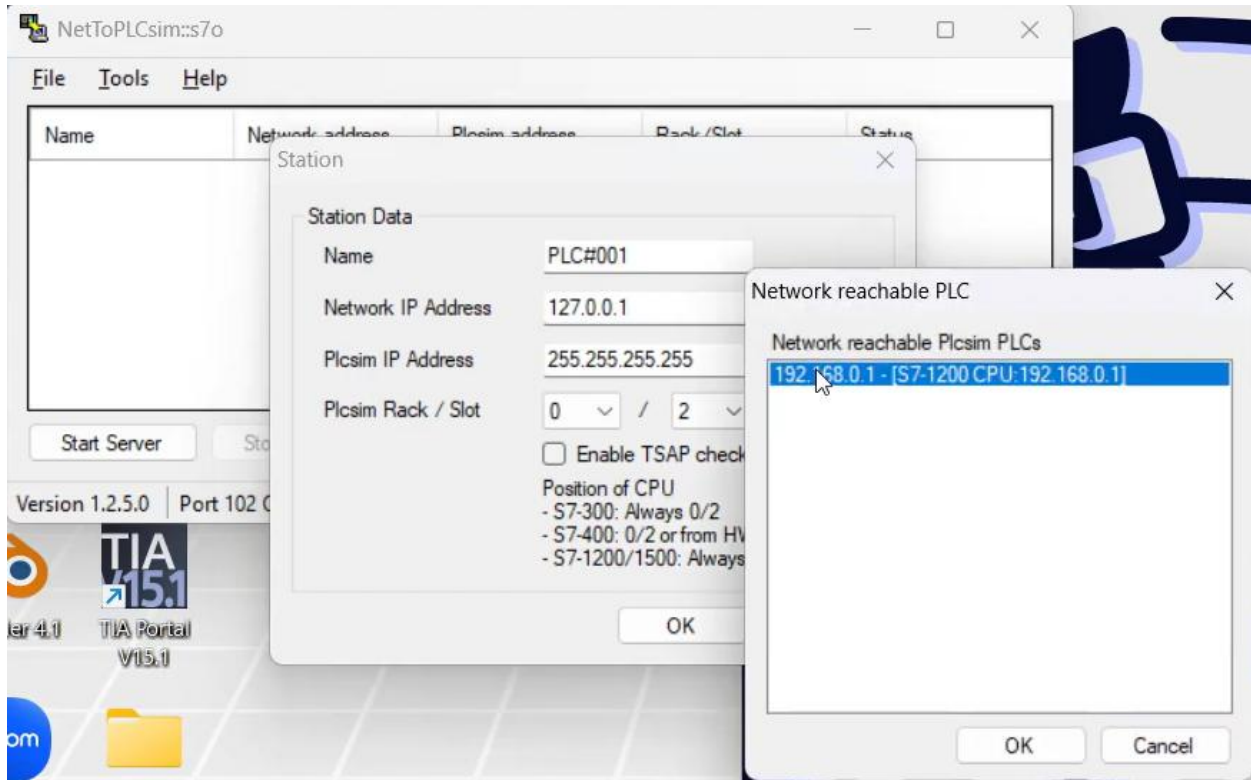


Figura B. 4 Configuración del NetToPLCsim

En “Plcsim Rack /Slot” deberán verificarse los valores 0 y 1, correspondientes a un PLC S7-1200. Después, se confirmará con “OK”

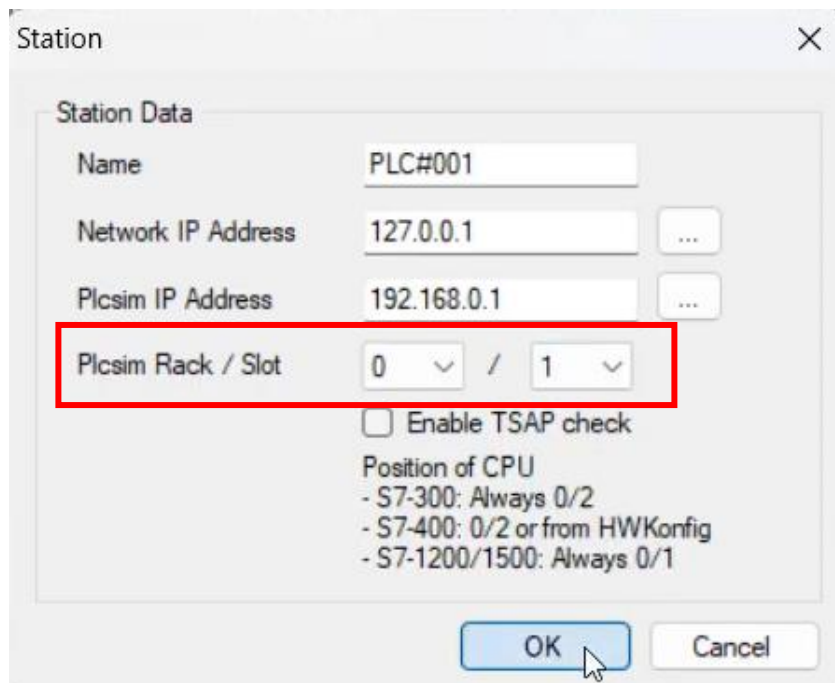



Figura B. 5 Verificación de valores

	<b>Manual de prácticas con gemelos digitales para Automatización Industrial</b>	Fecha de emisión	06 de octubre de 2025
		Versión	01
Práctica 1:	<b>Salidas Autoenclavadas</b>	Laboratorio de Automatización Industrial	Facultad de Ingeniería

Finalmente, en la ventana “NetToPLCsim” se presionará “Start Server”.

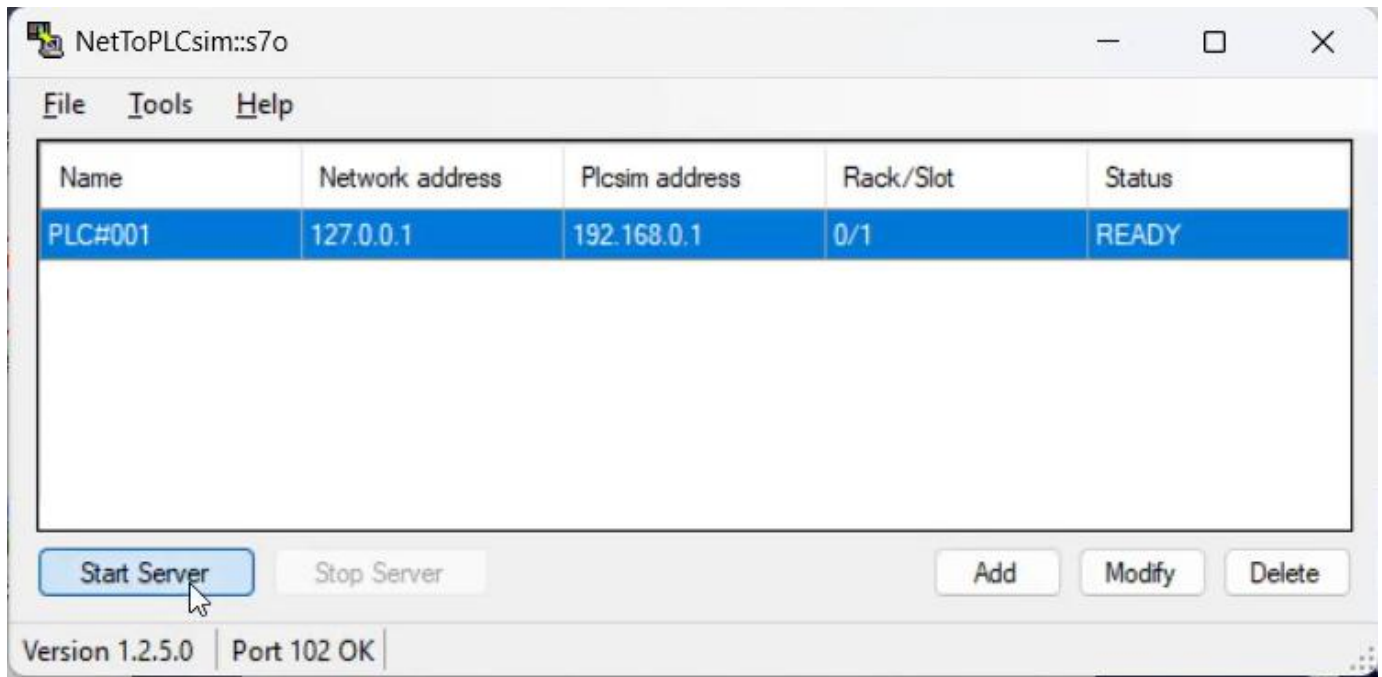


Figura B. 6 Inicialización al servidor

Como apoyo visual se puede consultar el siguiente video: [https://youtu.be/ivRA\\_BdQYgc?si=IkIO4yT8e-ugXg6-](https://youtu.be/ivRA_BdQYgc?si=IkIO4yT8e-ugXg6-)