

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**TESIS**

**"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA IOT CON LA PASARELA INDUSTRIAL SIMATIC IOT2050 PARA EL MONITOREO Y CONTROL EN TIEMPO REAL DEL MÓDULO DE EMBOTELLADO INDUSTRIAL DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA, 2025"**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. JHONATHAN RICARDO TORRES ATENCIO**

**Bach. LUIGI ALEXANDER FLORES ATENCIO**

**TACNA – PERÚ**

**2025**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TESIS**

**"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA IOT CON LA PASARELA INDUSTRIAL SIMATIC IOT2050 PARA EL MONITOREO Y CONTROL EN TIEMPO REAL DEL MÓDULO DE EMBOTELLADO INDUSTRIAL DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA, 2025"**

Tesis sustentada y aprobada el 31 de diciembre de 2025; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE : Mag. TITO LEONCIO CÓRDOVA MIRANDA**

**SECRETARIO : Mag. HUGO JAVIER RIVERA HERRERA**

**VOCAL : Dr. RAUL CARTAGENA CUTIPA**

**ASESOR : Dr. ANIBAL JUAN ESPINOZA ARANCIAGA**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros; Jhonathan Ricardo Torres Atencio y Luigi Alexander Flores Atencio, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 72900038 y 74152139 respectivamente, así como Anibal Juan Espinoza Aranciaga con DNI 06154874; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulado: "*Implementación de un sistema IOT con la pasarela industrial Simatic IOT2050 para el monitoreo y control en tiempo real del módulo de embotellado industrial del laboratorio de automatización y control de la Universidad Privada de Tacna, 2025*", la cual presentamos para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.


En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 31 de diciembre de 2025



Jhonathan Ricardo Torres Atencio  
DNI: 72900038



Luigi Alexander Flores Atencio  
DNI: 74152139



Anibal Juan Espinoza Aranciaga  
DNI: 06154874

## **DEDICATORIA**

A mi grandiosa mamá. Esta tesis es el resultado de tu amor, apoyo y sacrificio en mi etapa estudiantil. Tus palabras de aliento, tu perseverancia y tu ejemplo constante han sido mi inspiración en mí. Cada día que trabajaste incansablemente por ayudarme es algo que valoro profundamente. Esta tesis es un tributo a ti, porque a través de tus enseñanzas y cariño, has dejado una huella imborrable en mi vida, y mi éxito académico es un reflejo de tu inquebrantable dedicación y sacrificio. Te amo con todo mi corazón y esta tesis es mi modesta forma de agradecer todo lo que has hecho por mí.

**Jhonathan Ricardo Torres Atencio**

A mis padres, por su amor inquebrantable, guía y sacrificio, que han sido la base para alcanzar este logro y para formar en mí la perseverancia necesaria. A mi familia, por su apoyo constante y fortaleza en cada etapa de este camino. A mi pareja, por su comprensión, paciencia y compañía, que fueron luz y motivación en los momentos más difíciles. A todos ustedes, mi más profunda gratitud, pues esta tesis es también fruto de su cariño, confianza y respaldo permanente.

**Luigi Alexander Flores Atencio**

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi sincero agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ing. Aníbal Juan Espinoza Aranciaga, por su valiosa guía, paciencia y apoyo constante durante el desarrollo de este trabajo. A mi compañero de tesis, Luigi Alexander Flores Atencio, por su dedicación, tiempo y confianza, que fueron fundamentales para alcanzar este objetivo. A mi familia, especialmente a mis padres, hermana, pareja e hijo, por su amor incondicional y apoyo permanente. Finalmente, agradezco a la Universidad Privada de Tacna y a la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica por brindarme la oportunidad de formarme académica y profesionalmente.

**Jhonathan Ricardo Torres Atencio**

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi asesor de tesis, el Ing. Aníbal Juan Espinoza Aranciaga, por su valiosa guía académica y apoyo constante durante el desarrollo de esta investigación. A mis padres, Clemente Atilio Flores Alcázar e Irma Fanny Atencio Condori, por su amor incondicional, confianza y ejemplo de perseverancia que hicieron posible este logro. A mi familia, por su respaldo permanente a lo largo de este proceso. A mi pareja, Ross Shio Alesi Nieto Ticona, por su paciencia, fortaleza y acompañamiento constante. Finalmente, agradezco a la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica por la formación y el apoyo brindados.

**Luigi Alexander Flores Atencio**

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	6
2.2. Bases teóricas.....	6
2.2.1. Industria 4.0 e internet de las cosas industrial (IIoT).....	6

2.2.2. Controladores lógicos programables (PLC).....	7
2.2.3. Pasarelas industriales IoT.....	7
2.2.4. Node-RED como herramienta de integración IoT.....	8
2.2.5. Protocolo MQTT.....	8
2.2.6. Plataformas IoT en la nube.....	8
2.2.7. Estación de embotellado industrial.....	9
2.3. Definición de términos.....	12
2.3.1. Internet de las cosas (IoT).....	12
2.3.2. IoT industrial (IIoT).....	12
2.3.3. Controlador lógico programable (PLC).....	13
2.3.4. PLC Siemens S7-1200.....	13
2.3.5. Pasarela industrial Simatic IoT2050.....	13
2.3.6. Node-RED.....	13
2.3.7. Protocolo MQTT.....	13
2.3.8. Plataforma Ubidots.....	14
2.3.9. Protocolo de comunicación industrial.....	14
2.3.10. Monitoreo en tiempo real.....	14
2.3.11. Control remoto.....	14
2.3.12. Plataforma en la nube.....	14
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	15
3.1. Diseño de la investigación.....	15
3.1.1. Tipo de investigación.....	15
3.1.2. Nivel de investigación.....	15
3.2. Acciones y actividades.....	15
3.3. Materiales e instrumentos.....	72
3.4. Muestra de estudio.....	72

3.5. Operacionalización de variables.....	72
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	74
4.1. Presentación de resultados.....	74
4.2. Resultados del sistema de monitoreo IoT.....	74
4.3. Control remoto del módulo embotellador.....	75
4.4. Latencia de transmisión PLC – IoT – Ubidots.....	76
4.5. Estabilidad y disponibilidad del sistema.....	76
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	78
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Acciones y actividades .....	17
Tabla 2. Operacionalización de variables .....	74
Tabla 3. Resultados de control remoto botoneras .....	78
Tabla 4. Resultado de control comunicación entre plc iot2050 y ubidot .....	78
Tabla 5. Resultado de estabilidad y disponibilidad .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Prototipo final de la embotelladora.....	12
Figura 2. Diagrama P&ID de embotelladora.....	13
Figura 3. Permitir acceso vía comunicación Put/Get en TIA Portal 15.....	18
Figura 4. Activación de balizas roja y ámbar y el buzzer.....	19
Figura 5. Habilitar motor eléctrico.....	19
Figura 6. Habilitar faja.....	20
Figura 7. Luz de botón Start un segundo (sistema en funcionamiento).....	21
Figura 8. Activar cilindro tres (fijar botellas out).....	22
Figura 9. Activar cilindro dos (fijar botellas in).....	22
Figura 10. Activar cilindro cuatro (sujetar las tres botellas).....	23
Figura 11. Activar cilindro 1 (válvulas de llenado).....	24
Figura 12. Parte uno terminado (módulo de llenado completado).....	24
Figura 13. Activar cilindro 6 y 7 (sujetar y regresar botellas a la faja).....	25
Figura 14. Activar cilindro cinco (empujar tapa).....	26
Figura 15. Activar cilindro 8 (colocar tapa).....	26
Figura 16. Módulo de tapado completo (con las 3 botellas completas).....	27
Figura 17. Reiniciar el proceso de módulo de tapado.....	28
Figura 18. Activar cilindro 9 (regresar botellas a la faja).....	28
Figura 19. Activar cilindros 10 y 11 (bajar y girar el enroscado).....	29
Figura 20. Módulo de enroscado completo (con las 3 botellas completadas).....	30
Figura 21. Proceso para memoria Stop (detener cualquier actuador).....	30
Figura 22. Proceso para memoria Reset (reiniciar contadores).....	31
Figura 23. Memoria Start (continuar cualquier proceso detenido).....	32
Figura 24. Página oficial de Siemens para descargar Example-Image.....	33
Figura 25. Programa Win32DiskImager.....	34
Figura 26. Selección de archivo Example-Image.....	34
Figura 27. Write en Win32DiskImager.....	35
Figura 28. Esperar carga de archivo en Win32DiskImager.....	35
Figura 29. Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4).....	36
Figura 30. Programa PuTTY.....	37
Figura 31. Configurar programa PuTTY.....	37
Figura 32. Ingresar a Simatic IOT2050 por medio de PuTTY.....	38
Figura 33. Cambiar contraseña a Simatic IOT2050 en PuTTY.....	39

Figura 34. Configuración IOT2050.....	39
Figura 35. Cambiar zona horaria a Simatic IOT2050.....	40
Figura 36. Seleccionar zona horaria a Simatic IOT2050 (1).....	41
Figura 37. Seleccionar zona horaria a Simatic IOT2050 (2).....	41
Figura 38. Networking de Simatic IOT2050 (1).....	42
Figura 39. Networking de Simatic IOT2050 (2).....	42
Figura 40. Networking de Simatic IOT2050 (3).....	43
Figura 41. Networking de Simatic IOT2050 (4).....	44
Figura 42. Node-Red del Simatic IOT2050.....	44
Figura 43. Nodos de Node-Red del Simatic IOT2050.....	45
Figura 44. Configuración de nodo S7 In – Propiedades.....	46
Figura 45. Configuración de nodo S7 In – Variables.....	46
Figura 46. Configuración de nodo S7 In – Variables (2).....	47
Figura 47. Obtener la dirección de las variables en TIA Portal.....	48
Figura 48. Conversión para la dirección del TIA Portal V15.....	48
Figura 49. Editar nodo Change.....	50
Figura 50. Editar nodo Inject.....	51
Figura 51. Editar nodo Function.....	51
Figura 52. Editar nodo Debug.....	52
Figura 53. Editar nodo MQTT Out - Propiedades.....	53
Figura 54. Editar nodo MQTT Out - Conexión.....	54
Figura 55. Editar nodo MQTT Out – Seguridad.....	54
Figura 56. Editar nodo MQTT In – Propiedades.....	55
Figura 57. Editar nodo MQTT Conexión.....	56
Figura 58. Editar nodo MQTT Seguridad.....	57
Figura 59. Editar nodo S7 Out - Propiedades.....	58
Figura 60. Editar nodo S7 Out - Connection.....	58
Figura 61. Editar nodo S7 Out - Variables.....	59
Figura 62. Página oficial de Ubidots - Registro.....	60
Figura 63. Añadir variable en Ubidots - Propiedades.....	61
Figura 64. Añadir variable en Ubidots - Conexión.....	61
Figura 65. Añadir variable en Ubidots - Seguridad.....	62
Figura 66. Creación de dispositivo en Ubidots.....	62
Figura 67. Creación de variables en Node-Red para Ubidots.....	63
Figura 68. Visualización de variables en Ubidots (1).....	64
Figura 69. Visualización de variables en Ubidots (2).....	64
Figura 70. Ordenar nuestras variables en panel de control (1).....	65

Figura 71. Ordenar nuestras variables en panel de control (2).....	66
Figura 72. Ordenar nuestras variables en panel de control (3).....	66
Figura 73. Ordenar nuestras variables en panel de control (4).....	67
Figura 74. Ordenar nuestras variables en panel de control (5).....	68
Figura 75. Ordenar nuestras variables en panel de control (6).....	68
Figura 76. Primera variable Start - Comenzar.....	69
Figura 77. Segunda variable Stop – Detener.....	70
Figura 78. Tercera variable Reset - Reiniciar.....	71
Figura 79. Cuarta variable faja transportadora.....	71
Figura 80. Quinta variable contador de botellas.....	72
Figura 81. Sexta variable llenado de botellas.....	72
Figura 82. Séptima variable tapado de botellas.....	73
Figura 83. Octava variable enroscado de botellas.....	73

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo implementar un sistema IoT basado en la pasarela industrial Simatic IoT2050 para el monitoreo y control en tiempo real del módulo de embotellado industrial del Laboratorio de Automatización y Control de la Universidad Privada de Tacna. Se empleó una metodología de tipo aplicada y enfoque tecnológico, integrando el PLC Siemens S7-1200 con la pasarela IoT2050 mediante el entorno Node-RED y el protocolo MQTT para la comunicación con la plataforma en la nube Ubidots. Como resultados, el sistema permitió la supervisión en tiempo real de las variables del proceso y la ejecución confiable de funciones de control remoto, alcanzando una latencia promedio de 200 ms y una disponibilidad del 99,2 %. Se llegó a la conclusión de que la implementación del sistema IoT es técnicamente viable, mejora la funcionalidad del módulo de embotellado y fortalece su uso como herramienta didáctica alineada con los principios de la Industria 4,0.

**Palabras Clave:** IoT industrial; Simatic IoT2050; PLC Siemens S7-1200; Node-RED; monitoreo remoto.

## ABSTRACT

This thesis aimed to implement an IoT system based on the Simatic IoT2050 industrial gateway for real-time monitoring and control of the industrial bottling module at the Automation and Control Laboratory of the Private University of Tacna. An applied research methodology with a technological approach was used, integrating the Siemens S7-1200 PLC with the IoT2050 gateway through the Node-RED environment and the MQTT protocol for communication with the Ubidots cloud platform. As results, the system enabled real-time supervision of process variables and reliable execution of remote control functions, achieving an average latency of 200 ms and an availability of 99,2%. It was concluded that the implementation of the IoT system is technically feasible, improves the functionality of the bottling module, and strengthens its use as a didactic tool aligned with the principles of Industry 4,0.

**Keywords:** Industrial IoT; Simatic IoT2050; Siemens S7-1200 PLC; Node-RED; remote monitoring.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el avance de las tecnologías de automatización industrial y del Internet de las Cosas (IoT) ha permitido mejorar el monitoreo y control de los procesos productivos, optimizando la eficiencia operativa y facilitando la toma de decisiones en tiempo real. En este contexto, la integración de sistemas de control tradicionales con plataformas IoT representa una alternativa viable para modernizar procesos industriales y alinearlos con los principios de la Industria 4,0.

La presente tesis tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema IoT para el monitoreo y control del módulo de embotellado industrial, utilizando un controlador lógico programable, una pasarela industrial y una plataforma de visualización en la nube, permitiendo supervisar y controlar el proceso de manera remota y en tiempo real. La solución propuesta busca mejorar la operatividad del sistema, la disponibilidad de información y la confiabilidad del proceso automatizado.

La investigación se estructura en cinco capítulos. En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema, donde se describen la problemática, los objetivos de la investigación y la justificación desde las perspectivas tecnológica, social, económica y ambiental. En el capítulo II se desarrolla el marco teórico, que incluye los antecedentes nacionales e internacionales, las bases teóricas y la definición de términos relevantes para la investigación. El capítulo III aborda la metodología empleada, detallando el tipo, nivel y diseño de la investigación, así como los materiales, procedimientos y la operacionalización de la variable. En el capítulo IV se presentan los resultados obtenidos a partir de la implementación del sistema IoT, incluyendo la descripción del funcionamiento del proceso y el análisis de los indicadores definidos. Finalmente, en el capítulo V se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

De esta manera, la tesis proporciona una solución tecnológica aplicada que contribuye al desarrollo de sistemas de monitoreo y control basados en IoT para procesos industriales automatizados.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Descripción del problema**

En la actualidad, los procesos de llenado, tapado y enroscado de botellas en pequeñas y medianas industrias presentan limitaciones en el monitoreo y control en tiempo real, lo que dificulta la supervisión eficiente del proceso productivo. Estas limitaciones generan retrasos en la detección de fallas, falta de información oportuna y una menor capacidad de toma de decisiones por parte de los operadores.

Una de las principales causas de esta problemática es el uso de sistemas de automatización tradicionales que no cuentan con integración a plataformas IoT, lo cual impide la visualización remota de variables críticas del proceso. Asimismo, la ausencia de pasarelas industriales adecuadas limita la comunicación entre los controladores lógicos programables y las plataformas de monitoreo en la nube. A ello se suma la dependencia de la supervisión manual, que incrementa el riesgo de errores operativos y reduce la eficiencia del proceso.

Otra causa relevante es la limitada implementación de tecnologías asociadas a la industria 4,0 en entornos industriales a escala de prototipo, lo que restringe la evaluación de soluciones IoT aplicadas al control y monitoreo de procesos automatizados. Esta situación evidencia la necesidad de desarrollar e implementar un sistema que permita integrar el proceso de embotellado con tecnologías IoT, facilitando la supervisión y el control remoto del sistema.

### **1.2. Formulación del problema**

La necesidad de modernizar los sistemas de automatización industrial mediante la integración de tecnologías IoT se ha vuelto imperativa para mantener la competitividad y eficiencia operativa. En este contexto, surge la interrogante sobre cómo implementar efectivamente estas tecnologías en sistemas existentes, garantizando la compatibilidad, confiabilidad y funcionalidad requerida.

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo la implementación de un sistema IoT basado en la pasarela industrial Simatic IoT2050 permite el monitoreo y control en tiempo real del módulo de embotellado industrial del Laboratorio de Automatización y Control de la Universidad Privada de Tacna?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cómo integrar el PLC Siemens S7-1200 con la pasarela Simatic IoT2050 mediante Node-RED para la adquisición de datos del proceso?
- b. ¿Cómo transmitir las variables del módulo de embotellado hacia una plataforma en la nube utilizando el protocolo MQTT?
- c. ¿Cómo implementar funciones de control remoto del módulo de embotellado desde una plataforma IoT?
- d. ¿Qué nivel de latencia, disponibilidad y confiabilidad presenta el sistema IoT implementado?

### **1.3. Justificación e importancia**

Desde la perspectiva tecnológica, la presente investigación se justifica por la necesidad de integrar tecnologías de automatización industrial con soluciones IoT que permitan el monitoreo y control en tiempo real de procesos productivos. La implementación de un sistema basado en PLC Siemens S7-1200, pasarela industrial SIMATIC IoT2050, Node-RED y la plataforma Ubidots contribuye a modernizar el módulo de embotellado industrial, facilitando la adquisición, transmisión y visualización de datos en tiempo real. Asimismo, esta solución permite la interoperabilidad entre sistemas industriales tradicionales y plataformas digitales, alineándose con los principios de la Industria 4,0.

Desde la perspectiva social, la investigación aporta al fortalecimiento de la formación académica de estudiantes y profesionales del área de automatización y control, al proporcionar un sistema didáctico que simula un entorno industrial real. La implementación del sistema IoT favorece el desarrollo de competencias técnicas relacionadas con tecnologías emergentes, mejorando la preparación del capital humano para afrontar los desafíos del sector industrial moderno. Además, la supervisión remota contribuye a mejorar las condiciones de seguridad al reducir la intervención directa del operador en procesos automatizados.

Desde la perspectiva económica, la investigación se justifica por la optimización de recursos y la reducción de costos operativos mediante el monitoreo y control en

tiempo real del proceso de embotellado. La solución propuesta permite detectar fallas de manera oportuna, minimizar tiempos de inactividad y mejorar la eficiencia del proceso, lo cual se traduce en una disminución de pérdidas económicas. Asimismo, el uso de tecnologías IoT representa una alternativa de bajo costo frente a sistemas industriales propietarios de supervisión, haciéndola viable para su aplicación en pequeñas y medianas industrias.

Desde la perspectiva ambiental, la implementación del sistema IoT contribuye al uso eficiente de recursos al permitir un control preciso del proceso de llenado, reduciendo el desperdicio de agua y materiales. El monitoreo continuo del sistema facilita la identificación de desviaciones operativas que podrían generar impactos negativos en el entorno, promoviendo prácticas más sostenibles. De esta manera, la investigación se alinea con los principios de responsabilidad ambiental y uso racional de recursos en procesos industriales.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Implementar un sistema IoT basado en la pasarela industrial Simatic IoT2050, Node-RED y el protocolo MQTT para permitir el monitoreo y control en tiempo real del módulo de embotellado industrial del Laboratorio de Automatización y Control de la Universidad Privada de Tacna.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Integrar el PLC Siemens S7-1200 con la pasarela industrial Simatic IoT2050 mediante el entorno Node-RED para la adquisición de datos del proceso de embotellado.
- b. Transmitir las variables del proceso hacia una plataforma en la nube utilizando el protocolo MQTT.
- c. Implementar funciones de control remoto del módulo de embotellado desde una plataforma IoT.
- d. Evaluar el desempeño del sistema IoT implementado en términos de latencia, disponibilidad y confiabilidad.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

La investigación sobre sistemas IoT industriales y su implementación en procesos de manufactura ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por la necesidad de modernizar la infraestructura industrial y mejorar la eficiencia operativa.

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Chen y Wang (2024) implementaron un sistema de monitoreo en tiempo real para líneas de producción automatizadas, utilizando protocolos MQTT y OPC UA para garantizar la interoperabilidad entre diferentes fabricantes de equipos. Sus resultados mostraron latencias promedio de 45 ms y disponibilidad del sistema superior al 99,5 %. Así mismo demuestra la viabilidad del uso de tecnologías IoT para el monitoreo en tiempo real de procesos industriales, lo cual respalda la propuesta de la presente investigación al evidenciar que la integración de protocolos de comunicación industrial permite mejorar la supervisión y disponibilidad de información en sistemas automatizados similares al módulo de embotellado.

Cangá y Gracia (2023) realizaron un estudio comparativo de diferentes pasarelas IoT industriales, incluyendo la evaluación de la Simatic IoT2050, destacando sus capacidades de edge computing y compatibilidad con estándares industriales. Su investigación proporcionó criterios de selección para implementaciones similares, aporta criterios técnicos relevantes para la selección de pasarelas IoT industriales, destacando las capacidades de edge computing y compatibilidad con estándares industriales, aspectos que fueron considerados en la elección de la pasarela utilizada en la presente investigación.

Smith et al. (2023) desarrollaron un sistema IoT para el monitoreo de procesos de manufactura utilizando pasarelas industriales, demostrando mejoras del 35 % en la eficiencia operativa y reducción del 28 % en tiempos de inactividad no planificados. Su investigación estableció metodologías para la integración de dispositivos legacy con tecnologías IoT modernas, evidencia mejoras significativas en la eficiencia operativa mediante la integración de sistemas IoT en procesos de manufactura, lo cual guarda

relación con los resultados obtenidos en la presente tesis, donde el monitoreo y control del proceso de embotellado permitió optimizar la operación del sistema automatizado.

Salgado et al. (2019) desarrollo un sistema scada del proceso de llenado de agua en botellas con proyección a la industria 4,0 empleando simatic IOT 2040, obteniendo como resultado una lectura en tiempo real de los datos y una visualización de los datos en una plataforma web, demuestra la aplicación de sistemas SCADA en procesos de llenado con proyección hacia la Industria 4,0 sirviendo como antecedente directo de la presente investigación, ya que valida la importancia de la supervisión en tiempo real y la visualización de datos en plataformas digitales para procesos de embotellado.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Rodríguez y Mendoza (2024) implementaron un sistema de monitoreo IoT en una planta de procesamiento de alimentos en Lima, utilizando tecnologías similares a las propuestas en esta investigación. Sus resultados demostraron la viabilidad técnica y económica de estas soluciones en el contexto industrial peruano, evidencia la viabilidad técnica y económica de implementar sistemas IoT en entornos industriales peruanos, lo cual refuerza la aplicabilidad de la solución propuesta en la presente tesis dentro del contexto nacional.

Vargas et al. (2023) desarrollaron un proyecto de automatización industrial con IoT en el sector minero, estableciendo protocolos de seguridad y comunicación que son aplicables a otros sectores industriales. Su trabajo contribuyó al desarrollo de estándares locales para implementaciones IoT industriales, aporta lineamientos sobre protocolos de comunicación y seguridad en sistemas IoT industriales, los cuales son relevantes para la presente investigación, ya que la confiabilidad de la comunicación es un aspecto clave en el monitoreo y control del módulo de embotellado.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Industria 4,0 e internet de las cosas industrial (IIoT)**

La Industria 4,0 representa la cuarta revolución industrial y se caracteriza por la integración de tecnologías digitales, sistemas ciberfísicos y redes de comunicación aplicadas a los procesos productivos, con el objetivo de mejorar la eficiencia, flexibilidad y capacidad de supervisión de los sistemas industriales (Kagermann, Wahlster y Helbig,

2013). Este enfoque permite la interconexión entre máquinas, dispositivos y personas, facilitando la toma de decisiones basada en datos en tiempo real.

Dentro de este contexto surge el Internet de las Cosas Industrial (IIoT), el cual permite que sensores, actuadores, controladores lógicos programables y plataformas de software intercambien información de manera continua a través de redes industriales y servicios en la nube (Boyes et al., 2018). El IIoT resulta fundamental para el monitoreo remoto, la trazabilidad de procesos y el análisis histórico de datos en entornos industriales modernos.

En el ámbito educativo e industrial, la aplicación del IIoT contribuye a la modernización de sistemas tradicionales de automatización, permitiendo su integración con plataformas digitales y facilitando la formación en tecnologías alineadas con la Industria 4,0; tal como se desarrolla en el módulo de embotellado analizado en esta investigación.

### **2.2.2 Controladores lógicos programables (PLC)**

Los controladores lógicos programables son dispositivos electrónicos industriales diseñados para ejecutar tareas de control automático mediante la lectura de señales de entrada, el procesamiento lógico y la activación de salidas de acuerdo con un programa previamente definido (Bolton, 2015). Los PLC son ampliamente utilizados en procesos industriales debido a su confiabilidad, flexibilidad y facilidad de integración con otros sistemas.

En esta investigación se emplea un PLC Siemens S7-1200, el cual permite el control secuencial del módulo de embotellado, gestionando sensores, actuadores neumáticos, temporizadores y contadores. Este tipo de controlador ofrece además capacidades de comunicación mediante protocolos industriales, lo que facilita su integración con sistemas IoT (Siemens, 2023).

### **2.2.3 Pasarelas industriales IoT**

Las pasarelas industriales IoT cumplen la función de interconectar los sistemas de automatización tradicionales con plataformas de procesamiento local o en la nube, actuando como intermediarios entre el nivel de control y el nivel de supervisión (Al-Fuqaha et al., 2015). Estas pasarelas permiten la adquisición, procesamiento y transmisión de datos provenientes de PLC y sensores industriales.

La pasarela Simatic IoT2050 de Siemens es un dispositivo industrial basado en Linux, diseñado para aplicaciones de edge computing e integración IoT. Este equipo permite ejecutar aplicaciones como Node-RED y establecer comunicaciones seguras entre el PLC y plataformas IoT externas, lo que la convierte en una solución adecuada para sistemas de monitoreo y control en tiempo real (Siemens, 2024).

#### **2.2.4 Node-RED como herramienta de integración IoT**

Node-RED es un entorno de programación visual basado en flujos, desarrollado para facilitar la creación de aplicaciones IoT mediante la interconexión de nodos funcionales (O'Leary, 2016). Esta herramienta permite adquirir datos desde dispositivos industriales, procesarlos localmente y enviarlos a servicios en la nube mediante diferentes protocolos de comunicación.

En el sistema implementado, Node-RED se utiliza para establecer comunicación entre el PLC S7-1200 y la plataforma IoT Ubidots, permitiendo la lectura de variables del proceso, el envío de datos en tiempo real y la recepción de comandos remotos de control, lo que fortalece la supervisión del módulo de embotellado.

#### **2.2.5 Protocolo MQTT**

MQTT es un protocolo de mensajería ligero basado en el modelo publicador–suscriptor, diseñado para entornos con ancho de banda limitado y comunicaciones eficientes (Hunkeler, Truong y Stanford-Clark, 2008). Este protocolo es ampliamente utilizado en aplicaciones IoT debido a su bajo consumo de recursos y su confiabilidad en la transmisión de datos.

En esta investigación, MQTT permite la comunicación entre Node-RED y la plataforma Ubidots, facilitando el envío de información del proceso de embotellado y la recepción de órdenes de control remoto, lo que garantiza un monitoreo continuo y en tiempo real del sistema.

#### **2.2.6 Plataformas IoT en la nube**

Las plataformas IoT en la nube permiten almacenar, visualizar y analizar grandes volúmenes de datos provenientes de sistemas industriales distribuidos, ofreciendo dashboards, alarmas y herramientas de análisis en tiempo real (Ray, 2018). Estas

plataformas facilitan la supervisión remota y la toma de decisiones basadas en información confiable.

Ubidots es una plataforma IoT orientada a la visualización y gestión de datos industriales, que permite crear paneles de control interactivos y establecer reglas de automatización. En el presente estudio, Ubidots se utiliza para visualizar las variables del módulo de embotellado y permitir el control remoto del proceso, contribuyendo a la modernización del sistema de automatización.

### **2.2.7. Estación de embotellado industrial**

La estación de embotellado industrial utilizada en esta investigación corresponde a un módulo didáctico del Laboratorio de Automatización y Control, compuesto por una secuencia de subsistemas que permiten replicar un proceso real de envase. Su operación es gestionada localmente por el PLC Siemens S7-1200, el cual coordina actuadores, sensores y mecanismos neumáticos, y cuya lógica interna está detallada en los segmentos del programa Ladder obtenidos del TIA Portal.

El módulo está conformado por cinco etapas principales: alimentación, fijación de botellas, llenado, colocación de tapas y enroscado. Cada subsistema se encuentra instrumentado con sensores ópticos, cilindros neumáticos, relevadores y un motor de faja transportadora, cuyas funciones fueron verificadas a partir de la lógica proporcionada en los segmentos del PLC.

#### **a. Subsistema de alimentación y transporte**

Este subsistema utiliza un motor eléctrico que acciona la faja transportadora. Su activación ocurre únicamente cuando el sistema se encuentra habilitado y el operador presiona el botón START, según lo definido en el Segmento 02 del programa. Un temporizador TON de 2 segundos (Segmento 03) asegura un arranque progresivo para evitar desplazamientos bruscos de las botellas. Además, el sensor óptico SQ4 cumple el rol de contador básico para determinar la presencia y avance de cada unidad en el proceso.

#### **b. Subsistema de fijación de botellas (IN/OUT)**

El módulo cuenta con dos cilindros neumáticos para la sujeción:

- *Cilindro IN (entrada):* Se activa cuando el contador interno del PLC registra tres botellas en la zona de llenado. Este comportamiento se encuentra programado en el Segmento 06, donde se aplica un retardo de 2 segundos mediante un temporizador TONR antes de extender el actuador.
- *Cilindro OUT (salida):* Es controlado en el Segmento 05. Se extiende cuando el sistema está operativo y el sensor SQ4 detecta el paso de una botella hacia la zona de salida.

Estos actuadores garantizan el posicionamiento preciso de las botellas antes y después del llenado.

### c. Subsistema de llenado

El módulo incorpora un mecanismo de llenado mediante válvula o dosificador neumático, cuyo accionamiento está sincronizado con la detección de tres botellas en la estación. Una vez fijadas por el cilindro IN, el controlador ejecuta la secuencia de dispensado según la lógica programada. El proceso se rige por el conteo proveniente del sensor óptico y los estados de los cilindros, asegurando que el llenado solo ocurra cuando las botellas estén correctamente alineadas.

### d. Subsistema de colocación y enroscado de tapa

Una vez llenadas, las botellas avanzan hacia el mecanismo de tapado. El módulo implementa dos acciones:

- ✓ Colocación de tapa, mediante un actuador neumático o brazo que posiciona la tapa sobre el envase.
- ✓ Enroscado, mediante un motor o herramienta giratoria que asegura la tapa.

Este subsistema funciona bajo la supervisión de sensores que detectan el posicionamiento correcto antes de proceder con el enroscado. La secuencia se controla desde el PLC integrando señales de los cilindros y el conteo de botellas.

### e. Subsistema de indicación y seguridad

El módulo incluye pulsadores START, STOP, RESET y un pulsador de emergencia EM\_STOP, los cuales están enlazados directamente a la lógica del PLC. Las balizas

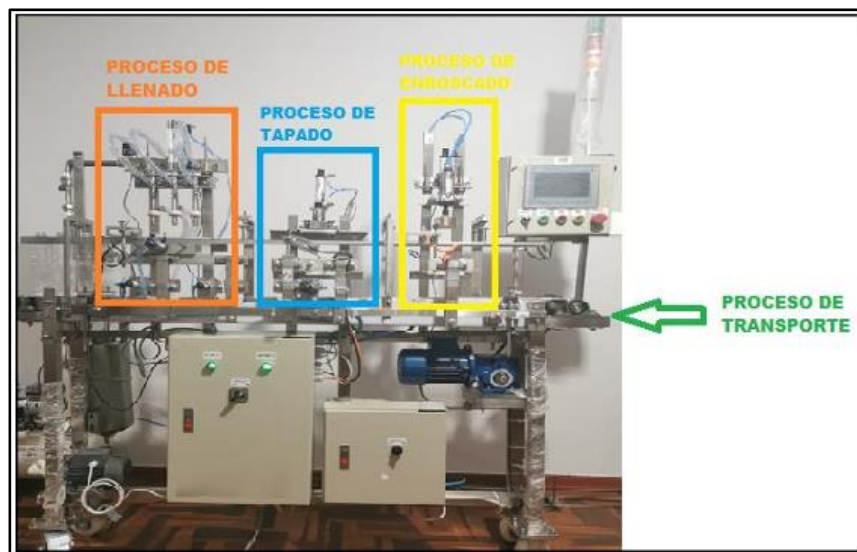
roja y ámbar, así como el buzzer, cumplen funciones de señalización de estados del sistema:

- **Baliza roja:** Activa cuando el operador presiona STOP.
- **Baliza ámbar y buzzer:** Activos al presionar EM\_STOP.
- **Lámpara RESET:** Indica sistema detenido o recién reiniciado.

La figura 1 muestra el prototipo final del módulo de embotellado industrial, donde se integran los subsistemas de transporte, fijación, llenado, tapado y enroscado. Este prototipo representa el entorno físico sobre el cual se implementa el sistema IoT para el monitoreo y control del proceso en tiempo real.

**Figura 1**

*Prototipo final de la embotelladora*

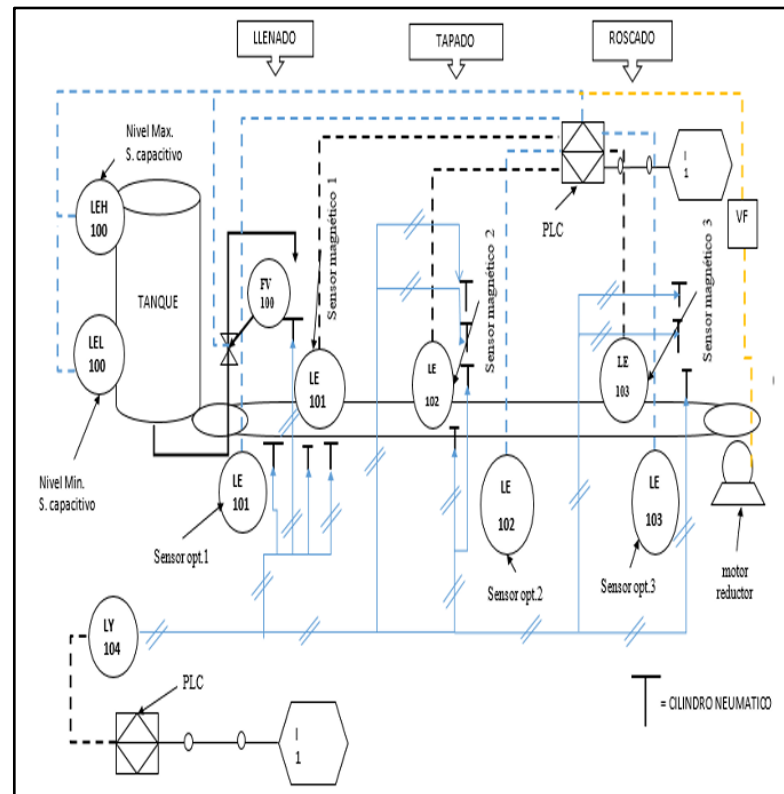


*Nota: Imagen tomada de Mamani Huanacuni (2021, p. 88) del sitio web <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1860/Mamani-Huanacuni-Gilber.pdf>. DOC: "Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de embotellado de yogurt en la planta lechera Tacna"*

La figura 2 presenta el diagrama P&ID del proceso de embotellado, en el cual se identifican los elementos de control, instrumentación y actuadores neumáticos. Este diagrama permite comprender la secuencia del proceso y la interacción entre los componentes del sistema automatizado.

**Figura 2**

Diagrama P&amp;ID de embotelladora



Nota: Imagen tomada de Mamani Huanacuni (2021, p. 99) del sitio web <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1860/Mamani-Huanacuni-Gilber.pdf> DOC: "Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de embotellado de yogurt en la planta lechera Tacna"

## 2.3. Definición de términos

### 2.3.1. Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) es un paradigma tecnológico que permite la interconexión de objetos físicos a través de Internet, facilitando la recopilación, transmisión y procesamiento de datos sin intervención humana directa (Atzori, Iera & Morabito, 2010).

### 2.3.2. IoT industrial (IIoT)

El IoT Industrial (IIoT) se refiere a la aplicación de tecnologías IoT en entornos industriales, permitiendo la integración de sensores, actuadores y sistemas de control con plataformas digitales para el monitoreo y optimización de procesos productivos (Lueth, 2015).

### **2.3.3. Controlador lógico programable (PLC)**

Un Controlador Lógico Programable (PLC) es un dispositivo electrónico digital diseñado para el control automático de procesos industriales mediante la ejecución de instrucciones lógicas, secuenciales y temporizadas en tiempo real (Bolton, 2015).

### **2.3.4. PLC siemens S7-1200**

El PLC Siemens S7-1200 es un controlador modular utilizado en aplicaciones de automatización industrial, caracterizado por su capacidad de procesamiento, flexibilidad de comunicación y compatibilidad con sistemas de supervisión y plataformas IoT (Siemens AG, 2022).

### **2.3.5. Pasarela industrial simatic IoT2050**

La pasarela industrial Simatic IoT2050 es un dispositivo diseñado para la integración entre sistemas de automatización industrial y plataformas IoT, permitiendo la adquisición, procesamiento y transmisión de datos desde controladores industriales hacia la nube (Siemens AG, 2022).

### **2.3.6. Node-RED**

Node-RED es una herramienta de programación basada en flujos que permite la integración de hardware, APIs y servicios en línea, facilitando el desarrollo de aplicaciones IoT mediante nodos visuales interconectados (OpenJS Foundation, 2023).

### **2.3.7. Protocolo MQTT**

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) es un protocolo de mensajería ligero basado en el modelo publicador-suscriptor, diseñado para la transmisión eficiente de datos en entornos con ancho de banda limitado y alta latencia (Hunkeler, Truong & Stanford-Clark, 2008).

### **2.3.8. Plataforma ubidots**

Ubidots es una plataforma en la nube orientada al desarrollo de aplicaciones IoT, que permite la visualización, análisis y gestión de datos provenientes de dispositivos conectados, así como la ejecución de acciones de control remoto (Ubidots Inc., 2023).

### **2.3.9. Protocolo de comunicación industrial**

Un protocolo de comunicación industrial es un conjunto de reglas y estándares que permiten el intercambio de datos entre dispositivos de automatización, garantizando una comunicación confiable, segura y eficiente dentro de los sistemas industriales (Zurawski, 2014).

### **2.3.10. Monitoreo en tiempo real**

El monitoreo en tiempo real es la capacidad de observar y supervisar el comportamiento de un proceso o sistema a medida que ocurren los eventos, permitiendo la detección inmediata de fallas y la toma oportuna de decisiones operativas (Kang et al., 2016).

### **2.3.11. Control remoto**

El control remoto se refiere a la capacidad de operar y modificar el estado de un sistema o proceso industrial desde una ubicación distinta al lugar donde se encuentra físicamente el equipo, mediante redes de comunicación y plataformas digitales (Xu, Xu & Li, 2018).

### **2.3.12. Plataforma en la nube**

Una plataforma en la nube es un entorno informático que proporciona recursos de almacenamiento, procesamiento y servicios accesibles a través de Internet, facilitando la gestión y análisis de datos provenientes de sistemas IoT e industriales (Mell & Grance, 2011).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Diseño de la investigación

La presente investigación adopta un diseño experimental, ya que se realizaron pruebas directas sobre el módulo embotellador con el objetivo de evaluar el funcionamiento del sistema IoT implementado. Para ello, se manipuló la variable independiente la integración del IoT2050, Node-RED y la plataforma Ubidots mediante el protocolo MQTT y se observó su efecto sobre el monitoreo y control del proceso.

Las pruebas incluyeron la activación remota del sistema (start, stop, reset), la medición de latencia en la transmisión de datos, la observación del comportamiento de los sensores y actuadores, y el análisis del flujo de información PLC–IoT2050–Ubidots. Esto permitió validar la efectividad del sistema bajo condiciones experimentales controladas.

#### 3.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que está orientada al desarrollo e implementación de una solución tecnológica con el fin de mejorar un proceso existente. En este caso, se implementó un sistema IoT para el monitoreo y control en tiempo real del módulo de embotellado industrial del Laboratorio de Automatización y Control de la Universidad Privada de Tacna.

#### 3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de la presente investigación es aplicativo, debido a que se orienta al diseño, implementación y validación de un sistema IoT para el monitoreo y control del módulo de embotellado industrial, con la finalidad de dar solución a un problema práctico mediante la aplicación de conocimientos tecnológicos.

### 3.2. Acciones y actividades

En la tabla 1 se detallan las acciones y actividades realizadas en todo el periodo de la elaboración de la tesis.

**Tabla 1**  
Acciones y Actividades

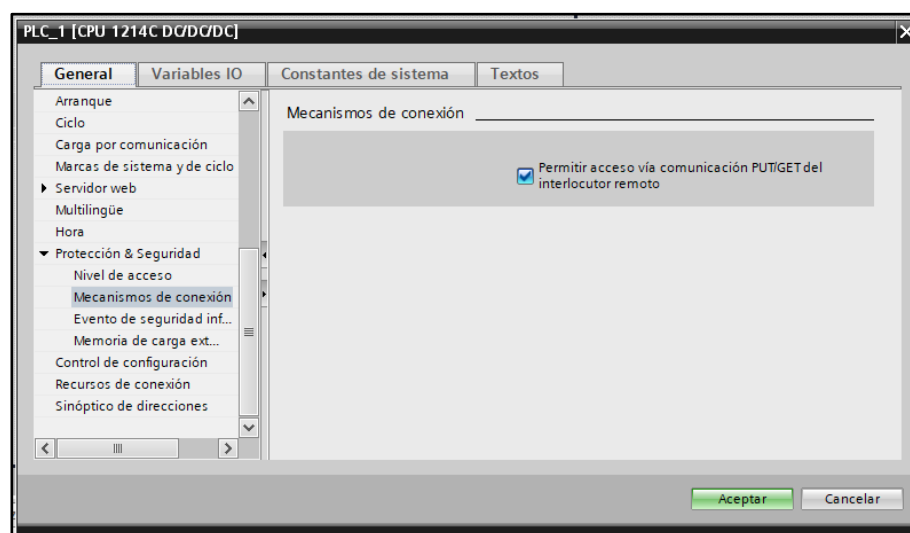
N°	Etapa	Actividades principales	Periodo
1	Análisis del proceso	Evaluación del funcionamiento del módulo de embotellado e identificación de variables	Septiembre 2025
2	Diseño del sistema IoT	Definición de la arquitectura IoT y selección de tecnologías	Octubre 2025
3	Implementación del sistema	Programación del PLC, configuración de IoT2050 y Node-RED	Octubre – noviembre 2025
4	Integración y comunicación	Implementación del protocolo MQTT y conexión con Ubidots	Noviembre 2025
5	Pruebas y validación	Pruebas funcionales y evaluación del desempeño del sistema	Noviembre – diciembre 2025
6	Análisis de resultados	Procesamiento y análisis de datos obtenidos	Diciembre 2025
7	Elaboración del informe	Redacción y revisión final de la tesis	Diciembre 2025

### 3.2.1. Programación del PLC en TIA Portal v15

La Figura 3 corresponde a la etapa de configuración de comunicación, donde se habilita el acceso PUT/GET en el PLC Siemens S7-1200. Esta etapa es fundamental para permitir el intercambio de datos entre el PLC y sistemas externos, como la pasarela IoT, garantizando la conectividad del sistema.

**Figura 3**

*Permitir acceso vía comunicación PUT/GET del interlocutor remoto en el TIA PORTAL 15*



Antes de empezar a programar se debe habilitar la opción permitir acceso vía comunicación PUT/GET del interlocutor remoto (PLC). Para el funcionamiento de este proyecto se realiza la siguiente programación en el lenguaje escalera especificado por segmentos:

### Segmento 1:

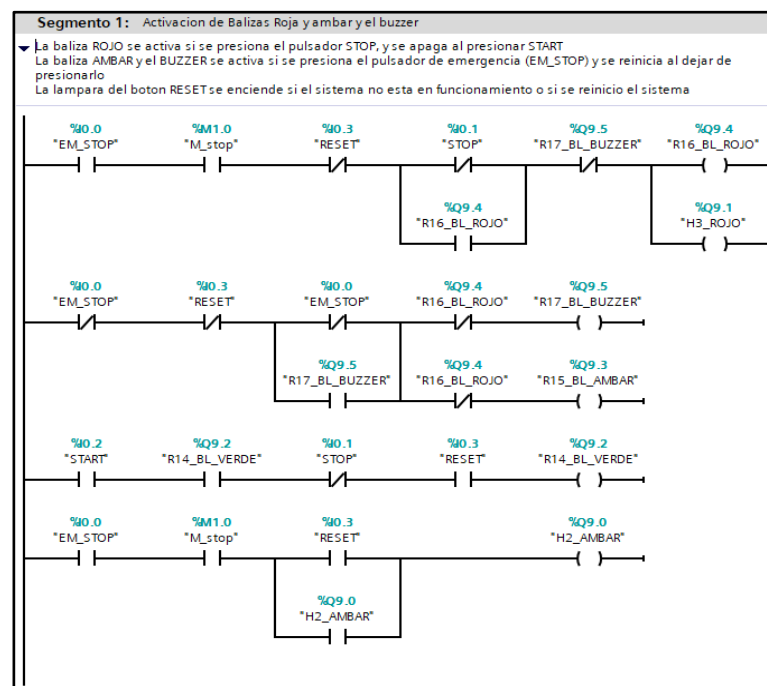
#### Activación de Balizas Roja y ámbar y el buzzer

- La baliza ROJO se activa si se presiona el pulsador STOP, y se apaga al presionar START.
- La baliza AMBAR y el BUZZER se activa si se presiona el pulsador de emergencia (EM\_STOP) y se reinicia al dejar de presionarlo.
- La lámpara del botón RESET se enciende si el sistema no está en funcionamiento o si se reinició el sistema.

La Figura 4 muestra la etapa de señalización del sistema, en la cual se activan las balizas roja y ámbar, así como el buzzer, indicando el estado operativo y las condiciones de seguridad del proceso de embotellado.

**Figura 4**

#### Activación de Balizas Roja y ámbar y el buzzer



### Segmento 2:

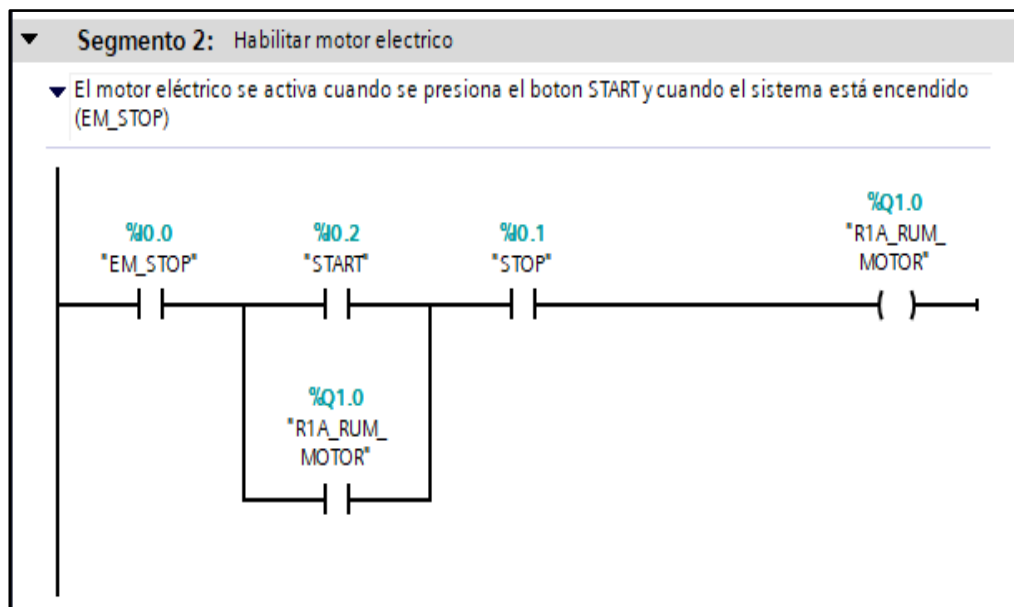
#### ✓ *Habilitar motor eléctrico:*

El motor eléctrico se activa cuando se presiona el botón START y cuando el sistema está encendido (EM\_STOP).

La Figura 5 corresponde a la etapa de arranque del sistema, donde se habilita el motor eléctrico principal que permite el funcionamiento del módulo de embotellado, iniciando la secuencia automática del proceso.

**Figura 5**

*Habilitar motor eléctrico*



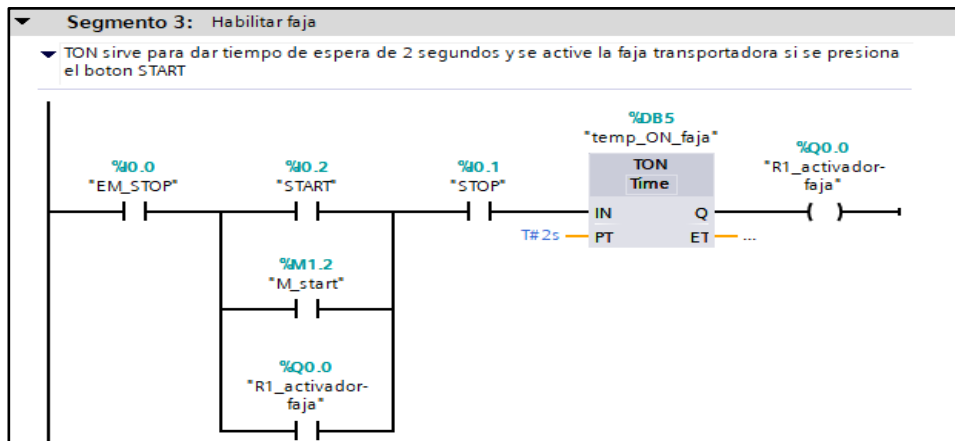
### Segmento 3:

#### ✓ *Habilitar faja*

TON sirve para dar tiempo de espera de dos segundos y se active la faja transportadora si se presiona el botón START.

La Figura 6 representa la etapa de transporte, en la cual se activa la faja transportadora para el desplazamiento de las botellas a lo largo de las distintas estaciones del proceso.

**Figura 6**  
*Habilitar faja*



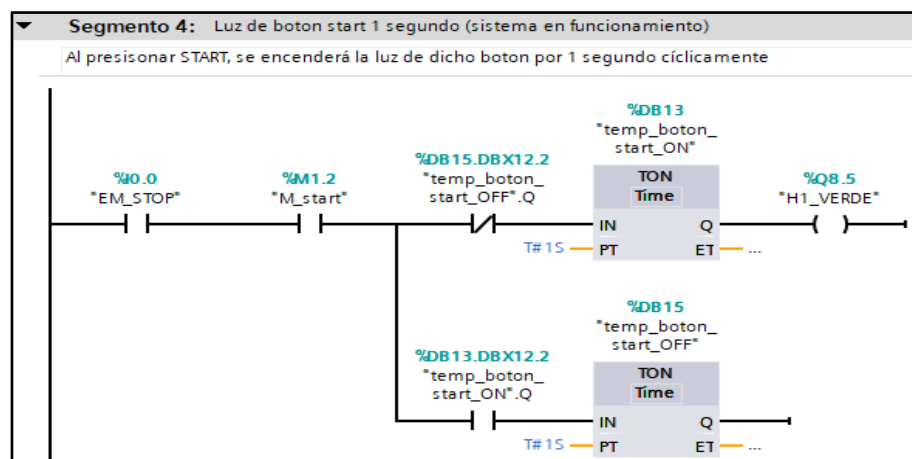
Segmento 4:

- ✓ *Luz de botón start un segundo (sistema en funcionamiento):*

Al presionar START, se encenderá la luz de dicho botón por 1 segundo cíclicamente.

La Figura 7 corresponde a la etapa de confirmación de operación, donde se activa la luz del botón Start, indicando que el sistema se encuentra en funcionamiento normal.

**Figura 7**  
*Luz de botón start un segundo (sistema en funcionamiento)*



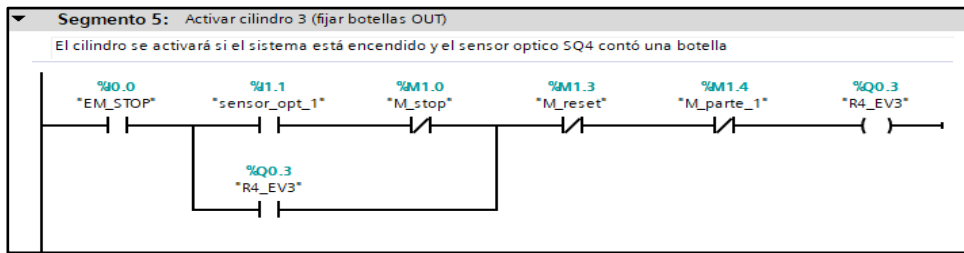
Segmento 5:

- ✓ *Activar cilindro tres (fijar botellas OUT):*

El cilindro se activará si el sistema está encendido y el sensor óptico SQ4 contó una botella.

La figura 8 representa la etapa de posicionamiento y llenado de botellas, donde los cilindros neumáticos fijan, sujetan y habilitan las válvulas de llenado, asegurando la correcta operación del módulo de llenado.

**Figura 8**  
*Activar cilindro tres (fijar botellas OUT)*



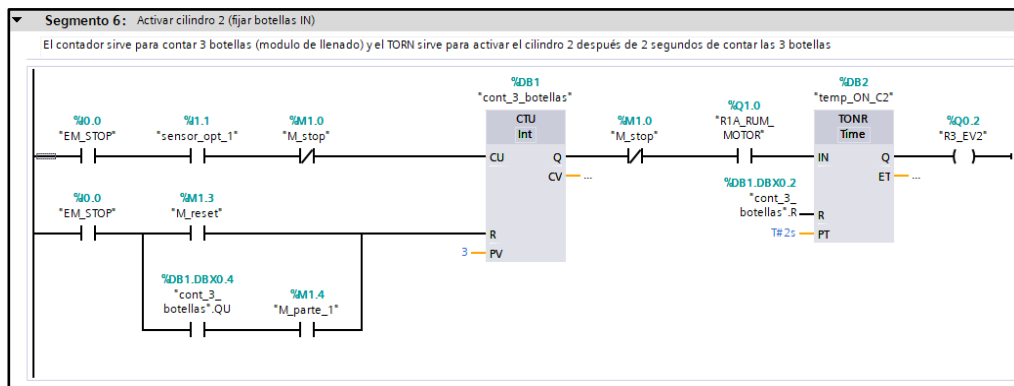
Segmento 6:

- ✓ *Activar cilindro dos (fijar botellas IN):*

El contador sirve para contar tres botellas (módulo de llenado) y el TORN sirve para activar el cilindro dos después de dos segundos de contar las tres botellas.

La figura 9 representa la etapa de posicionamiento y llenado de botellas, donde los cilindros neumáticos fijan, sujetan y habilitan las válvulas de llenado, asegurando la correcta operación del módulo de llenado.

**Figura 9**  
*Activar cilindro dos (fijar botellas IN)*



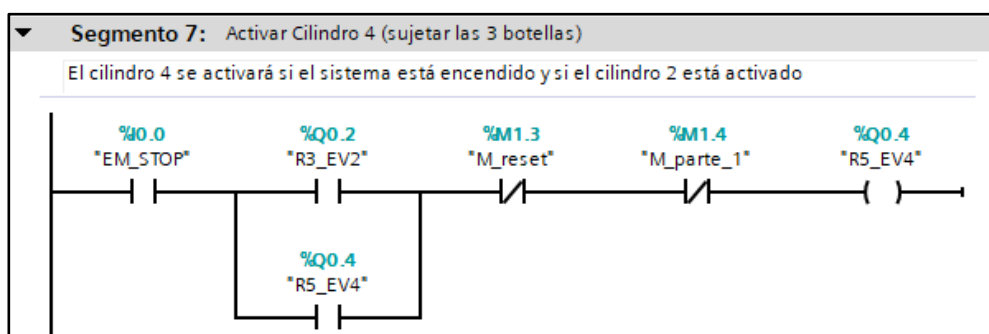
### Segmento 7:

- ✓ *Activar Cilindro cuatro (sujetar las tres botellas):*

El cilindro cuatro se activará si el sistema está encendido y si el cilindro dos está activado.

La figura 10 representa la etapa de posicionamiento y llenado de botellas, donde los cilindros neumáticos fijan, sujetan y habilitan las válvulas de llenado, asegurando la correcta operación del módulo de llenado.

**Figura 10**  
*Activar Cilindro cuatro (sujetar las tres botellas)*



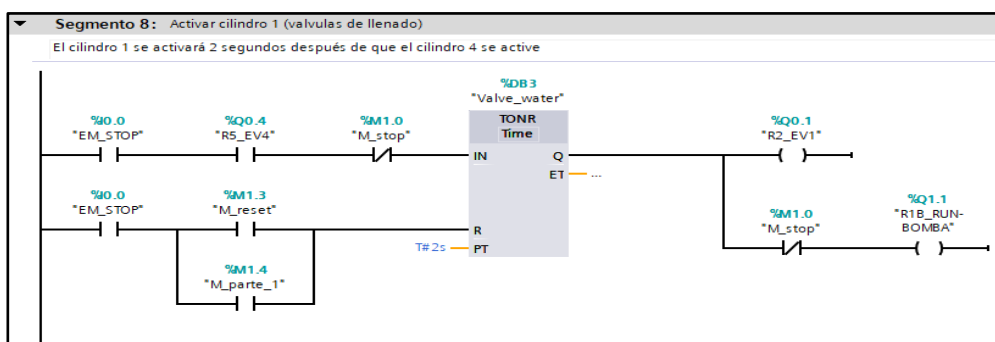
### Segmento 8:

- ✓ *Activar cilindro uno (válvulas de llenado):*

El cilindro uno se activará dos segundos después de que el cilindro cuatro se active.

La figura 11 representa la etapa de posicionamiento y llenado de botellas, donde los cilindros neumáticos fijan, sujetan y habilitan las válvulas de llenado, asegurando la correcta operación del módulo de llenado.

**Figura 11**  
*Activar cilindro 1 (válvulas de llenado)*



### Segmento 9:

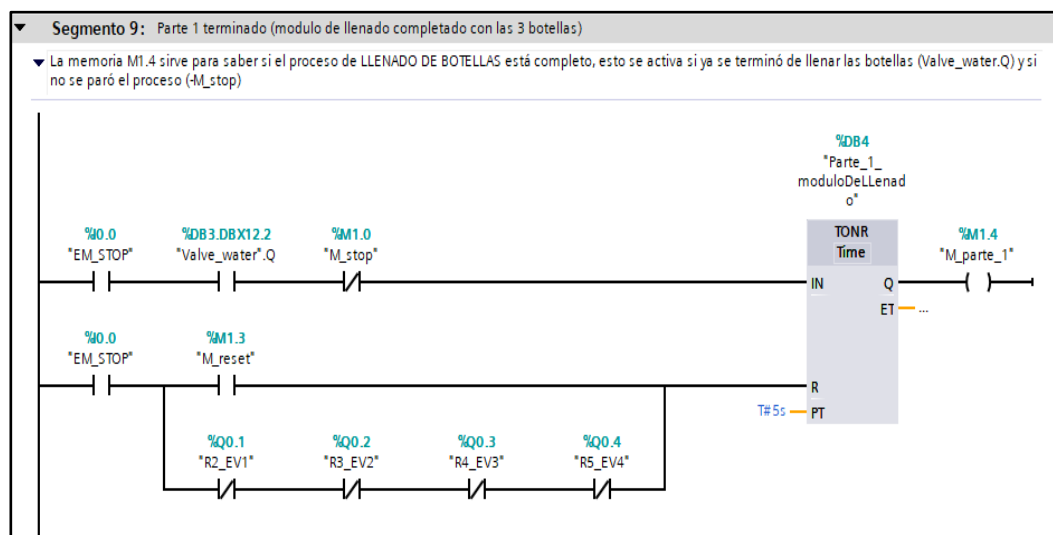
- ✓ *Parte uno terminado (módulo de llenado completado con las 3 botellas):*

La memoria M1.4 sirve para saber si el proceso de LLENADO DE BOTELLAS está completo, esto se activa si ya se terminó de llenar las botellas (Valve\_water.Q) y si no se paró el proceso (-M\_stop).

La Figura 12 corresponde a la finalización de la etapa de llenado, mostrando el módulo con las tres botellas correctamente llenadas antes de pasar a la siguiente fase del proceso.

**Figura 12**

*Parte uno terminado (módulo de llenado completado con las 3 botellas)*



### Segmento 10:

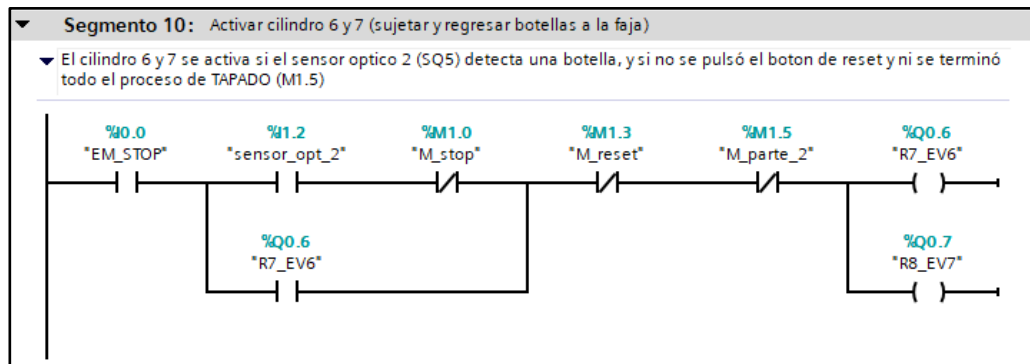
- ✓ *Activar cilindro 6 y 7 (sujetar y regresar botellas a la faja):*

El cilindro 6 y 7 se activa si el sensor óptico 2 (SQ5) detecta una botella, y si no se pulsó el botón de reset y ni se terminó todo el proceso de TAPADO (M1.5).

La figura 13 representa la etapa de tapado, donde los cilindros neumáticos posicionan, empujan y colocan las tapas sobre las botellas, asegurando su correcta colocación.

**Figura 13**

Activar cilindro 6 y 7 (sujetar y regresar botellas a la faja)



Nota. Elaboración fuente propia (2025)

Segmento 11:

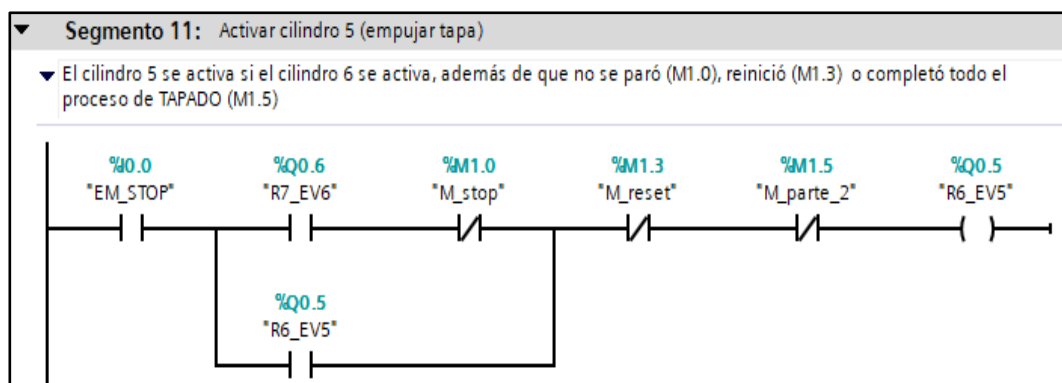
✓ Activar cilindro cinco (empujar tapa):

El cilindro cinco se activa si el cilindro 6 se activa, además de que no se paró (M1.0), reinició (M1.3) o completó todo el proceso de TAPADO (M1.5).

La figura 14 representa la etapa de tapado, donde los cilindros neumáticos posicionan, empujan y colocan las tapas sobre las botellas, asegurando su correcta colocación.

**Figura 14**

Activar cilindro cinco (empujar tapa)



Segmento 12:

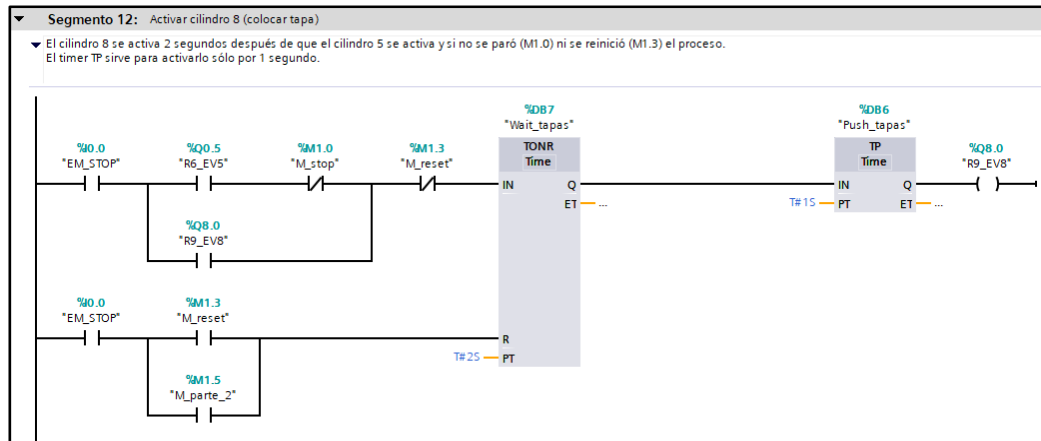
✓ Activar cilindro ocho (colocar tapa):

El cilindro 8 se activa 2 segundos después de que el cilindro cinco se activa y si no se paró (M1.0) ni se reinició (M1.3) el proceso. El timer TP sirve para activarlo sólo por un segundo.

La figura 15 representa la etapa de tapado, donde los cilindros neumáticos posicionan, empujan y colocan las tapas sobre las botellas, asegurando su correcta colocación.

**Figura 15**

*Activar cilindro 8 (colocar tapa)*



*Segmento 13:*

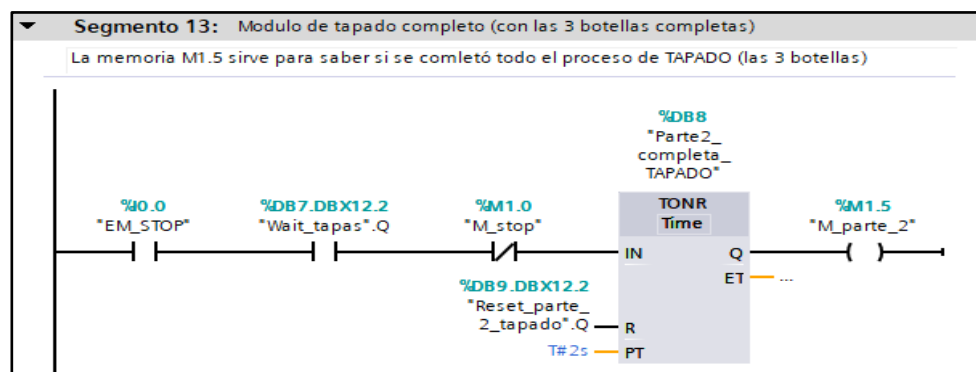
- ✓ Módulo de tapado completo (con las tres botellas completas):

La memoria M1.5 sirve para saber si se completó todo el proceso de TAPADO (las 3 botellas).

La Figura 16 corresponde a la finalización del módulo de tapado, mostrando las botellas con tapas colocadas correctamente.

**Figura 16**

*Módulo de tapado completo (con las 3 botellas completas)*



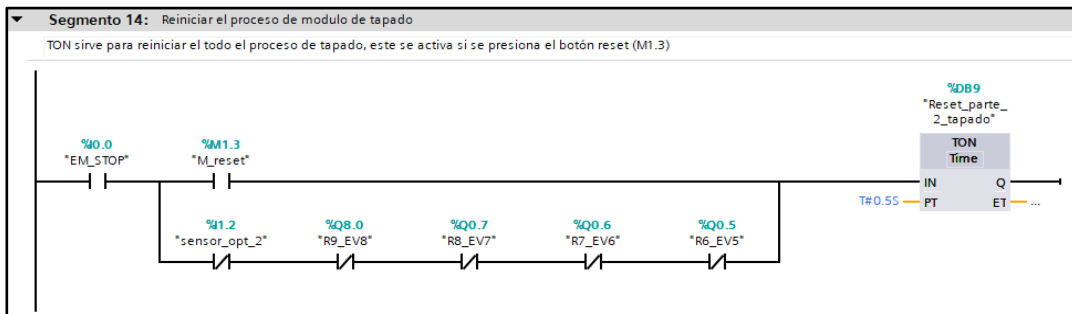
*Segmento 14:*

- ✓ Reiniciar el proceso de módulo de tapado:

TON sirve para reiniciar el todo el proceso de tapado, este se activa si se presiona el botón reset (M1.3)

La Figura 17 representa la etapa de reinicio del proceso, preparando el sistema para un nuevo ciclo de operación.

**Figura 17**  
*Reiniciar el proceso de módulo de tapado*



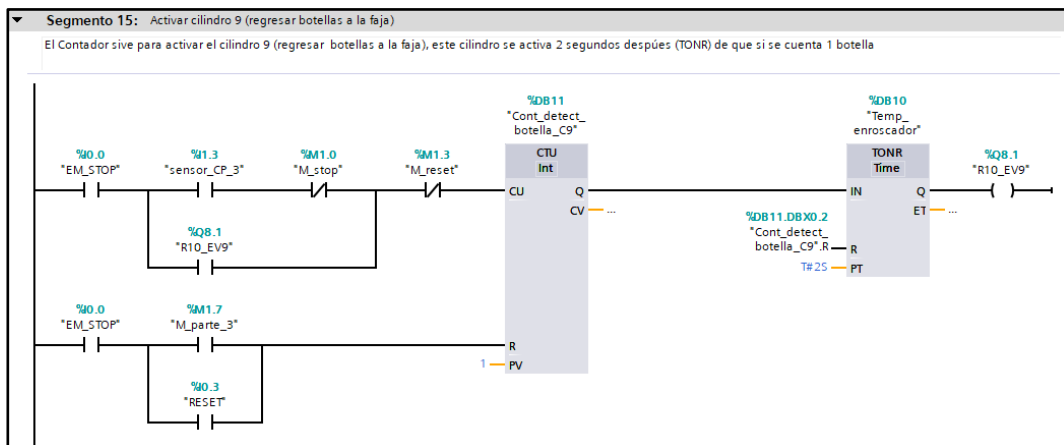
Segmento 15:

- ✓ Activar cilindro 9 (regresar botellas a la faja):

El Contador sirve para activar el cilindro 9 (regresar botellas a la faja), este cilindro se activa 2 segundos después (TONR) de que si se cuenta 1 botella.

La figura 18 corresponde a la etapa de enroscado, donde los cilindros realizan el descenso y giro necesario para asegurar el correcto cierre de las botellas.

**Figura 18**  
*Activar cilindro 9 (regresar botellas a la faja)*



### Segmento 16:

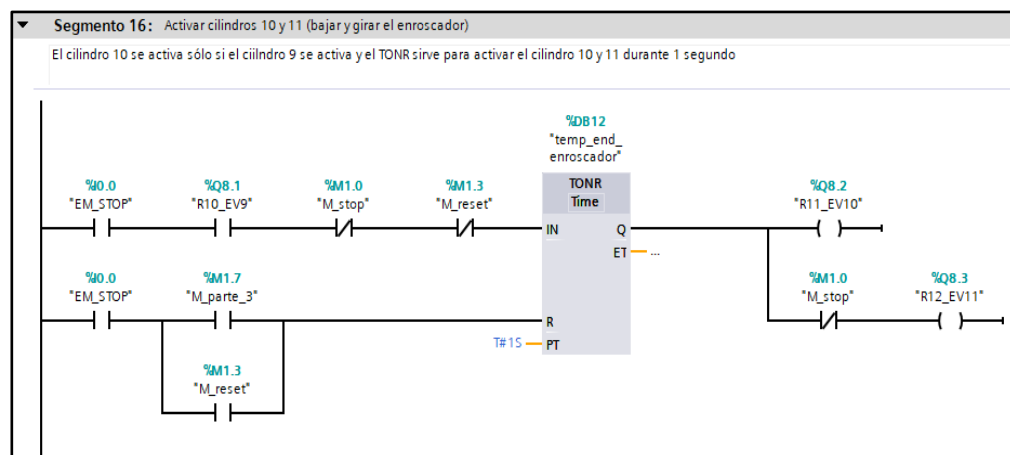
- ✓ *Activar cilindros 10 y 11 (bajar y girar el enroscado):*

El cilindro 10 se activa sólo si el cilindro 9 se activa y el TONR sirve para activar el cilindro 10 y 11 durante 1 segundo.

La figura 19 corresponde a la etapa de enroscado, donde los cilindros realizan el descenso y giro necesario para asegurar el correcto cierre de las botellas.

**Figura 19**

*Activar cilindros 10 y 11 (bajar y girar el enroscado)*



### Segmento 17:

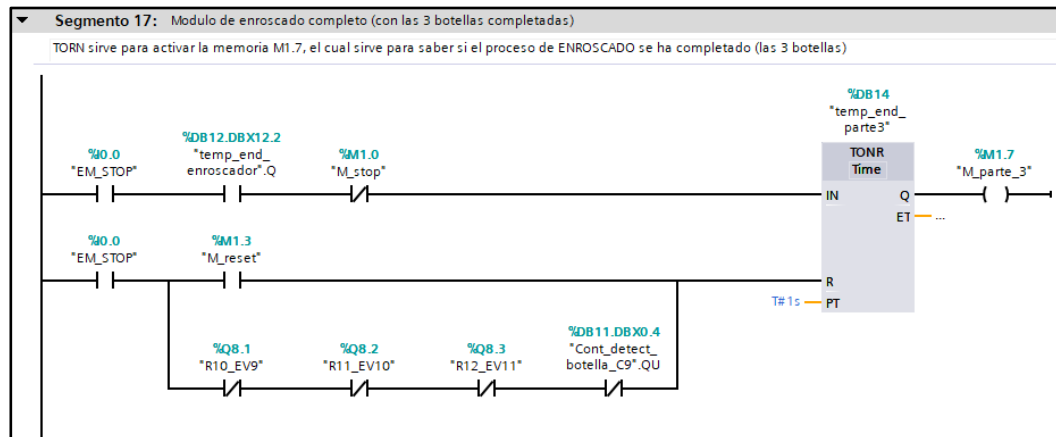
- ✓ *Módulo de enroscado completo (con las tres botellas completadas):*

TORN sirve para activar la memoria M1.7, el cual sirve para saber si el proceso de ENROSCADO se ha completado (las tres botellas).

La figura 20 corresponde a la etapa de enroscado, donde los cilindros realizan el descenso y giro necesario para asegurar el correcto cierre de las botellas.

**Figura 20**

*Módulo de enroscado completo (con las 3 botellas completadas)*



*Segmento 18:*

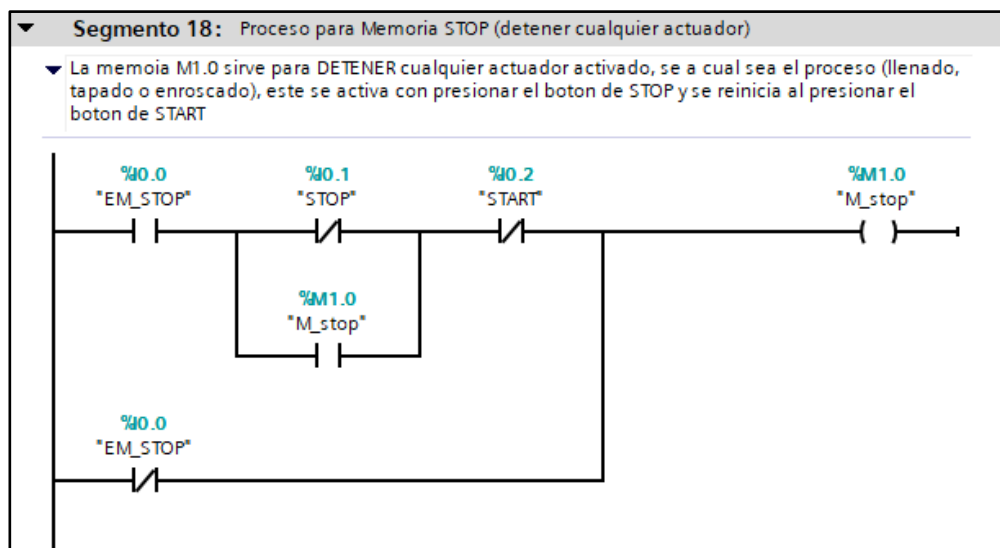
- ✓ *Proceso para Memoria STOP (detener cualquier actuador):*

La memoria M1.0 sirve para DETENER cualquier actuador activado, sea cual sea el proceso (llenado, tapado o enroscado), este se activa con presionar el botón de STOP y se reinicia al presionar el botón de START.

La figura 21 representa la etapa de control lógico del sistema, permitiendo detener, reiniciar o continuar el proceso de manera segura mediante memorias de control programadas en el PLC.

**Figura 21**

*Proceso para Memoria STOP (detener cualquier actuador)*



### Segmento 19:

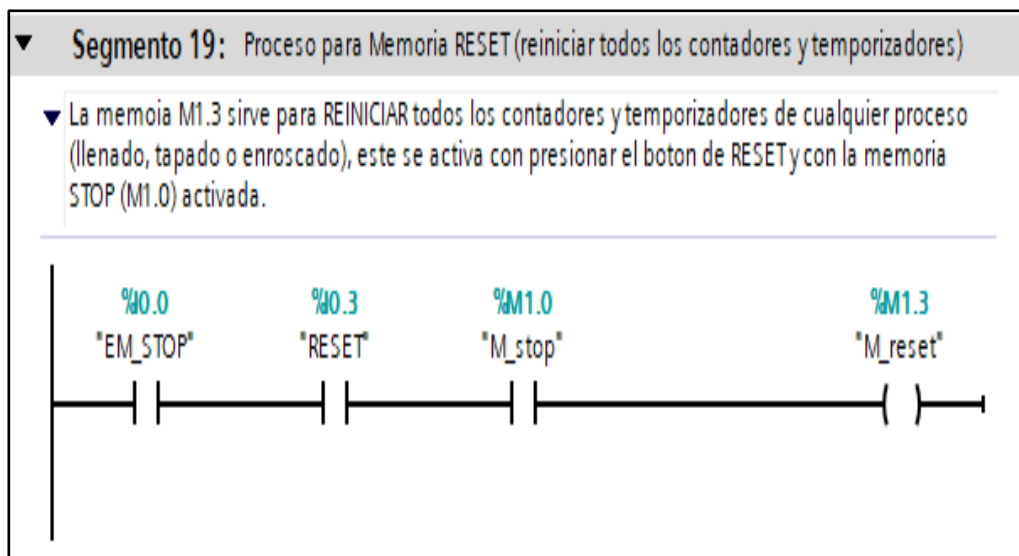
- ✓ *Proceso para Memoria RESET (reiniciar todos los contadores y temporizadores):*

La memoria M1.3 sirve para REINICIAR todos los contadores y temporizadores de cualquier proceso (llenado, tapado o enroscado), este se activa con presionar el botón de RESET y con la memoria STOP (M1.0) activada.

La figura 22 representa la etapa de control lógico del sistema, permitiendo detener, reiniciar o continuar el proceso de manera segura mediante memorias de control programadas en el PLC.

**Figura 22**

*Proceso para Memoria RESET (reiniciar todos los contadores y temporizadores)*



### Segmento 20:

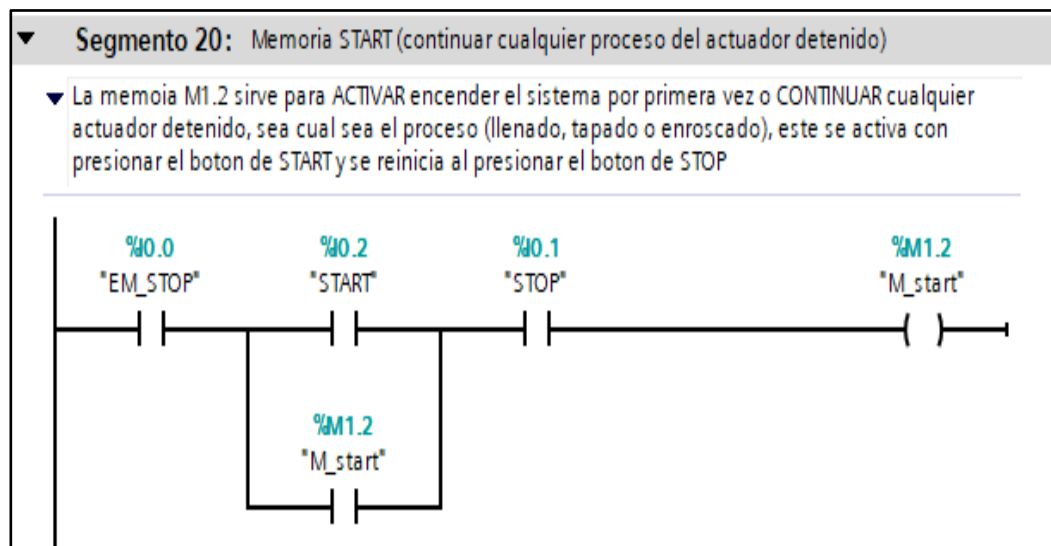
- ✓ *Memoria START (continuar cualquier proceso del actuador detenido):*

La memoria M1.2 sirve para ACTIVAR encender el sistema por primera vez o CONTINUAR cualquier actuador detenido, sea cual sea el proceso (llenado, tapado o enroscado), este se activa con presionar el botón de START y se reinicia al presionar el botón de STOP, como se muestra en la Figura 23.

La figura 23 representa la etapa de control lógico del sistema, permitiendo detener, reiniciar o continuar el proceso de manera segura mediante memorias de control programadas en el PLC.

**Figura 23**

*Memoria START (continuar cualquier proceso del actuador detenido)*



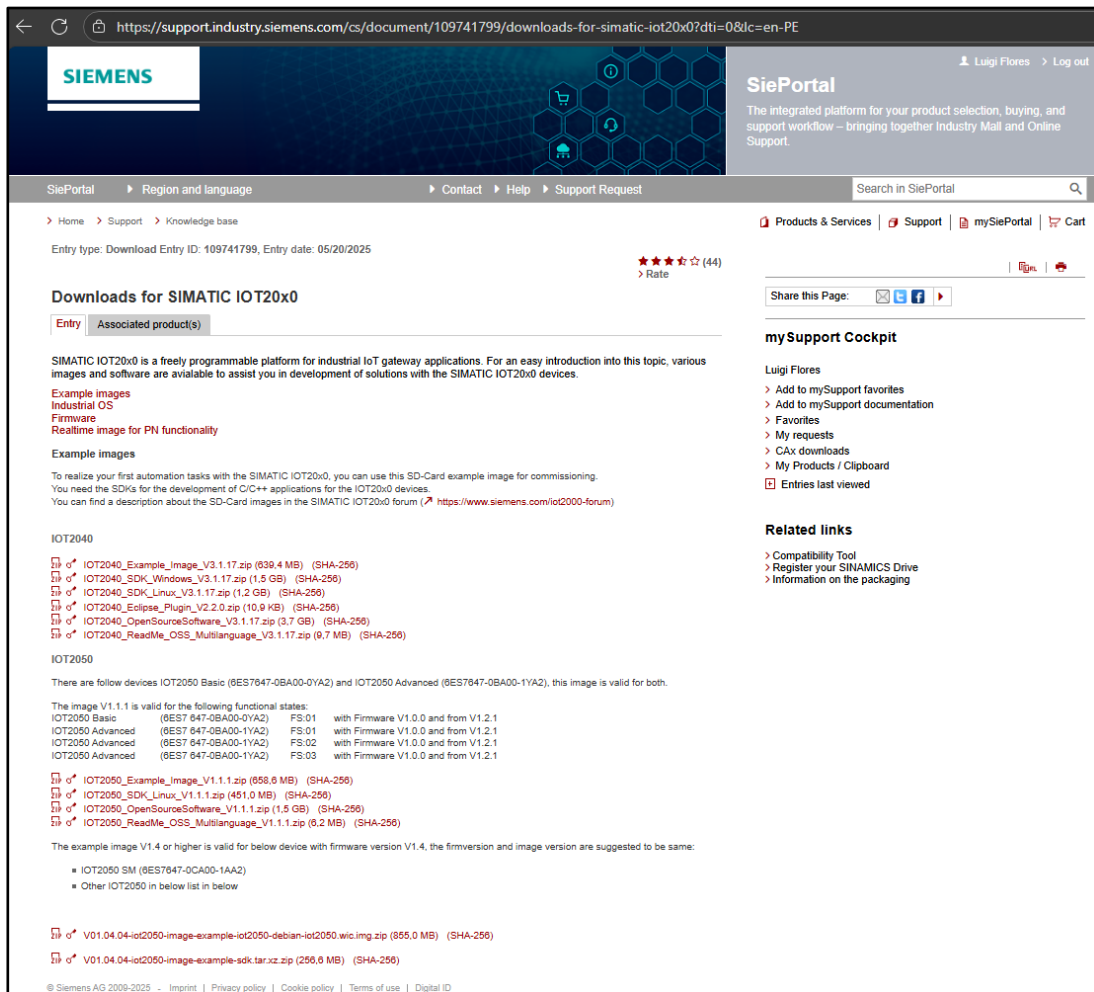
### 3.2.2. Preparación del IoT2050 grabando el sistema operativo mediante Win32DiskImager

Debemos descargar la imagen que proporciona siemens desde su página web, para la comunicación del equipo industrial mediante una tarjeta sd-card, basada en el sistema operativo linux. Para ello, se registra en el foro siemens del dispositivo SIMATIC IOT20x0, donde se encuentra la versión disponible para nuestro equipo (V01.04.04-iot2050-image-example-iot2050-debian-iot2050.wic.img.zip (855,0 MB)).

La figura 24 muestra la etapa de adquisición del sistema operativo del IoT2050 desde la plataforma oficial de Siemens.

## Figura 24

Página oficial de siemens para descargar el archivo Example-Image



The screenshot shows the Siemens Industry Online Support page for SIMATIC IOT20x0. The page is titled "Downloads for SIMATIC IOT20x0" and includes a search bar, navigation menu, and a list of download links for various IOT2040 and IOT2050 devices. The main content area is titled "Downloads for SIMATIC IOT20x0" and includes a description of the platform, example images, and a list of download links for IOT2040 and IOT2050 devices.

**Downloads for SIMATIC IOT20x0**

Entry type: Download Entry ID: 109741799, Entry date: 05/20/2025

SIMATIC IOT20x0 is a freely programmable platform for industrial IoT gateway applications. For an easy introduction into this topic, various images and software are available to assist you in development of solutions with the SIMATIC IOT20x0 devices.

**Example images**

Industrial OS  
Firmware  
Realtime image for PN functionality

**Example images**

To realize your first automation tasks with the SIMATIC IOT20x0, you can use this SD-Card example image for commissioning. You need the SDKs for the development of C/C++ applications for the IOT20x0 devices. You can find a description about the SD-Card images in the SIMATIC IOT20x0 forum (https://www.siemens.com/iot2000-forum)

**IOT2040**

- IOT2040\_Example\_Image\_V3.1.17.zip (836,4 MB) (SHA-256)
- IOT2040\_SDK\_Windows\_V3.1.17.zip (1,5 GB) (SHA-256)
- IOT2040\_SDK\_Linux\_V3.1.17.zip (1,2 GB) (SHA-256)
- IOT2040\_Eclipse\_Plugin\_V2.2.0.zip (10,9 KB) (SHA-256)
- IOT2040\_OpenSourceSoftware\_V3.1.17.zip (3,7 GB) (SHA-256)
- IOT2040\_ReadMe\_OSS\_Multilanguage\_V3.1.17.zip (9,7 MB) (SHA-256)

**IOT2050**

There are follow devices IOT2050 Basic (6ES7647-0BA00-0YA2) and IOT2050 Advanced (6ES7647-0BA00-1YA2), this image is valid for both.

The image V1.1.1 is valid for the following functional states:

Device	FS	Firmware
IOT2050 Basic (6ES7 647-0BA00-0YA2)	FS.01	with Firmware V1.0.0 and from V1.2.1
IOT2050 Advanced (6ES7 647-0BA00-1YA2)	FS.01	with Firmware V1.0.0 and from V1.2.1
IOT2050 Advanced (6ES7 647-0BA00-1YA2)	FS.02	with Firmware V1.0.0 and from V1.2.1
IOT2050 Advanced (6ES7 647-0BA00-1YA2)	FS.03	with Firmware V1.0.0 and from V1.2.1

- IOT2050\_Example\_Image\_V1.1.1.zip (856,6 MB) (SHA-256)
- IOT2050\_SDK\_Linux\_V1.1.1.zip (451,0 MB) (SHA-256)
- IOT2050\_OpenSourceSoftware\_V1.1.1.zip (1,5 GB) (SHA-256)
- IOT2050\_ReadMe\_OSS\_Multilanguage\_V1.1.1.zip (6,2 MB) (SHA-256)

The example image V1.4 or higher is valid for below device with firmware version V1.4, the firmversion and image version are suggested to be same:

- IOT2050 SM (6ES7647-0CA00-1AA2)
- Other IOT2050 in below list in below

- V01.04.04-iot2050-image-example-iot2050-debian-iot2050.wic.img.zip (855,0 MB) (SHA-256)
- V01.04.04-iot2050-image-example-sdk.tar.xz.zip (256,6 MB) (SHA-256)

© Siemens AG 2009-2025 - Imprint | Privacy policy | Cookie policy | Terms of use | Digital ID

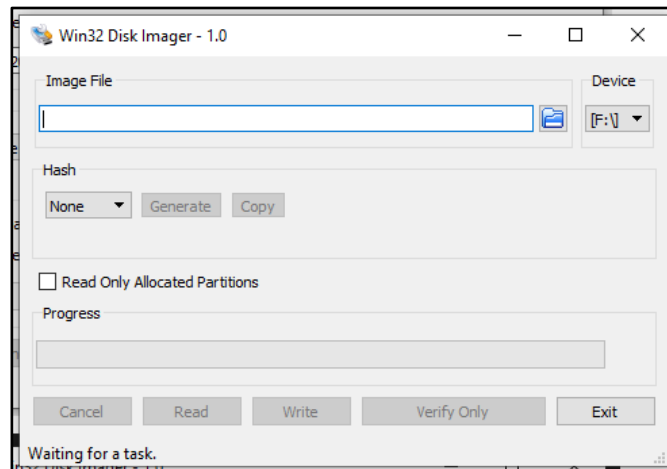
Nota. Imagen tomada desde la página oficial de Siemens, Siemens Industry Online Support. (2025), del sitio web <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109741799/descargas-para-los-dispositivos-simatic-iot20x0?dti=0&lc=es-DO7>

Se extrae la imagen y se procede a quemarla con el programa Win32DiskImager, para ello seleccionamos la imagen, la letra que representa a la tarjeta sd card (E:) y damos clic en write, terminado el proceso damos clic en ok.

Debemos pulsar la imagen de archivo y seleccionamos nuestra Example-Image que descargamos de la página oficial de Siemens.

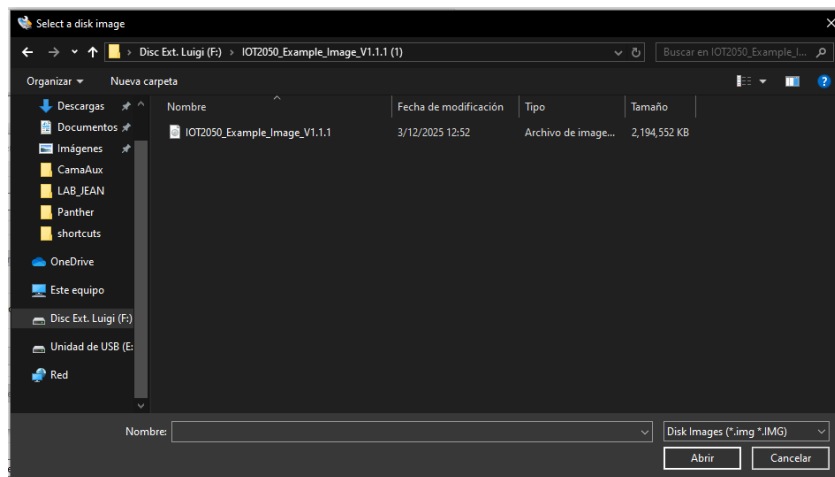
La figura 25 representa la etapa de preparación del sistema, utilizando el software Win32DiskImager para grabar la imagen del sistema operativo en la tarjeta SD.

**Figura 25**  
Programa Win32DiskImager



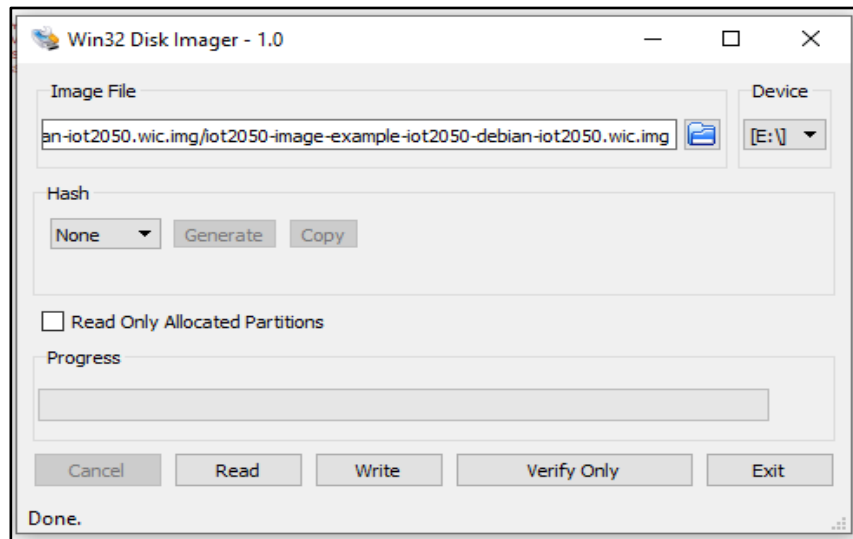
La figura 26 muestra la selección de la imagen del sistema operativo que será grabada en la tarjeta SD del IoT2050.

**Figura 26**  
Selección de Archivo Example-Image



*Nota. Elaboración fuente propia (2025)*

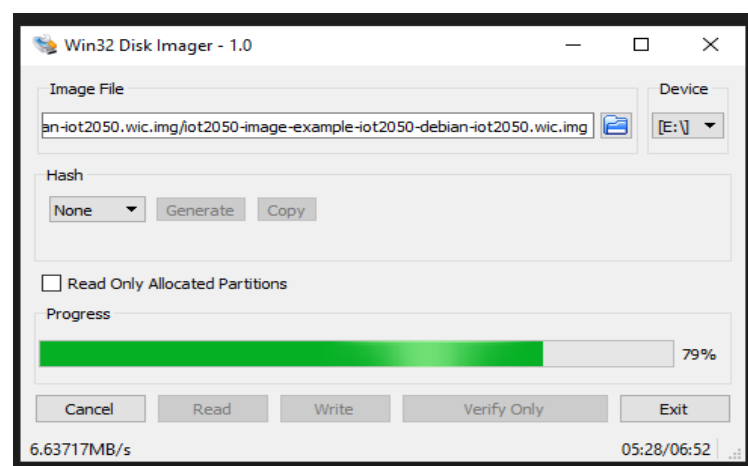
La figura 27 corresponde a la etapa de grabación de la imagen del sistema operativo en la tarjeta SD.

**Figura 27***Write en Win32DiskImager*

- ✓ *Debemos pulsar en el botón Write:*

Una vez quemada la imagen, se retira la tarjeta y se procede a insertarla en el SIMATIC IOT2050 (El equipo debe estar apagado, no energizado). Luego conectamos mediante una fuente de voltaje entre el rango de 12V a 24V, además se debe conectar en puerto X1 un cable Ethernet para la comunicación en red con nuestro computador, energizamos el equipo y esperamos unos minutos que inicialice la tarjeta y el dispositivo está listo para configurar.

La figura 28 representa la finalización del proceso de grabado del sistema operativo.

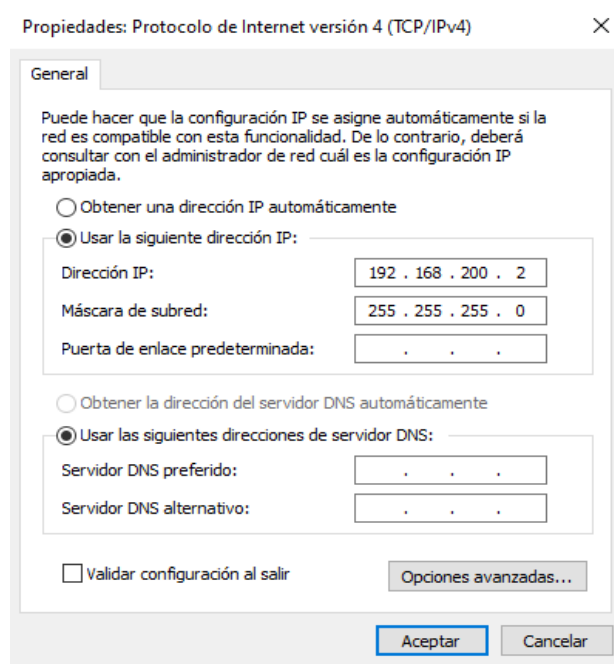
**Figura 28***Esperar carga de archivo en Win32DiskImager*

### 3.2.3. Configuración inicial del dispositivo mediante acceso SSH desde PuTTY

La figura 29 muestra la configuración de red necesaria para la comunicación entre el computador y el IoT2050.

**Figura 29**

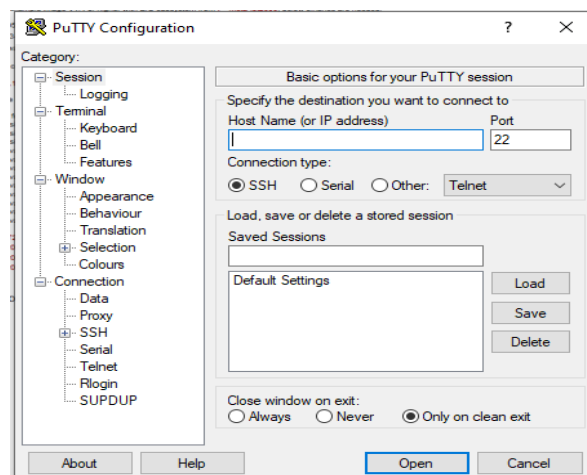
*Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4)*



La figura 30 corresponde a la etapa de acceso remoto al IoT2050 mediante el protocolo SSH.

**Figura 30**

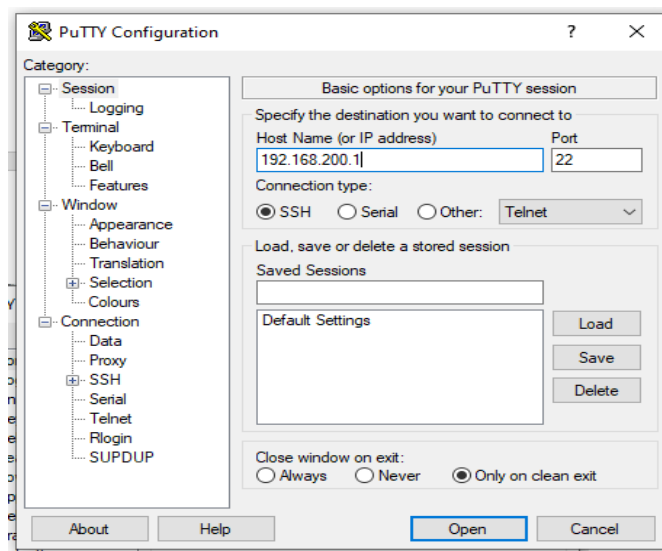
*Programa PuTTY*



Una vez estén red los dispositivos, se configura el simatic mediante el programa putty y se escribe la dirección IP por defecto que trae el dispositivo SIMATIC IOT2050 (192.168.200.1) y se da clic en aceptar.

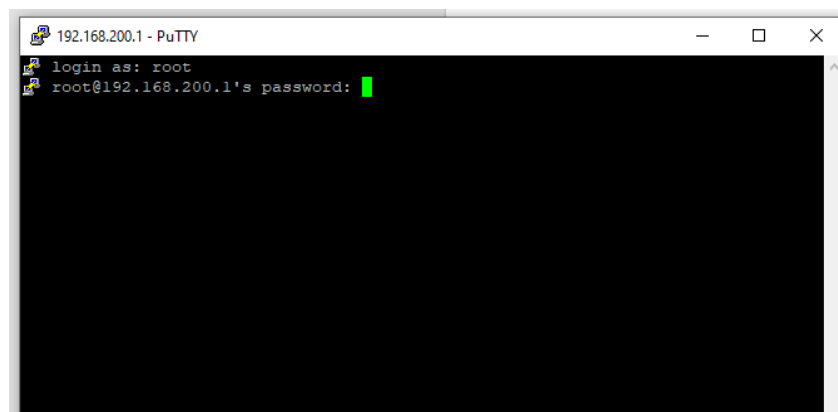
La figura 31 muestra la configuración de los parámetros de conexión SSH al IoT2050.

**Figura 31**  
*Configurar Programa PuTTY*



La figura 32 representa el acceso al sistema operativo del IoT2050 para su configuración inicial. Para ingresar nos pide usuario y la contraseña, colocando en login as: root y password root.

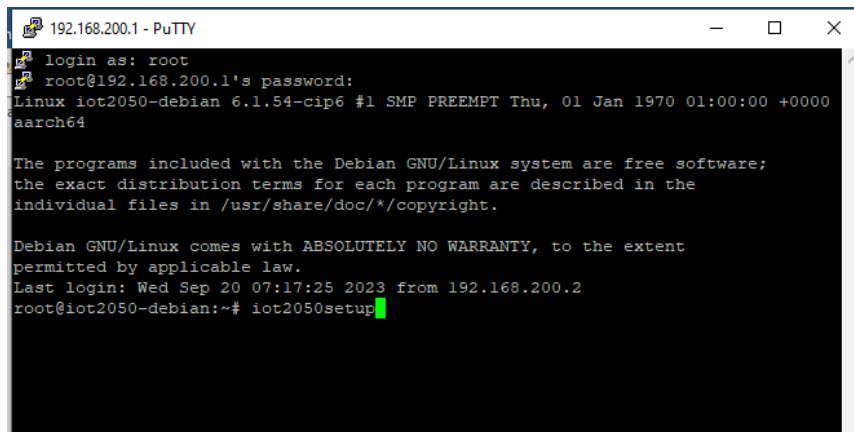
**Figura 32**  
*Ingresa a SIMATIC IOT2050 por medio de PuTTY*



La figura 33 representa el acceso al sistema operativo del IoT2050 para su configuración inicial. Una vez ingresemos con nuestro usuario y contraseña nos pedirá ingresar una nueva contraseña la cual será: epie2025.

**Figura 33**

*Cambiar Contraseña a SIMATIC IOT2050 en PuTTY*



```
192.168.200.1 - PuTTY
login as: root
root@192.168.200.1's password:
Linux iot2050-debian 6.1.54-cip6 #1 SMP PREEMPT Thu, 01 Jan 1970 01:00:00 +0000
aarch64

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Wed Sep 20 07:17:25 2023 from 192.168.200.2
root@iot2050-debian:~# iot2050setup
```

La figura 34 muestra el menú de configuración general del dispositivo IoT2050. Usaremos el comando `iot2050setup` y configuraremos la zona horaria y podremos ver opciones como Os Settings, Networking, Software y Peripherals.

**Figura 34**

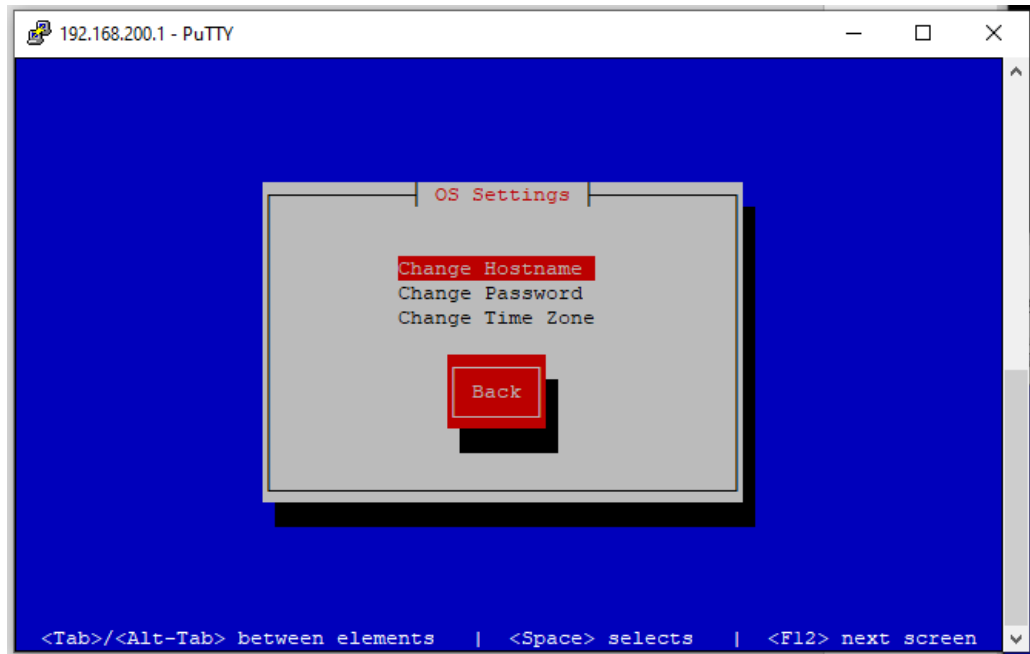
*Configuración IOT2050*



La figura 35 representa la etapa de configuración regional del sistema.

**Figura 35**

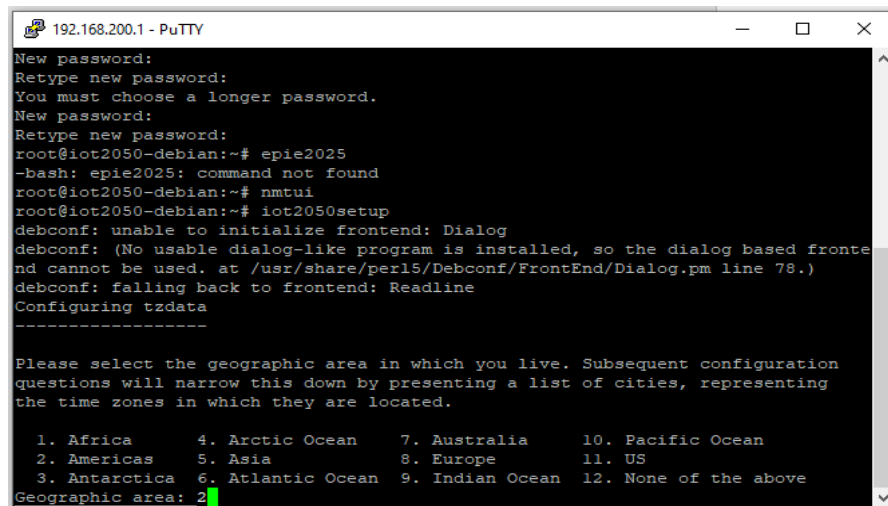
*Cambiar Zona Horaria a SIMATIC IOT2050*



La figura 36 muestra las distintas etapas de configuración de red del IoT2050 para garantizar la conectividad con el PLC y la plataforma IoT. Escribimos el numero 2 porque somos de América.

**Figura 36**

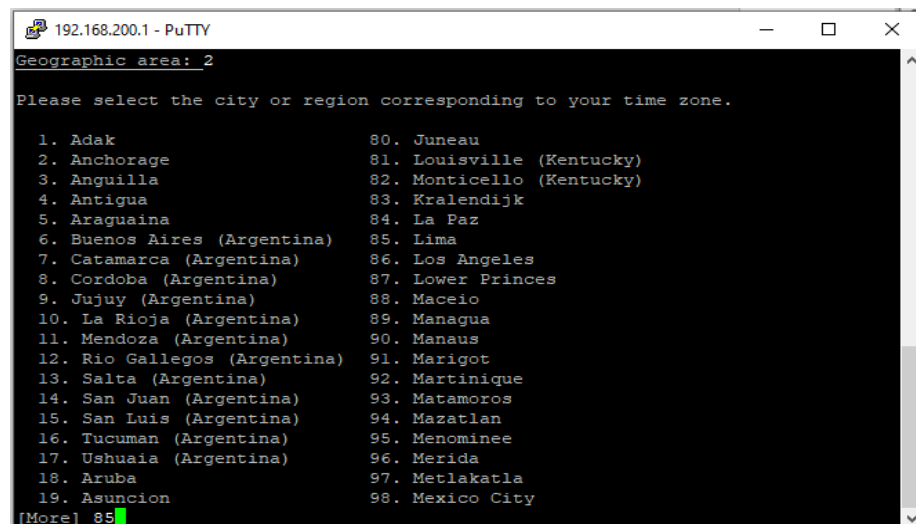
*Seleccionar Zona Horaria a SIMATIC IOT2050 (1)*



La figura 37 muestra las distintas etapas de configuración de red del IoT2050 para garantizar la conectividad con el PLC y la plataforma IoT. Escribimos el numero 85 ya que sería Lima.

**Figura 37**

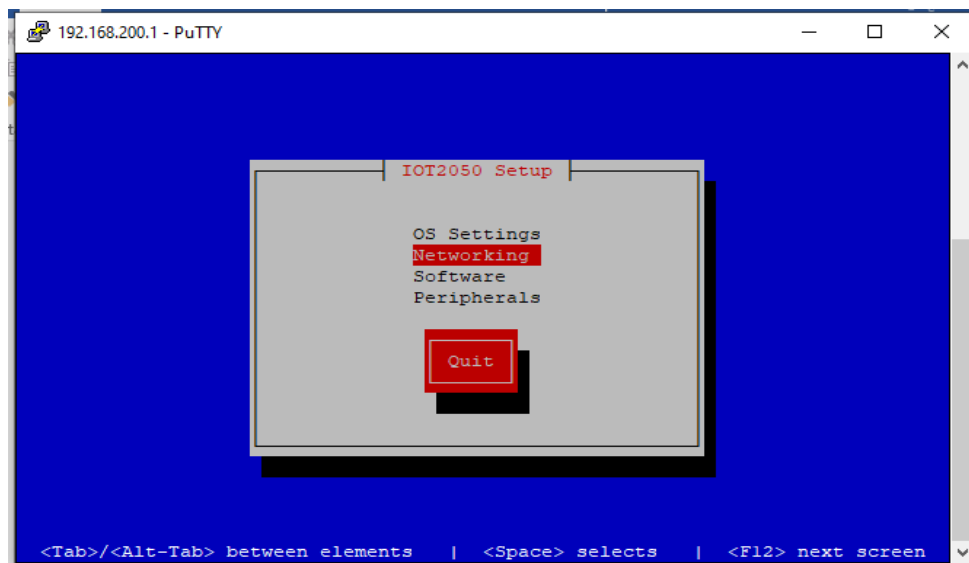
*Seleccionar Zona Horaria a SIMATIC IOT2050 (2)*



La figura 38 muestra las distintas etapas de configuración de red del IoT2050 para garantizar la conectividad con el PLC y la plataforma IoT.

**Figura 38**

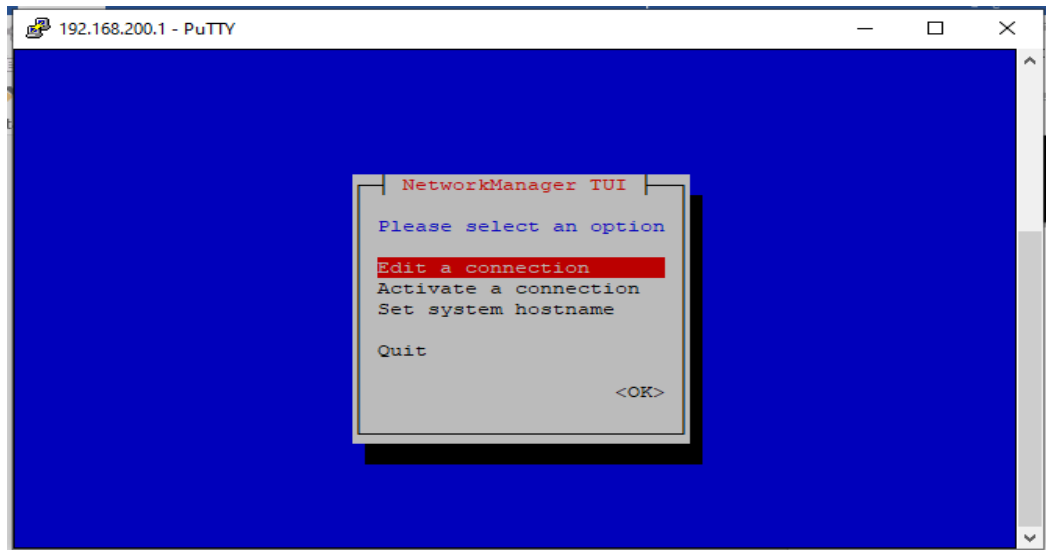
*Networking de SIMATIC IOT2050 (1)*



La figura 39 muestra las distintas etapas de configuración de red del IoT2050 para garantizar la conectividad con el PLC y la plataforma IoT.

**Figura 39**

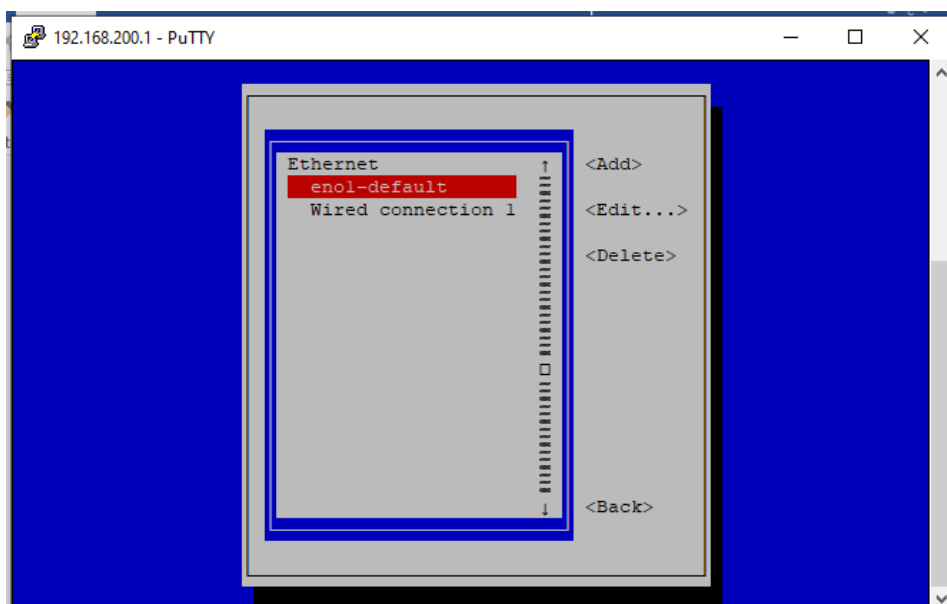
*Networking de SIMATIC IOT2050 (2)*



La figura 40 muestra las distintas etapas de configuración de red del IoT2050 para garantizar la conectividad con el PLC y la plataforma IoT.

**Figura 40**

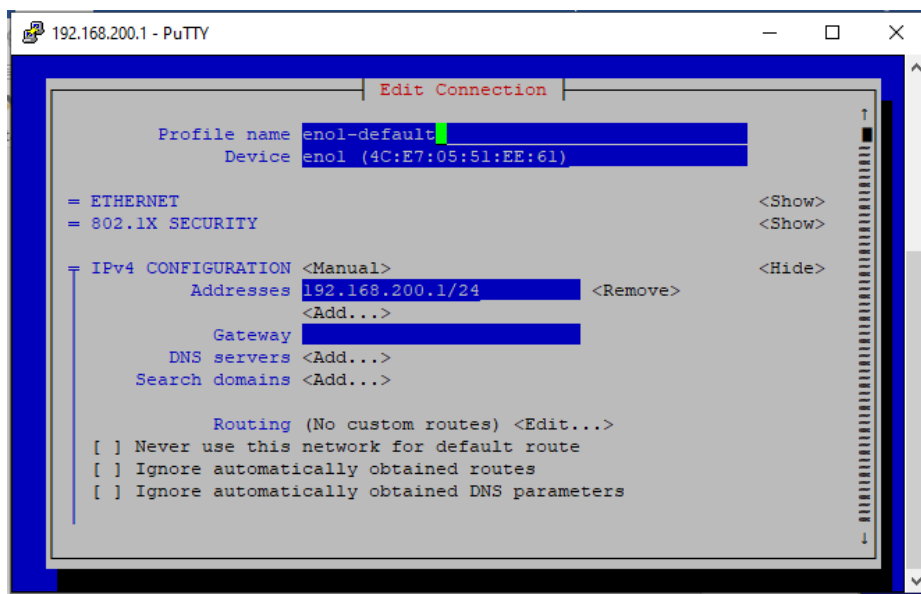
*Networking de SIMATIC IOT2050 (3)*



La figura 41 muestra las distintas etapas de configuración de red del IoT2050 para garantizar la conectividad con el PLC y la plataforma IoT. Aquí podemos observar que tenemos la ip correcta, podemos cambiarla si es necesario, pero para nuestro caso usaremos la ip por defecto 192.168.200.1. El SIMATIC IOT2050 está listo para usarse con el programa node-red.

**Figura 41**

*Networking de SIMATIC IOT2050 (4)*



### 3.2.4. Programación en node-red

Para abrir node red del SIMATIC IOT2050 se debe ingresar a un navegador con esta dirección 192.168.200.1:1880 y se observara los nodos con los que cuenta este programa.

La figura 42 representa el entorno de programación Node-RED utilizado para la integración IoT.

**Figura 42***Node Red del SIMATIC IOT2050*

En la Figura 43 se ven los nodos ya instalados en el Node Red del SIMATIC IOT2050

**Figura 43***Nodos de Node Red del SIMATIC IOT2050*

### 3.2.4.1. Configuración del nodo s7 in

La figura 44 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. Este es el nodo base, debido que es por donde ingresa la información del PLC 1200 encargado del proceso de la embotelladora. Para ello ingresamos la dirección ip del equipo. Además, podemos modificar el tiempo en que demora en recibir un dato.

**Figura 44**

*Configuración de nodo s7 in – Propiedades*

Edit s7 in node > Edit s7 endpoint node

Delete Cancel Update

Properties

Connection Variables

Transport Ethernet (ISO-on-TCP)

Address 192.168.200.3 Port 102

Mode Rack/Slot

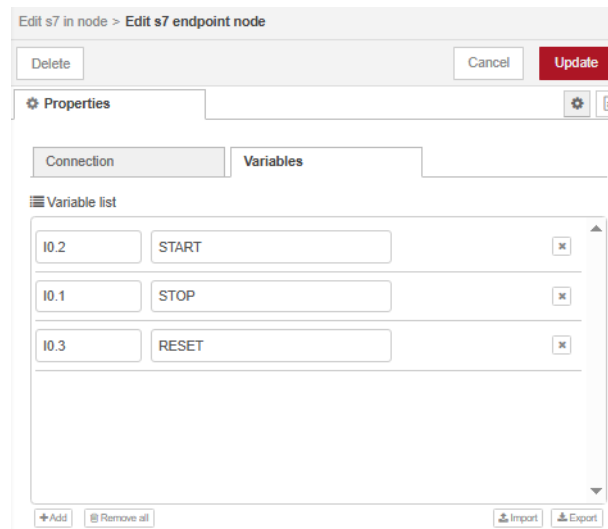
Rack 0 Slot 1

Cycle time 1000 ms

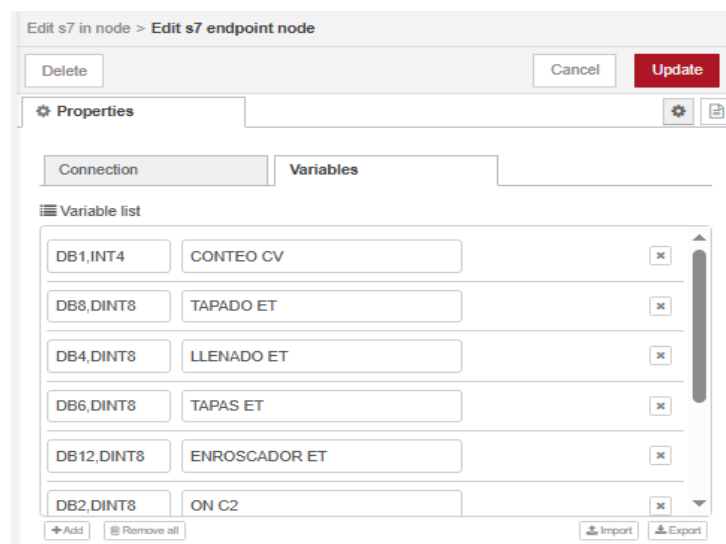
Timeout 2000 ms

Name PRUEBITA

La figura 45 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. Aquí podremos ver las tres variables que tiene nuestro PLC “PRUEBITA”

**Figura 45***Configuración de nodo s7 in – Variables*

La figura 46 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. Aquí se puede visualizar las 8 variables que tiene nuestro PLC "PLC". A su vez tenemos que generar una tabla de observación y forzado permanente y así nos dará su dirección.

**Figura 46***Configuración de nodo s7 in – Variables (2)*

La figura 47 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots.

**Figura 47**

*Obtener la dirección de las Variables en TIA PORTAL*

	Nombre	Dirección	Formato visualiza...	Valor de observac...	Valor de forzado		Comentario
1	"cont_3_botellas".CV	%DB1.DBW4	DEC+/-			<input type="checkbox"/>	
2	"Parte2_completa_TAPADO".ET	%DB8.DBD8	Tiempo			<input type="checkbox"/>	
3	"Parte_1_moduloDeLLenado"..	%DB4.DBD8	Tiempo			<input type="checkbox"/>	
4	"Push_tapas".ET	%DB6.DBD8	Tiempo			<input type="checkbox"/>	
5	"temp_end_enrosador".ET	%DB12.DBD8	Tiempo			<input type="checkbox"/>	
6	"temp_ON_C2".ET	%DB2.DBD8	Tiempo			<input type="checkbox"/>	
7	"temp_ON_faja".ET	%DB5.DBD8	Tiempo			<input type="checkbox"/>	
8	"Valve_water".ET	%DB3.DBD8	Tiempo			<input type="checkbox"/>	
9	"Wait_tapas".ET	%DB7.DBD8	Tiempo			<input type="checkbox"/>	

La figura 48 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots.

**Figura 48**

*Conversión para la dirección del TIA PORTAL v15*

Address	Step7 equivalent	J8 Data type	Description
DB5, X0..1	DB5.DBX0..1	Boolean	Bit 1 of byte 0 of DB 5
DB23, B1 or DB23, BYTE1	DB23.DBB1	Number	Byte 1 (0-255) of DB 23
DB100, C2 or DB100, CHAR2	DB100.DBB2	String	Byte 2 of DB 100 as a Char
DB42, I3 or DB42, INT3	DB42.DBB3	Number	Signed 16-bit number at byte 3 of DB 42
DB57, WORD4	DB57.DBB4	Number	Unsigned 16-bit number at byte 4 of DB 57
DB13, D15 or DB13, DINT5	DB13.DBD5	Number	Signed 32-bit number at byte 5 of DB 13
DB19, DMS or DB19, DMSD6	DB19.DBD6	Number	Unsigned 32-bit number at byte 6 of DB 19
DB21, R7 or DB21, REAL7	DB19.DBD7	Number	Floating point 32-bit number at byte 7 of DB 21
DB2, S7..10*	-	String	String of length 10 starting at byte 7 of DB 2
I1.0 or E1.0	I1.0 or E1.0	Boolean	Bit 0 of byte 1 of input area
Q2.1 or A2.1	Q2.1 or A2.1	Boolean	Bit 1 of byte 2 of output area
M3.2	M3.2	Boolean	Bit 2 of byte 3 of memory area
IB4 or EB4	IB4 or EB4	Number	Byte 4 (0-255) of input area
QB5 or AB5	QB5 or AB5	Number	Byte 5 (0-255) of output area
MB6	MB6	Number	Byte 6 (0-255) of memory area
IC7 or EC7	IB7 or EB7	String	Byte 7 of input area as a Char
QC8 or AC8	QB8 or AB8	String	Byte 8 of output area as a Char
MC9	MB9	String	Byte 9 of memory area as a Char
I110 or E110	IX10 or EW10	Number	Signed 16-bit number at byte 10 of input area
Q112 or A112	QX12 or AX12	Number	Signed 16-bit number at byte 12 of output area
MX14	MX14	Number	Signed 16-bit number at byte 14 of memory area
IX16 or EW16	IX16 or EW16	Number	Unsigned 16-bit number at byte 16 of input area
QX18 or AX18	QX18 or AX18	Number	Unsigned 16-bit number at byte 18 of output area
MX20	MX20	Number	Unsigned 16-bit number at byte 20 of memory area
ID122 or ED122	ID22 or ED22	Number	Signed 32-bit number at byte 22 of input area
QD124 or AD124	QD24 or AD24	Number	Signed 32-bit number at byte 24 of output area
MD126	MD26	Number	Signed 32-bit number at byte 26 of memory area
ID28 or ED28	ID28 or ED28	Number	Unsigned 32-bit number at byte 28 of input area
QD30 or AD30	QD30 or AD30	Number	Unsigned 32-bit number at byte 30 of output area
MD32	MD32	Number	Unsigned 32-bit number at byte 32 of memory area
IR34 or ER34	IR34 or ER34	Number	Floating point 32-bit number at byte 34 of input area
QR36 or AR36	QR36 or AR36	Number	Floating point 32-bit number at byte 36 of output area
MX38	MX38	Number	Floating point 32-bit number at byte 38 of memory area
DB1, DT0	-	Date**	A timestamp in the DATE_AND_TIME format
DB1, DT1210	-	Date**	A timestamp in the DATE_AND_TIME format, in UTC
DB2, DTL2	-	Date**	A timestamp in the DTL format
DB1, DT1212	-	Date**	A timestamp in the DTL format, in UTC
DB57, WORD4	DB57.DBB4	Number	Unsigned 16-bit number at byte 4 of DB 57, interpreted as Little-Endian
DB13, RD15 or DB13, RDINT5	DB13.DBD5	Number	Signed 32-bit number at byte 5 of DB 13, interpreted as Little-Endian
MX20	MX20	Number	Unsigned 16-bit number at byte 20 of memory area, interpreted as Little-Endian

### 3.2.4.2. Configuración del nodo Change

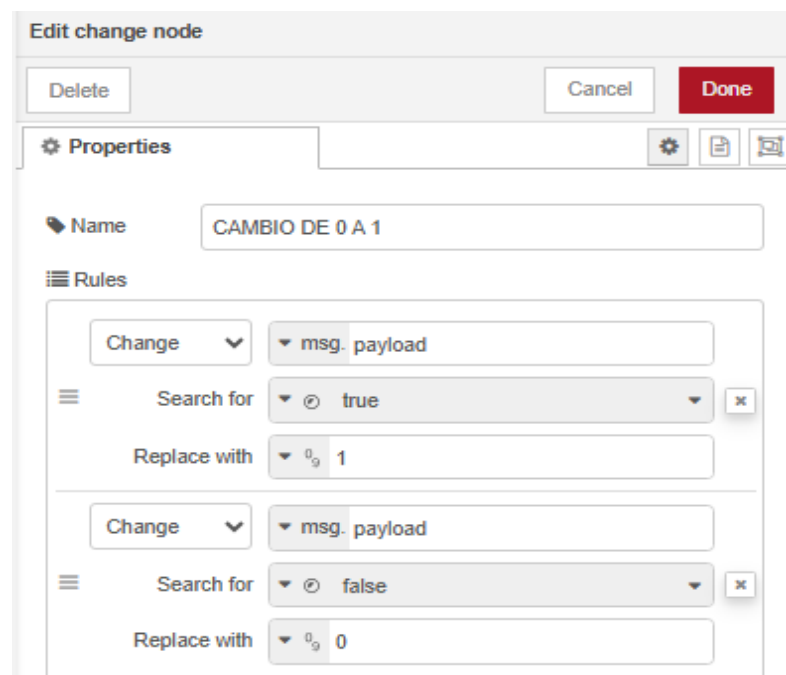
El nodo Change de Node-RED sirve para modificar el contenido de un mensaje (msg) sin necesidad de usar código. Es muy útil para transformar valores antes de que pasen al siguiente nodo.

Si el msg.payload llega con booleano false, lo convierte en 0; si el msg.payload llega con booleano true, lo convierte en 1.

La figura 49 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots.

**Figura 49**

*Editar nodo Change*



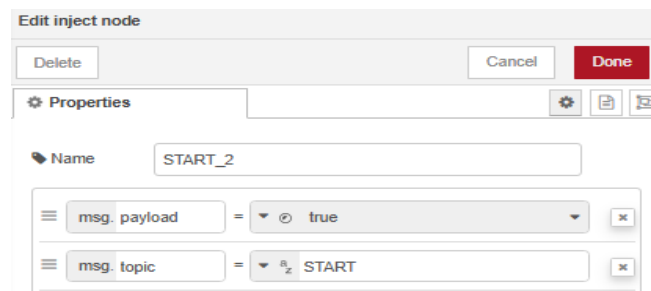
### 3.2.4.3. Configuración del nodo inject

El nodo Inject en Node-RED sirve para generar y enviar mensajes manualmente o de forma programada hacia un flujo, permitiendo iniciar procesos, probar nodos o enviar valores específicos sin depender de sensores u otras entradas externas; en tu configuración, el Inject envía un msg.payload con el valor true y un msg.topic llamado START, lo que te permite activar un flujo con un valor booleano cuando lo necesites, ya sea pulsando el botón del nodo o configurándolo para que se ejecute automáticamente en intervalos o a determinadas horas.

La figura 50 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. Al activar el nodo inject nos generara un valor booleano True.

**Figura 50**

*Editar nodo Inject*



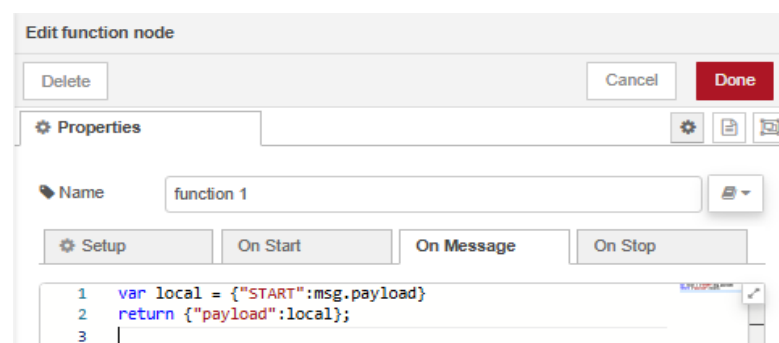
#### 3.2.4.4. Configuración del nodo function

El nodo Function en Node-RED permite escribir código JavaScript personalizado para crear, modificar o procesar mensajes de una forma más avanzada que con nodos estándar; en tu ejemplo, la función toma el valor recibido en msg.payload, lo coloca dentro de un objeto llamado local bajo la clave "START", y luego devuelve un nuevo mensaje cuyo payload es precisamente ese objeto ({"START": valor\_recibido}), lo que permite estructurar los datos según tus necesidades antes de enviarlos al siguiente nodo del flujo. Aquí indicamos el nombre de nuestra variable para enviarla al siguiente nodo mqtt out.

La figura 51 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots.

**Figura 51**

*Editar nodo Function*



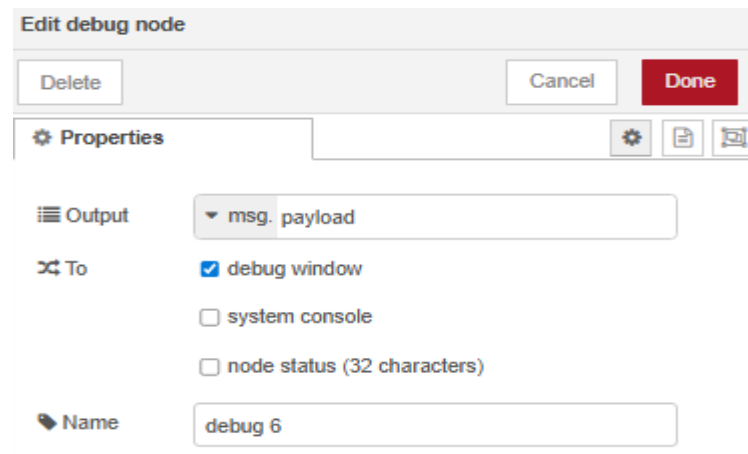
### 3.2.4.5. Configuración del nodo debug

El nodo Debug en Node-RED sirve para mostrar en el panel lateral los mensajes que pasan por el flujo, permitiendo visualizar valores como `msg.payload`, `msg.topic` u otras propiedades del mensaje para comprobar que todo funciona correctamente; en otras palabras, es una herramienta de diagnóstico que te ayuda a verificar qué datos están llegando a cada parte del flujo, detectar errores, entender el comportamiento de tus nodos y depurar cualquier problema durante el desarrollo.

La figura 52 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots.

**Figura 52**

*Editar nodo Debug*



### 3.2.4.6. Configuración del nodo mqtt out

El nodo mqtt out en Node-RED sirve para publicar datos hacia un broker MQTT. En él se define el servidor al que se enviarán los mensajes, el topic donde se publicarán y parámetros como QoS y Retain. Cada vez que un flujo llega a este nodo, el contenido de `msg.payload` se envía al topic configurado; en nuestro caso, `/v1.6/devices/TesisIOT2050`, que corresponde al dispositivo creado en Ubidots para recibir las variables enviadas desde el sistema.

La configuración del broker completa el proceso: has definido el servidor `industrial.api.ubidots.com` en el puerto 1883 y habilitado la conexión automática. En la pestaña de Seguridad, colocaste tu token de Ubidots como usuario y dejaste la contraseña vacía, que es exactamente la forma correcta de autenticación para publicar

mediante MQTT en Ubidots. Con esta configuración, el nodo mqtt out envía los datos directamente a tu cuenta de Ubidots para ser almacenados y visualizados.

La figura 53 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. Aquí nosotros escogemos el Tema o Topic, en nuestro caso es /v1.6/devices/TesisIoT2050.

**Figura 53**

*Editar nodo mqtt out - Propiedades*

La figura 54 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. Aquí colocamos el servidor de ubidots industrial.api.ubidots.com.

**Figura 54**

*Editar nodo mqtt out - Conexión*

La figura 55 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. En usuario tenemos que colocar nuestro token que nos brinda nuestro perfil de Ubidots.

**Figura 55**

*Editar nodo mqtt out – Seguridad*

The screenshot shows the configuration interface for the 'mqtt out' node in Node-RED. The title bar reads 'Editar nodo mqtt out > Editar nodo mqtt-broker'. At the top, there are three buttons: 'Eliminar', 'Cancelar', and 'Actualizar'. Below this is a 'Propiedades' section with a gear icon and a document icon. The 'Nombre' field contains 'ubidots'. There are three tabs: 'Conexión', 'Seguridad', and 'Mensajes'. The 'Seguridad' tab is selected, showing a 'Usuario' field with the text 'BBUS-rdMMQKaKI44d2osz1\*\*\*\*\*' and an empty 'Contraseña' field.

### 3.2.4.7. Configuración del nodo mqtt in

El nodo mqtt in de Node-RED sirve para recibir mensajes desde un broker MQTT, en este caso Ubidots. En la configuración eliges el servidor (el broker previamente creado), la acción (suscribirse a un solo tema) y el tema específico al que quieres escuchar, por ejemplo: /v1.6/devices/tesisIOT2050/start/lv. Cada vez que el broker publique datos en ese tópico, el nodo mqtt in los entregará en el flujo como un mensaje msg.payload.

Además, puedes definir opciones como el canal de servicio (CdS) y el formato de salida, que puede ser JSON, texto o buffer según lo que envíe Ubidots. Esto permite que el mensaje recibido llegue listo para procesarlo con otros nodos en tu flujo, como funciones, dashboards o almacenamiento de datos.

La figura 56 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. Aquí de igual manera como llenamos el nodo mqtt out, colocamos nuestro tema o topic pero ahora añadimos el nombre de nuestra variable a ver y también añadimos el lv parar que nos muestre el cambio que tiene.

**Figura 56***Editar nodo mqtt in – propiedades*

Editar nodo mqtt in

Eliminar Cancelar Hecho

Propiedades

Servidor: ubidots

Acción: Suscríbete a un solo tema

Tema: /v1.6/devices/tesisiot2050/start/lv

CdS: 0

Salida: auto-detectar (objeto JSON, texto o buffer)

Nombre: INGRESO A RED

La figura 57 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. Aquí como en el nodo de mqtt out colocamos el servidor de ubidots industrial.api.ubidots.com.

**Figura 57***Editar nodo mqtt conexión*

Editar nodo mqtt out > Editar nodo mqtt-broker

Eliminar Cancelar Actualizar

Propiedades

Nombre: ubidots

Conexión Seguridad Mensajes

Servidor: industrial.api.ubidots.com Puerto: 1883

Conectar automáticamente

Utilizar TLS

Protocolo: MQTT V3.1.1

ID Cliente: Dejar en blanco para auto generado

Mantener activo: 60

Sesión:  Usar sesión limpia

La figura 58 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. Aquí como en el nodo mqtt out colocamos nuestro token que nos brinda nuestro perfil de Ubidots.

## Figura 58

### Editar nodo mqtt seguridad

The screenshot shows a web-based configuration interface for an MQTT broker node. At the top, there are three buttons: 'Eliminar', 'Cancelar', and 'Actualizar'. Below this is a 'Propiedades' tab with a gear icon and a document icon. The 'Nombre' field contains 'ubidots'. Below the name field are three tabs: 'Conexión', 'Seguridad', and 'Mensajes'. The 'Seguridad' tab is active, showing a 'Usuario' field with the text 'BBUS-rdMMQKaKI44d2osz1\*\*\*\*\*' and an empty 'Contraseña' field.

Nota. Elaboración fuente propia (2025)

### 3.2.4.8. Configuración del nodo s7 out

El nodo S7 out en Node-RED se utiliza para enviar valores o comandos hacia un PLC Siemens empleando el protocolo *ISO-on-TCP* (S7). En la configuración del nodo puedes elegir el endpoint del PLC (por ejemplo, "PRUEBITA"), y después seleccionar una variable previamente definida, como *IO.2*, que en tu caso corresponde al comando START. Cuando el flujo de Node-RED active este nodo, enviará el valor asignado (normalmente un 0 o 1) a la dirección del PLC, modificando directamente la entrada, salida o bit de memoria configurado.

El endpoint S7 que se observa en las imágenes permite definir la conexión física y lógica con el PLC, incluyendo la IP, el puerto (102), el rack y slot, así como el tiempo de ciclo y timeout. En la pestaña de *Variables*, se agregan los símbolos y direcciones que estarán disponibles en los nodos S7 in/out del flujo. Esto facilita que Node-RED pueda escribir comandos como START, STOP o RESET simplemente seleccionando la variable, sin tener que recordar la dirección exacta del PLC.

La figura 59 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. Aquí tenemos que seleccionar el PLC que añadimos en s7 in, y la variable que estamos leyendo desde el mqtt in.

**Figura 59***Editar nodo s7 out - propiedades*

Editar nodo s7 out

Eliminar Cancelar Hecho

Propiedades

⚡ PLC PRUEBITA

🔗 Variable START 10.2

📄 Name START REMOTO

*Nota. Elaboración fuente propia (2025)*

La figura 60 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots. Aquí tenemos que colocar la dirección ip de nuestro PLC.

**Figura 60***Editar nodo s7 out - connection*

Editar nodo s7 out > Editar nodo s7 endpoint

Eliminar Cancelar Actualizar

Propiedades

Connection Variables

📄 Transport Ethernet (ISO-on-TCP)

🌐 Address 192.168.200.3 Port 102

⚙️ Mode Rack/Slot

🏠 Rack 0 Slot 1

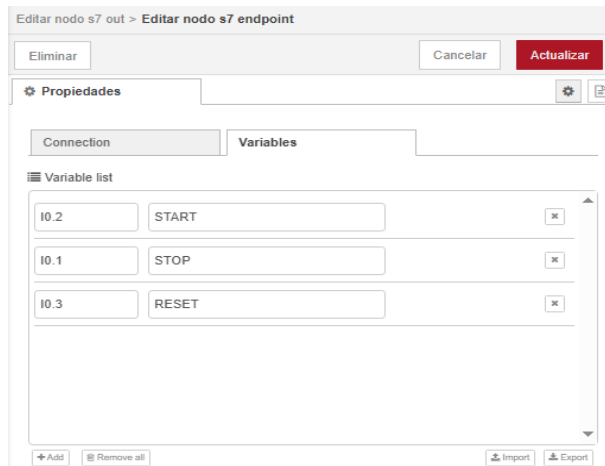
🔄 Cycle time 1000 ms

🕒 Timeout 2000 ms

📄 Name PRUEBITA

La figura 61 describe las etapas de configuración de los nodos de comunicación y control utilizados para la interacción entre el PLC, Node-RED y Ubidots.

**Figura 61**  
*Editar nodo s7 out - variables*

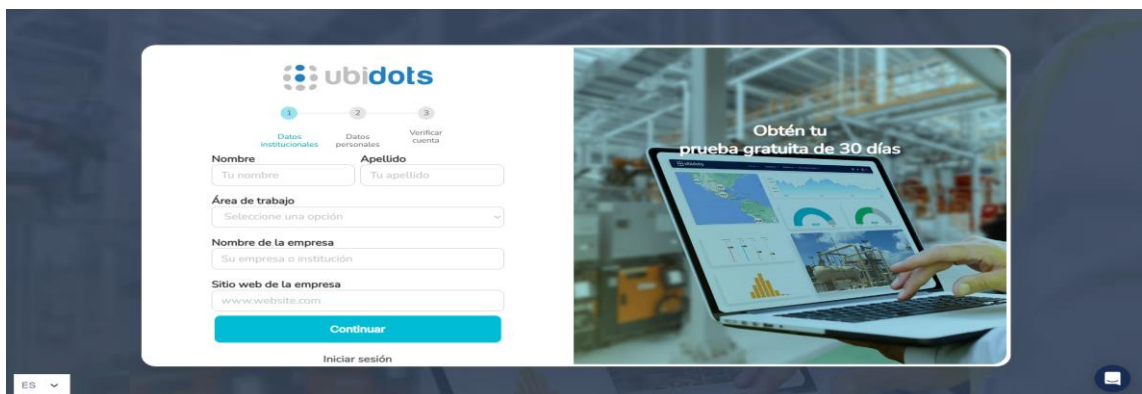


### 3.2.4.9. Configuración de la plataforma Ubidots

Para ello primero tenemos que registrarnos en su página oficial para comenzar a indicar nuestras variables.

La figura 62 muestra la etapa inicial de acceso a la plataforma Ubidots, donde se realiza el registro del usuario para habilitar el uso de los servicios de monitoreo y control en la nube.

**Figura 62**  
*Página oficial de Ubidots - Registro*



*Nota. Imagen tomada desde la página oficial de Ubidots, Ubidots. (s. f.) del sitio web: <https://ubidots.com/>*

Para que podamos crear un Dispositivo usaremos el nodo MQTT OUT y tenemos que indicar el tema o topic.

La figura 63 representa la etapa de configuración de las propiedades de una variable en Ubidots, donde se define el nombre, tipo y características de la variable asociada al proceso industrial. Aquí debemos completar el nombre del servidor industrial.api.ubidots.com

**Figura 63**  
*Añadir variable en Ubidots - propiedades*

Editar nodo mqtt out

Eliminar Cancelar Hecho

Propiedades

Servidor: ubidots

Tema: /v1.6/devices/TesisIoT2050

CdS: 0 Retener: falso

Nombre: SALIDAS A RED

La figura 64 muestra la etapa de configuración de la conexión de la variable, permitiendo establecer el enlace entre la plataforma Ubidots y la fuente de datos proveniente del sistema IoT. Tenemos que colocar nuestro token de la cuenta.

**Figura 64**  
*Añadir variable en Ubidots - conexión*

Editar nodo mqtt out > Editar nodo mqtt-broker

Eliminar Cancelar Actualizar

Propiedades

Nombre: ubidots

Conexión

Servidor: industrial.api.ubidots.com Puerto: 1883

Conectar automáticamente

Utilizar TLS

Protocolo: MQTT V3.1.1

ID Cliente: Dejar en blanco para auto generado

Mantener activo: 60

Sesión:  Usar sesión limpia

La figura 65 corresponde a la etapa de configuración de seguridad de la variable, donde se establecen credenciales y permisos para garantizar el acceso seguro a la información.

**Figura 65**

*Añadir variable en Ubidots - seguridad*

Editar nodo mqtt out > Editar nodo mqtt-broker

Eliminar Cancelar Actualizar

Propiedades

Nombre: ubidots

Conexión Seguridad Mensajes

Usuario: BBUS-rdMMQKaKI44d2osz1\*\*\*\*\*

Contraseña: [oculto]

Para verificar que hemos completado la información de manera correcta al ingresar a la página de Ubidots podremos ver que se creó un dispositivo como lo llamamos en el topic, en este caso sería TesisIoT2050

La figura 66 muestra la etapa de creación del dispositivo en la plataforma Ubidots, el cual agrupa las variables correspondientes al módulo de embotellado industrial.

**Figura 66**

*Creación de dispositivo en Ubidots*

ubidots Dispositivos Datos Aplicaciones Centro de desarrollo

Dispositivos

1 dispositivo

Buscar

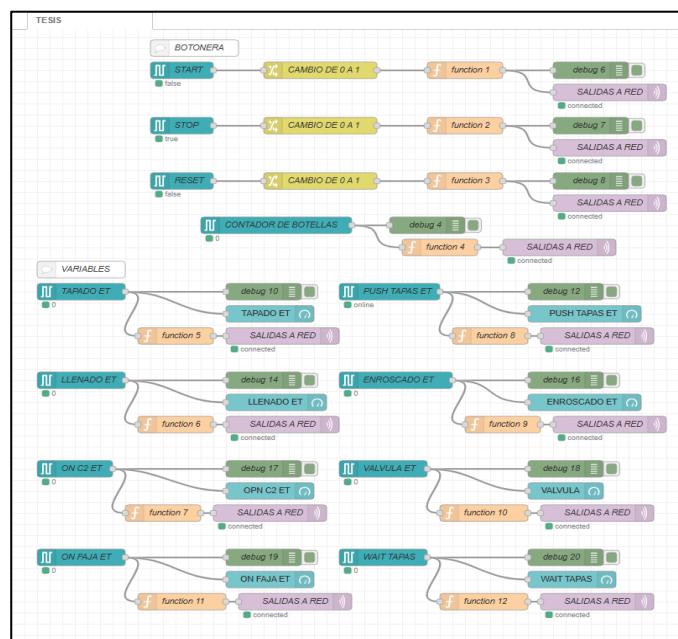
Nombre	Etiqueta de API	Última actividad	Creado en +
tesisiot2050	tesisiot2050	Hace 12 horas	2025-12-06 21:32:01

DISPOSITIVOS POR PÁGINA 10 1 - 1 de 1

Para que nosotros podamos ingresar las variables tenemos que usar el nodo S7 in, Function, MQTT OUT y si es un dato booleano usaremos el change.

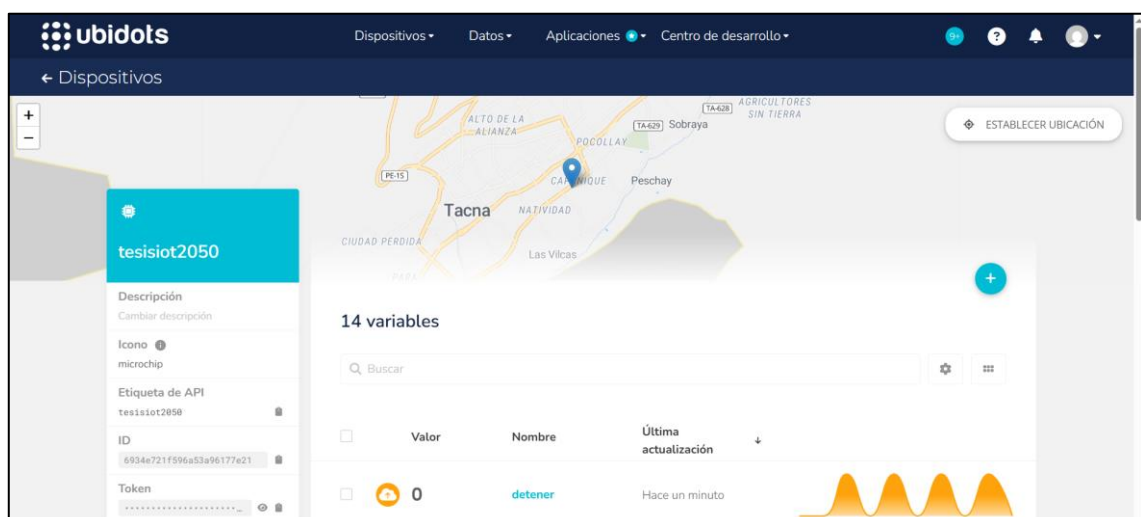
La figura 67 representa la etapa de integración entre Node-RED y Ubidots, donde se crean las variables necesarias para el envío de datos desde el sistema industrial hacia la plataforma en la nube.

**Figura 67**  
Creación de variables en Node red para Ubidots



La figura 68 muestra la primera etapa de visualización de las variables del proceso en Ubidots, permitiendo observar los valores en tiempo real.

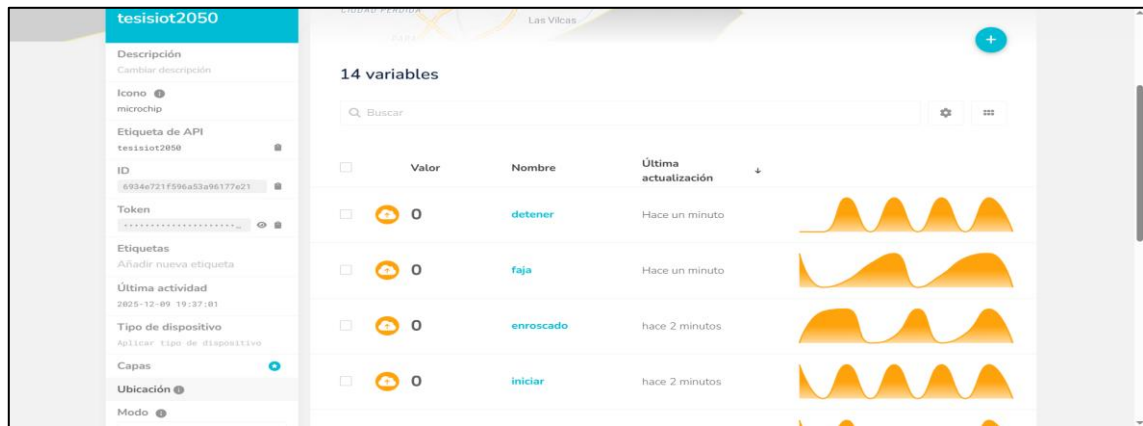
**Figura 68**  
Visualización de variables en Ubidots (1)



La figura 69 representa la continuidad de la etapa de visualización, mostrando la correcta actualización de las variables conforme al funcionamiento del sistema.

**Figura 69**

*Visualización de variables en Ubidots (2)*



La figura 70 corresponde a la etapa de organización inicial del panel de control, donde se distribuyen las variables para una mejor interpretación del proceso. Para nosotros añadir un elemento visual tenemos que pulsar el (+) ubicado en la parte superior derecha. Para nosotros ahora ordenar nuestro dashboard nos dirigimos al apartado Datos ubicado en la parte superior y pulsamos Paneles de Control.

**Figura 70**

*Ordenar nuestras variables en Panel de Control de Ubidots (1)*



La figura 71 muestra el ajuste del diseño del panel de control, optimizando la disposición visual de las variables del sistema. Elegimos el Widget que nosotros necesitemos, en nuestro caso usaremos un Switch.

**Figura 71**

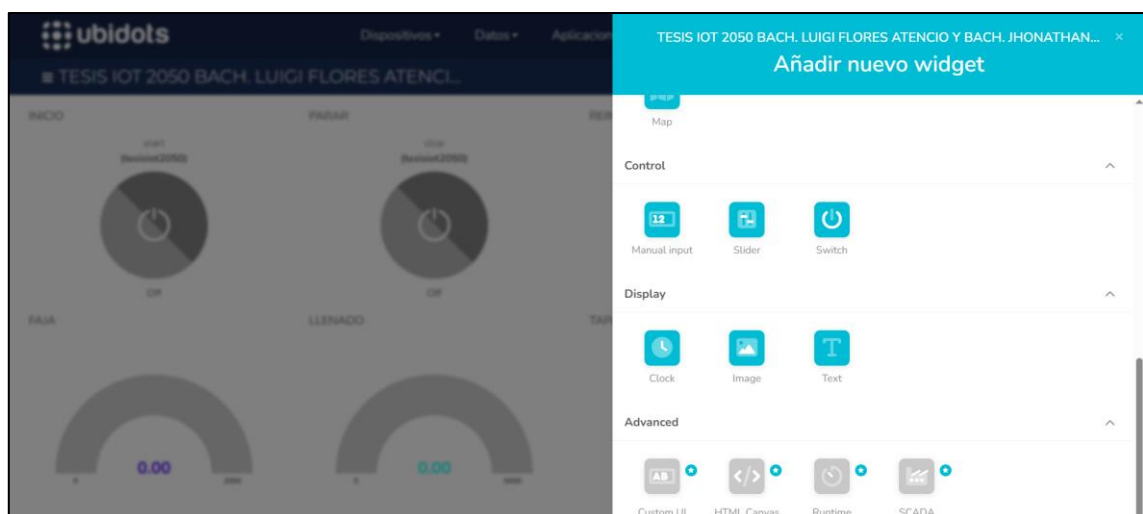
*Ordenar nuestras variables en Panel de Control de Ubidots (2)*



La figura 72 representa la configuración avanzada del panel de control, permitiendo agrupar variables relacionadas con el proceso de embotellado. Tenemos que pulsar donde dice “+ AÑADIR VARIABLES”.

**Figura 72**

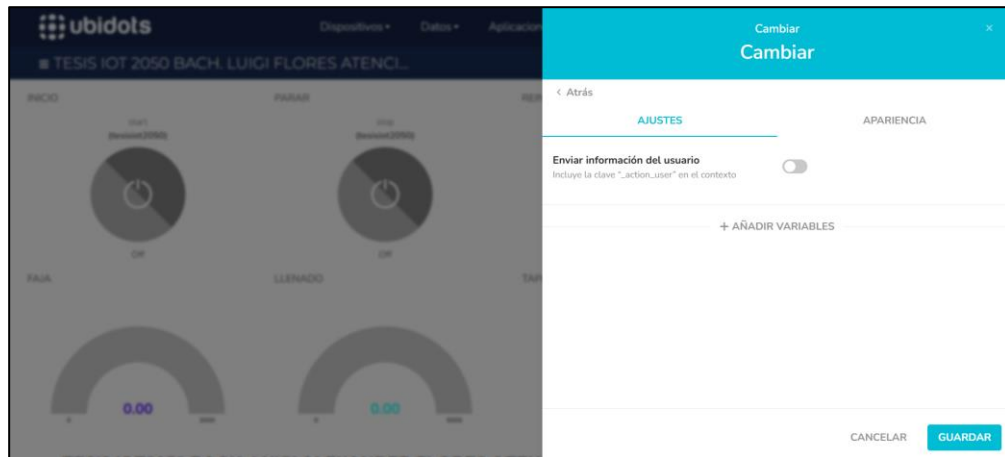
*Ordenar nuestras variables en Panel de Control de Ubidots (3)*



La figura 73 muestra la personalización del panel de control, mejorando la visualización de estados y condiciones del sistema.

**Figura 73**

*Ordenar nuestras variables en Panel de Control de Ubidots (4)*



La figura 74 corresponde a la etapa final de organización del panel, logrando una visualización clara y ordenada del proceso industrial. Nos muestra los dispositivos creados y pulsamos en nuestro caso tesisiot2050.

**Figura 74**

*Ordenar nuestras variables en Panel de Control de Ubidots (5)*



La figura 75 representa la verificación del panel de control configurado, confirmando la correcta visualización de todas las variables. Escogemos la variable que queremos visualizar y ordenamos nuestro dashboard, para el nuestro estaremos usando ocho variables importantes de nuestra embotelladora, el cual nos indicara los valores obtenidos

**Figura 75**

*Ordenar nuestras variables en Panel de Control de Ubidots (6)*



La figura 76 muestra la etapa de control remoto del sistema mediante la variable Start, que permite iniciar el funcionamiento del módulo de embotellado desde la plataforma Ubidots. En nuestro Dashboard de Ubidots nos muestra nuestro botón de Encendido activado

**Figura 76**  
Primera Variable Start - Comenzar



La figura 77 corresponde a la etapa de detención remota del proceso, permitiendo detener el sistema de manera segura desde la plataforma IoT. En nuestro Dashboard de Ubidots nos muestra nuestro botón de Apagado activado

**Figura 77**  
Segunda Variable Stop – Detener

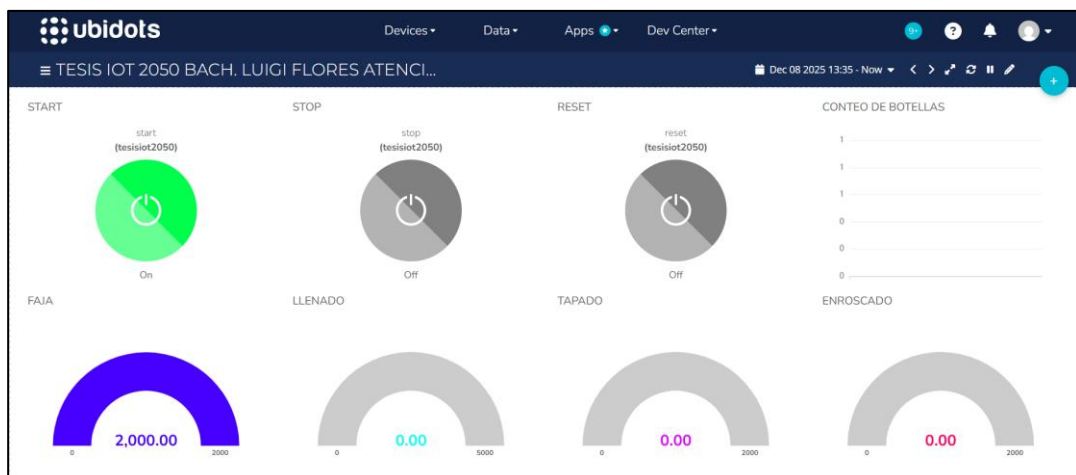


*Nota. Elaboración fuente propia (2025)*

La figura 78 representa la etapa de reinicio del sistema, restableciendo contadores y estados del proceso mediante un comando remoto. En nuestro Dashboard de Ubidots nos muestra nuestro botón de Reset activado.

**Figura 78***Tercera Variable Reset - Reiniciar*

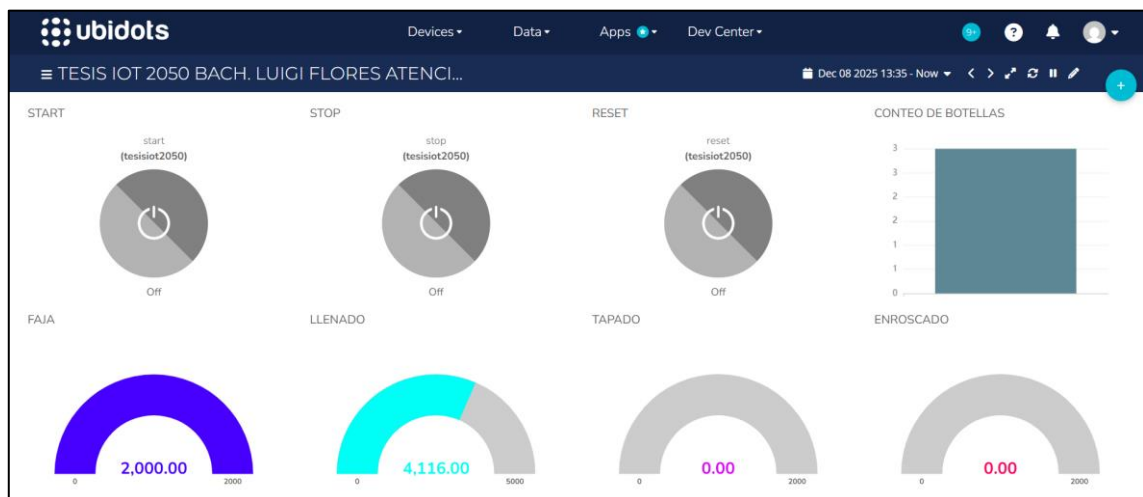
La figura 79 muestra la etapa de control y monitoreo de la faja transportadora, permitiendo supervisar su estado de operación desde Ubidots. En nuestro Dashboard de Ubidots nos muestra la continuidad de la faja transportadora activada.

**Figura 79***Cuarta Variable Faja Transportadora*

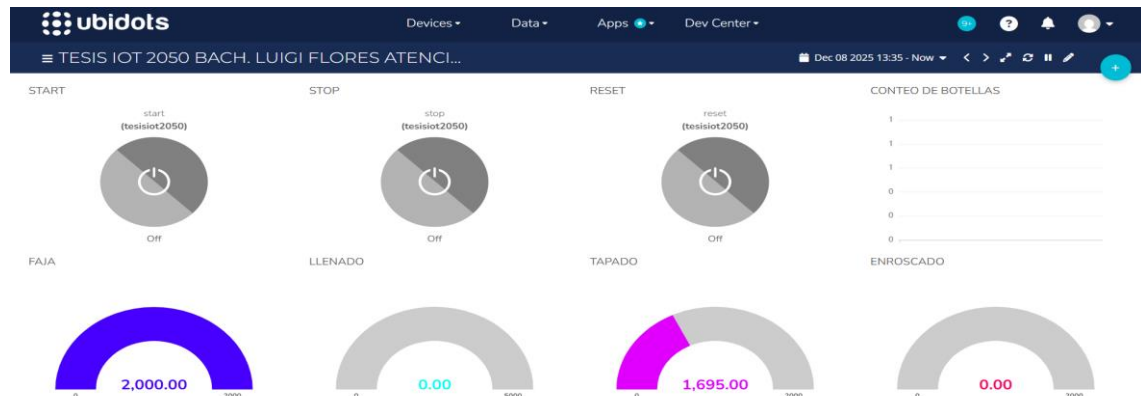
La figura 80 corresponde a la etapa de monitoreo del conteo de botellas, mostrando en tiempo real la cantidad procesada durante la operación. En nuestro Dashboard de Ubidots nos muestra el conteo de las botellas que detecta nuestro sensor.

**Figura 80***Quinta Variable Contador de botellas*

La figura 81 representa la etapa de monitoreo del proceso de llenado, indicando el estado operativo de las válvulas de llenado. En nuestro Dashboard de Ubidots nos muestra el proceso de llenado de nuestras botellas.

**Figura 81***Sexta Variable Llenado de Botellas*

La figura 82 muestra la etapa de supervisión del proceso de tapado, permitiendo verificar su correcta ejecución en tiempo real. En nuestro Dashboard de Ubidots nos muestra el proceso de tapado.

**Figura 82***Séptima Variable Tapado de Botellas*

La figura 83 corresponde a la etapa de monitoreo del proceso de enroscado, asegurando el correcto cierre de las botellas dentro del sistema automatizado. En nuestro Dashboard de Ubidots nos muestra el proceso de enroscado.

**Figura 83***Octava Variable Enroscado de Botellas***3.3. Materiales e instrumentos**

Para la ejecución del proyecto se utilizaron los siguientes materiales e instrumentos:

- ✓ PLC Siemens S7-1200.
- ✓ Pasarela Simatic IoT2050.
- ✓ Software TIA Portal (programación del PLC).
- ✓ Node-RED instalado en el IoT2050.

- ✓ Nodo S7 (node-red-contrib-s7) para la comunicación con el PLC.
- ✓ MQTT como protocolo de intercambio de datos.
- ✓ Plataforma Ubidots para monitoreo y control en la nube.
- ✓ Programa Win32DiskImager para crear la microSD del IoT2050.
- ✓ Cliente PuTTY para acceso SSH.
- ✓ Módulo embotellador industrial con sensores, actuadores y tablero de mando.
- ✓ Laptop para la configuración y programación del sistema.

### 3.4. Muestra de estudio

La muestra de estudio está constituida por los diferentes procesos automatizados de los módulos industriales presentes en el Laboratorio de Automatización y Control. La muestra seleccionada se centra en el módulo embotellador industrial controlado por un PLC Siemens S7-1200, incluyendo sus sistemas de transporte, fijación, llenado, colocación de tapa, enroscado y conteo.

### 3.5. Operacionalización de variables

En la tabla 2 podemos observar la variable, el cual podremos observar la definición, dimensiones e indicadores.

**Tabla 2**

Operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores
Variable 1	Implementación de un Sistema IOT con la pasarela industria SIMATIC IOT2050 para el monitoreo y control en tiempo real del módulo de embotellado industrial	Comunicación PLC– IoT, infraestructura MQTT, dashboard	Latencia (ms), paquetes transmitidos, estabilidad del flujo de datos, disponibilidad (%) Tiempo de respuesta (ms), correcta ejecución de start/stop/reset, actualización de variables

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Presentación de resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos tras la implementación del sistema IoT para el módulo embotellador industrial. Se evaluó la adquisición de datos desde el PLC Siemens S7-1200, la transmisión mediante la pasarela Simatic IoT2050, el procesamiento en Node-RED y el envío/recepción de información a la plataforma Ubidots a través del protocolo MQTT.

Asimismo, se verificó el funcionamiento del control remoto (start, stop y reset), así como el desempeño general del sistema durante las pruebas experimentales.

Los resultados se agrupan en cuatro partes:

- i. Funcionamiento del flujo PLC → IoT2050 → Node-RED.
- ii. Publicación de datos en Ubidots.
- iii. Recepción de comandos remotos Ubidots → IoT2050 → PLC.
- iv. Pruebas de latencia, disponibilidad y confiabilidad del sistema.

### 4.2. Resultados del sistema de monitoreo IoT

#### 4.2.1. Lectura de variables del PLC mediante el nodo S7

La comunicación entre el PLC S7-1200 y Node-RED se logró mediante la correcta configuración del nodo S7, permitiendo leer:

- Entradas digitales (I)
- Salidas digitales (Q)
- Memorias internas (M)
- Temporizadores y banderas de proceso
- Estados de cilindros
- Estado del motor de la faja
- Sensor óptico contador (SQ)
- Etapas del proceso: llenado, tapado y enroscado

Durante las pruebas, Node-RED registró actualizaciones constantes sin interrupciones, lo cual garantiza una comunicación estable entre el PLC y la pasarela IoT2050.

#### 4.2.2. Transmisión de datos hacia Ubidots mediante MQTT

Luego de procesar las variables en Node-RED, se configuró el nodo MQTT OUT para enviar datos hacia Ubidots.

Los datos publicados fueron:

- Estado del motor de la faja
- Estado de los cilindros (IN, OUT, fijación, tapado, enroscado)
- Contador de botellas
- Estados del proceso (llenado, tapado, enroscado)
- Señales START, STOP, RESET (confirmación del PLC)

Los datos se visualizaron correctamente en el dashboard, lo que demuestra un envío confiable y sin pérdida de paquetes durante las pruebas.

#### 4.3. Control remoto del módulo embotellador

Una de las pruebas más importantes consistió en verificar que los comandos enviados desde Ubidots se reflejen de manera inmediata en el PLC. Para ello se crearon widgets tipo *switch* para:

- Start
- Stop
- Reset

Estos comandos fueron recibidos por Node-RED mediante el nodo MQTT IN, procesados y luego escritos en las memorias del PLC mediante el nodo S7.

En la tabla 3 podremos observar los resultados del control remoto de las botoneras, el tiempo de recepción y el tiempo de ejecución. Los tiempos de ejecución dentro del PLC son prácticamente instantáneos (menores a 5 ms). La pequeña variación corresponde a la transmisión MQTT.

**Tabla 3**

Resultados de control remoto botoneras

Comando	Tiempo de recepción Node-RED	Tiempo de ejecución en PLC	Resultado
Start	80–100 ms	< 5 ms	Correcto
Stop	70–90 ms	< 5 ms	Correcto
Reset	85–110 ms	< 5 ms	Correcto

#### 4.4. Latencia de transmisión PLC – IoT – Ubidots

La latencia se midió como el tiempo entre el cambio de estado en el PLC y su visualización en Ubidots.

En la tabla 4 se observa que el sistema opera con una latencia promedio de 200 ms, completamente aceptable para monitoreo industrial no crítico.

**Tabla 4**

Resultado de control comunicación entre PLC IOT2050 y Ubidot

Prueba	Latencia mínima	Latencia máxima	Promedio
1 (faja ON/OFF)	180 ms	240 ms	210 ms
2 (sensor óptico)	150 ms	220 ms	190 ms
3 (estado cilindro)	160 ms	250 ms	205 ms
4 (enroscado)	190 ms	260 ms	220 ms

#### 4.5. Estabilidad y disponibilidad del sistema

Durante las pruebas se monitoreó la continuidad de la conexión MQTT y el tiempo de disponibilidad del servicio.

En la tabla 5 se observa que el sistema mantuvo una operación estable durante toda la fase experimental. No se detectaron fallos críticos en Node-RED ni en la IoT2050.

**Tabla 5**

Resultado de estabilidad y disponibilidad

<b>Indicador</b>	<b>Valor obtenido</b>
Disponibilidad del sistema	<b>99,2 %</b>
Pérdida de paquetes MQTT	<b>0,6 %</b>
Reintentos automáticos MQTT	Activos y funcionales
Reconexión IoT2050 ante caída	Correcta

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente tesis demuestran que la implementación de un sistema IoT basado en la pasarela industrial SIMATIC IoT2050 permitió el monitoreo y control en tiempo real de un módulo de llenado, tapado y enroscado de botellas, integrando de manera efectiva el PLC S7-1200, Node-RED y la plataforma Ubidots. El sistema desarrollado permitió no solo la visualización de variables, sino también el control remoto de funciones críticas del proceso, como el inicio, parada y reinicio del sistema.

Al comparar estos resultados con la tesis desarrollada en Ecuador (UPSE-TET-2019-0003), donde se utilizó la pasarela SIMATIC IoT2040 para el monitoreo de un proceso de llenado industrial, se observa que ambos estudios coinciden en la viabilidad del uso de pasarelas industriales Siemens para la integración de procesos automatizados con tecnologías IoT. En ambos casos se logró la adquisición y transmisión de datos en tiempo real, mejorando la supervisión del proceso productivo.

No obstante, se identifican diferencias relevantes en el alcance de las soluciones. Mientras que la tesis ecuatoriana se enfoca principalmente en el monitoreo y visualización de variables del proceso mediante el IoT2040, la presente investigación amplía este enfoque incorporando funciones de control remoto sobre los actuadores del sistema, lo cual representa una mejora significativa en términos de interacción y gestión del proceso industrial. Asimismo, el uso del SIMATIC IoT2050 permitió una mayor flexibilidad en la configuración de Node-RED y en la integración con plataformas en la nube como Ubidots.

Desde el punto de vista de ventajas, la tesis desarrollada con el IoT2050 presenta una arquitectura más orientada a la industria 4.0, al permitir tanto monitoreo como control remoto del sistema, así como una mejor organización y visualización de variables en la plataforma IoT. En contraste, la tesis basada en el IoT2040 presenta como ventaja su enfoque en la supervisión del proceso y su simplicidad de implementación, lo cual puede resultar adecuado para aplicaciones donde no se requiera control remoto avanzado.

En cuanto a las limitaciones, ambas investigaciones presentan la dependencia de la conectividad a internet para el acceso remoto a la información, lo cual podría afectar la disponibilidad del sistema en entornos industriales con infraestructura de red limitada. Además, en ambos casos las implementaciones se realizaron a nivel de

prototipo, por lo que no se evaluó su desempeño en líneas de producción a gran escala ni en condiciones industriales prolongadas.

Finalmente, a partir de la comparación realizada, se recomienda que futuras investigaciones integren nuevas variables de monitoreo y control, así como la aplicación de técnicas de análisis de datos y mantenimiento predictivo. Asimismo, se sugiere realizar estudios comparativos entre diferentes pasarelas industriales para evaluar su desempeño, escalabilidad y adecuación a distintos procesos productivos.

## CONCLUSIONES

El sistema IoT diseñado e implementado logró integrar satisfactoriamente el PLC Siemens S7-1200, la pasarela Simatic IoT2050, Node-RED, el protocolo MQTT y la plataforma Ubidots, permitiendo realizar el monitoreo y control remoto del módulo embotellador industrial en tiempo real. La arquitectura presentada demostró ser funcional, estable y adecuada para aplicaciones educativas y de automatización básica, cumpliendo plenamente con el objetivo general de la investigación.

Se concluye que la comunicación entre el PLC S7-1200 y Node-RED a través del nodo S7 funcionó de manera estable y precisa, permitiendo la lectura continua de entradas, salidas, memorias y estados del proceso. Esto evidencia que el IoT2050 es una herramienta adecuada para habilitar conectividad IoT en procesos controlados por PLC Siemens.

El protocolo MQTT demostró ser eficiente para la transmisión de datos hacia la plataforma Ubidots, ya que los valores del proceso se actualizaron correctamente en el dashboard. La latencia promedio observada (~200 ms) es adecuada para sistemas de monitoreo industrial no crítico.

El envío de comandos remotos (start, stop, reset) desde Ubidots hacia el PLC se ejecutó correctamente y con tiempos de respuesta bajos. Esto permite validar que la arquitectura implementada soporta control remoto de funciones básicas del proceso sin comprometer la seguridad operacional.

El sistema alcanzó una disponibilidad del 99,2 %, demostrando que la integración entre hardware, software y servicios cloud es confiable. La pérdida mínima de paquetes MQTT (<1 %) confirma la efectividad del canal de comunicación empleado.

La implementación demuestra que es posible modernizar módulos industriales didácticos, integrando tecnologías de la Industria 4.0 sin alterar su funcionamiento interno. Esto abre oportunidades para prácticas de laboratorio más completas, donde los estudiantes interactúan con sistemas físicos y plataformas IoT reales.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda incorporar nuevas variables al sistema IoT implementado, tales como el nivel de llenado por botella, la presión de las válvulas de llenado, el consumo energético del sistema y el tiempo de ciclo del proceso, con la finalidad de ampliar el monitoreo, mejorar el control del proceso y optimizar la toma de decisiones en tiempo real.

Se recomienda evaluar la integración del sistema con herramientas de análisis de datos o mantenimiento predictivo, a fin de anticipar fallas en los actuadores y mejorar la confiabilidad y disponibilidad del módulo de embotellado industrial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chen, Y., & Wang, L. (2024). Real-time monitoring system for automated production lines using MQTT and OPC UA. *Journal of Industrial Information Integration*, 34, 100456. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100456>
- Cangá, J., García-López, F., & Torres, M. (2023). Comparative study of industrial IoT gateways for edge computing applications. *Sensors*, 23(8), 4125. <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/8/4125>
- Maral, G., & Bousquet, M. (2009). *Satellite communications systems* (5th ed.). Wiley. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470512070>
- Mamani Huanacune, G. (2021). *Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de embotellado industrial mediante PLC e IoT* [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional.
- MQTT.org. (2024). MQTT protocol specification. <https://mqtt.org>
- Node-RED. (2024). Node-RED documentation. <https://nodered.org/docs>
- Rodríguez, P., & Mendoza, J. (2024). Implementación de un sistema de monitoreo IoT en una planta de alimentos en Lima. *Revista Peruana de Ingeniería*, 7(1), 55–63.
- Salgado, R., Pérez, L., & Ramos, J. (2019). Desarrollo de un sistema SCADA para el proceso de llenado de botellas con proyección a la industria 4.0 usando SIMATIC IOT2040. *Revista Iberoamericana de Automatización*, 12(2), 89–98.
- Siemens AG. (2023). SIMATIC IOT2050 documentation. <https://support.industry.siemens.com>
- Siemens AG. (2023). TIA Portal V15 user manual. <https://support.industry.siemens.com>
- Smith, J., Brown, K., & Lee, H. (2023). Industrial IoT gateway integration for legacy manufacturing systems. *IEEE Access*, 11, 45678–45689. <https://ieeexplore.ieee.org>
- Universidad Estatal Península de Santa Elena. (2019). *Implementación de un sistema IoT para el monitoreo de procesos industriales usando SIMATIC IOT2040* [Tesis de grado]. <https://repositorio.upse.edu.ec>
- Ubidots. (2024). Ubidots documentation and API reference. <https://ubidots.com>

Vargas, R., Quispe, A., & Huamán, D. (2023). Automatización industrial e IoT en el sector minero peruano. *Revista de Ingeniería Industrial*, 15(2), 101–110.

## ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Variables	Dimensiones	Indicador	Metodología
<p><b>Problema general</b> ¿Cómo la implementación de un sistema IoT basado en la pasarela industrial Simatic IoT2050 permite el monitoreo y control en tiempo real del módulo de embotellado industrial del Laboratorio de Automatización y Control de la Universidad Privada de Tacna?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Implementar un sistema IoT basado en la pasarela industrial Simatic IoT2050, Node-RED y el protocolo MQTT para permitir el monitoreo y control en tiempo real del módulo de embotellado industrial del Laboratorio de Automatización y Control de la Universidad Privada de Tacna.</p>	<p>Implementación de un Sistema IOT con la pasarela industria SIMATIC IOT2050 para el monitoreo y control en tiempo real del módulo de embotellado industrial</p>	<p>Integración del sistema IoT-PLC</p> <p>Comunicación MQTT</p> <p>Visualización</p> <p>Control remoto</p>	<p>Monitoreo del proceso.</p> <p>Control del proceso.</p> <p>Comunicación del Sistema.</p> <p>Funcionamiento del sistema IOT</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> - Investigación aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> - Descriptivo-experimental</p>
<p><b>Problemas específicos</b> ¿Cómo integrar el PLC Siemens S7-1200 con la pasarela Simatic IoT2050 mediante Node-RED para la adquisición de datos del proceso? ¿Cómo transmitir las variables del módulo de embotellado hacia una plataforma en la nube utilizando el protocolo MQTT? ¿Cómo implementar funciones de control remoto del módulo de embotellado desde una plataforma IoT? ¿Qué nivel de latencia, disponibilidad y confiabilidad presenta el sistema IoT implementado?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b> Integrar el PLC Siemens S7-1200 con la pasarela industrial Simatic IoT2050 mediante el entorno Node-RED para la adquisición de datos del proceso de embotellado. Transmitir las variables del proceso hacia una plataforma en la nube utilizando el protocolo MQTT. Implementar funciones de control remoto del módulo de embotellado desde una plataforma IoT. Evaluar el desempeño del sistema IoT implementado en términos de latencia, disponibilidad y confiabilidad.</p>				<p><b>Diseño de investigación</b> - Experimental</p>