

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE LLENADO  
AUTOMÁTICO DE SIXPACK DE BOTELLAS  
UTILIZANDO TECNOLOGÍA RFID PARA  
ADAPTACIÓN A LA PLANTA IPA23 DE LUCAS  
NÜLLE”**

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
AUTOMATIZACIÓN**

Presentado por

Mario Enrique León Calle  
Daniel Andrés Cevallos Valdiviezo

17 de septiembre de 2019

## *Dedicatorias*

El presente proyecto lo dedico a las instituciones que me han formado durante estos años de estudio y me han permitido llegar a obtener una formación profesional; además a mis padres que han sido perseverante con mi formación en todos los ámbitos de la vida.

***Mario Enrique León Calle***

El presente trabajo de graduación va dedicado a mis padres Patricia Valdiviezo y Holger Cevallos, ejemplos a seguir que sin duda son muy importantes en mi vida.

***Daniel Cevallos Valdiviezo***

## *Agradecimientos*

Agradezco a mis familiares que han puesto la confianza en mí en estos años de estudio.

*Mario Enrique León Calle*

Agradezco a Dios, a mis amigos y a mi familia por haberme apoyado en mi etapa universitaria.

*Daniel Cevallos Valdiviezo*

# Declaración Expressa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Mario Enrique León Calle y Daniel Andrés Cevallos Valdiviezo damos nuestro consentimiento para que la ES-POL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

---

MARIO ENRIQUE LEÓN CALLE

---

DANIEL ANDRÉS CEVALLOS VALDIVIEZO

# Evaluadores

---

ING. ALBERTO LARCO G.

---

ING. GEOVANNY ARGUELLO

# Resumen

El Laboratorio de Control de Procesos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral cuenta con la planta de entrenamiento IPA23 de la marca Lucas Nülle a pequeña escala que posee las siguientes estaciones: Sistema de transporte (IMS 1.2), estación de mezcla (IPA 2), estación de llenado( IPA 3), estación de sellado (IPA 4), y estación de transporte de cubierta (IPA 4.1); la planta resultante que se obtiene con estas subestaciones es una planta de simulación de una línea de producción de sixpack de botellas llenas con una cantidad de líquido ajustable. La planta IPA23 no permite el envasado de otro producto diferente al que se encuentra en el tanque principal de la estación de llenado, sin que previamente se tenga que realizar un proceso de pre-lavado automático en la tuberías de dosificación que evite el llenado de botellas con concentraciones de producto residual de líquidos anteriores alojado en el sistema de dosificación; además no cuenta con una tecnología que identifique productos permitiendo la flexibilidad y manejo del inventario, lo cual significaría una pérdida de tiempo y una reducción del rendimiento de la planta. En vista de la problemática anterior, se planteó la implementación de un módulo auxiliar de llenado que contiene las 2 botellas presurizadas: una para el líquido B y otra para la realización del prelavado; la adaptación de tecnología RFID (Radio-Frequency Identification) que incluye: módulo de comunicación, lector y transpondedores, proporcionando una mayor facilidad en la identificación del producto por parte del sistema y un mejor control en el inventariado de la producción; y la programación e implementación del tablero de control del modulo auxiliar, y tecnología RFID. Todo esto contribuirá en la flexibilización del control de la operación de la planta de entrenamiento. Se programó el IPA 3 de tal manera que el usuario pueda trabajar sobre uno de los 3 modos de trabajo: modo A que consiste en el llenado de un producto y control del nivel a envasar en el sixpack de botellas, modo B que trata del llenado del producto restante y control del nivel a envasar en el sixpack de botellas, y el modo C que consiste en que los transpondedores sean detectados por el lector RFID y de acuerdo a la información del tipo de producto y cantidad del nivel a envasar que contengan éstos, se producirán los sixpack de botellas.

**Palabras claves:** Grafset, IPA23, Lucas Nülle, Producción flexible y tecnología RFID.

## Abstract

The Process Control Laboratory of the Polytechnic Superior School of the Coast has the small-scale Lucas Nülle IPA23 training plant that has the following stations: Transport system (IMS 1.2), mixing station (IPA 2), filling station (IPA 3), sealing station (IPA 4), and cover transport station (IPA 4.1); The resulting plant obtained with these substations is a simulation plant for a sixpack production line of bottles filled with an adjustable amount of liquid. The IPA23 plant does not allow the packaging of another product other than that found in the main tank of the filling station, without previously having to perform an automatic pre-washing process in the dosing pipes that prevents bottle filling with concentrations of residual product of previous liquids housed in the dosing system; It also does not have a technology that identifies product information to be packaged allowing flexibility and inventory management, which would mean a waste of time and a reduction in plant performance. In view of the previous problem, the implementation of an auxiliary filling module that contains the 2 pressurized bottles was proposed: one for liquid B and one for the pre-wash; the adaptation of RFID (Radio-Frequency Identification) technology that includes: communication module, reader and transponders, providing greater ease in the identification of the product by the system and better control in the production inventory; and the programming and implementation of an auxiliary module control board, and RFID technology. All this will contribute to the flexibility of the control of the operation of the training plant. The IPA 3 was programmed in such a way that the user can work on one of the 3 working modes: mode A which consists of filling a product and controlling the level to be packed in the six pack of bottles, mode B that deals with filling of the remaining product and control of the level to be packaged in the sixpack of bottles, and the C mode that consists of transponders being detected by the RFID reader and according to the information of the type of product and quantity of the level to be packaged containing them , sixpack bottles will be produced.

**Keywords:** Grafset, IPA23, Lucas Nülle, flexible production and RFID technology.

# Índice general

<b>Dedicatorias</b>	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>II</b>
<b>Declaración Expresa</b>	<b>III</b>
<b>Resumen/Abstract</b>	<b>V</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>X</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xii</b>
<b>Abreviaciones</b>	<b>xiii</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del Problema . . . . .	1
1.2. Justificación del Problema . . . . .	1
1.3. Objetivos . . . . .	2
1.3.1. Generales . . . . .	2
1.3.2. Específicos . . . . .	2
1.4. Marco Teórico . . . . .	3
1.4.1. Sistema de producción flexible . . . . .	3
1.4.2. Arquitectura de control . . . . .	4
1.4.3. Componentes de la estación de llenado IPA3 . . . . .	4
1.4.3.1. Cinta transportadora doble equipada con un motor DC de 24 V . . . . .	5
1.4.3.2. Segmento de llenado de botellas . . . . .	6
1.4.3.3. Módulo esclavo PROFIBUS DP . . . . .	8
1.4.4. Instrumentación de la estación de llenado IPA3 . . . . .	9
1.4.4.1. Válvula manual de 3/2 vías . . . . .	9
1.4.4.2. Válvula de distribución de 2/2 vías . . . . .	9
1.4.4.3. Válvulas de distribución de 3/2 y 4/2 vías . . . . .	9
1.4.4.4. Regulador de presión con manómetro . . . . .	10

1.4.4.5. Caudalímetro . . . . .	11
1.4.4.6. Sensor proximidad inductivo . . . . .	12
1.4.4.7. Válvula de seguridad . . . . .	12
1.4.4.8. Sensor de proximidad capacitivo . . . . .	12
1.4.5. Tecnología RFID . . . . .	13
1.4.6. Autómata programable y HMI . . . . .	15
1.4.6.1. Autómata programable . . . . .	15
1.4.6.2. HMI . . . . .	15
<b>2. Metodología</b>	<b>17</b>
2.1. Metodología de la programación . . . . .	17
2.1.1. Grafctet . . . . .	18
2.1.2. Configuración y programación del sistema RF300 . . . . .	20
2.2. Tecnología aplicada . . . . .	25
2.2.1. Familia SIMATIC RF300 de la marca SIEMENS . . . . .	26
2.2.1.1. Módulo de comunicación SIMATIC RF180C . . . . .	28
2.2.1.2. Lector RFID SIMATIC 310R. . . . .	29
2.2.1.3. Transpondedores. . . . .	31
2.2.2. PLC SIMATIC S7-1200 . . . . .	31
2.2.3. PLC SIMATIC S7-300 . . . . .	32
2.2.4. Switch Ethernet Industrial Scalance XB005 No Gestiónable .	33
2.3. Mediciones. . . . .	34
2.4. Arquitectura red de comunicación . . . . .	34
<b>3. Resultados</b>	<b>37</b>
3.1. Módulo de llenado auxiliar . . . . .	37
3.1.1. Datos técnicos y asignación de interfaces . . . . .	37
3.1.2. Descripción de los elementos . . . . .	39
3.1.2.1. Conector tipo T . . . . .	39
3.1.2.2. Electroválvulas de 2/2 vías . . . . .	40
3.1.2.3. Sensores de proximidad capacitivo . . . . .	41
3.1.2.4. Tapas de presión . . . . .	41
3.2. Tecnología RFID . . . . .	42
3.2.1. Lectura RFID . . . . .	42
3.2.2. Escritura RFID . . . . .	44
3.2.3. Modo "Stand by" RFID . . . . .	45
3.3. Tablero de control para el modulo auxiliar de llenado y tecnología RFID . . . . .	45
3.4. GRAFCET resultantes . . . . .	46
3.4.1. Cadena de estados FB53 FB54: Sistema de identificación con tecnología RFID . . . . .	48
3.4.2. Cadena de estados FB51 FB52: Pre Lavado del sistema de dosificación . . . . .	49
3.4.3. Cadena de estados FB40 FB41: Transporte del portador de envases por la estación IPA3 . . . . .	54

3.4.4. Cadena de estados FB43 FB44: Subrutina para la dosificación	57
3.5. HMI . . . . .	61
3.5.1. Pantalla de Modos del subsistema IPA 3 . . . . .	61
3.5.2. Pantalla de Configuración del lector RF310R . . . . .	63
3.5.3. Pantalla de Inventario. . . . .	65
3.5.4. Pantallas de Información de Modos. . . . .	67
3.5.5. Pantallas de Información de las funciones del lector RF310R.	67
<b>4. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>72</b>
4.1. Conclusiones . . . . .	72
4.2. Recomendaciones . . . . .	74
<b>A. Diagrama de Instrumentación de la Estación IPA 3 con el Módulo Auxiliar Implementado</b>	<b>76</b>
<b>B. Costos de implementación del proyecto</b>	<b>79</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>80</b>

# Índice de figuras

1.1. Arquitectura de comunicación planta de entrenamiento IPA	23	5
1.2. Componentes de la estación de llenado IPA	3	5
1.3. Cinta transportadora doble equipada con un motor DC de 24 V		6
1.4. Segmento de llenado de botellas		7
1.5. Módulo Profibus DP		8
1.6. Válvula manual 3/2 vías		9
1.7. Válvula de distribución 2 a 2 vias		10
1.8. Válvulas de distribución de 3/2 vías y 4/2 vías		10
1.9. Regulador de presión con manómetro		11
1.10. Caudalímetro		11
1.11. Sensor de proximidad inductivo		12
1.12. Válvula de seguridad		13
1.13. Sensor de proximidad capacitivo		13
1.14. Tecnología RFID		14
1.15. Autómata programable		15
1.16. Interfaz hombre máquina		16
2.1. Ejemplo de Grafcet		19
2.2. Ejemplo de diagrama de funciones		19
2.3. Selección del CPU		20
2.4. Catálogo de hardware		21
2.5. Parámetros del módulo		21
2.6. Selección de SIMATIC ident		22
2.7. Parámetros básicos		22
2.8. Parámetros del lector		23
2.9. Bloque de instrucciones		25
2.10. Parametrización de bloque “Reset_Reader”		26
2.11. Parametrización de bloque “Read”		26
2.12. Parametrización de bloque “Write”		27
2.13. Parametrización de bloque “Set_Ant_RF300”		27
2.14. Tabla de observación y forzado		28
2.15. Sistema RF300 controlado con PLC SIMATIC S7-1200		29
2.16. Módulo de comunicación SIMATIC RF180C		30
2.17. Transpondedor RF360T		33
2.18. PLC SIMATIC S7-1200		33

2.19. PLC SIMATIC S7-300 . . . . .	34
2.20. Switch para Ethernet Industrial de la Serie Scalance XB005 No Administrado . . . . .	34
2.21. Medición de los tanques . . . . .	35
2.22. Medición de los rieles . . . . .	35
2.23. Red de dispositivos comunicados través de una PROFINET IE . . . . .	36
3.1. Módulo de llenado auxiliar . . . . .	38
3.2. Unión tipo T . . . . .	39
3.3. Electroválvula 2/2 vías . . . . .	40
3.4. Conjunto de 2 T unidas . . . . .	40
3.5. Sensor de proximidad capacitivo . . . . .	41
3.6. Tapa de presión para las botellas . . . . .	41
3.7. Forzado de valores booleanos a la opción “interface.executeRead” . .	42
3.8. Lector preparado para el proceso de lectura . . . . .	43
3.9. Identificación del transpondedor por medio del lector . . . . .	43
3.10. Notificación de lectura exitosa . . . . .	44
3.11. Opciones “interface.executeResetReader” e “interface.doneResetReader” en estado False . . . . .	44
3.12. Notificación de reinicio del proceso de lectura de manera exitosa . .	44
3.13. Escritura en las variables de los transpondedores . . . . .	45
3.14. Desactivación del campo inductivo del lector por medio del valor True de la opcion ”interface.executeAnt” . . . . .	45
3.15. Tablero de control del módulo auxiliar de llenado y tecnología RFID	46
3.16. Diagrama de conexiones del tablero de control del modulo auxiliar de llenado y tecnología RFID . . . . .	47
3.17. GRAFCET: Subrutina de ejecución automática de las funciones del lector RFID . . . . .	50
3.18. GRAFCET: Subrutina de prelavado del sistema de dosificación de la estación IPA3 . . . . .	53
3.19. GRAFCET: Subrutina de transporte del portador de envases por la estación IPA3 . . . . .	58
3.20. GRAFCET: Subrutina de dosificación . . . . .	60
3.21. Pantalla “F_Modos_IPA3” . . . . .	61
3.22. Pantalla “RFID_Configuración” . . . . .	64
3.23. Pantalla “INVENTARIO” . . . . .	66
3.24. Pantalla “INFO MODOS” . . . . .	67
3.25. Pantalla “INFO RFID” . . . . .	68
A.1. Diagrama de instrumentación de la estación IPA 3 con el módulo auxiliar implementado. . . . .	77

# Índice de Tablas

2.1. Modos de operación a elegir por el usuario . . . . .	17
2.2. Bloque de Datos “IdentData” . . . . .	23
2.3. Bloque de Datos “interface” . . . . .	24
2.4. Materiales . . . . .	29
2.5. Principales Características del Sistema RF300 . . . . .	30
2.6. Dispositivos para configuración y programación del sistema RF300 .	31
2.7. Principales características SIMATIC RF310R . . . . .	32
2.8. Significado de estados del led SIMATIC RF310R . . . . .	32
3.1. Dimensiones del módulo auxiliar de llenado . . . . .	37
3.2. Elementos del módulo auxiliar de llenado . . . . .	38
3.3. Asignación de interfaces de los sensores de proximidad capacitivos y electroválvulas del módulo auxiliar de llenado . . . . .	39
3.4. Elementos de la pantalla “F_Modos_IPA3” . . . . .	69
3.5. Elementos de la pantalla “RFID_Configuración” . . . . .	70
3.6. Elementos de la pantalla “INVENTARIO” . . . . .	71
A.1. Descripción de componentes de la estación IPA 3 con el módulo auxiliar implementado . . . . .	78
B.1. Descripción de costos de implementación . . . . .	79

# Abreviaciones

<b>FMS</b>	Flexible Manufacturing Systems
<b>HMI</b>	Human Machine Interface
<b>IPA</b>	Industrial Process Automation
<b>PLC</b>	Programable Logic Controller
<b>RFID</b>	Radio Frecuency IDentification

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Descripción del Problema

La planta IPA 23 del laboratorio de Control de Procesos de la ESPOL funciona como una línea de producción del llenado de sixpack de botellas a pequeña escala. La estación de llenado IPA 3 no cuenta con una tecnología que identifique productos que permita la flexibilidad y manejo del inventario de la producción. Adicionalmente, carece de diversidad de productos a seleccionar para el envasado y de un sistema pre-lavado para los residuos de líquidos que se quedan alojados en las tuberías de dosificación. Esto, limita a la planta IPA 23 como un recurso pedagógico en la demostración didáctica de líneas de producción con estructuras que permitan la flexibilidad productiva y la visualización del inventario de la producción.

### 1.2. Justificación del Problema

Para resolver este problema en la estación de llenado IPA 3 de la planta IPA 23 del laboratorio de Control de Procesos de la ESPOL se adaptará tecnología RFID que consta de un módulo de comunicación, lector y transpondedores de tal manera que se pueda identificar el nivel y el tipo de producto a envasar; además de facilitar al usuario la configuración manual de la tecnología RFID como la activación y

desactivación de la antena del RFID, adicionalmente, la lectura y escritura en los transpondedores; todo esto facilitará el manejo del inventario de producción de dicha estación. Para diversificar el proceso productivo se instalará dos botellas: una con un líquido B para diversificar la producción y otra con agua para realizar el prelavado del sistema de dosificación y así evitar el llenado de botellas con un determinado producto mezclado con los residuos de líquidos anteriores alojado en las tuberías. Esto permitirá que el estudiante visualice de manera práctica una línea de producción más flexible respecto a su estado anterior, esto es, previo a los cambios implementados; además la visualización de un inventario de producción lo cual es importante en su aprendizaje para enfrentarse a problemas industriales que tengan procesos con poca flexibilidad y que presenten dificultades al adaptarse a las variaciones de los procesos productivos y manejo de inventarios de producción.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Generales**

Diseñar un sistema de llenado automático incorporando diversidad de producción, con la flexibilidad de poder modificar o programar el proceso de envasado de botellas de acuerdo a los modos de operación previamente definidos aplicando tecnología RFID en la estación IPA 3 de la planta IPA23 del laboratorio de Control de Procesos como recurso pedagógico para el aprendizaje de los estudiantes.

#### **1.3.2. Específicos**

- Adaptar un módulo auxiliar de llenado que contenga dos botellas con similares características al tanque de producto A ya instalado en la estación de llenado para el alojamiento del producto B y agua para el pre-lavado del sistema.
- Diseñar la red Profinet para comunicación entre PLC, PC, HMI y módulos de comunicación RFID.

- Implementar tecnología RFID de tal manera que se pueda identificar el nivel y tipo de líquido a envasar.
- Facilitar al usuario la configuración manual de la tecnología RFID, como: la activación y desactivación de la antena, lectura y escritura de los transpondedores.
- Programar la estación IPA3 de manera que el usuario pueda trabajar en uno de los tres modos de operación: A, B y C. Adaptando un control flexible para ajustes eficaces en el llenado de botellas.
- Establecer una interfaz para monitoreo del inventario de producción con la finalidad de evaluar el rendimiento del proceso en la estación de llenado IPA 3.

## 1.4. Marco Teórico

### 1.4.1. Sistema de producción flexible

Un sistema de producción flexible, FMS (Flexible Manufacturing Systems), se adapta a los cambios de manera rápida y eficaz en la fabricación de los productos requeridos según sea la demanda del mercado y del cliente. Es decir que este tipo de producción permite a las industrias ajustarse rápidamente a los cambios de estrategia, imprevistos, y transformaciones de las situaciones del mercado, lo cual produce un impacto comercial y económico muy favorable.

Una característica propia de este tipo de producción es que busca soluciones en tecnologías actualizadas. Proyecta la organización de un determinado proceso productivo dividiendo las tareas, usando máquinas especializadas, estandarizando el proceso productivo y el uso rígido de la fuerza de trabajo sustituyendo el sistema de las economías de escala, esto es produciendo más a menor costo de tal forma que cuando más produce menos le cuesta producir por unidad, por la posibilidad de implantar de manera infalible y rápida el lanzamiento de nuevos productos,

o variaciones del mismo, logrando competir sutilmente y adecuadamente con la competencia[1].

### **1.4.2. Arquitectura de control**

Dentro de un sistema de producción encontraremos diversas configuraciones para la comunicación entre equipos, siendo esencial cumplir un conjunto de normativas para facilitar el intercambio de datos de manera ordenada, lo que está asociado con los protocolos de comunicación. En los equipos de instrumentación y sistemas de automatización de líneas de producción, donde es necesaria una alta tasa de transferencia de datos entre equipos, redes de comunicación como PROFIBUS y PROFINET responden plenamente a estas necesidades y han conseguido ser indispensables en un entorno de trabajo donde cada día es más necesaria la integración global.

Por tanto, los sistemas de automatización industrial y su funcionamiento distribuido forman parte de un concepto de mayor entidad, encaminado a la optimización global de las industrias mediante la mejora de los procesos de fabricación, la reducción de costes, el incremento en la calidad, la mejora de la eficiencia, la mayor flexibilidad en los procesos de producción y, en general, todos aquellos factores que permitan adaptarse de manera eficiente a las necesidades del mercado al que está orientado el producto. La Figura 1.1 muestra la arquitectura de comunicación de la planta IPA 23.

### **1.4.3. Componentes de la estación de llenado IPA3**

La estación de llenado se compone principalmente de los siguientes elementos: Segmento de llenado de botellas, modulo esclavo profibus, Cinta transportadora doble equipada con un motor de 24 Vdc. En la figura 1.2 se ilustra los componentes de la estación de llenado IPA3

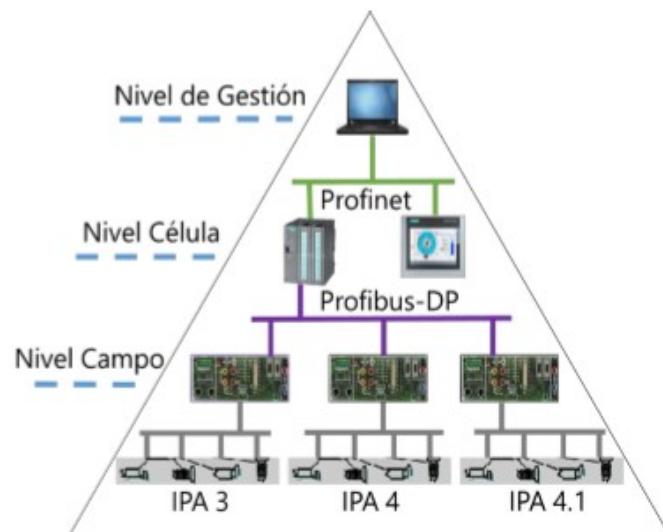


FIGURA 1.1: Arquitectura de comunicación planta de entrenamiento IPA 23

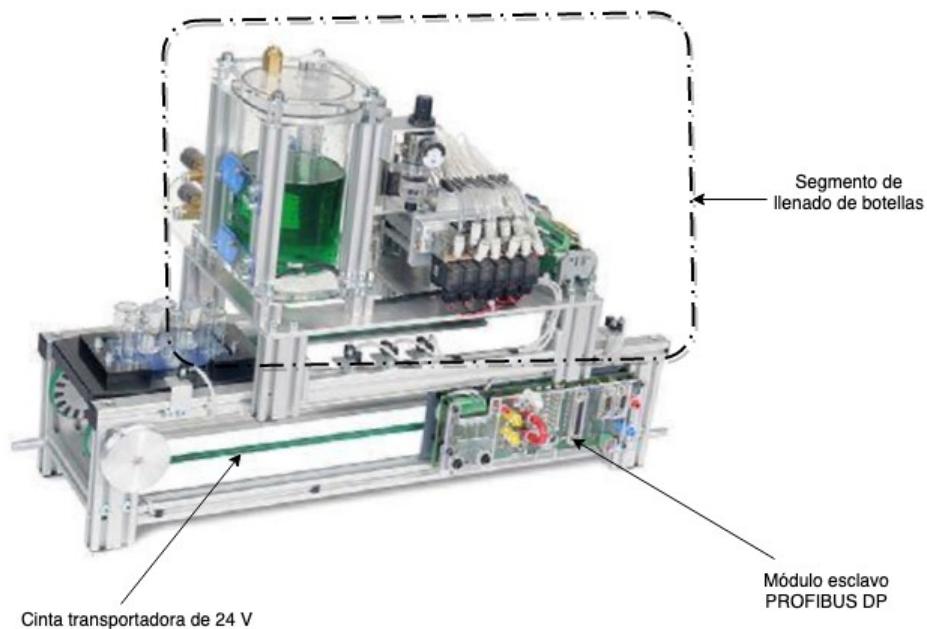


FIGURA 1.2: Componentes de la estación de llenado IPA 3

#### 1.4.3.1. Cinta transportadora doble equipada con un motor DC de 24 V

Está posicionada debajo de la estación del segmento de llenado, y servirá de transporte para todas las botellas en su proceso de dosificación de producto y salida hacia la siguiente estación. Dicha cinta, figura 1.3, está conformada por un módulo

mecatrónico básico que está accionado por un motor-reductor de 24 Vdc, su velocidad será variable. Su diseño permite la conexión a un sistema de control PLC, además de la combinación con otras cintas por medio de PROFIBUS.



FIGURA 1.3: Cinta transportadora doble equipada con un motor DC de 24 V

- (1) Correa de transporte, Longitud = 600mm.
- (2) Motor reductor de 24 Vdc.
- (3) Sensor magnético de posición final derecha.
- (4) Módulo esclavo PROFIBUS DP.
- (5) Sensor magnético de posición final izquierda.

#### 1.4.3.2. Segmento de llenado de botellas

En este segmento, figura 1.4, se producirá la dosificación de las botellas de los sixpack de tal manera que el autómata programable enviará señales a los diferentes actuadores según sea la secuencia de control establecida.

Estas secuencias son:

1. Transporte de sixpack de botellas a la estación de llenado.
2. Posicionado de la primera fila del sixpack de botellas en el dosificador.
3. Llenado de la primera fila del sixpack de botellas.

4. Posicionado de la segunda fila en el dosificador para su llenado y así con la fila restante.
5. Salida del sixpack de botellas de la estación de llenado.
6. Entrada del siguiente sixpack de botellas en la estación de llenado para repetir la secuencia.

Las partes constitutivas del segmento de llenado de botellas se muestran en la figura 1.4.



FIGURA 1.4: Segmento de llenado de botellas

- (1) Válvula de seguridad.
- (2) Tanque de almacenamiento del producto líquido a envasar.
- (3) Válvula de distribución de 3/2 vías, para entrada de agua.
- (4) Válvula de distribución de 2/2 vías, para salida de agua.
- (5) Sensores capacitivos, para alarma de nivel de líquido.
- (6) Regulador de presión con manómetro.
- (7) Válvulas de distribución de 3/2 y de 4/2 vías.
- (8) Conexión para cable con terminación SUB-D 25.
- (9) Sensores magnéticos, para posición de pieza de trabajo.

#### 1.4.3.3. Módulo esclavo PROFIBUS DP

Se puede observar en la figura 1.5 el respectivo modulo y además la descripción de sus componentes [2]:

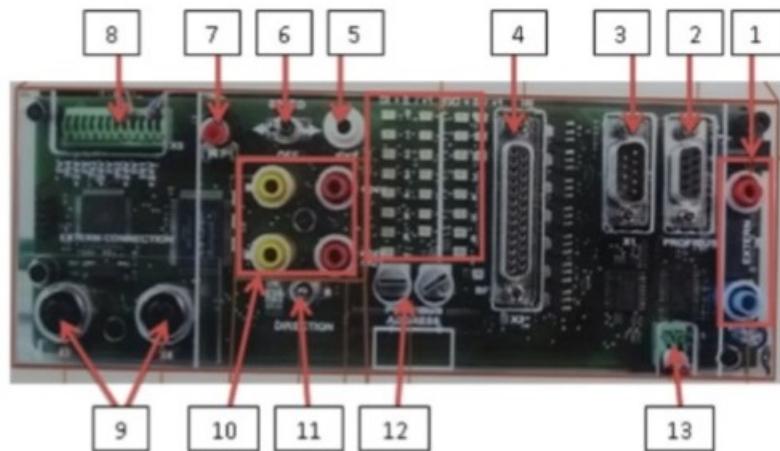


FIGURA 1.5: Módulo Profibus DP

- (1) Alimentación de tensión EXTERN IN de la tarjeta electrónica -24VDC.
- (2) Puerto de comunicación para esclavo PROFIBUS DP.
- (3) Puerto D-SUB 9 polos para la conexión directa con el controlador lógico programable.
- (4) Puerto D-SUB de 25 polos para conexión con los subsistemas de entrenamiento.
- (5) Entrada analógica externa EXT de 0-10 V para variar la velocidad de la cinta.
- (6) Interruptor SPEED para selección de variación de velocidad de la cinta entre INT o EXT.
- (7) Potenciómetro INT para variación de velocidad de la cinta.
- (8) Bornes de entradas digitales para conexión de sensores.
- (9) Conectores M12 para conexión de sensores y actuadores adicionales.
- (10) Casquillos para la puesta en marcha de la cinta transportadora.
- (11) Interruptor DIRECTION para selección del sentido de dirección derecha o izquierda de la cinta.
- (12) Conmutador para seleccionar la dirección del esclavo PROFIBUS DP.

(13) Conexión del motor de la cinta transportadora.

#### 1.4.4. Instrumentación de la estación de llenado IPA3

La estación de llenado LUCAS-NÜLLE IPA3 cuenta con la siguiente instrumentación [3]:

##### 1.4.4.1. Válvula manual de 3/2 vías

La válvula de activación manual de 3/2 vías sirve pasar del modo de llenado manual al automático del recipiente de almacenamiento y viceversa. En la figura 1.6 se puede apreciar dicha válvula



FIGURA 1.6: Válvula manual 3/2 vías

##### 1.4.4.2. Válvula de distribución de 2/2 vías

Válvula de distribución de 2/2 vías, figura 1.7, permite la salida del líquido del tanque y llenar cada botella del sixpack al nivel establecido.

##### 1.4.4.3. Válvulas de distribución de 3/2 y 4/2 vías

Válvulas de 3/2 vías permiten pasar el aire comprimido para presurizar el tanque de almacenamiento del producto a envasar. Válvulas de 4/2 vías que controlan los cilindros de parada que detienen al sixpack en su posición de llenado, y los ejes



FIGURA 1.7: Válvula de distribución 2 a 2 vias

móviles del dosificador de botellas que se desplazaran fila por fila para el llenado de botellas.



FIGURA 1.8: Válvulas de distribución de 3/2 vías y 4/2 vías

#### 1.4.4.4. Regulador de presión con manómetro

Ajusta la presión del aire comprimido que ingresa a la planta hasta la presión de trabajo requerida e indicada por el fabricante (0.1 bar), compensando las oscilaciones de presión que pudieran darse. El sentido del flujo es indicado por medio de flechas en el cuerpo de la válvula. El manómetro servirá para indicarnos la presión de regulación. Figura 1.9.



FIGURA 1.9: Regulador de presión con manómetro

#### 1.4.4.5. Caudalímetro

Este instrumento sirve principalmente para dosificar el producto a envasar de acuerdo al volumen de llenado requerido, se encuentra a la salida de los tanques de la estación de llenado. Al configurar un nivel de líquido destinado para el llenado de botellas sixpack, se produce el giro de una rueda interna con paletas las cuales girarán para producir la dosificación del líquido según el volumen de llenado requerido. Figura 1.10.



FIGURA 1.10: Caudalímetro

#### 1.4.4.6. Sensor proximidad inductivo

Los sensores de proximidad inductivos son sensores que sirven para detectar materiales ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos. Estos sensores, figura 1.11, generan un campo electromagnético y detectan cambios en dicho campo por la presencia de objetos a su alrededor produciendo una conmutación electrónica. En la estación de llenado es muy importante para la correcta posición y posterior dosificación del producto en las botellas.

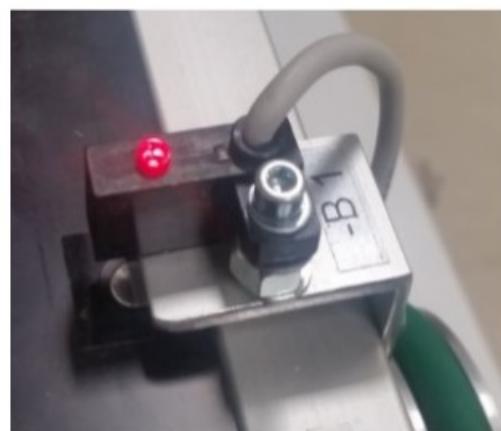


FIGURA 1.11: Sensor de proximidad inductivo

#### 1.4.4.7. Válvula de seguridad

Sirve para descargar la presión del recipiente de almacenamiento en caso de que haya una sobrepresión. Está calibrada para que se active a una presión de 0.3 bares. Figura 1.12

#### 1.4.4.8. Sensor de proximidad capacitivo

Son sensores semejantes a los de proximidad inductivos, no obstante, su diferencia radica en el principio de funcionamiento, el cual se basa en el cambio de la capacitancia de la placa detectora localizada en la región denominada cara sensible.



FIGURA 1.12: Válvula de seguridad

En la planta, es usado para detectar el nivel del líquido en los tanques de la estación de llenado, el líquido una vez que alcanza la cara de sensado del sensor producirá la variación de la capacitancia y el sensor cambiará de estado. No hay contacto directo entre el líquido y el sensor. Genera una alarma visual que indicará cuando el líquido en el tanque alcance un nivel mínimo o cuando el nivel se exceda del máximo. Estos sensores están colocados en la parte externa del tanque. Figura 1.13



FIGURA 1.13: Sensor de proximidad capacitivo

#### 1.4.5. Tecnología RFID

La tecnología RFID, figura 1.14, está conformada por una marca identificadora y por un lector reconocedor. Consiste en el reconocimiento por radiofrecuencia, transmitiendo una secuencia de bytes que representa la identidad de un objeto

por medio de ondas de radio. En nuestro proyecto la marca RFID serán los transpondedores que contendrán datos e información de identificación del elemento en la que se encuentra adherido para luego emitir una señal de radio frecuencia que será percibida por el lector RFID para analizar los respectivos datos y así convertirla en formato digital adecuado para la aplicación RFID.[4] Dicha tecnología consta de 3 componentes fundamentales: Etiqueta RFID: Almacena la identificación de un producto en particular.

Lector RFID: Enviará de manera continua señales para percibir si hay alguna marca identificadora, y una vez que detecte la respectiva marca, extraerá su información y la enviará al subsistema de procesamiento de datos.

Subsistema de procesamiento de datos: Se producirá el almacenamiento y proceso de datos.



FIGURA 1.14: Tecnología RFID

El lector genera un campo magnético alterno. Aunque la intensidad máxima del campo se produce junto al lector, no se recomienda una distancia de escritura/-lectura “cero” entre el lector y el transpondedor. La intensidad del campo alterno decrece rápidamente con la distancia. La distribución del campo de la antena depende de la estructura y la geometría de las antenas en el lector y el transpondedor.

## 1.4.6. Autómata programable y HMI

### 1.4.6.1. Autómata programable

Un autómata programable o PLC (Programable Logic Controller) es un dispositivo eléctrico usado ampliamente en la automatización de procesos industriales, figura 1.15, sigue una secuencia previamente establecida de acuerdo al requerimiento del automatismo del control eléctrico secuencial del proceso. El PLC trabaja de manera general en función de la información obtenida de sensores y del programa lógico interno establecido que determinan las instrucciones a realizar, actuando finalmente sobre los actuadores del proceso.



FIGURA 1.15: Autómata programable

### 1.4.6.2. HMI

En las actividades industriales es de mucha importancia que el operador que este supervisando un determinado proceso tenga una interfaz hombre-máquina para una supervisión óptima del proceso mayor seguridad en tener un control óptimo y una apropiada interacción con el proceso. Además, permite tomar decisiones correctas para solucionar problemas que pongan en riesgo el proceso productivo. La Interfaz Hombre Máquina (HMI), figura 1.16, es la interfaz entre el proceso y los operadores, básicamente un panel del operador. Es la herramienta principal con la cual los operadores y los supervisores de la línea coordinan y controlan los procesos industriales y de fabricación en la planta. Las HMI sirven para traducir las variables del proceso complejas en información útil y aprovechable.



FIGURA 1.16: Interfaz hombre máquina

# Capítulo 2

## Metodología

### 2.1. Metodología de la programación

Se procedió a programar la estación IPA 3 tomando en consideración los siguientes modos a elegir por el usuario: tabla 2.1

Modo	Descripción
A	Seis envases se encuentran en un portador y se posicionan debajo del dosificador de la estación de llenado. En los envases se vierte el líquido A hasta que se alcanza el nivel preestablecido. Una vez que los envases estén llenos, el portador las transporta hacia la estación de sellado.
B	Seis envases se encuentran en un portador y se posicionan debajo del dosificador de la estación de llenado. En los envases se vierte el líquido B hasta que se alcanza el nivel preestablecido. Una vez que los envases estén llenos, el portador las transporta hacia la estación de sellado.
C	Seis envases se encuentran en un portador y se posicionan debajo de la estación de llenado. Al portador se le fija un transpondedor que posee la información del tipo de líquido colorante que se desea verter y el nivel que se quiere alcanzar en los envases, través un lector RFID y un módulo de comunicación esos datos son llevados al controlador y se dosifica los envases con el tipo de colorante y el nivel prescritos en el transpondedor; cuando los seis envases están llenos, el portador es transportado a la estación de sellado.

TABLA 2.1: Modos de operación a elegir por el usuario

En dicha programación intervinieron los autómatas programables y equipos con tecnología RFID. A continuación, se explica la metodología usada para cada una de ellas, el grafset para el autómata programable y la configuración y programación del sistema RF300 para la tecnología RFID.

### 2.1.1. Grafset

Para la programación del automatismo proceso en la estación de llenado, se elaboró por medio del GRAFCET un modelo de la representación gráfica del respectivos comportamientos del sistema lógico secuencial definido mediante sus entradas y salidas. Este lenguaje gráfico ayudó a tener una idea clara de la secuencia del proceso y así obtener las condiciones de transición de las etapas, y las acciones relacionadas a las mismas. Para el establecimiento de las condiciones booleanas del automatismo del proceso, se tomó en cuenta la utilización de dos hechos. Se desglosará el proceso mediante etapas que definen el proceso y las mismas se activaran una tras otra.

- Cada etapa estará asociada a una o varias acciones, lo cual será válido siempre y cuando la etapa correspondiente se encuentre activa.
- Se activará una etapa cuando la etapa activa inmediatamente anterior se desactive cumpliéndose la condición de transición entre ellas. Estas condiciones de transición se cumplirán cuando se produzca la activación de la siguiente etapa y se desactive la etapa precedente.

Cuando una determinada acción se ejecute, la etapa a la que esté relacionada tendrá que estar activa. Nunca habrá dos condiciones o etapas activas de manera consecutiva. Siempre tendrán que ir posicionadas de manera alterna.

Después de obtener las condiciones booleanas respectivas del proceso se procedió al siguiente paso que es el establecimiento del lenguaje apropiado para el autómata programable.

Se puede observar en la figura 2.1 las etapas, acciones y condiciones para una porción de un GRAFCET.

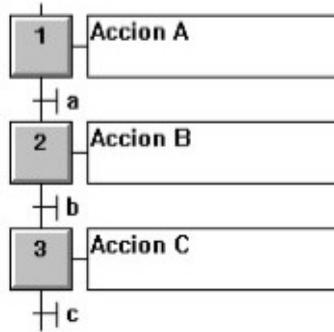


FIGURA 2.1: Ejemplo de Grafcet

En la etapa 1 se realizará la acción A y se activará la etapa 2 cuando al estar activa la etapa 1 se compruebe el cumplimiento de la condición a. En la etapa 2 se realizará la acción B y de esa misma manera se activará la etapa 3 cuando al estar activada la etapa 2 se compruebe la validez de la condición b. Finalmente en la etapa 3 se realizará la acción C y se desactivará al cumplirse el cumplimiento de la condición b. Por medio de aquello se puede realizar un proceso de normalización y así obtener la condición booleana que debe verificarse para la etapa 2:

$$X2 = |X3.(X1.a + X2)$$

$$\text{Acción B} = X2$$

Siendo  $X1$ ,  $X2$ ,  $X3$  los nombres de las etapas respectivamente.

Se puede traducir el grafcet al lenguaje de programación FUP (diagrama de funciones), como se muestra en la figura 2.2.

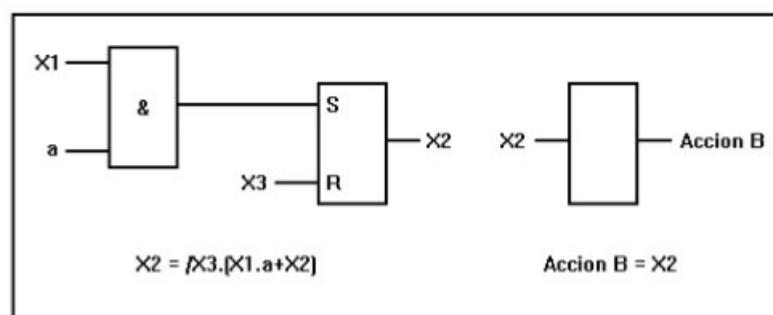


FIGURA 2.2: Ejemplo de diagrama de funciones

Como se puede ver se representan las condiciones que activan la etapa mediante el bloque *and* que está conectado al *set* de dicha etapa, mientras que en el *reset* están conectadas las respectivas condiciones que desactivan la misma etapa.

### 2.1.2. Configuración y programación del sistema RF300

En la figura 2.3, se detallan los pasos necesarios para configurar el sistema RF300 en TIA PORTAL V14 SP1 con un CPU SIMATIC S7-1200.

1. Abrimos TIA PORTAL V14 SP1
2. Creamos un nuevo proyecto.
3. En el árbol de proyecto de TIA Portal, doble clic “Agregar dispositivo”
4. Agregamos el CPU 1214C AC/DC/Rly > > 6ES7 214-1BG40-0XB0.

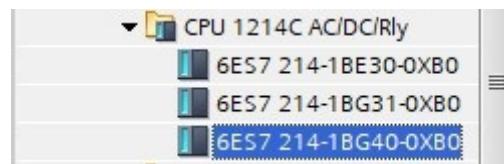


FIGURA 2.3: Selección del CPU

5. Nos dirigimos a vista de “Vista de Red”, figura 2.4, en el “Catálogo de Hardware”, click en “Otros dispositivos de Campo” > “PROFINET IO” < “Ident System” > “Siemens AG” > “SIMATIC RFID” “RF180C V2.2”.
6. Doble clic al RF180C y en la ventana de inspector, nos vamos a las propiedades del módulo de comunicación.
7. Seleccionamos “Parámetros del módulo”, figura 2.5, ingresamos los parámetros que se detalla a continuación.
  - User Mode: RFID standard profile
  - MOBY mode: MOBY U/D/RF300/RF600 normal addressing
  - Baudrate SLG (transmission speed): 115.2 kBaud

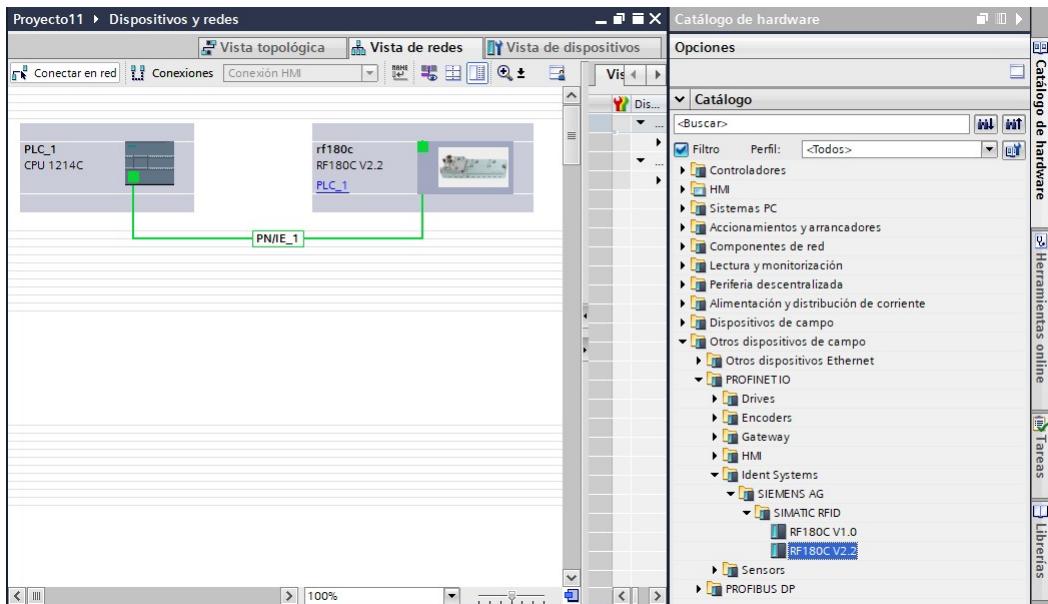


FIGURA 2.4: Catálogo de hardware

- Diagnostic messages: None
- Avoid active error LED after startup: None

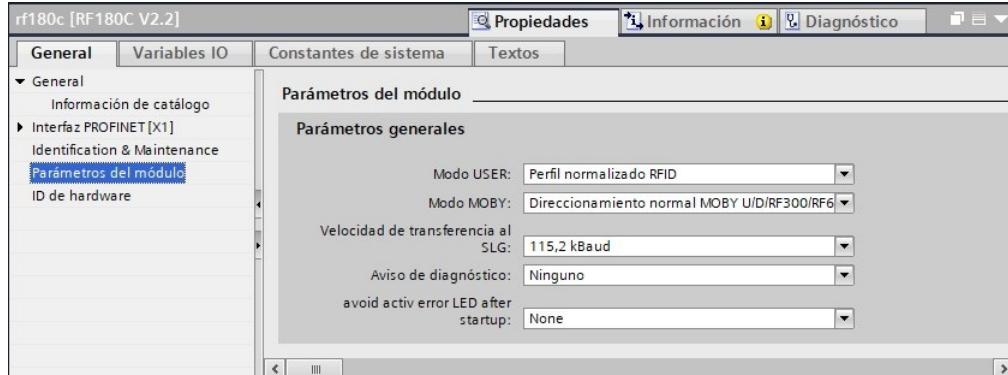


FIGURA 2.5: Parámetros del módulo

8. Asignamos las siguiente IP tanto para el módulo de comunicación como para el S7-1200, con máscara de subred 255.255.255.128.
  - S7-1200: 192.168.30.40
  - RF180C: 192.168.30.41
9. En el árbol de proyecto, figura 2.6, doble clic en “agregar objeto”

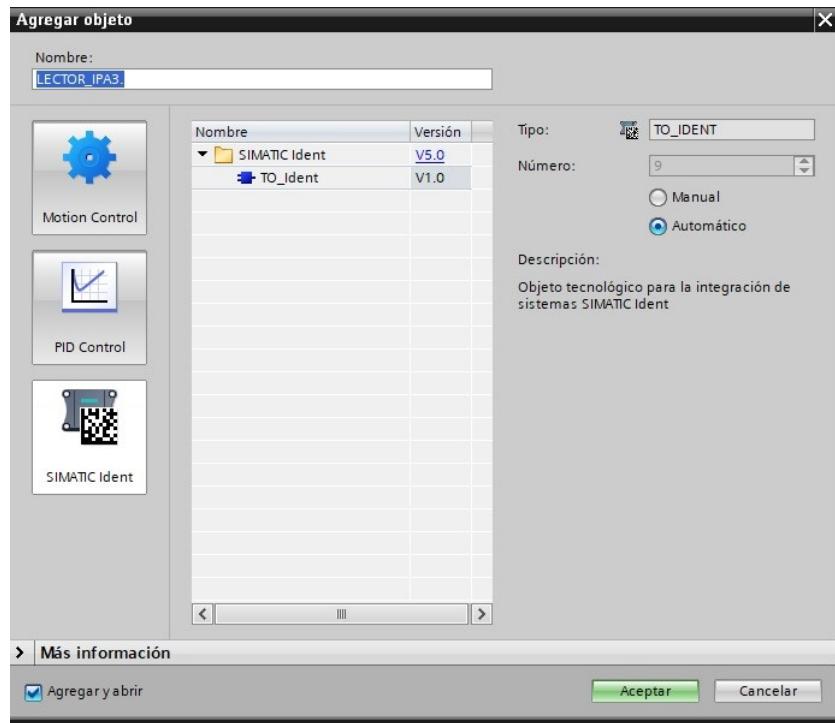


FIGURA 2.6: Selección de SIMATIC ident

10. Clic en “SIMATIC Ident” > > “TO.Ident” y asignamos un nombre.

11. Seleccionamos “Parámetros básicos”, figura 2.7, ingresamos lo siguiente:

- Dispositivo de identificación: rf180c
- Canal: Canal 1
- Parametrización del lector: RF300 Gen2 general



FIGURA 2.7: Parámetros básicos

12. Seleccionamos “Parámetros del lector”, figura 2.8, ingresamos lo siguiente:

- Velocidad de transferencia: 115,2 kBaud
- Control de presencia: Activado

- Resetear el LED de error: Activado
- Número máx. de transpondedores: 1
- Tipo de transpondedor: RF300

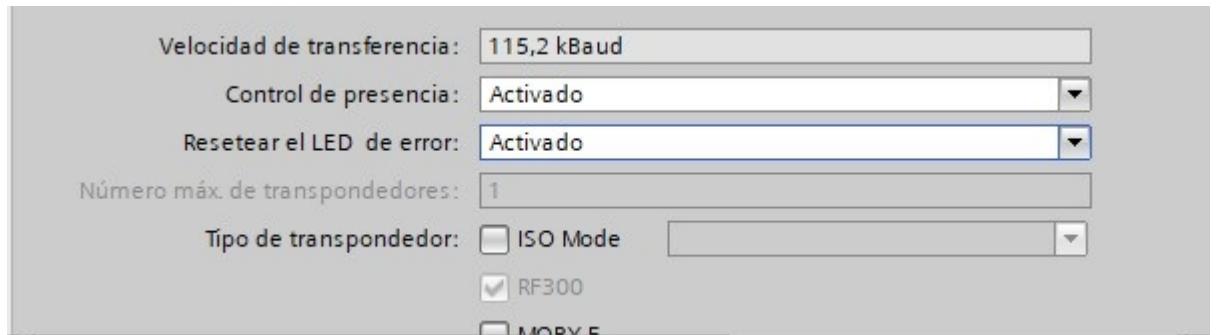


FIGURA 2.8: Parámetros del lector

13. En el árbol de proyecto, tabla 2.2, doble clic “Agregar nuevo bloque” > > “Bloque de datos” y asignamos el nombre “IdentData”.

Nombre	Tipo de datos
readData	Array [ 0..511 ] of Byte
writeData	Array [ 0..511 ] of Byte

TABLA 2.2: Bloque de Datos “IdentData”

14. En el árbol de proyecto, tabla 2.3, doble clic “Agregar nuevo bloque” > > “Bloque de datos” y asignamos el nombre “interface” .
15. En el bloque de instrucciones, figura 2.9, seleccionamos “Paquete Opcionales” > > “SIMATIC Ident”
16. Doble click “Reset\_Reader” y asignamos las variables que se muestran en la imagen a continuación, figura 2.10.
17. Doble click “Read” y asignamos las variables que se muestran en la imagen a continuación, figura 2.11.
18. Doble click “Write” , figura 2.12 , y asignamos las variables que se muestran en la imagen a continuación.

Nombre	Tipo de datos
executeResetReader	Bool
executeRead	Bool
executeWrite	Bool
executeAnt	Bool
doneResetReader	Bool
doneRead	Bool
doneWrite	Bool
doneAnt	Bool
busyResetRead	Bool
busyRead	Bool
busyWrite	Bool
busyAnt	Bool
errorResetReader	Bool
errorRead	Bool
errorWrite	Bool
errorAnt	Bool
statusResetReader	Dword
statusRead	Dword
statusWrite	Dword
statusAnt	Dword
presenceRead	Bool
presenceWrite	Bool
presenceAnt	Bool
AddrTagRead	Dword
AddrTagWrite	Dword
IenDataRead	Word
IenDataWrite	Dword
antennaAnt	Bool

TABLA 2.3: Bloque de Datos “interface”

19. En el bloque de instrucciones, seleccionamos “Paquetes Opcionales” > > “SIMATIC Ident” > > “Advanced Blocks” , doble click “Set\_Ant\_RF300”, figura 2.13, y asignamos las variables que se muestran en la imagen a continuación.
20. En el árbol de proyecto, figura 2.14, doble clic “Aregar tabla de observación” y agregamos todas las variables de los bloques de datos “IdentData” e “interface” .

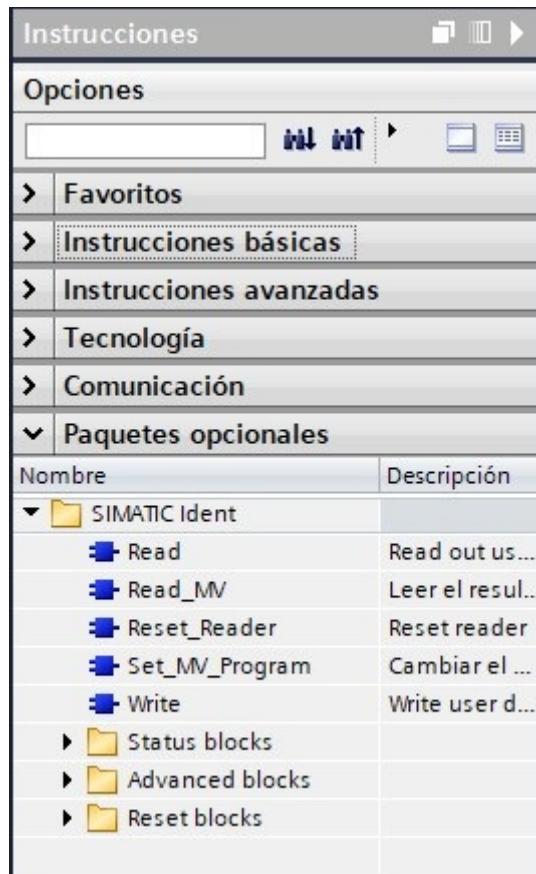


FIGURA 2.9: Bloque de instrucciones

- Finalmente, clic en ícono para poder manipular las variables de los bloques creados, figura 2.14.

## 2.2. Tecnología aplicada

Se procede a detallar en la tabla 2.4 la lista de los materiales usados para el correcto funcionamiento propuesto en la estación de llenado IPA 3 de la planta IPA 23 del Laboratorio de Control de Procesos.

Teniendo en cuenta aquello se realiza una descripción de las tecnologías principales para el correcto funcionamiento del proyecto:

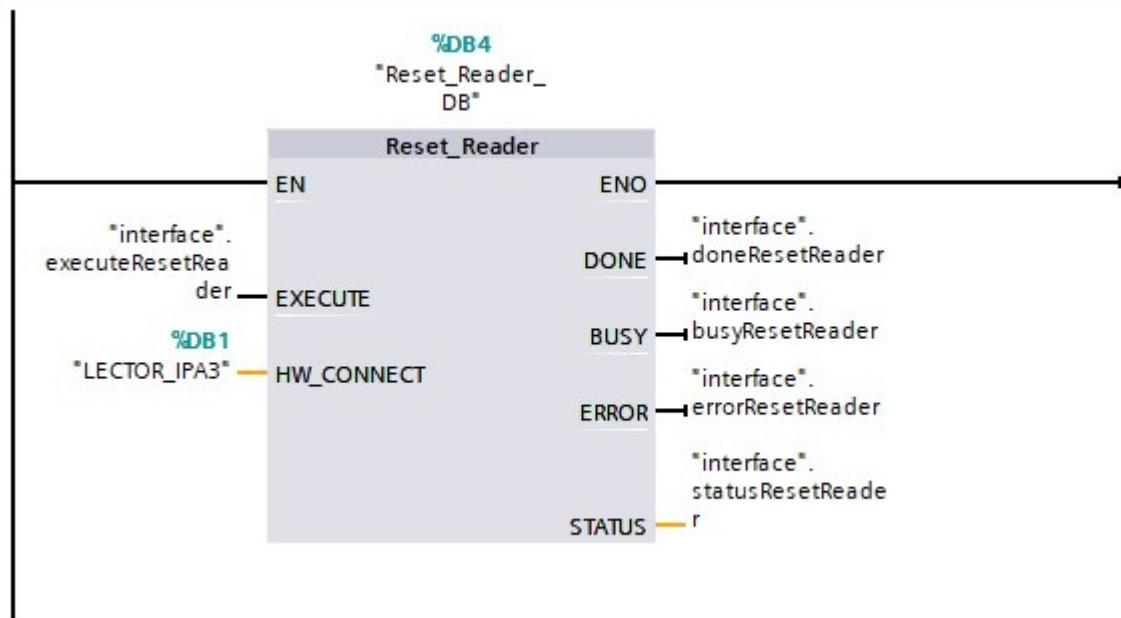


FIGURA 2.10: Parametrización de bloque “Reset\_Reader”

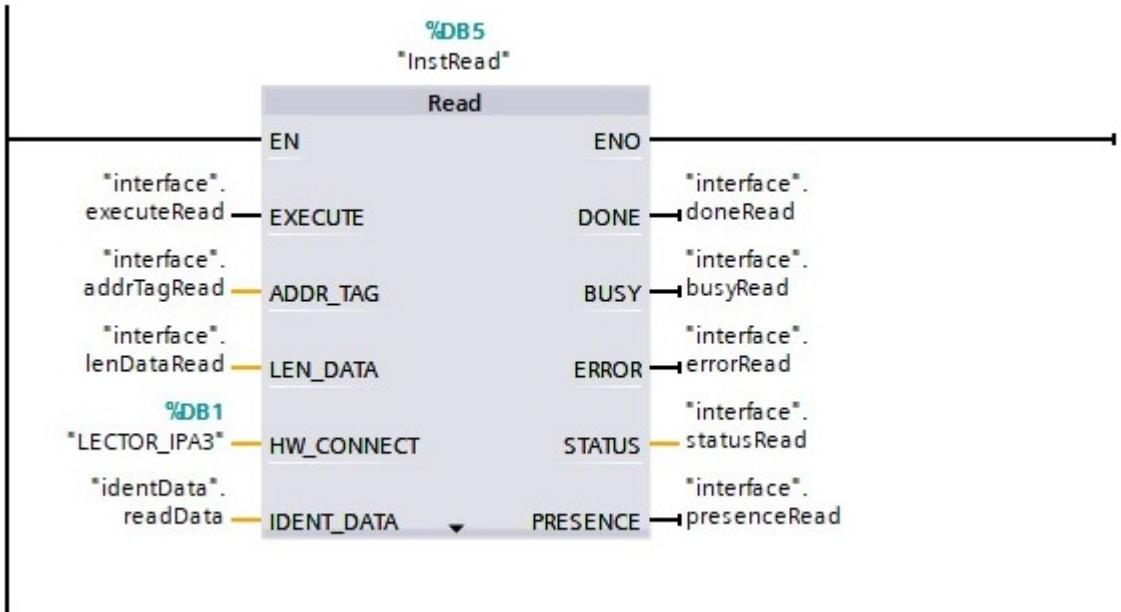


FIGURA 2.11: Parametrización de bloque “Read”

### 2.2.1. Familia SIMATIC RF300 de la marca SIEMENS

Para conectar los lectores RFID al control de la planta IPA 23 vía PROFINET se usa el módulo de comunicación RF180C, el lector RF310R y los transpondedores RF340T y RF360T, todos ellos forman parte de la familia SIMATIC RF300 de

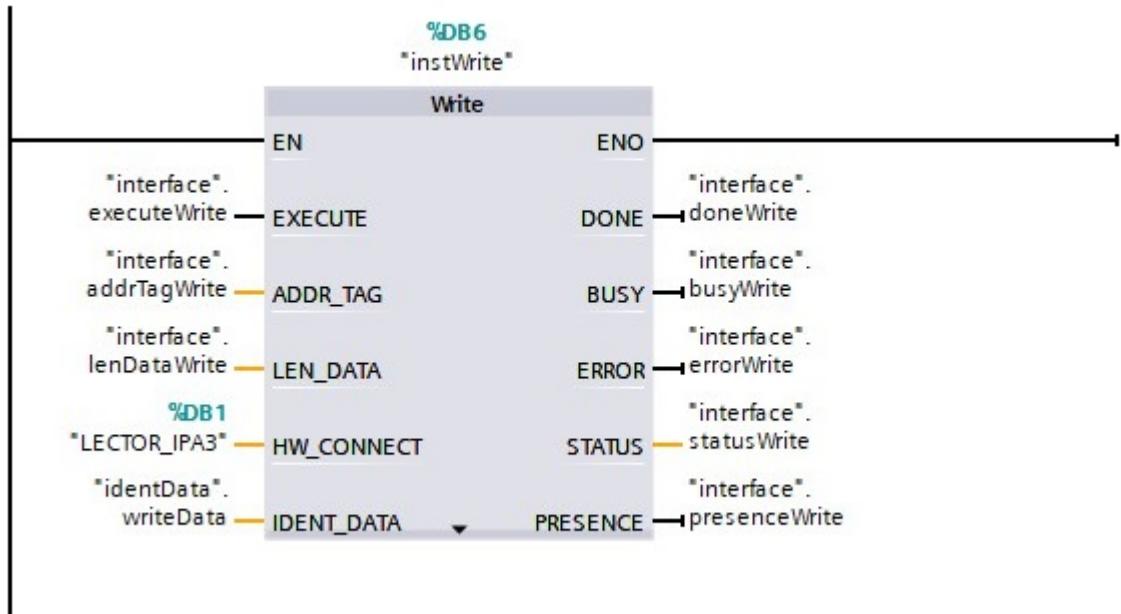


FIGURA 2.12: Parametrización de bloque “Write”

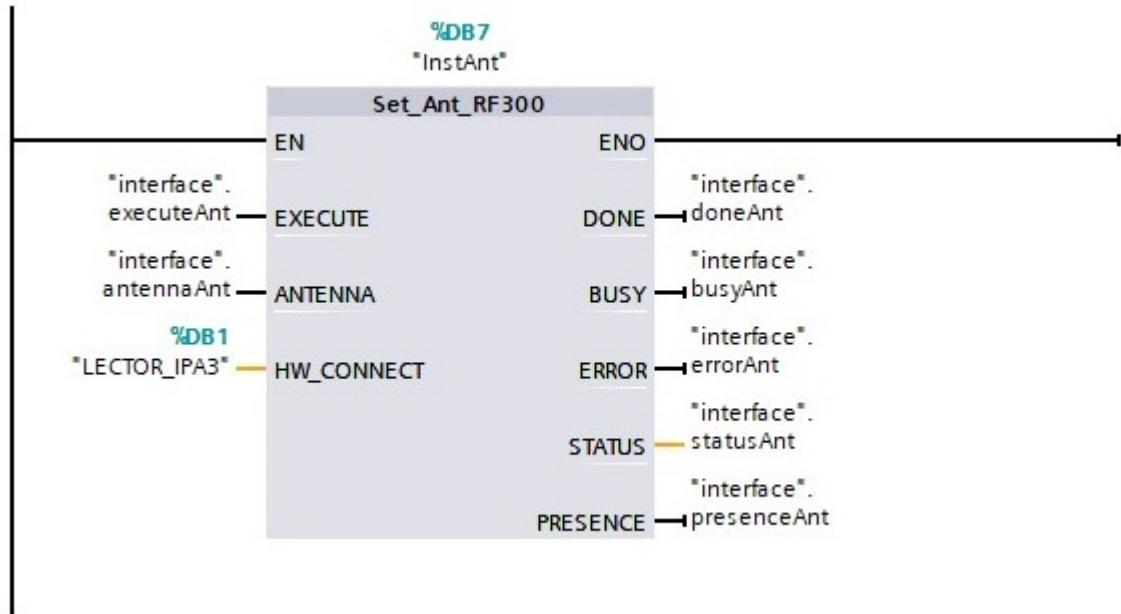


FIGURA 2.13: Parametrización de bloque “Set\_Ant\_RF300”

la marca SIEMENS y son usados como sistemas RFID para la identificación de materiales, portadores de materiales y bienes en procesos y plantas de producción.

La figura 2.15 muestra el sistema RF300 controlado por el PLC SIMATIC S7-1200 que son los principales componentes para el sistema de identificación. En la tabla

Proyecto11[PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Relay]Tables de observación y forzado permanente\Interfaz de Control LECTOR\_1]

	Nombre	Dirección	Formato visualiza...	Valor de observación	Valor de forzado...
1	// Reset Reader				
2	"LECTOR_IPA3".CM_CHANNEL	DEC			
3	"LECTOR_IPA3".HW_ID	DEC		274	
4	"LECTOR_IPA3".DIAGNOSTIC.buf_offset	Bin			
5	"interface".executeResetReader	BOOL		TRUE	
6	"identData".readData[0]	Hex			
7	"identData".writeData[1]	Hex			
8	"interface".doneResetReader	BOOL			
9	"interface".errorResetReader	BOOL			FALSE
10	"interface".statusResetReader	Hex			
11	"LECTOR_IPA3".CONFIGURATION.connected_reader	Hex			
12	"LECTOR_IPA3".CONFIGURATION.config_mode	Hex			
13	// Read Transponder				
14	"interface".executeRead	BOOL		TRUE	
15	"interface".addrTagRead	DEC		10	
16	"interface".lenDataRead	DEC		100	
17	"interface".doneRead	BOOL		TRUE	
18	"interface".errorRead	BOOL			
19	"interface".statusRead	Hex			
20	"identData".readData[0]	Hex			
21	"identData".readData[1]	Hex			
22	"identData".readData[2]	Hex			
23	"identData".readData[3]	Hex			
24	"identData".readData[4]	Hex			
25	"identData".readData[5]	Hex			

FIGURA 2.14: Tabla de observación y forzado

2.5 se muestran las características principales del sistema RF300.

En la tabla 2.6 se detalla el sistema RF300 con elementos adicionales para la configuración y programación del sistema de identificación.

A continuación, se describe los equipos de la familia RF300 que se usó para nuestro proyecto:

### 2.2.1.1. Módulo de comunicación SIMATIC RF180C

Es un módulo, figura 2.16 que puede ser usado sobre cualquier controlador para operar con componentes RFID a través de una red PROFINET IO. Servirá para llevar al sistema de control la información obtenida en los lectores RFID. Se usa un solo lector para identificar el tipo de líquido que se está trabajando.

Item	Cant.	Descripción
1	1	Fuente de 24VAC/2.5A
2	1	Computadora con tarjeta de red
3	1	Software STEP 7 TIA PORTAL V14 SP1
4	1	Switch ethernet industrial
5	1	PLC con un puerto PROFINET y un puerto PROFIBUS
6	1	PLC con puerto PROFINET
7	1	HMI con puerto PROFINET
8	1	Módulo de comunicación RFID
9	1	Lector RFID
10	4	Tarjeta RFID o transpondedores
11	5	Cables para comunicación ethernet
12	2	Cables de alimentación 120-240 VAC
13	1	Power Plug PRO

TABLA 2.4: Materiales

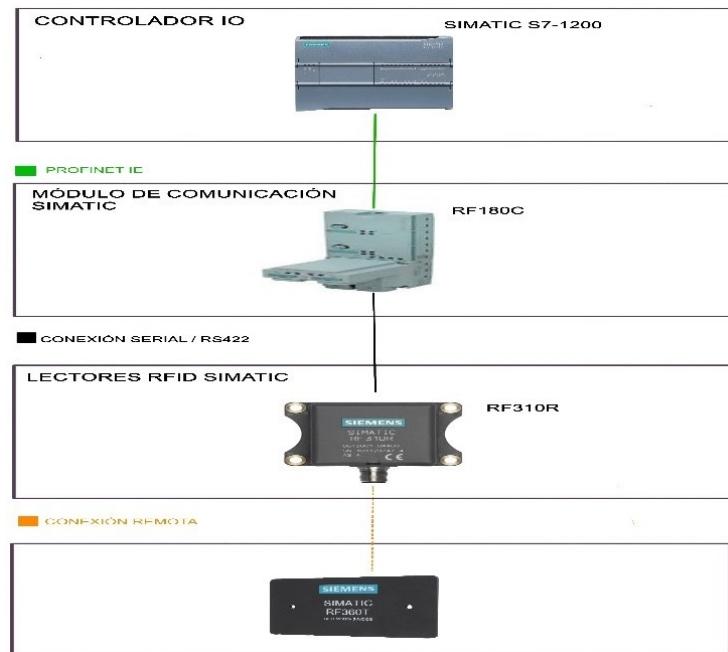


FIGURA 2.15: Sistema RF300 controlado con PLC SIMATIC S7-1200

### 2.2.1.2. Lector RFID SIMATIC 310R.

Servirá principalmente para identificar el código de la tarjeta y así mediante el módulo de comunicación enviar la respectiva información al autómata programable. Se ilustra en la tabla 2.7 sus principales características.

Características	
Rango de frecuencia	HF (High Frequency)
Frecuencia de transmisión	13,56 MHz
Alcance máx.	240 mm
Protocolos (interfaz aérea)	ISO15693 ISO 14443 (MOBY E) RF300 (propietario)
Normas, especificaciones y homologaciones	EN 300330, EN 301489, CE FCC Parte 15 UL/CSA ATEX
Tamaño de memoria, máx.	64 KN (EEPROM) 8192 (FRAM)
Velocidad de transferencia con radiocomunicación, máx.	106 kbits/s
Apto para multitag	No
Particularidades	Alta velocidad de transferencia de datos Posibilidades de diagnóstico avanzadas Gran capacidad de memoria Migración sencilla de sistemas antiguos MOBY I/E

TABLA 2.5: Principales Características del Sistema RF300



FIGURA 2.16: Módulo de comunicación SIMATIC RF180C

Es importante tener en cuenta el significado del estado de cada led del dispositivo para verificar que no haya problemas con el mismo al implementarlo en el sistema de llenado IPA 3. Se indica en la tabla 2.8.

Item	Dispositivo	No. Parte	Descripción
1	PLC SIMATIC S7-1200	6ES7 214-1BG40-0XB0	Controlador IO
2	RF180C	6GT2002-0JD00	Módulo de comunicación RFID
3	RF310R	6GT2801-1BA10	Lector RFID
4	CABLE M12/M, LONGITUD(M)=2	6GT2891-4FH20	Cable de conexión lector-módulo de comunicación
5	RF360T	6GT2800-4AC00	Accesorio transpondedor
6	POWER PLUG PRO	6GK1907-0AB10-6AA0	Conector especial de alimentación del módulo RF180C
7	SCALANCE XB005 UNMANAGED IE SWITCH	6GK5302-7GD00-4GA3	Switch Ethernet Industrial
8	3 CABLES ETHERNET	—	—
9	Software STEP7 TIA PORTAL V14 SP1	—	—
10	Computador con tarjeta de red	—	—
11	Fuente de alimentación 24VDC/2.5A	—	—

TABLA 2.6: Dispositivos para configuración y programación del sistema RF300

### 2.2.1.3. Transpondedores.

Estas tarjetas contendrán el código respectivo de identificación el cual será captado por el lector y mediante el módulo de comunicación enviará la respectiva información al autómata programable dentro del proceso de lectura en la tecnología RFID. Figura 2.17.

### 2.2.2. PLC SIMATIC S7-1200

Este Autómata programable, figura 2.18, se encargará principalmente de recibir toda la información adquirida por el módulo de comunicación SIMATIC RF180C

SIMATIC RF 310R		
	Diseño	1 Interfaz RS422 2 Indicador de estado
	Campo de aplicación	Especificamente para identificación en pequeñas líneas de montaje, en entornos industriales adversos.

TABLA 2.7: Principales características SIMATIC RF310R

LED	Significado
■	El lector no está conectado
■■	El lector no está inicializado o la antena esta desconectado. Tensión de servicio presente
■■■	El lector esta inicializado y la antena se encuentra conectada. Tensión de servicio presente
■■■■	-El modo de operación se encuentra con la presencia del transpondedor -El modo de operación se encuentra sin la presencia del transpondedor presente y el comando de ejecución.
■■■■■	Existe un error.

TABLA 2.8: Significado de estados del led SIMATIC RF310R

para finalmente enviarla al PLC SIMATIC S7300. Esta comunicación será mediante una red profinet.

### 2.2.3. PLC SIMATIC S7-300

Se encargará principalmente de recibir la información enviada por el autómata programable S7-1200 para así controlar la estación IPA 3 mediante comunicación PROFIBUS. Figura 2.19.



FIGURA 2.17: Transpondedor RF360T



FIGURA 2.18: PLC SIMATIC S7-1200

#### 2.2.4. Switch Ethernet Industrial Scalance XB005 No Gestionable

Este dispositivo, figura 2.20, permitirá realizar la configuración de la conexión de la red Profinet para la respectiva comunicación entre el autómata programable S7-1200 y el módulo de comunicación SIMATIC RF 180C.



FIGURA 2.19: PLC SIMATIC S7-300



FIGURA 2.20: Switch para Ethernet Industrial de la Serie Scalance XB005 No Administrado

### 2.3. Mediciones.

Se realizó las medidas del tanque principal de la estación de llenado IPA 3, figura 2.21, y las medidas de los rieles, figura 2.22, para la correcta instalación del módulo auxiliar de llenado que contendrá las dos botellas. Además, se tomó en consideración la investigación de la presión de trabajo de dicha estación para no tener problemas en el proceso de dosificación.

### 2.4. Arquitectura red de comunicación

Los dispositivos utilizados son de la marca SIEMENS, se configuraron y programaron en el software TIA PORTAL V14 SP1, la comunicación se la realizó a través de



FIGURA 2.21: Medición de los tanques

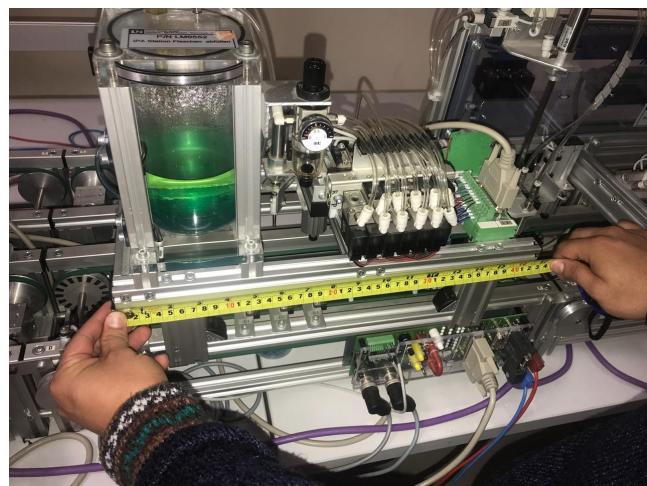


FIGURA 2.22: Medición de los rieles

una red PROFINET, red ethernet industrial que opera con el protocolo TCP/IP por lo que se precisa asignar una dirección IP a cada dispositivo para que pueda interactuar en esta red.

Las direcciones IP se asignan dentro de las propiedades de los dispositivos dentro del software, además de la máscara de la subred y la dirección IP del router (opcional). Todos los dispositivos de la red tendrán la misma dirección de máscara de subred que el controlador IO maestro.

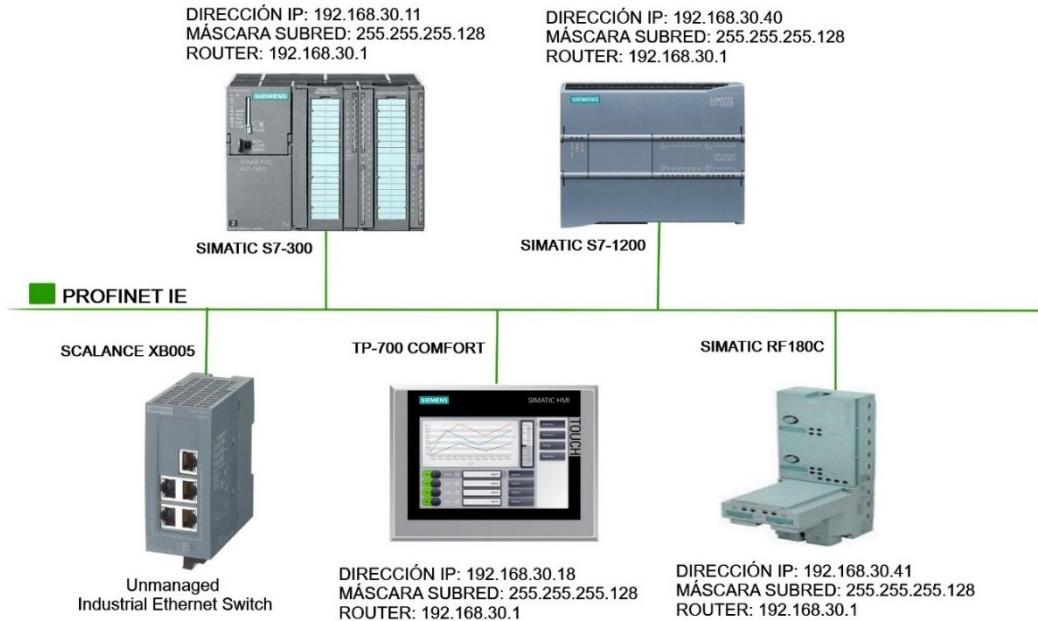


FIGURA 2.23: Red de dispositivos comunicados través de una PROFINET IE

La figura 2.23. muestra todos los dispositivos que se comunicarán a través de la red PROFINET IE (Industrial Ethernet) entre ellos dos controladores de la serie SIMATIC S7, una interfaz HMI de la serie TP-700 Comfort, un módulo de comunicación SIMATIC RFID 180C que permitirá interactuar con la información del lector RFID y un Switch de la serie SCALANCE XB005 para realizar la configuración de la conexión de la red PROFINET para la respectiva comunicación entre los equipos.

# Capítulo 3

## Resultados

### 3.1. Módulo de llenado auxiliar

Después de realizar las mediciones de longitud con el objetivo definir las dimensiones apropiadas para las botellas presurizadas y bases de soporte; y posterior al análisis técnico para la selección de sensores de proximidad capacitivos, y electroválvulas, se armó el módulo de llenado auxiliar el cual está conformado por una botella presurizada que contendrá el producto B, y otra botella presurizada que constará de agua para el prelavado de las tuberías del sistema IPA 3. Figura 3.1

#### 3.1.1. Datos técnicos y asignación de interfaces

A continuación, se adjunta los datos técnicos en las tablas 3.1 y 3.2; y además la asignación de interfaces de los sensores de proximidad capacitivos y electroválvulas del módulo en la tabla 3.3:

Largo	16.1 cm
Ancho	25.5 cm
Altura	21.4 cm

TABLA 3.1: Dimensiones del módulo auxiliar de llenado

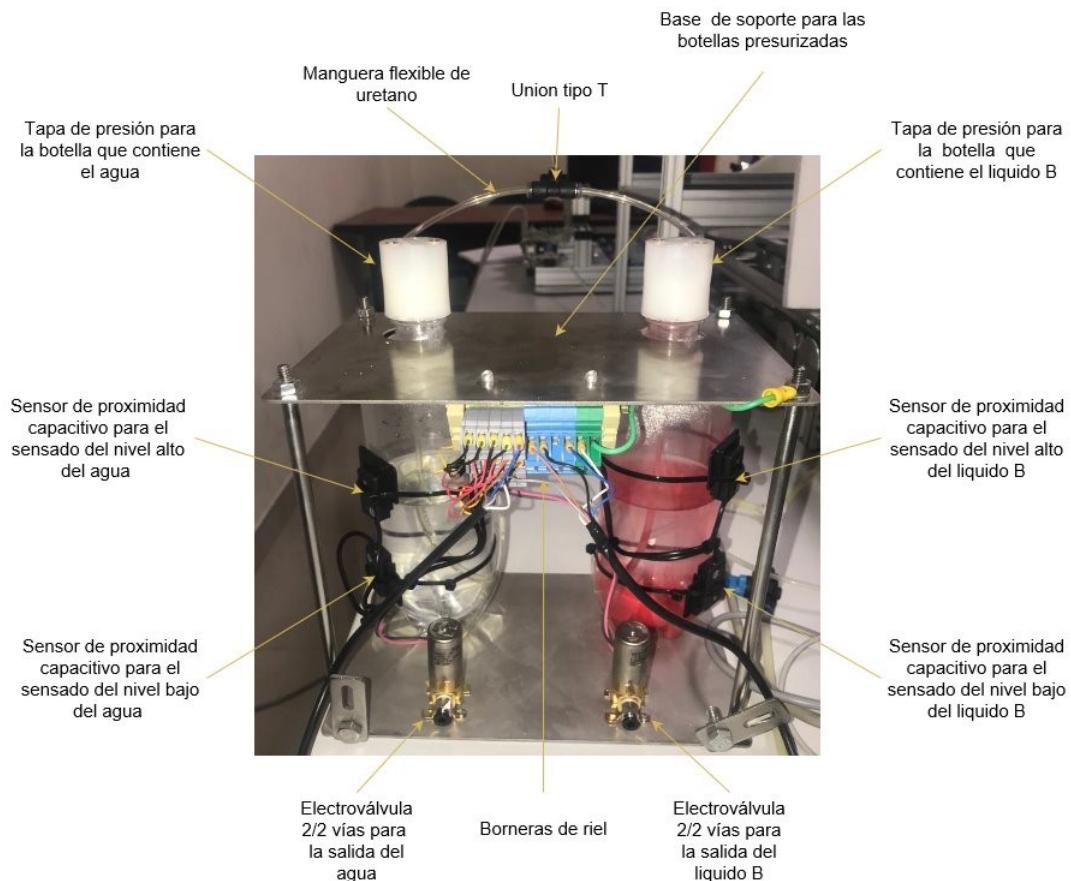


FIGURA 3.1: Módulo de llenado auxiliar

Elementos	Marca	Datos técnicos	No. Serie
4 sensores de proximidad capacitivos	CAEA	Entrada: 5 - 24Vdc. Salida: 300mA	WS - 03
2 electroválvulas 2/2 vías	SMC	0 - 0.2MPa 24 Vdc diámetro 3.2 mm	VDW21-5G-3-01N-F
Manguera flexible de uretano	Mindman	Diámetro 4mm	1-10-K008
2 tapas de presión	—	Orificio 4mm	—
2 "T"	—	—	—

TABLA 3.2: Elementos del módulo auxiliar de llenado

Nombre simbólico	Direcciones PLC	Denominación
Q_IPA3_VALVE_WATER	% M230.0	Electroválvula 2/2 vías para el agua
Q_IPA3_VALVE_B	%M230.1	Electroválvula 2/2 vías para el líquido B
level_high_Tank_Water	%M210.1	Sensor de proximidad capacitivo para el nivel alto del agua
level_low_Tank_Water	%M210.0	Sensor de proximidad capacitivo para el nivel bajo del agua
level_high_Tank_B	%M210.1	Sensor de proximidad capacitivo para el nivel alto del líquido B
level_low_Tank_B	%M210.2	Sensor de proximidad capacitivo para el nivel bajo del líquido B

TABLA 3.3: Asignación de interfaces de los sensores de proximidad capacitivos y electroválvulas del módulo auxiliar de llenado

### 3.1.2. Descripción de los elementos

#### 3.1.2.1. Conector tipo T

Permite conectar mangueras a fin de realizar las conexiones necesarias para una adecuada distribución de los líquidos según la necesidad del proceso. Estos conectores son del tipo de acople rápido. Figura 3.2.



FIGURA 3.2: Unión tipo T

### 3.1.2.2. Electroválvulas de 2/2 vías

Electroválvulas de 2/2 vías, permiten la salida del líquido de las botellas presurizadas Figura 3.3. Cada válvula de distribución está conectada en los puertos 1, 2 y 3 del conjunto de las 2 T unidas, figura 3.4. Todo esto para unificar las mangueras de salida de líquido provenientes de las botellas y el tanque principal a una sola manguera del puerto 4 conectada directamente al caudalímetro del tanque original de la estación de llenado IPA 3 y así trabajar con el dosificador principal.



FIGURA 3.3: Electroválvula 2/2 vías



FIGURA 3.4: Conjunto de 2 T unidas

### 3.1.2.3. Sensores de proximidad capacitivo

Son usados para detectar el nivel del líquido en las botellas presurizadas, el sensor capacitivo en presencia de líquido dentro de los depósitos detectará una variación de la capacitancia y enviará una señal de cambio de estado. No hay contacto físico entre el líquido y el sensor. Estos sensores están fijados externamente en las botellas. Figura 3.5.



FIGURA 3.5: Sensor de proximidad capacitivo

### 3.1.2.4. Tapas de presión

Tapas roscadas para botellas de presión con dos puertos de conexión interna para manguera flexible de 4mm de diámetro. Por un puerto presuriza la botella y por el otro puerto se conecta a las electroválvulas de dosificación 2/2 vías, permitiendo la salida del líquido cuando las electroválvulas se accionan. Figura 3.6.



FIGURA 3.6: Tapa de presión para las botellas

## 3.2. Tecnología RFID

### 3.2.1. Lectura RFID

Para la lectura RFID, es necesario cambiar el valor de “interface.executeRead” a “True”, de esa manera preparamos al lector para la lectura. Al realizar esto, se debe comprobar que el led del lector esté encendido de color verde, así comprobamos que nuestro sistema RFID esté listo para realizar la respectiva lectura. Después que el lector haya identificado el transpondedor, la opción “interface.doneRead” marcará “True” como resultado de que la lectura se realizó de manera exitosa. Es posible forzar el estado de “interface.executeRead” a “True” para habilitar el lector en modo de escritura como se observa en la figura 3.7. Luego de establecer el valor de “True” en la opción “interface.executeRead” el led del lector se iluminará con el color verde notificándonos de que está preparado para el proceso de lectura como se aprecia en la figura 3.8.

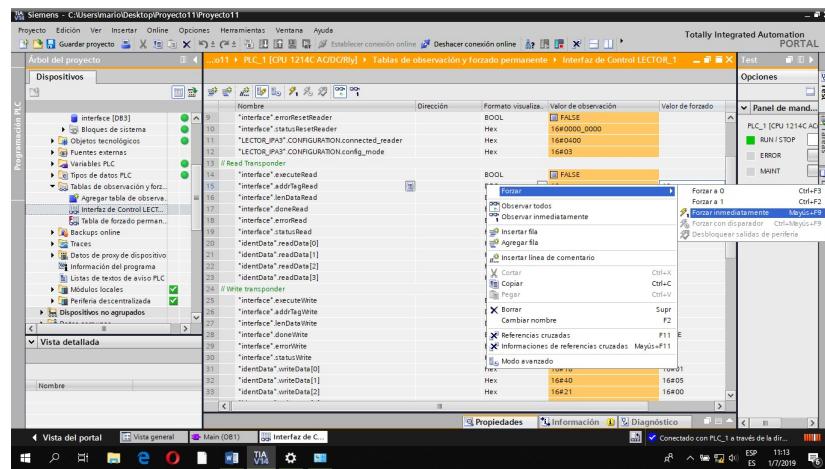


FIGURA 3.7: Forzado de valores booleanos a la opción “interface.executeRead”

Posteriormente se pasará el transpondedor dentro de la distancia de alcance del lector para así identificarlo como se observa en la figura 3.9. Nótese el color amarillo del led indicándonos que se está llevando a cabo el proceso de lectura. Finalmente se aprecia en la figura 3.10 que la opción “interface.doneRead” adquirió el valor de “True” notificandonos que se llevó a cabo la lectura de manera exitosa.



FIGURA 3.8: Lector preparado para el proceso de lectura



FIGURA 3.9: Identificación del transpondedor por medio del lector

En caso de algún error en el proceso de lectura se puede optar por la opción “`interface.executeResetReader`” para su reinicio. En la figura 3.11 se puede visualizar como las opciones “`interface.executeResetReader`” e “`interface.doneResetReader`” se encuentran en estado “`False`”.

En la figura 3.12 se observa que la opción “`interface.executeResetReader`” adquirió el valor de “`True`” produciendo la activación de “`Interface.doneResetReader`” indicándonos que se llevó a cabo el reinicio de manera correcta.

13	// Read Transponder					
14	"interface".executeRead	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	TRUE		
15	"interface".addrTagRead	DEC	10	10		
16	"interface".lenDataRead	DEC	100	100		
17	"interface".doneRead	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	TRUE		
18	"interface".errorRead	BOOL	<input type="checkbox"/> FALSE	FALSE		
19	"interface".statusRead	Hex	16#0000_0000	16#0000_0000		
20	"identData".readData[0]	Hex	16#01	16#01		
21	"identData".readData[1]	Hex	16#05	16#05		
22	"identData".readData[2]	Hex	16#00	16#00		
23	"identData".readData[3]	Hex	16#15	16#15		

FIGURA 3.10: Notificación de lectura exitosa

1	// Reset Reader					
2	"LECTOR_IPA3".CM_CHANNEL	DEC	1	1		
3	"LECTOR_IPA3".HW_ID	DEC	277	277	274	
4	"LECTOR_IPA3".DIAGNOSTIC.buf_offset	Bin	2#0000_0000_0000_0000	2#0000_0000_0000_0000		
5	"interface".executeResetReader	BOOL	<input type="checkbox"/> FALSE	FALSE		
6	"identData".readData[0]	Hex	16#00	16#00		
7	"identData".writeData[1]	Hex	16#40	16#40		
8	"interface".doneResetReader	BOOL	<input type="checkbox"/> FALSE	FALSE		
9	"interface".errorResetReader	BOOL	<input type="checkbox"/> FALSE	FALSE		
10	"interface".statusResetReader	Hex	16#0000_0000	16#0000_0000		
11	"LECTOR_IPA3".CONFIGURATION.connected_reader	Hex	16#0400	16#0400		
12	"LECTOR_IPA3".CONFIGURATION.config_mode	Hex	16#03	16#03		

FIGURA 3.11: Opciones “interface.executeResetReader” e “interface.doneResetReader” en estado False

1	// Reset Reader					
2	"LECTOR_IPA3".CM_CHANNEL	DEC	1	1		
3	"LECTOR_IPA3".HW_ID	DEC	277	277	274	
4	"LECTOR_IPA3".DIAGNOSTIC.buf_offset	Bin	2#0000_0000_0000_0000	2#0000_0000_0000_0000		
5	"interface".executeResetReader	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	TRUE	TRUE	
6	"identData".readData[0]	Hex	16#00	16#00		
7	"identData".writeData[1]	Hex	16#40	16#40		
8	"interface".doneResetReader	BOOL	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	TRUE		
9	"interface".errorResetReader	BOOL	<input type="checkbox"/> FALSE	FALSE		
10	"interface".statusResetReader	Hex	16#0000_0000	16#0000_0000		
11	"LECTOR_IPA3".CONFIGURATION.connected_reader	Hex	16#0400	16#0400		
12	"LECTOR_IPA3".CONFIGURATION.config_mode	Hex	16#03	16#03		

FIGURA 3.12: Notificación de reinicio del proceso de lectura de manera exitosa

### 3.2.2. Escritura RFID

Para el proceso de escritura se activa la opción ”interface.executeWrite” para habilitar la escritura en las diferentes variables de cada transpondedor como son el ”identData.writeData[0]”, ”identData.writeData[1]”. Finalmente escribimos el respectivo código de identificación sobre dichas variables como se observa en la figura 3.13.

24	// Write transponder		BOOL	▼	TRUE	TRUE
25	"interface".executeWrite		DEC	10	10	
26	"interface".addrTagWrite		DEC	100	100	
27	"interface".lenDataWrite		BOOL	TRUE	FALSE	
28	"interface".doneWrite		BOOL	▼ FALSE		
29	"interface".errorWrite		Hex	16#0000_0000		
30	"interface".statusWrite		Hex	16#01	16#01	
31	"identData".writeData[0]		Hex	16#05	16#05	
32	"identData".writeData[1]		Hex	16#00	16#00	
33	"identData".writeData[2]		Hex	16#15	16#15	
34	"identData".writeData[3]		Hex			

FIGURA 3.13: Escritura en las variables de los transpondedores

### 3.2.3. Modo ”Stand by” RFID

Para establecer la tecnologia RFID en modo ”Stand by” y desactivar el campo inductivo para ahorro de energia se forza a ”True” el valor de ”interface.executeAnt”, produciendo que se active ”interface.doneAnt”, dando la indicación que se lo hizo de manera correcta como se aprecia en la figura 3.14.

35	// Set Ant		BOOL	▼	TRUE	TRUE
36	"interface".executeAnt		BOOL	▼ FALSE	FALSE	
37	"interface".antennaAnt		BOOL	▼ TRUE		
38	"interface".doneAnt		BOOL	▼ FALSE		
39	"interface".errorAnt		BOOL			
40	"interface".statusAnt		Hex	16#0000_0000		

FIGURA 3.14: Desactivación del campo inductivo del lector por medio del valor True de la opcion ”interface.executeAnt”

## 3.3. Tablero de control para el modulo auxiliar de llenado y tecnología RFID

Con el uso del autómata programable S7-1200, el módulo de comunicación RF180C para adquirir la información del lector y llevarla al PLC comunicándose con el mismo, fuente de alimentación 24 V, borneras para las conexiones entre los dispositivos y Switch ethernet industrial SCALANCE XB005 para la configuracion de topologia de bus lineal, se armó un tablero de control del módulo auxiliar de llenado y tecnología RFID. En la figura 3.15 se especifican los elementos de dicho tablero, y en la figura 3.16 el diagrama de conexiones del mismo.

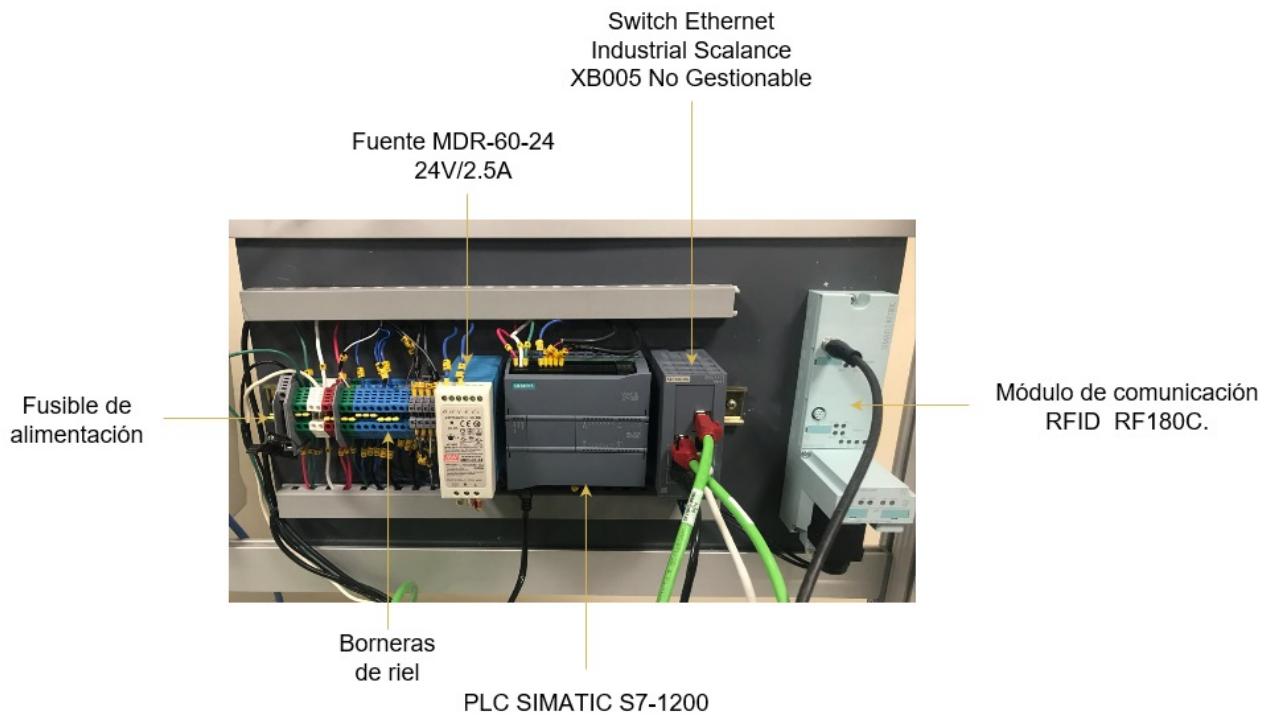


FIGURA 3.15: Tablero de control del módulo auxiliar de llenado y tecnología RFID

### 3.4. GRAFCET resultantes

El llenado del sixpack a través de la estación IPA3 se realiza mediante la ejecución secuencial de las subrutinas que se mencionan a continuación:

- **Primero:** Subrutina de prelavado del sistema de dosificación.
- **Segunda:** Subrutina de identificación con tecnología RFID.
- **Tercero:** Subrutina de transporte del portador de envases por la estación IPA3.
- **Cuarto:** Subrutina de dosificación con producto del tanque A o subrutina de dosificación con producto del tanque B.

Se debe elegir un Modo de los tres que se encuentran en la imagen “F—\_Modo—\_IPA3” del HMI.

El producto que se obtiene al cumplir toda la secuencia del proceso es un sixpack

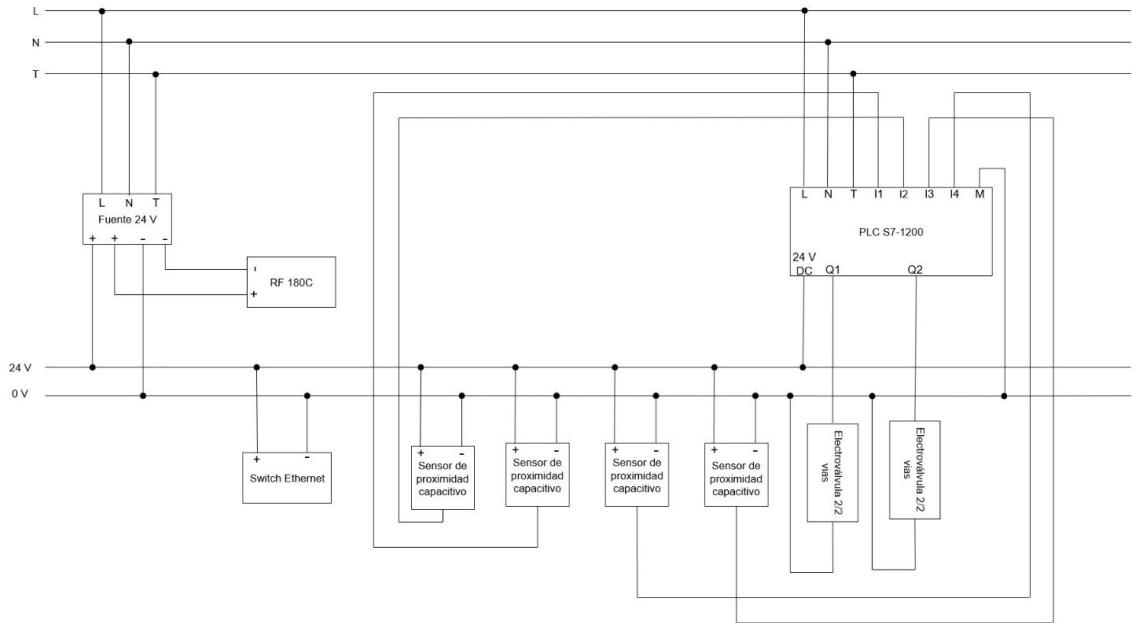


FIGURA 3.16: Diagrama de conexiones del tablero de control del modulo auxiliar de llenado y tecnología RFID

de envases, llenos con el producto A o B y con un determinado volumen.

El detalle del tipo de producto y el volumen con el que se llena los envases, se muestra a continuación:

Tipo de producto:

- **Modo A:** Llenado de los envases con producto del tanque A.
- **Modo B:** Llenado de los envases con producto del tanque B.
- **Modo C:** Interviene el sistema RFID; si el lector lee que ReadData[0]=100 llena los envases con producto del tanque A y si ReadData[0]=200 llena los envases con producto del tanque B.

Volumen:

- **Modo A:** se llena los envases del sixpack con el valor ingresado en el campo "MW\_IPA3\_Charge" de la imagen "F\_Modo\_IPA3" del HMI.

- **Modo B:** se llena los envases del sixpack con el valor ingresado en el campo “MW\_IPA3\_Charge” de la imagen “F\_Modo\_IPA3” del HMI.
- **Modo C:** Interviene el sistema RFID; se llena los envases con el valor leído en la variable ReadData[1]=XX

Nota: El nivel máximo con el que se llena los envases es de 18 ml, por tanto, no se podrá ingresar un valor superior al indicado tanto en el campo

### 3.4.1. Cadena de estados FB53 FB54: Sistema de identificación con tecnología RFID

Con el modo C, el sistema de control usa la tecnología RFID para realizar el llenado de los envases del sixpack. Mediante esta tecnología el sistema identificará con que producto debe llenar los envases del sixpack y el volumen a llenar.

Con los modos A y B el lector RFID apaga el campo RF del lector y así se evita el consumo innecesario de energía que se usa para generar el campo RF y también evita lecturas no deseadas.

La señal Conf\_Rfid detiene la ejecución automática de esta cadena de estados y sirve para la manipulación manual de las funciones del sistema RF300 en la pantalla “RFIG CONFIG” del HMI.

Existen las siguientes exigencias para el control de secuencia:

- **Condición de transición del estado 4 → 1:** Se pulsa el botón “Iniciar Llenado” de la pantalla “Modos IPA3” del HMI (M\_IPA23\_Start=1).
- **Condición de transición del estado 7 → 1:** Se pulsa el botón “Iniciar Llenado” de la pantalla “Modos IPA3” del HMI (M\_IPA23\_Start=1).
- **Instrucción del estado 1:** Ninguna.
- **Condición de transición del estado 1 → 2:** Se detecta presencia del portador de envases en el inicio de la planta (IIMS10=1).

- **Instrucción del estado 2:** Ninguna.
- **Condición de transición del estado 2→3:** Se ha elegido Modo A (MODE\_A\_FF\_IPA3=1) o el modo B (MODE\_B\_FF\_IPA3=1).
- **Instrucción del estado 3:** Ejecuta la función Reset\_Reader (Reset\_Aux\_3).
- **Condición de transición del estado 3→3.1:** Se activa el bit de confirmación de correcta ejecución de función Reset\_Reader (done\_Reset\_Reader\_Aux=1).
- **Instrucción del estado 3.1:** Ejecuta la función Set\_Ant, que apaga el campo RF del lector (Set\_Ant\_Aux\_3=1).
- **Condición de transición del estado 3.1 → 4:** Se activa el bit de confirmación de correcta ejecución de función set\_Ant (done\_Ant\_Aux=1).
- **Instrucción del estado 4:** Se activa la bandera M\_READ\_COMPLETE.
- **Condición de transición del estado 2 → 5:** Se ha elegido Modo C (MODE\_C\_FF\_IPA3=1).
- **Instrucción del estado 5:** Ejecuta la función Reset\_Reader (Reset\_Aux\_3).
- **Condición de transición del estado 5 → 6:** Se activa el bit de confirmación de correcta ejecución de función Reset\_Reader (done\_Reset\_Reader\_Aux=1).
- **Instrucción del estado 6:** Ejecuta la función Read, que habilita al lector para una acción de lectura ante la presencia de un transpondedor (Read\_Aux\_3=1).
- **Condición de transición del estado 6 → 7:** Se activa el bit de confirmación de que se ha realizado una lectura (done\_Read\_Aux=1).
- **Instrucción del estado 7:** Se activa la bandera M\_READ\_COMPLETE.

### 3.4.2. Cadena de estados FB51 FB52: Pre Lavado del sistema de dosificación

En el sistema de dosificación pueden circular dos líquidos diferentes (A o B) para que llenen los envases del sixpack. Es necesario que cuando se cambie el llenado de

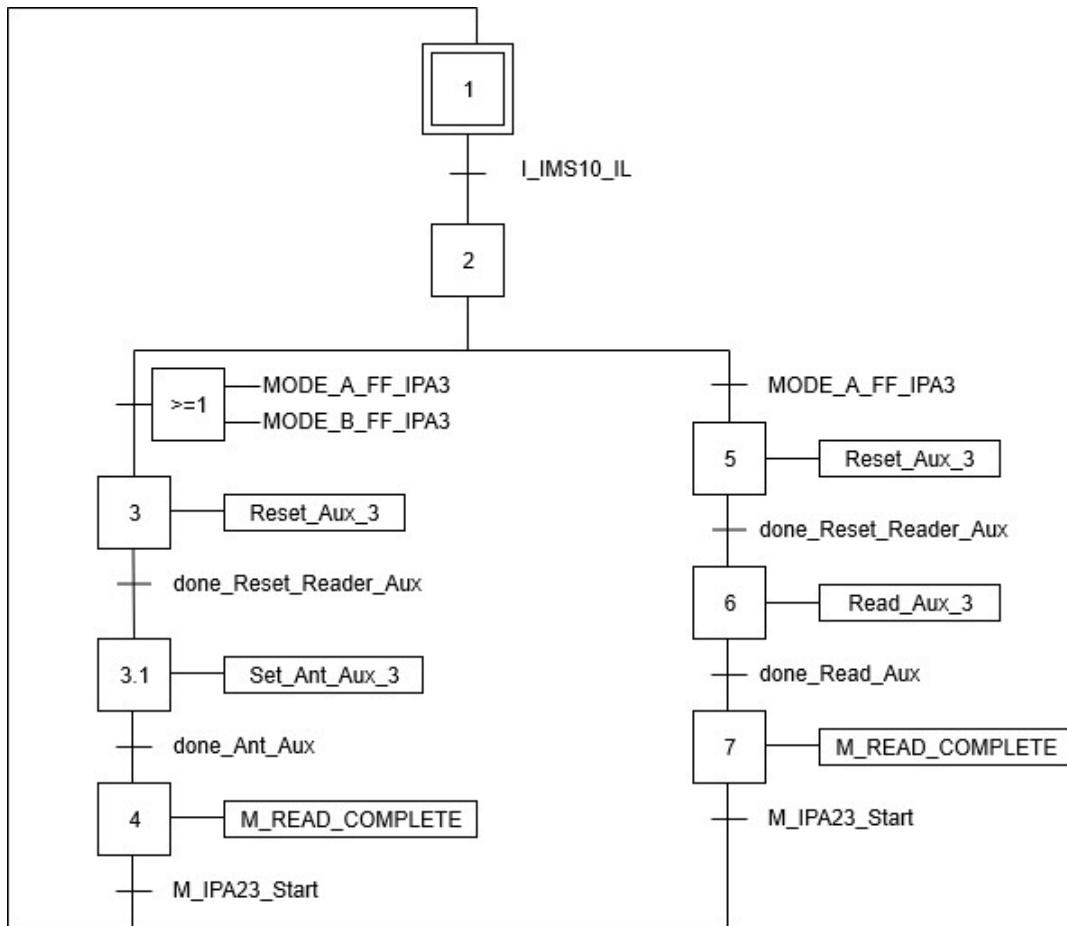


FIGURA 3.17: GRAFCET: Subrutina de ejecución automática de las funciones del lector RFID

los envases del sixpack por un líquido diferente con el que previamente se ha venido llenando se realice una limpieza, para evitar que algunos envases se contaminen con partículas del líquido anterior.

La siguiente subrutina tiene como objetivos:

- Una secuencia de prelavado automático, para que el sistema sepa cuando realizarlo y cuando no.
- Generar una bandera para dar inicio a la subrutina de transporte del portador de envases por la estación IPA3.

Existen las siguientes exigencias para el control de secuencia:

- **Condición de transición del estado 10 → 1:** Se pulsa el botón “Iniciar Llenado” de la pantalla “Modos IPA3” del HMI (M\_IPA23\_Start=1).

- **Condición de transición del estado 8 → 1:** Se pulsa el botón “Iniciar Llenado” de la pantalla “Modos IPA3” del HMI (M\_IPA23\_Start=1).
- **Condición de transición del estado 7 → 1:** Se pulsa el botón “Iniciar Llenado” de la pantalla “Modos IPA3” del HMI (M\_IPA23\_Start=1).
- **Condición de transición del estado 5 → 1:** Se pulsa el botón “Iniciar Llenado” de la pantalla “Modos IPA3” del HMI (M\_IPA23\_Start=1).
- **Instrucción del estado 1:** Ninguna.
- **Condición de transición del estado 1 → 2:** La bandera (M\_READ\_COMPLETE) se ha activado, se mantiene el alto las señales de nivel mínimo en el tanque A, tanque B y tanque de Agua (I\_IPA3\_B8=level\_low\_Tank\_B=level\_low\_Tank\_Water=1) respectivamente.
- **Instrucción del estado 2:** Ninguna.
- **Condición de transición del estado 2 → 3:** Se ha elegido Modo A (MODE\_A\_FF\_IPA3=1) o se ha elegido el modo C (MODE\_C\_FF\_IPA3=1) y la lectura de la variable ReadData[0]=100.
- **Condición de transición del estado 2 → 4:** Se ha elegido Modo A (MODE\_B\_FF\_IPA3=1) o se ha elegido el modo C (MODE\_C\_FF\_IPA3=1) y la lectura de la variable ReadData[0]=200.
- **Instrucción del estado 3:** Ninguna.
- **Condición de transición del estado 3 → 5:** Si la MW\_PS es igual a MW\_PA (PS\_EQUAL\_PA=1), lo que nos quiere decir que el último líquido que fue dosificado fue el producto del tanque A, por lo tanto, no es necesario lavar el sistema de dosificación con agua.
- **Instrucción del estado 5:** Se activa la bandera de que se ha realizado el proceso de prelavado (Pre\_Lav\_com=1) y se transfiere el valor que contiene MW\_PS en MW\_PA.

- **Condición de transición del estado 3 → 6:** Si la MW\_PS no es igual a MW\_PA (PS\_EQUAL\_PA=0), lo que nos quiere decir que el último líquido que fue dosificado fue el producto del tanque B y es necesario lavar el sistema de dosificación con agua.
- **Instrucción del estado 6:** Se abre la salida de agua (Q\_IPA3\_VALVE\_WATER=1).
- **Condición de transición del estado 6 → 6.1:** A transcurrido un tiempo de espera de 2 segundos.
- **Instrucción del estado 6.1:** Se abre la salida de producto del tanque A (Q\_IPA3\_Q8=1).
- **Condición de transición del estado 6.1 → 7:** A transcurrido un tiempo de espera de 2 segundos.
- **Instrucción del estado 7:** Se activa la bandera de que se ha realizado el proceso de prelavado (Pre\_Lav\_com=1) y se transfiere el valor que contiene MW\_PS en MW\_PA.
- **Instrucción del estado 4:** Ninguna
- **Condición de transición del estado 4 → 8:** Si la MW\_PS es igual a MW\_PA (PS\_EQUAL\_PA=1), lo que nos quiere decir que el último líquido que fue dosificado fue el producto del tanque B, por lo tanto, no es necesario lavar el sistema de dosificación con agua.
- **Instrucción del estado 8:** Se activa la bandera de que se ha realizado el proceso de prelavado (Pre\_Lav\_com=1) y se transfiere el valor que contiene MW\_PS en MW\_PA.
- **Condición de transición del estado 4 → 9:** Si la MW\_PS no es igual a MW\_PA (PS\_EQUAL\_PA=0), lo que nos quiere decir que el último líquido que fue dosificado fue el producto del tanque A y es necesario lavar el sistema de dosificación con agua.
- **Instrucción del estado 9:** Se abre la salida de agua (Q\_IPA3\_VALVE\_WATER=1).

- **Condición de transición del estado 9 → 9.1:** A transcurrido un tiempo de espera de 2 segundos.
- **Instrucción del estado 9.1:** Se abre la salida de producto del tanque B ( $Q\_IPA3\_VALVE\_B=1$ ).
- **Condición de transición del estado 9 → 10:** A transcurrido un tiempo de espera de 2 segundos.
- **Instrucción del estado 10:** Se activa la bandera de que se ha realizado el proceso de prelavado ( $Pre\_Lav\_com=1$ ) y se transfiere el valor que contiene MW\_PS en MW\_PA.

En la figura 3.18 se muestra el grafcet de la subrutina de pre-lavado.

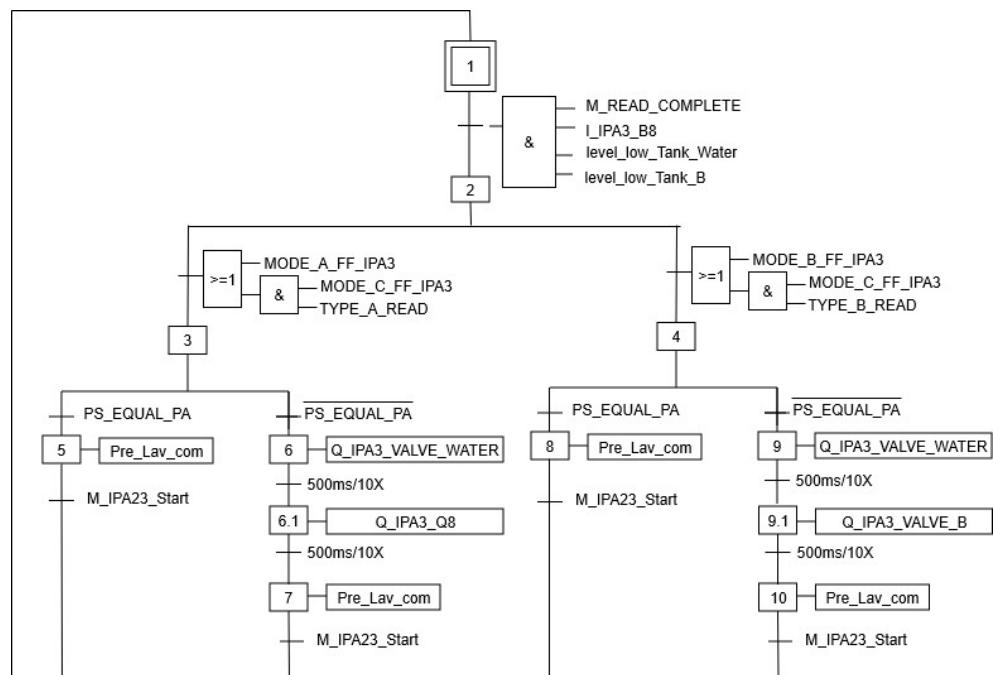


FIGURA 3.18: GRAFCET: Subrutina de prelavado del sistema de dosificación de la estación IPA3

### 3.4.3. Cadena de estados FB40 FB41: Transporte del portador de envases por la estación IPA3

La siguiente cadena de 10 estados, tiene como función:

- Control de movimiento de la banda transportadora, que traslada al portador de envases por diferentes puntos de la estación IPA3.
- Llamado mediante una bandera a la subrutina de dosificación ya sea con el tanque A o el tanque B, dependiendo el modo elegido previamente.
- Activación de los cilindros de parada en las tres posiciones de envasado debido a que el portador cuenta con seis envases distribuidos en un arreglo de dos columnas y tres filas, y la dosificación se realiza por filas.

En primera instancia se ingresa al estado 1 al pulsar el botón “Inicio” que se encuentra en la imagen “Home” del HMI. Tras el estado 2, hay una bifurcación donde la condición por un lado es que haya presencia de los seis envases en el portador y por el otro lado cuando faltase al menos un envase, situación que nos regresara al estado 1. En los estados 4, 6 y 8 se activará el bit de una variable booleana, que tiene como objetivo llamar a la secuencia de pasos a una de las subrutinas de dosificación ya sea para con el tanque A o el tanque B. En el estado 8 se activará una bandera para decir que se ha cumplido con el llenado de los seis envases y finalmente en el estado 9 se espera a que el portador de envases llegue a la posición final de la estación IPA3.

Existen las siguientes exigencias para el control de secuencia:

- **Condición de transición del estado 9.1 → 1:** Se pulsa el botón “Iniciar Llenado” de la pantalla “Modos IPA3” del HMI (M\_IPA23\_Start=1).
- **Condición de transición del estado 3.1 → 1:** El portador de envases llega a la posición inicial de la estación IPA3 (L\_IPA\_IL).

- **Instrucción del estado 1:** Nada.
- **Condición de transición del estado 1 → 2:** La bandera de llamado (Pre\_Lav\_com=1), el portador de envases se encuentra en la posición inicial (I\_IPA3\_IL). El eje Z se encuentra en la posición superior (I\_IPA3\_B6) y el eje X se encuentra en el lado izquierdo (I\_IPA3\_B4). El tanque A y el tanque B se encuentran al menos con el nivel mínimo de agua (I\_IPA3\_B8 y level\_low\_Tank\_B respectivamente) y no se ha presentado ningún fallo (M\_IPA3\_Start\_Filling=0).
- **Instrucción del estado 2:** La banda transportadora de la estación IPA3 se desplaza en marcha lenta hacia la derecha (Q\_IPA3\_QR=Q\_IPA3\_QS=1).
- **Condición de transición del estado 2 → 3:** Después de una espera de dos segundos y si los contadores de los envases han detectado tres envases por cada lado se desactivan las variables (Q\_IPA3\_WPC\_r= Q\_IPA3\_WPC\_l=0).
- **Condición de transición del estado 2 → 3.1:** Después de una espera de dos segundos y si los contadores de los envases no han detectado tres envases por cada lado se mantienen activas las variables (Q\_IPA3\_WPC\_r= Q\_IPA3\_WPC\_l=1).
- **Instrucción del estado 3:** La banda transportadora de la estación IPA3 se mantiene desplazándose en marcha lenta hacia la derecha (Q\_IPA3\_QR=Q\_IPA3\_QS=1) y el cilindro de parada de la posición no.1 de envasado, se activa (Q\_IPA3\_Q1).
- **Instrucción del estado 3.1:** La banda transportadora de la estación IPA3 se mantiene desplazándose en marcha lenta hacia la derecha (Q\_IPA3\_QR=Q\_IPA3\_QS=1) y se activa un fallo debido a la falta de al menos uno de los envases en el portador (M\_IPA3\_Err\_WPC=1).
- **Condición de transición del estado 3 → 4:** El portador llega a la posición de envasado no.1 (I\_IPA3\_B1=1).

- **Instrucción del estado 4:** Se activa la bandera (M\_IPA3\_Start\_Charging=1) que inicia la secuencia de programación para la dosificación ya sea con el líquido contenido en el tanque A o el tanque B.
- **Condición de transición del estado 4 → 5:** La cadena de pasos del proceso de dosificación, activa la bandera (M\_IPA3\_Charging\_com=1), indicando que la dosificación se ha completado.
- **Instrucción del estado 5:** La banda transportadora de la estación IPA3 se desplaza en marcha lenta hacia la derecha (Q\_IPA3\_QR=Q\_IPA3\_QS=1) y el cilindro de parada de la posición no.2 de envasado, se activa (Q\_IPA3\_Q2).
- **Condición de transición del estado 5 → 6:** El portador llega a la posición de envasado no.2 (I\_IPA3\_B2=1).
- **Instrucción del estado 6:** Se activa la bandera (M\_IPA3\_Start\_Charging=1) que inicia la secuencia de programación para la dosificación ya sea con el líquido contenido en el tanque A o el tanque B.
- **Condición de transición del estado 6 → 7:** La cadena de pasos del proceso de dosificación, activa la bandera (M\_IPA3\_Charging\_com=1), indicando que la dosificación se ha completado.
- **Instrucción del estado 7:** La banda transportadora de la estación IPA3 se desplaza en marcha lenta hacia la derecha (Q\_IPA3\_QR=Q\_IPA3\_QS=1) y el cilindro de parada de la posición no.3 de envasado, se activa (Q\_IPA3\_Q3).
- **Condición de transición del estado 7 → 8:** El portador llega a la posición de envasado no.3 (I\_IPA3\_B3=1).
- **Instrucción del estado 8:** Se activa la bandera (M\_IPA3\_Start\_Charging=1) que inicia la secuencia de programación para la dosificación ya sea con el líquido contenido en el tanque A o el tanque B.
- **Condición de transición del estado 8 → 9:** La cadena de pasos del proceso de dosificación, activa la bandera (M\_IPA3\_Charging\_com=1), indicando que la dosificación se ha completado.

- **Instrucción del estado 9:** La banda transportadora da marcha hacia la derecha (Q\_IPA3\_QR).
- **Condición de transición del estado 9 → 9.1:** El portador de envases llega a la posición final de la estación IPA3 (I\_IPA3\_IR).
- **Instrucción del estado 9.1:** Ninguna.

El diagrama grafset se encuentra en la figura 3.19

### 3.4.4. Cadena de estados FB43 FB44: Subrutina para la dosificación

La subrutina de dosificación con producto se ejecuta al activarse una bandera de llamado “M\_IPA3\_Start\_Charging” y la condición de que el usuario elija el modo A o a su vez que el elija el modo C y el transpondedor tenga escrito en su variable de identificación del tipo de líquido con el que desee llenar, el valor de 100 que es el que se identifica al líquido A para nuestro caso.

Esta cadena de estados tiene dos funciones principales:

La primera es el llamado a la apertura de una de las dos válvulas de producto, mediante la bandera “Q\_OUT\_A\_OR\_B”.

La segunda función es el movimiento del dosificar en el eje Z y en el eje X.

- **Condición de transición del estado 10 → 1:** Se espera un tiempo de 500 ms.
- **Instrucción del estado 1:** Ninguna.
- **Condición de transición del estado 1 → 2:** La bandera de llamado “M\_IPA3\_Start\_Charging=1”, el dosificador se encuentre en la posición superior-izquierda (I\_IPA3\_B6=I\_IPA3\_B4=1) y se ha elegido Modo A (MODE\_A\_FF\_IPA3=1) o se ha elegido el modo C (MODE\_C\_FF\_IPA3=1) y la lectura de la variable ReadData[0]=100.

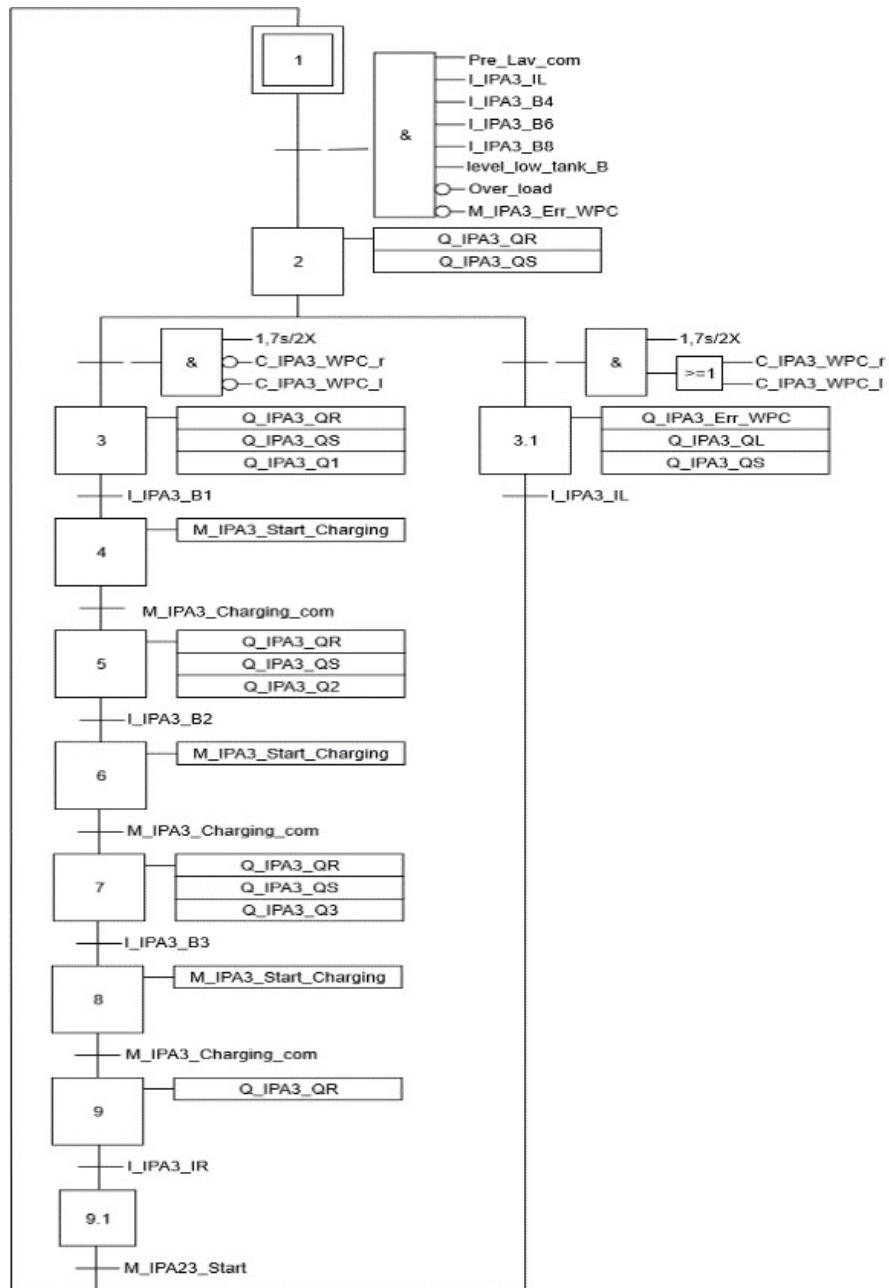


FIGURA 3.19: GRAFCET: Subrutina de transporte del portador de envases por la estación IPA3

- **Instrucción del estado 2:** Activa la válvula ( $Q_{IPA3\_Q5}=1$ ) que lleva al dosificador hacia la posición inferior-izquierda.
- **Condición de transición del estado 2 → 3:** El dosificador alcanza la posición inferior-izquierda ( $I_{IPA3\_B7}=I_{IPA3\_B4}=1$ ).

- **Instrucción del estado 3:** Activa la válvula de salida del producto A ( $Q\_IPA3\_Q8=1$ ).
- **Condición de transición del estado 3 → 4:** Se desactiva la bandera ( $C\_IPA3\_Charging=0$ ) indicando que el volumen se ha alcanzado.
- **Instrucción del estado 4:** Desactiva la válvula ( $Q\_IPA3\_Q5=0$ ) y el dosificador regresa hacia la posición superior-izquierda.
- **Condición de transición del estado 4 → 5:** El dosificador alcanza la posición superior-izquierda ( $I\_IPA3\_B6=I\_IPA3\_B4=1$ ).
- **Instrucción del estado 5:** Activa la válvula ( $Q\_IPA3\_Q4=1$ ) que lleva al dosificador hacia posición superior-derecha.
- **Condición de transición del estado 5 → 6:** El dosificador alcanza la posición superior-derecha ( $I\_IPA3\_B6=I\_IPA3\_B5=1$ ).
- **Instrucción del estado 6:** Activa la válvula ( $Q\_IPA3\_Q5=1$ ) y se mantiene activa la válvula ( $Q\_IPA3\_Q4=1$ ) que lleva al dosificador hacia la posición inferior-derecha.
- **Condición de transición del estado 6 → 7:** El dosificador alcanza la posición inferior-derecha ( $I\_IPA3\_B7=I\_IPA3\_B5=1$ ).
- **Instrucción del estado 7:** Activa la válvula de salida del producto ( $Q\_OUT\_A\_OR\_B=1$ ).
- **Condición de transición del estado 7 → 8:** se desactiva a bandera ( $C\_IPA3\_Charging=0$ ) indicando que el volumen se ha alcanzado.
- **Instrucción del estado 8:** Desactiva la válvula ( $Q\_IPA3\_Q5=0$ ) que lleva al dosificador hacia posición superior-derecha.
- **Condición de transición del estado 8 → 9:** El dosificador alcanza la posición superior-derecha ( $I\_IPA3\_B6=I\_IPA3\_B5=1$ ).
- **Instrucción del estado 9:** Desactiva la válvula ( $Q\_IPA3\_Q4=0$ ) que lleva al dosificador hacia posición superior-izquierda.

- **Condición de transición del estado 9 → 10:** El dosificador alcanza la posición superior-izquierda ( $I\_IPA3\_B6=I\_IPA3\_B4=1$ ).
- **Instrucción del estado 10:** Activa la bandera que indica el fin de la dosificación ( $M\_IPA3\_Charging\_com=1$ ).

En la figura 3.20 se muestra el grafcet de la Subrutina de dosificación.

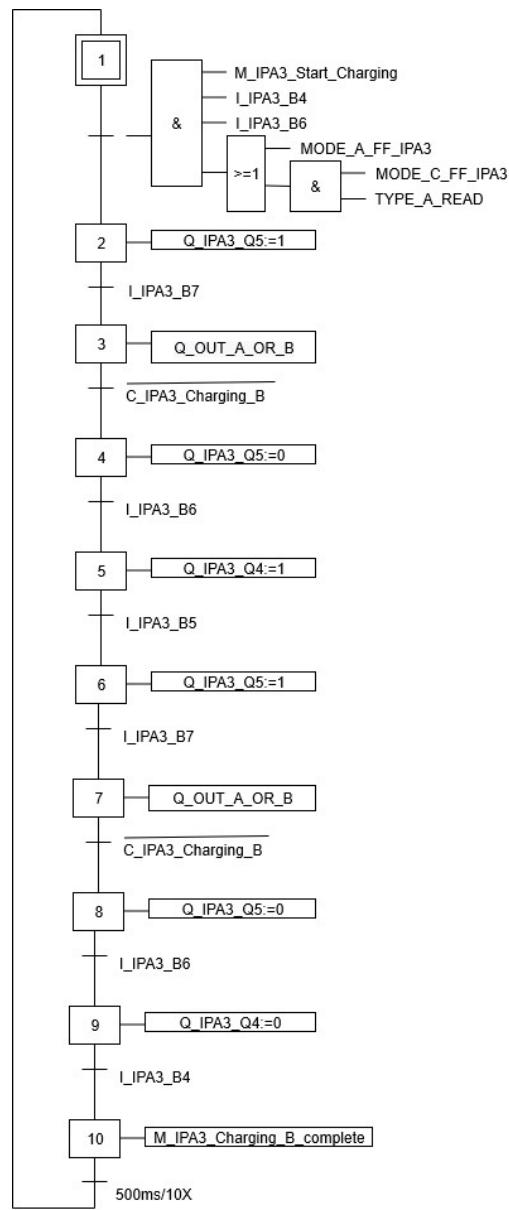


FIGURA 3.20: GRAFCET: Subrutina de dosificación

## 3.5. HMI

Para la interfaz hombre-máquina (HMI), se diseñaron interfaces con el objetivo de proporcionar al usuario facilidades de control en los modos de operación de la estación de llenado IPA3 y configuración de la tecnología RFID. A continuación, se describen las pantallas creadas.

### 3.5.1. Pantalla de Modos del subsistema IPA 3

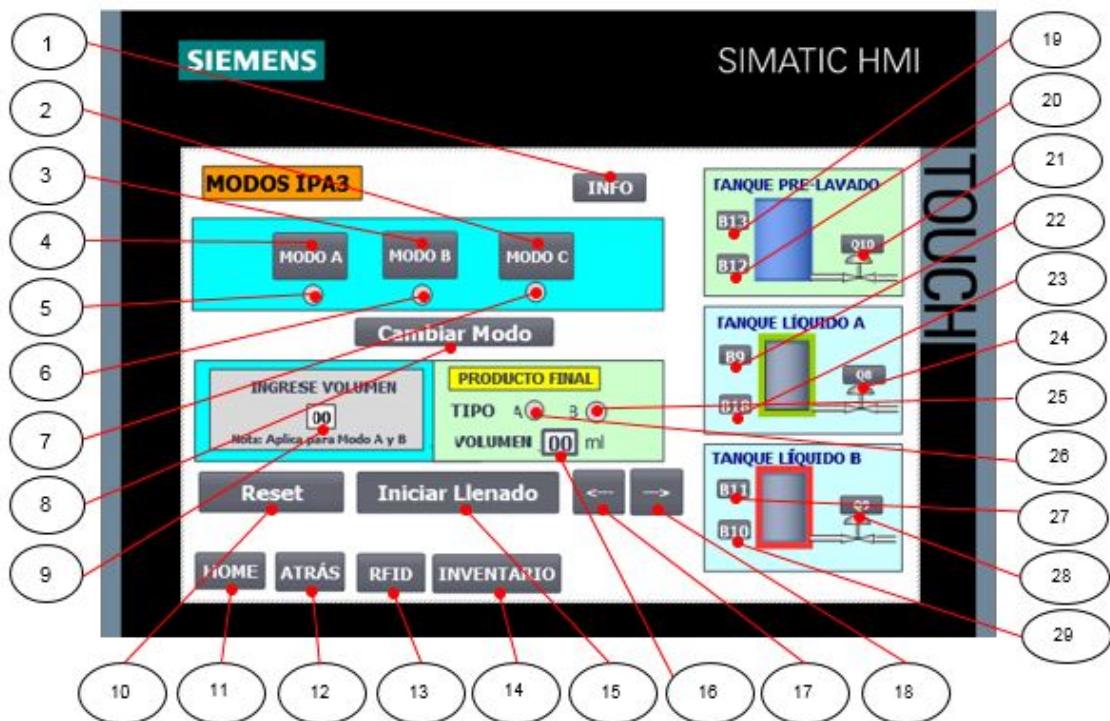


FIGURA 3.21: Pantalla “F\_Modos\_IPA3”

Los elementos enumerados en la figura 3.21. Se describen a continuación:

1. Pulsador para ir a la pantalla de información de los modos de la estación IPA3.
2. Pulsador para activar el modo C, con la restricción de que previamente se deben desactivar los modos con el pulsado “Cambiar Modo”.

3. Pulsador para activar el modo B, con la restricción de que previamente se deben desactivar los modos con el pulsado “Cambiar Modo”.
4. Pulsador para activar el modo A, con la restricción de que previamente se deben desactivar los modos con el pulsado “Cambiar Modo”.
5. Indicador que se encuentra activado el modo A.
6. Indicador que se encuentra activado el modo B.
7. Indicador que se encuentra activado el modo C.
8. Pulsador para desactivar todos los modos, sirve cuando se necesita cambiar de modo.
9. Campo de E/S, sirve para ingresar el volumen deseado en los envases del sixpack cuando se ha seleccionado el modo A o B.
10. Pulsador para detener cualquier proceso que se encuentre ejecutándose en la estación IPA3.
11. Pulsador para ir a la pantalla “Home”.
12. Pulsador para regresar a la pantalla “IPA 3”.
13. Pulsador para ir a la pantalla de manipulación manual de las funciones del lector “RF310R”.
14. Pulsador para ir a la pantalla “INVENTARIO” de la producción de la estación IPA3.
15. Pulsador que da inicio al proceso de llenado de los envases del sixpack.
16. Display del volumen de líquido con el que se van a llenar los envases.
17. Pulsador para la manipulación manual de la banda transportadora de la estación IMS10 e IPA3 en dirección izquierda.
18. Pulsador para la manipulación manual de la banda transportadora de la estación IMS10 en dirección derecha.

19. Indicador de nivel máximo en el tanque de agua.
20. Indicador de nivel mínimo en el tanque de agua.
21. Indicador de apertura de la válvula de salida del tanque de agua.
22. Indicador de nivel máximo en el tanque de producto A.
23. Indicador de nivel mínimo en el tanque de producto A.
24. Indicador de apertura de válvula de salida de producto del tanque A.
25. Indicador de que el producto final, será producto del tanque B.
26. Indicador de que el producto final, será producto del tanque A.
27. Indicador de nivel máximo en el tanque de producto B.
28. Indicador de apertura de válvula de salida de producto del tanque B
29. Indicador de nivel mínimo en el tanque de producto B.

En la siguiente tabla 3.4 se detallan los elementos vinculados a cada uno de los objetos antes mencionados:

### **3.5.2. Pantalla de Configuración del lector RF310R**

En esta pantalla el usuario podrá manipular las funciones Reset\_Reader, Write, Set\_Ant y Read del lector RF310R. En esta interfaz tiene como objetivos:

- Hacer un reset del lector en caso de que se haya producido algún error.
- Leer la información escrita en un transpondedor.
- Escribir en un nuevo transpondedor para poder ser usado en el sistema de llenado.
- Apagar el campo RF del lector.

Los elementos enumerados en la figura 3.22. Se describen a continuación:

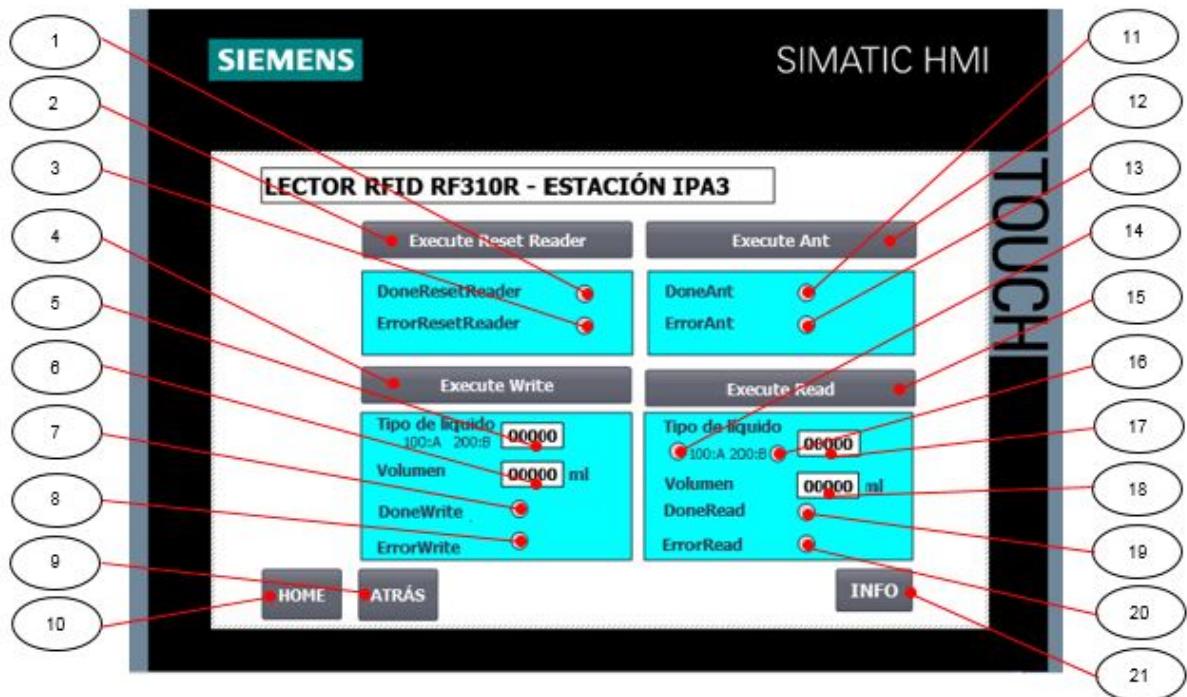


FIGURA 3.22: Pantalla “RFID\_Configuración”

1. Indicador que la función Reset\_Reader se ha ejecutado correctamente.
2. Switch para activar/desactivar la función del lector Reset\_Reader.
3. Indicador que la función Reset\_Reader no se ha podido ejecutar correctamente.
4. Switch para activar/desactivar la función “Write”, que permite escribir en un transpondedor.
5. Campo E/S para ingresar los valores 100 o 200 que identifican a los productos A o B respectivamente, en caso de que se desee escribir en un transpondedor.
6. Campo E/S para ingresar el volumen deseado, en caso de que se desee escribir en un transpondedor.
7. Indicador que la función “Write” se ha ejecutado correctamente.
8. Indicador que la función “Write” no se ha podido ejecutar correctamente.
9. Pulsador para ir a la pantalla “HOME”.

10. Pulsador para ir a la pantalla “MODOS\_IPA3”.
11. Indicador que la función “Set\_Ant” se ha ejecutado correctamente.
12. Switch para activar/desactivar la función “Set\_Ant” del lector.
13. Indicador que la función “Set\_Ant” no se ha podido ejecutar correctamente.
14. Si el bit de lectura del tipo de producto tiene la identificación del producto A, se activa este indicador.
15. Switch para activar/desactivar la función “Read” del lector.
16. Si el bit de lectura del tipo de producto tiene la identificación del producto B, se activa este indicador.
17. Display del valor leído en el tag del tipo de producto.
18. Display del valor leído en el tag de volumen.
19. Indicador que la función “Read” se ha ejecutado correctamente.
20. Indicador que la función “Read” no se ha podido ejecutar correctamente.
21. Pulsador para ir a la pantalla “INFO RFID”, que contiene información acerca de las funciones del lector RF310R.

### **3.5.3. Pantalla de Inventario.**

La pantalla inventario muestra cómo se va desarrollando la producción del llenado de envases en la estación IPA3. Se muestra la producción individual por tanques tanto del número de botellas, número de sixpack y el volumen real que se va envasando. Finalmente, se muestra también el total de producción de la planta IPA3.

Los elementos enumerados en la figura 3.23. Se describen a continuación:

1. Display del número de envases llenados con producto del tanque A

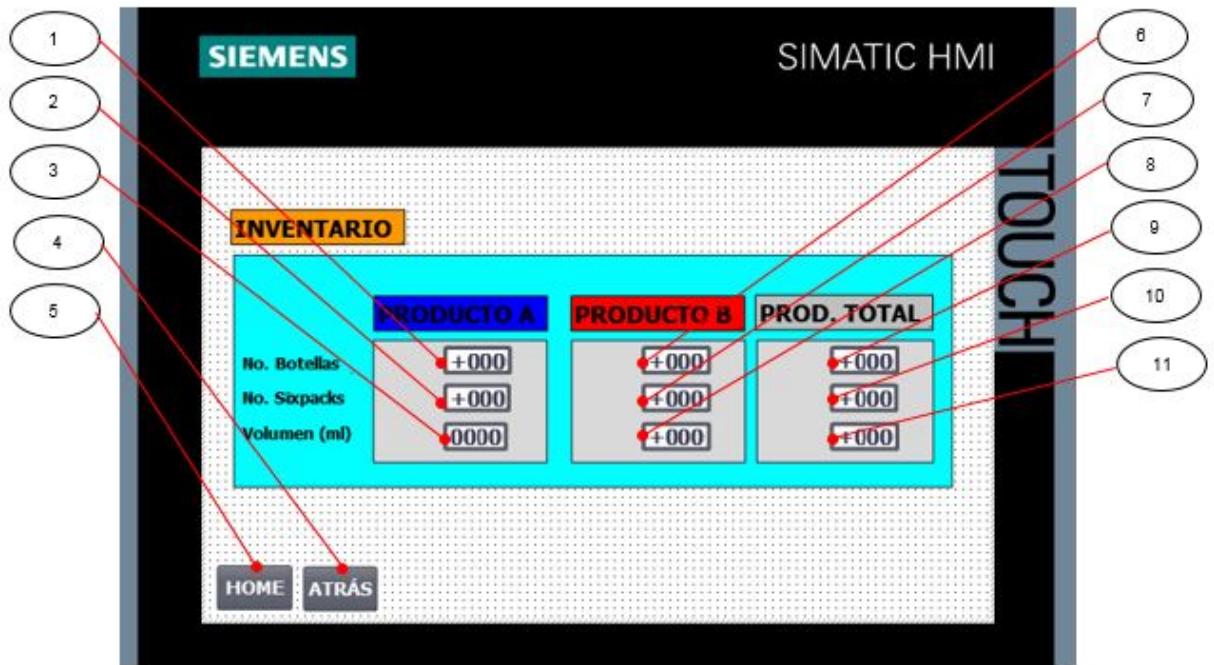


FIGURA 3.23: Pantalla “INVENTARIO”

2. Display del número de sixpack llenados con producto del tanque A.
3. Display del volumen utilizado del tanque del producto A.
4. Pulsador para ir a la pantalla “F\_modos\_IPA3”.
5. Pulsador para ir a la pantalla “Home”.
6. Display del número de envases llenados con producto del tanque B.
7. Display del número de sixpack llenados con producto del tanque B.
8. Display del volumen utilizado del tanque del producto B.
9. Display del número total de envases llenados en la estación IPA3.1.
10. Display del número total de sixpack llenados en la estación IPA3.1.
11. Display del volumen total utilizado de los tanques de la estación IPA3.1.

### 3.5.4. Pantallas de Información de Modos.

En esta pantalla el usuario puede leer el funcionamiento de cada uno de los modos de la estación de llenado IPA3.1.



FIGURA 3.24: Pantalla “INFO MODOS”

### 3.5.5. Pantallas de Información de las funciones del lector RF310R.

En esta pantalla el usuario puede leer información relacionada con las cuatro funciones del lector RFID RF310R, que se tratan en el proyecto y que el usuario puede manipular manualmente a través de la pantalla “RFID\_Configuración”.

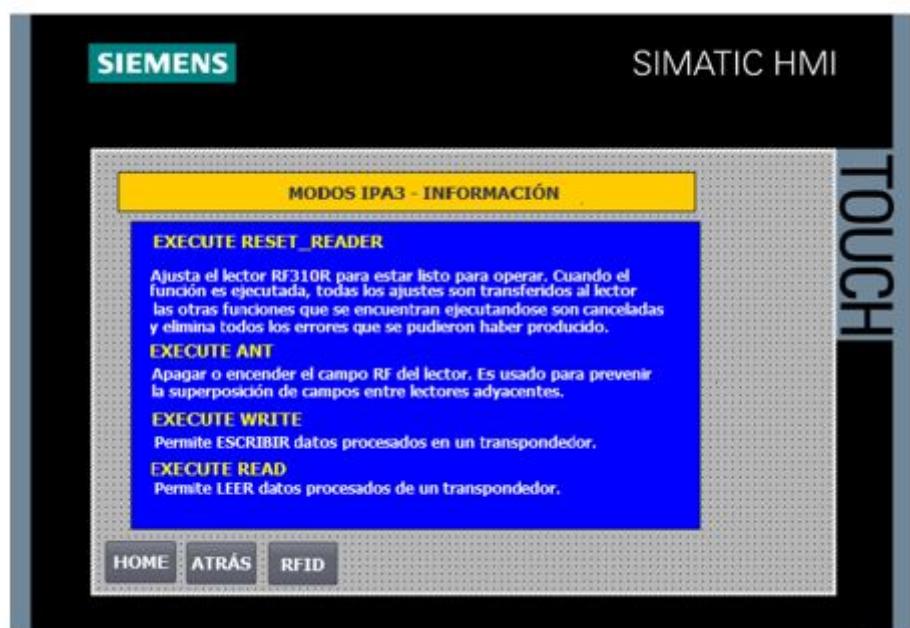


FIGURA 3.25: Pantalla “INFO RFID”

No.	Elemento	Dirección	Proyecto
1.	INFO	INFO MODOS	HMI_3 [TP700 Comfort]
2.	MODE_C_BUTTON_IPA3	%M160.2	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
3.	MODE_B_BUTTON_IPA3	%M160.1	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
4.	MODE_A_BUTTON_IPA3	%M160.0	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
5.	MODE_A_FF_IPA3	%M160.3	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
6.	MODE_B_FF_IPA3	%M160.4	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
7.	MODE_C_FF_IPA3	%M160.5	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
8.	CHANGE_MODE	%M231.0	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
9.	MW_IPA3_Charge	%MW42	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
10.	M_IPA23_INIT	%M120.0	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
11.	HOME	Home	HMI_3 [TP700 Comfort]
12.	ATRÁS	Filling_Bottles_IPA3	HMI_3 [TP700 Comfort]
13.	RFID	RFID_Configuración	HMI_3 [TP700 Comfort]
14.	INVENTARIO	INVENTARIO	HMI_3 [TP700 Comfort]
15.	M_IPA23_Start	%M120.1	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
16.	LEVEL_SELECT_HMI	%MW174	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
17.	RETURN_SIXPACK	%M178.3	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
18.	MARCHA_DERECHA_IMS10	%M178.6	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
19.	Level_high_Tank_Water	%M210.1	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
20.	Level_low_Tank_Water	%M210.0	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
21.	Q_IPA3_VALVE_WATER	%M230.0	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
22.	I_IPA3_B9	%I4.0	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
23.	I_IPA3_B8	%I3.7	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
24.	I_IPA3_Q8	%Q3.7	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
25.	TYPE_A_HMI	%M178.0	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
26.	TYPE_B_HMI	%M178.1	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
27.	Level_high_Tank_B	%M210.3	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
28.	Q_IPA3_VALVE_B	%M230.1	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
29.	Level_low_Tank_B	%M210.2	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]

TABLA 3.4: Elementos de la pantalla “F\_Modos\_IPA3”

No.	Elemento	Dirección	Dispositivo
1.	done_Reset_Reader_GET	%M25.0	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
2.	execute_Reset_Reader_Aux	%M251.0	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
3.	error_Reset_Reader_GET	%M25.4	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
4.	execute_Write	%M251.2	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
5.	TAG_WRITE_0	%MW10	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
6.	TAG_WRITE_1	%MW20	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
7.	done_Write_GET	%M25.2	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
8.	error_Write_GET	%M25.6	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
9.	HOME	Home	HMI_3 [TP700 Comfort]
10.	ATRÁS	F_Modos_IPA3	HMI_3 [TP700 Comfort]
11.	done_Ant_GET	%M25.1	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
12.	execute_Ant_Aux_2	%M252.0	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
13.	error_Ant_GET	%M25.5	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
14.	PRODUCT_A	%M8.0	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
15.	execute_Read_Aux_2	%M252.1	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
16.	PRODUCT_B	%M8.1	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
17.	TAG_READ_0	%MW30	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
18.	TAG_READ_1	%MWW32	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
19.	done_Read_GET	%M25.3	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
20.	error_Read_GET	%M25.7	PLC_RFID [CPU 1214 AC/DC/Rly]
21.	INFO	INFO RFID	HMI_3 [TP700 Comfort]

TABLA 3.5: Elementos de la pantalla “RFID\_Configuración”

No.	Elemento	Dirección	Dispositivo
1.	contador_botellas_A	%MW190	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
2.	No_sixpack_A	%MW202	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
3.	VOLUMEN_A	%MW206	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
4.	ATRÁS	F_Modos_IPA3	HMI_3 [TP700 Comfort]
5.	HOME	Home	HMI_3 [TP700 Comfort]
6.	contador_botellas_B	%MW196	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
7.	No_sixpack_B	%MW204	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
8.	VOLUMEN_B	%MW208	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
9.	TOTAL_BOTELLAS	%MW218	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
11.	TOTAL_SIXPACK	%MW220	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]
11.	TOTAL_VOLUMEN	%MW222	PROYECTO_IPA_26 [CPU 314C-2 PN/DP]

TABLA 3.6: Elementos de la pantalla “INVENTARIO”

# Capítulo 4

## Conclusiones y Recomendaciones

Se pudo implementar de manera exitosa un sistema de producción flexible en la planta del laboratorio de control de procesos IPA 23 de la ESPOL reacondicionando la estación de llenado IPA3, instalando el módulo auxiliar de llenado que contiene dos botellas presurizadas: una para un producto adicional de llenado, líquido B y otra para la realización del prelavado y la programación e implementación del tablero de control del modulo auxiliar, además se incorporó tecnología RFID. Esto es importante porque se pudo facilitar al laboratorio de control de procesos de la ESPOL recursos pedagógicos en la demostración didáctica de líneas de producción con estructuras que permitan la flexibilidad productiva y manejo de inventarios de producción. En un futuro se espera que se puedan adicionar recursos que mejoren aún más la flexibilidad de dicha planta. A continuación, se detallan las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

### 4.1. Conclusiones

1. Los transpondedores utilizados en nuestro proyecto dificultan un poco el transporte del six-pack de botellas por medio de la banda transportadora doble equipada con motor dc de 24 V, debido a su dureza y falta de flexibilidad, por lo que para evitar aquello, es más conveniente usar transpondedores

de tipo etiqueta RFID, debido a su flexibilidad, como por ejemplo el transpondedor de la familia RF600 Siemens: RF642L.

2. Fue importante tomar en cuenta la presión a trabajar en la estación de llenado IPA3 (0.1 bar) para considerar botellas que sean aptas a dicha presión y evitar dificultades en la presión del líquido y roturas de botellas.
3. En nuestro proyecto se hizo uso de transpondedores pasivos que no constan de alimentación interna y se activan solo cuando se encuentran dentro del campo inductivo de alcance, energizándose por medio de la propia emisión de la antena, por lo cual estos tipos de transpondedores son de bajo costo y contribuyen al ahorro de energía para distancias que son relativamente cortas. A diferencia de los transpondedores activos que tienen su propia alimentación interna, y dificultan el ahorro de energía para distancias de lecturas relativamente cortas, siendo de mayor costo que los transpondedores pasivos.
4. El uso de mangueras de uretano y uniones tipo T nos permitió unificar todas las salidas de líquido de las electroválvulas a una sola manguera conectada directamente al caudalímetro para así trabajar con un solo dosificador, lo cual nos evitó la compra de un dosificador para cada líquido y de esa manera resultó una implementación a menor costo.
5. Para nuestro proyecto se hizo uso el PLC Siemens S7-1200, módulo siemens de comunicación RF180C con lector RF310 R por los recursos que disponía el laboratorio. Es posible remplazarlos por el controlador TURCK D-45466, módulo RFID de expansión Turck BL20-2RFID-A con lector TN-M30-H1147, debido a que esta tecnología implica un menor costo en su adquisición, además de ahorro en el uso de una fuente adicional facilitando las conexiones entre el módulo RFID con el autómata programable, ya que dicho módulo se acopla directamente al rack del mismo controlador.
6. Se consideró importante aterrizar la base superior del módulo auxiliar de llenado del sistema de alimentación eléctrico para evitar cualquier descarga no deseada en la misma.

7. La función Set-Ant que consta en la tecnología RFID nos permite desactivar el campo inductivo del lector, por lo que se puede inferir que es una manera de ahorrar energía si es que no se requiere realizar escritura, y lectura RFID.

## 4.2. Recomendaciones

1. Se recomienda en proyectos similares usar transpondedores de tipo etiqueta RFID debido a su flexibilidad, como por ejemplo el transpondedor de la familia RF600 Siemens: RF642L.
2. Tomar en cuenta la presión de trabajo de la estación de llenado IPA3 para considerar botellas que sean aptas a dicha presión y evitar dificultades en el impulso del líquido y rotura de botellas.
3. Para lecturas RFID a un alcance muy limitado como en nuestro proyecto, usar transpondedores pasivos, ya que solo se requiere que se activen cuando se encuentren dentro del campo inductivo, energizándose por medio de la propia emisión de la antena. Esto nos facilitará ahorro de energía y dinero.
4. Usar mangueras de uretano y accesorios apropiados para unificar todas las salidas de líquido de las electroválvulas a una sola manguera conectada directamente al caudalímetro y trabajar con un solo dosificador para evitar la compra de dosificadores adicionales resultando en menor costo la implementación.
5. Se recomienda remplazar el controlador S7-1200, módulo de comunicación RF180C, y el lector RF310 R, por el controlador TURCK D-45466, módulo RFID de expansión Turck BL20-2RFID-A con lector TN-M30-H1147 respectivamente; ya que esta tecnología de remplazo implica un menor costo en su adquisición, y ahorro en el uso de una fuente adicional facilitando las conexiones entre el módulo RFID con el autómata programable.

6. Es recomendable aterrizar todo sistema cuya estructura pueda ser sometida a una diferencia de tensión eléctrica indeseada debido a alguna falla eléctrica. Esto es necesario para la seguridad de las personas y de los equipos.
7. De manera general, se recomienda despresurizar el sistema al realizar cualquier trabajo de mantenimiento o de ajustes en la planta para evitar algún escape del líquido a presión que pueda ocasionar daños a la persona y/o al equipo.

## Apéndice A

### Diagrama de Instrumentación de la Estación IPA 3 con el Módulo Auxiliar Implementado

En la figura A.1 se muestra el diagrama de instrumentación de la estación de llenado IPA 3 con el módulo auxiliar de llenado implementado, y en la tabla A.1 se indica la descripción de sus respectivos componentes.

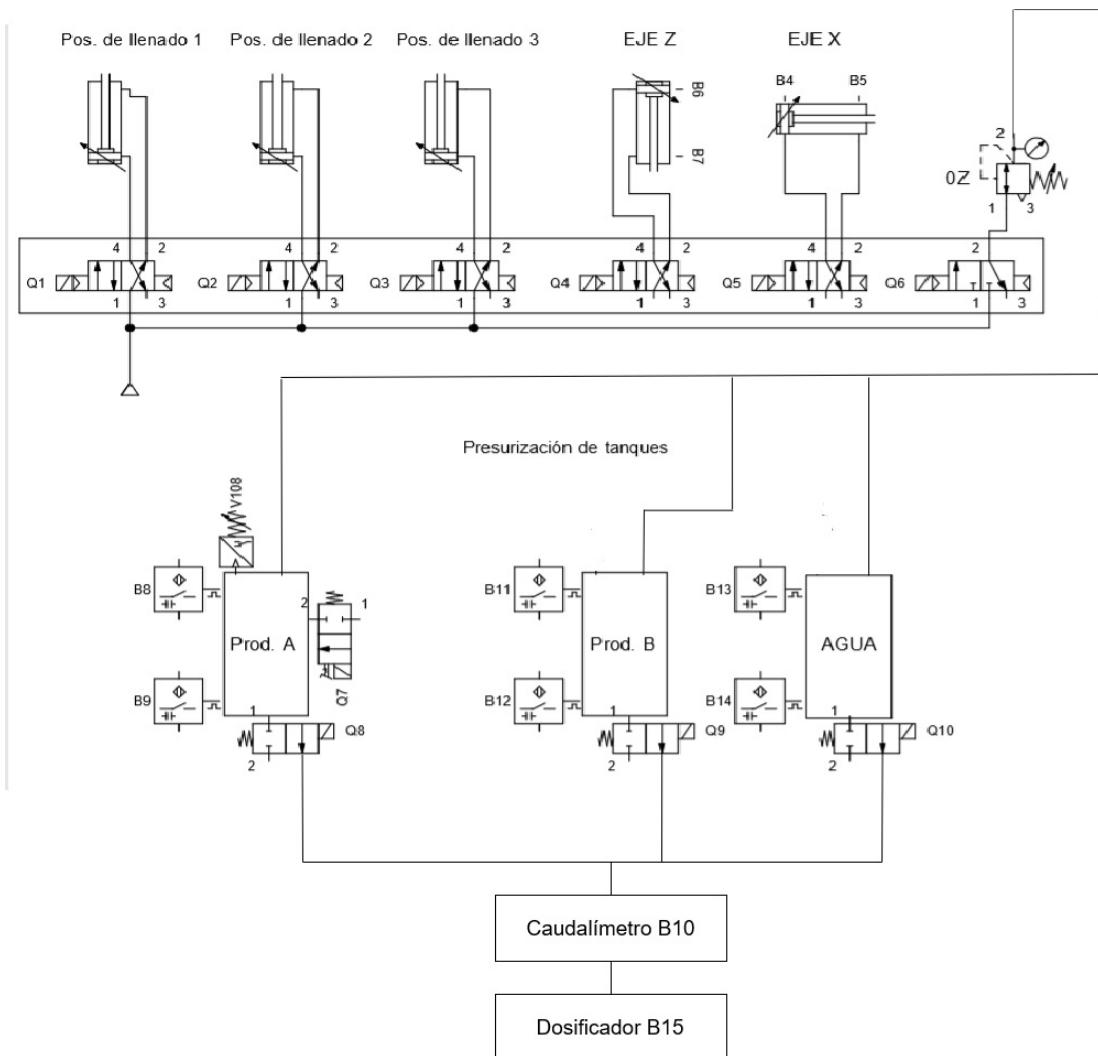


FIGURA A.1: Diagrama de instrumentación de la estación IPA 3 con el módulo auxiliar implementado.

Nombre	Descripción	ID
Sensor de proximidad inductivo	Eje X, izquierda	B4
Sensor de proximidad inductivo	Eje X, derecha	B5
Sensor de proximidad inductivo	Eje Z, arriba	B6
Sensor de proximidad inductivo	Eje Z, abajo	B7
Sensor de proximidad capacitivo	Nivel mínimo prod. A	B8
Sensor de proximidad capacitivo	Nivel máximo prod. A	B9
Caudalímetro	Control de caudal	B10
Sensor de proximidad capacitivo	Nivel máximo prod. B	B11
Sensor de proximidad capacitivo	Nivel mínimo prod. B	B12
Sensor de proximidad capacitivo	Nivel máximo agua	B13
Sensor de proximidad capacitivo	Nivel mínimo agua	B14
Electroválvula 4/2 vías	Parada posición de llenado 1	Q1
Electroválvula 4/2 vías	Parada posición de llenado 2	Q2
Electroválvula 4/2 vías	Parada posición de llenado 3	Q3
Electroválvula 4/2 vías	Movimiento del dosificador en eje Z	Q4
Electroválvula 4/2 vías	Movimiento del dosificador en eje X	Q5
Electroválvula 3/2 vías	Aire comprimido para la presurización de la estación	Q6
Electroválvula 2/2 vías	Admisión de agua para el llenado del tanque principal	Q7
Electroválvula 2/2 vías	Salida del producto A	Q8
Electroválvula 2/2 vías	Salida del producto B	Q9
Electroválvula 2/2 vías	Salida de agua para el prelavado	Q10
Regulador de presión con manómetro	Limitador de presión	OZ
Válvula de seguridad	Alivio de presión	V108

TABLA A.1: Descripción de componentes de la estación IPA 3 con el módulo auxiliar implementado

## Apéndice B

# Costos de implementación del proyecto

A continuación se detallan los costos de implementación del proyecto. Tabla B.1

Elementos	Qty	Precio unitario \$	Costo \$
Sensores de proximidad capacitivo	4	17	68
Botella de presión	2	25	50
Tapa de presión	2	13	26
Electroválvulas SMC 2/2 vías	2	67	134
Bloque de conectores siemens	2	42	84
Botellas	2	12.5	25
Unión T	5	3.2	16
Racores rectos 4mm	4	1.94	7.76
Borneras cables 14-16	22	1.85	40.7
Borneras 3 pisos cables 14-16	9	3.5	31.5
Separadores	2	1.45	2.9
Tapas borneras 3 pisos	2	1.45	2.9
Puentes borneras	31	0.7	21.7
Skid inox	1	250.0	250.0
Porta fusibles 20mm	3	6.54	19.62
Fusibles 20mm	5	0.25	1.25
Manguera de 4mm	8 mt	0.75	6.4
Fuente MDR-60-24 de 24V/2.5A	1	80	80
Total			847.73

TABLA B.1: Descripción de costos de implementación

# Bibliografía

- [1] Martínez J. G. *La producción en serie y la producción flexible*, volume 6. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, feb 2013. doi: 10.22201/ceiich.24485705e.2018.14.63386.
- [2] Henry Samaniego W. R. DiseÑo de un sistema scada para una planta de llenado de botellas lucas nÜlle ipa 3. 2017.
- [3] *Manual LUCAS NÜLLE. En P. D.-I. Eggeling, Manual IPA3* (págs. 6, 7, 8, 9).
- [4] Dipole. Obtenido de tecnologia rfid: <https://www.dipolerfid.es/es/tecnologia-rfid>. 2016.
- [5] Siemens. En siemens, sistemas rfid simatic rf300 (págs. 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45). alemania. 2017.