



Implementación del módulo mediante el PLC S7 300 para prácticas de programación Grafcet en el módulo de electroneumática

Cajamarca Montufar, Dayana Sofía y Diaz Caiza, Yaritza Lizbeth

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Automatización e instrumentación

Ing. Pilatagsi Panchi, Pablo Xavier

25 de agosto del 2023



Plagiarism report

MONOGRAFIA_CAJAMARCA DAYANA_...

Scan details

Scan time: August 18th, 2023 at 19:33 UTC
 Total Pages: 37
 Total Words: 9022

Plagiarism Detection

4.2%

Types of plagiarism		Words
Identical	1.7%	156
Minor Changes	1%	88
Paraphrased	1.5%	135
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection

N/A

Text coverage:
 AI text
 Human text

Plagiarism Results: (12)

Documentación didáctica / para cursos de formación... 1.5%

<http://dropbox.es/1600V143-didactica-para-cursos-de-formacion>
 Iniciar la sesión ...

GRAPH-Programmierung 1.4%

<http://www.automation.siemens.com/ice-stab/learning-tra...>

MD Engineering & Siemens

[DocImark: _GoBack] Documentación didáctica / para cursos de formación |
 Módulo TA Portal 052-100, edición 10/2019 | Digital Industries, ...

GRAPH-Programmierung 1.3%

<http://www.automation.siemens.com/ice-stab/learning-tra...>

MD Engineering & Siemens

v Documentación didáctica / para cursos de formación Siemens Automation
 Cooperates with Education (SCE) | A partir de la versión V15.1 ...

Firma

Ing. Pilatasig Panchi Pablo Xavier

C. C. 0502307564



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: "Implementación del módulo mediante el PLC S7 300 para prácticas de programación Grafset en el módulo de electroneumática" fue realizado por las señoritas Cajamarca Montúfar, Dayana Sofía, y Díaz Calza, Yaritza Lizbeth, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 25 de agosto de 2023

Firma:

Ing. Pilatasig Panchi Pablo Xavier

C. C. 0502307564



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones
Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Responsabilidad de Autoría

Nosotras, **Cajamarca Montúfar, Dayana Sofía**, con cédula de ciudadanía N°1729124030 y **Díaz Calza Yaritza Lizbeth**, con cédula de ciudadanía N°1750344721 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Implementación del módulo mediante el PLC S7 300 para prácticas de programación Grafset en el módulo de electroneumática"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 25 de agosto de 2023

Cajamarca Montúfar, Dayana Sofía

C.C.:1729124030

Díaz Calza, Yaritza Lizbeth

C.C.:1750344721



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Autorización de Publicación

Nosotras Cajamarca Montúfar, Dayana Sofía, con cédula de ciudadanía N°1729124030 y Díaz Caiza, Yaritza Lizbeth, con cédula de ciudadanía N°1750344721 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular "Implementación del módulo mediante el PLC S7 300 para prácticas de programación Grafset en el módulo de electroneumática" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 25 de agosto de 2023

Cajamarca Montúfar, Dayana Sofía

C.C.:1729124030

Díaz Caiza, Yaritza Lizbeth

C.C.:1750344721

Dedicatoria

Estudiante Cajamarca Montúfar Dayana Sofía

Mi tesis le dedico con todo mi amor y cariño a mis Padres Cecilia Isabel Montufar Venegas y Maco Vicente Cajamarca Villarroel por su sacrificio y esfuerzo, por darme la oportunidad de ejercer esta carrera, por creer en mí capacidad y brindarme todo su amor y cariño incondicional, ellos fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, centraron en mi la base de la responsabilidad y el deseo de ser alguien mejor de todo corazón me siento muy feliz y agradecida con tener los padres que tengo, este logro es de ellos.

Dedicatoria

Estudiante Diaz Caiza Yaritza Lizbeth

Este trabajo se lo dedico con mucho amor a mi mamá Digna Caiza, mujer luchadora quien me enseñó que cada esfuerzo tiene su recompensa y que gracias a su confianza y apoyo incondicional pude conseguir este logro tan importante en mi vida.

Agradecimiento

Estudiante Cajamarca Montúfar Dayana Sofía

Agradezco especialmente a Dios por este logro tan soñado, a mis padres Cecilia Montufar y Marco Cajamarca por todo su apoyo incondicional, su sacrificio y el gran ejemplo de superación, sobre todo por ser unos padres maravilloso quienes me han inculcado grandes valores, a mis hermanos Anita, Carla, Andrés, Mateo Cajamarca, por estar siempre pendiente de mi proceso de ser una persona profesional y a Ulises Cajamarca quien desde el cielo se que está orgulloso de lo que ahora soy , a mi hermana de corazón Yaritza Diaz quien es mi mano derecha y con la que he culminado esta tesis y a mi tutor Master Pablo Xavier Pilatasig Panchi quien sin su enseñanza , paciencia y confianza no hubiera sido posible este logró y a cada uno de mis compañeros quiénes siempre estuvieron presentes en este camino.

Agradecimiento

Estudiante Diaz Caiza Yaritza Lizbeth

Agradezco a mi mamá Digna Caiza, ya que fue el pilar fundamental para no rendirme y poder culminar con este gran logro. A mi papá Cristóbal Díaz quien, con sus palabras de aliento, comprensión, apoyo me ayudó a seguir con mis propósitos. A mi novio Mateo Quimuña quien fue mi apoyo en cada momento de tristeza, y confió en mí, haciéndome sentir capaz de conseguir y cumplir todos mis anhelos. También agradezco a mi querida compañera Dayana Cajamarca, que, gracias a sus conocimientos y ayuda pudimos termina el propósito que lo teníamos planteado desde un principio, de igual manera agradezco al Ing. Pablo Xavier, Pilatasig Panchi que gracias a su enseñanza y conocimientos brindados nos ayudó a culminar con mucho éxito el objetivo planteado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenidos	10
Índice de figuras	14
Índice de tablas.....	17
Resumen.....	18
Abstract	19
Capítulo I: Introducción.....	20
Tema.....	20
Antecedentes.....	20
Planteamiento del Problema.....	20
Justificación	21
Objetivos.....	21
<i>Objetivo General</i>	<i>21</i>

<i>Objetivos Específicos</i>	21
Alcance	22
Capítulo II: Marco Teórico	23
La Electroneumática	23
Compresor	23
<i>Características Generales Del Compresor De Aire</i>	23
Unidad de Mantenimiento	24
<i>Filtro</i>	25
<i>Lubricador</i>	25
<i>Regulador</i>	26
<i>Manómetro</i>	27
Actuadores Neumáticos de Doble Efecto	27
<i>Especificaciones</i>	28
Electroválvulas	30
<i>Electroválvulas 5/2</i>	30
Controlador Lógico Programable S7 Siemens	33
<i>Características de los PLC Siemens</i>	33
<i>Módulo de E/S Digitales</i>	34
Elementos De Maniobra	35
<i>Relés</i>	35
<i>Pulsadores</i>	35

<i>Finales de Carrera</i>	36
<i>Buses de Comunicación</i>	37
Software de Programación	37
<i>TIA Portal V17</i>	37
<i>Funciones Principales:</i>	37
Lenguaje de Programación GRAFCET.....	38
<i>Ventana de Programación de GRAFCET (S7 300, S7 400, S7 1500)</i>	38
<i>Condiciones de Programación (S7 300, S7 400, S7 1500)</i>	44
Tipos de Acciones.....	47
Diseño asistido por ordenador EPLAN P8.....	51
Capitulo III: Desarrollo.....	52
Descripción del Proceso.....	52
<i>Características de la fuente de alimentación</i>	52
<i>Características del PLC SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP</i>	53
<i>Características al módulo de entradas digitales SM321, 16DI, CC24V</i>	53
<i>Características del módulo de salidas digitales SM322 32DO 24V DC, 0,5 A</i>	54
<i>Conexión de la fuente de alimentación al módulo PLC S7 300</i>	55
<i>Conexión de la fuente de alimentación al módulo de entradas digitales SM321</i>	55
<i>Conexión de la fuente de alimentación al módulo de salidas digitales SM322</i>	57
<i>Comunicación CPU 315-2 PN/DP con el software TIA PORTAL V17</i>	58
<i>Programación con lógica Grafcet con el software TIA Portal V17</i>	62

Conexión del PLC SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP y el módulo Electroneumática...	67
<i>Esquema de conexión entradas digitales</i>	<i>68</i>
<i>Esquema de conexión salidas digitales</i>	<i>68</i>
Conexión TIA PORTAL V17 y Factory IO	69
Interfaz TIA PORTA V17 y HMI.....	71
Diseño eléctrico en el software ECAD EPLAN ELECTRIC P8	75
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones	83
Conclusiones.....	83
Recomendaciones.....	84
Bibliografía	85
Anexos.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Compresor de aire</i>	24
Figura 2 <i>Unidad de mantenimiento</i>	24
Figura 3 <i>Partes de un filtro</i>	25
Figura 4 <i>Lubricador del área de mantenimiento</i>	26
Figura 5 <i>Regulador del área de mantenimiento</i>	26
Figura 6 <i>Manómetro de presión</i>	27
Figura 7 <i>Cilindro doble efecto</i>	27
Figura 8 <i>Cilindro de doble efecto CD85N25-50-B</i>	29
Figura 9 <i>Cilindro doble efecto DSNU-16-100-PPS-A</i>	30
Figura 10 <i>Electroválvula 5/2 SY7120-5DZ-02</i>	32
Figura 11 <i>Electroválvula 5/2 CPE18-M1H-5L-1/4</i>	33
Figura 12 <i>PLC S7 300 con sus ódulos de E/S digitales</i>	34
Figura 13 <i>Estructura de un relé</i>	35
Figura 14 <i>Símbolo del pulsador abierto y cerrado</i>	36
Figura 15 <i>Final de carrera</i>	36
Figura 16 <i>Bus de comunicación</i>	37
Figura 17 <i>Diagrama funcional de GRAFCET</i>	38
Figura 18 <i>Vista de navegación</i>	39
Figura 19 <i>Barra de navegación</i>	39
Figura 20 <i>Área de trabajo</i>	40
Figura 21 <i>Vista de secuencia</i>	40
Figura 22 <i>Vista de un solo paso</i>	41
Figura 23 <i>Vista Post-instrucciones permanentes</i>	42
Figura 24 <i>Vista de alarma</i>	43
Figura 25 <i>Elementos de un secuenciador</i>	44

Figura 26 <i>Ramas simultáneas</i>	45
Figura 27 <i>Rama alternativa</i>	45
Figura 28 <i>Salta a paso</i>	46
Figura 29 <i>Fin de secuencia</i>	47
Figura 30 <i>Listado de eventos</i>	47
Figura 31 <i>Lista de calificadorios</i>	48
Figura 32 <i>Conexión de la fuente de alimentación al CPU S7 300</i>	55
Figura 33 <i>Esquema de conexionado de entradas digitales</i>	56
Figura 34 <i>Esquema de conexionado del módulo de salidas digitales</i>	57
Figura 35 <i>Reconocimiento del PLC en el software de programación TIA Portal V17</i>	58
Figura 36 <i>Configuración del IP dentro del software de programación TIA Portal V17</i>	59
Figura 37 <i>Configuración de la interface pra el tipo PG/PC</i>	60
Figura 38 <i>Configuración de la interface PG/PC</i>	60
Figura 39 <i>Selección del módulo de entradas digitales</i>	61
Figura 40 <i>Selección del módulo de salidas digitales</i>	62
Figura 41 <i>Designación de etiquetas E/S digitales para la programación en TIA Portal</i>	62
Figura 42 <i>Entorno para desarrollar la programación en lenguaje GRAFCET</i>	63
Figura 43 <i>Entorno de programación en lenguaje GRAFCET</i>	63
Figura 44 <i>Entorno de programación GRAFCET</i>	64
Figura 45 <i>Entorno de programación en lenguaje GRAFCET</i>	64
Figura 46 <i>Entorno de programación GRAFCET</i>	65
Figura 47 <i>Entorno de programación en lenguaje GRAFCET</i>	65
Figura 48 <i>Entorno de programación en lenguaje GRAFCET</i>	66
Figura 49 <i>Entorno de programación en lenguaje GRAFCET</i>	66
Figura 50 <i>Entorno de programación en lenguaje GRAFCET</i>	67
Figura 51 <i>Entorno de programación en lenguaje GRAFCET</i>	67

Figura 52 <i>Esquema de conexión de entradas digitales</i>	68
Figura 53 <i>Esquema de conexionado de las salidas digitales</i>	68
Figura 54 <i>Escena creada en el software Factory I/O</i>	69
Figura 55 <i>Configuración del PLC S7 300 mediante el software Factory I/O</i>	70
Figura 56 <i>Configuración IP en Factory I/O</i>	70
Figura 57 <i>Selección del HMI e el software de programación TIA Portal V17</i>	71
Figura 58 <i>Configuración del HMI en el software de programación TIA Portal V17</i>	72
Figura 59 <i>Configuración del IP de la PC para la comunicación del HMI</i>	72
Figura 60 <i>Diseño y configuración del HMI en el software de programación TIA Portal</i>	73
Figura 61 <i>Configuración del HMI</i>	74
Figura 62 <i>Presentación del HMI</i>	74
Figura 63 <i>Configuración de los parámetros para el proyecto a diseño</i>	75
Figura 64 <i>Parámetros para configurar la portada en el software EPLAN P8</i>	76
Figura 65 <i>Parámetros para configurar la porta en el software EPLAN P8</i>	76
Figura 66 <i>Diseños a portada</i>	77
Figura 67 <i>Configuración de los parámetros para el diseño de la portada</i>	78
Figura 68 <i>Aplicación de macros</i>	78
Figura 69 <i>Aplicación de macros</i>	79
Figura 70 <i>Configuración del esquema para el diseño</i>	79
Figura 71 <i>Diseño eléctrico de la fuente y PLC</i>	80
Figura 72 <i>Diseño eléctrico de las entradas digitales</i>	81
Figura 73 <i>Diseño eléctrico de las entradas digitales</i>	81
Figura 74 <i>Esquema neumático</i>	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Especificaciones del cilindro CD85N25-50-B</i>	28
Tabla 2 <i>Especificaciones del cilindro doble efecto</i>	29
Tabla 3 <i>Especificaciones de la electroválvula SY7120-5DZ-02</i>	31
Tabla 4 <i>Especificaciones de la electroválvula 5/2 CPE18-M1H-5L-1/4</i>	32
Tabla 5 <i>Listado de eventos</i>	48
Tabla 6 <i>Lista de acciones controladas por eventos</i>	49
Tabla 7 <i>Especificaciones de la fuente de alimentación</i>	52
Tabla 8 <i>Especificaciones del PLC SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP</i>	53
Tabla 9 <i>Especificaciones de módulo de entradas digitales SM321</i>	53
Tabla 10 <i>Especificaciones del módulo de salidas digitales SM322</i>	54
Tabla 11 <i>Especificaciones de conector frontal</i>	56

Resumen

El presente proyecto de integración curricular, tiene como objetivo la implementación de un PLC S7 300 en el módulo de electroneumática para realizar procesos o secuencias orientadas al desarrollo de prácticas de laboratorio con lenguaje de programación GRAFCET, ubicado en el laboratorio de instrumentación. El módulo de electroneumática consta de un PLC S7 300, el cual controla las entradas y salidas para realizar las secuencias. Estas secuencias son realizadas por tres cilindros neumáticos de doble efecto, con dos finales de carrera cada uno que actúan como sensores para detectar el estado de cada cilindro, es decir el estado de avance y retroceso. Se cuenta con 3 electroválvulas de 5 vías y dos posiciones, utilizadas para el accionamiento de los tres cilindros. La secuencia es desarrollada desde el software TIA Portal V17 en programación GRAFCET. Se realizó una comunicación con el software Factory I/O y TIA Portal para crear escenas de plantas que tengan actuadores neumáticos, esto permitirá que los estudiantes realicen sus prácticas de laboratorio de una manera que se asemeje a una parte industrial. Finalmente se realizó el HMI el cual permite al operador interactuar con el sistema para controlar de manera más intuitiva el accionamiento de los cilindros mediante la secuencia realizada.

Palabras clave: Electroneumática, finales de carrera, cilindros neumáticos de doble efecto, electroválvulas 5/2, HMI, PLC S7 300.

Abstract

The objective of this curricular integration project is the implementation of a PLC S7 300 in the electro-pneumatics module to carry out processes or sequences oriented to the development of laboratory practices with GRAFCET programming language, located in the instrumentation laboratory. The electro-pneumatic module consists of a PLC S7 300, which controls the inputs and outputs to perform the sequences. These sequences are performed by three double-acting pneumatic cylinders, with two limit switches each, which act as sensors to detect the state of each cylinder, i.e. the forward and reverse state. There are three 5-way solenoid valves with two positions, used to actuate the three cylinders. The sequence is developed from the TIA Portal V17 software in GRAFCET programming. A communication with Factory I/O and TIA Portal software was made to create plant scenes that have pneumatic actuators, this will allow students to perform their laboratory practices in a way that resembles an industrial part. Finally, the HMI was created, which allows the operator to interact with the system to control in a more intuitive way the actuation of the cylinders by means of the sequence developed.

Keywords: Electro-pneumatics, limit switches, double acting pneumatic cylinders, 5/2 solenoid valves, HMI, PLC S7 300.

Capítulo I

Introducción

Tema

Implementación del Módulo mediante el PLC S7 300 para prácticas de programación GRAFCET en el módulo de electroneumática.

Antecedentes

La electroneumática en la industria ha experimentado un rápido avance tecnológico, lo que ha llevado a una mayor automatización de los procesos industriales, esta una disciplina que combina elementos eléctricos, electrónicos y neumáticos para controlar y automatizar diversas operaciones. Dentro de esta área, el uso de módulos de electroneumática en combinación con PLC (Controlador Lógico Programable) S7-300 ha demostrado ser una opción eficiente y versátil para controlar y supervisar sistemas industriales complejos.

Los avances tecnológicos en lo que se refiere a procesos industriales por si también se modernizan con instrumentos y equipos que facilitan la labor del personal y con el mejoramiento del funcionamiento de equipos en su productividad en la industria.

Lo que se procura en el laboratorio de la escuela es que los estudiantes realicen prácticas a un nivel industrial de tal manera, que la manipulación en el módulo sea confiable, eficaz y segura, permitiéndoles así a los estudiantes a que se familiaricen con la tecnología de hoy en día mediante la interfaz hombre-máquina (HMI) el cual gobierna procesos industriales de alto nivel y así ayudan a la supervisión, control de los equipos que conforman los procesos.

Planteamiento del Problema

Se realizó el levantamiento de información del módulo de electroneumática situado en el laboratorio de Instrumentación, ubicado en la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Latacunga, en donde se encontró que algunos elementos se encontraban defectuosos, como el final de carrera o también conocido como sensor límite y el relé, impidiendo así que los

estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación realicen sus prácticas de laboratorio de una manera correcta.

Justificación

Para dar solución al problema encontrado en el módulo de electroneumática, se cambiaron los elementos que se encontraban en mal estado, al igual se implementó un PLC S7 300 para programar mediante el lenguaje de etapa transición (GRAFCET) en forma secuencial y comunicar con el software Factory IO para crear escenas de plantas que tengan actuadores neumáticos, esto permitirá que los estudiantes realicen sus prácticas de laboratorio de una manera que se asemeje a una parte industrial.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un módulo mediante el PLC S7 300 para prácticas de programación GRAFCET en el módulo de electroneumática ubicado en el laboratorio de Instrumentación de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Latacunga.

Objetivos Específicos

- Revisar hojas técnicas de cada dispositivo que se implementarán en el módulo de electroneumática.
- Realizar la programación mediante el lenguaje de etapa transición GRAFCET para el funcionamiento del PLC S7 300 y el módulo de electroneumática.
- Crear escenas con actuadores neumáticos en Factory IO para que interactúen con el módulo mediante el PLC S7 300.
- Corroborar el funcionamiento físico y de programación del PLC y los softwares asociados.

Alcance

Para realizar el accionamiento de los actuadores neumáticos en el módulo, se instalará un PLC S7 300 como controlador de este sistema, utilizando un módulo de entradas y salidas digitales y así realizar una programación en lenguaje GRAFCET en el software TIA Portal V17. Se realizará la comunicación entre el módulo de electroneumática, el software TIA Portal y software Factory IO para crear escenas que permitan validar el funcionamiento de una manera que se asemeje a una parte industrial.

Capítulo II

Marco teórico

La Electroneumática

La electroneumática es una rama de la automatización industrial, electroneumática proviene de la palabra electro, que significa eléctrico y neumático, este sistema integra la electricidad y componentes de aire comprimido, este sistema utiliza varios elementos como electroválvulas, sensores o también conocidos como interruptores de límite, relés y PLC para el control a la acción de los actuadores neumáticos (Brr, 2022).

Compresor

El compresor, según Helloauto (2023), es un dispositivo utilizado para aumentar la presión de un fluido, su función principal es comprimir el aire en estado gaseoso para convertirlo en menor volumen y así aumentar su presión.

El funcionamiento del compresor consiste en los cambios de energía entre el fluido y la máquina, el trabajo que ejerce el compresor transferido al fluido que pasa por él y así convirtiéndose en energía de flujo. En este proceso se aumenta la presión y la energía cinética que impulsa al fluido a salir (Helloauto, 2023).

Características Generales Del Compresor De Aire

- Capacidad mínima de presión: 3 bar
- Capacidad máxima de presión: 7 bar
- Tanque de 15 litros
- Drenaje por tornillo
- Voltaje: 110 Voltios
- Marca: Dong Song
- 550 W; 1100 W (40 L), 2200 W (60 L)
- 40L / min; 100L / min (40 y 60 litros)

Figura 1

Compresor de aire



Nota. La imagen representa un compresor marca Dong Song.

Unidad de Mantenimiento

De acuerdo a Solé (2007), la unidad de mantenimiento es usada para purificar y limpiar el aire comprimido.

Figura 2

Unidad de mantenimiento



Nota. La imagen representa a la unidad de mantenimiento.

La unidad de mantenimiento está compuesta por los siguientes componentes:

Filtro

Basado en Solé (2007) el filtro es aquel componente que limpia todas aquellas impurezas, partículas presentes y la humedad que es encontrada en las tuberías de aire comprimido (p.142).

Figura 3

Partes de un filtro



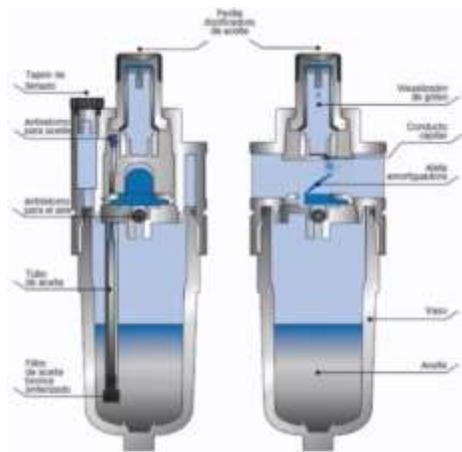
Nota. La imagen representa las partes de un filtro. Tomado de (Gabriel, 2022).

Lubricador

Según Solé (2007) el lubricador contribuye lubricante necesario a los elementos neumáticos tales como, motores, válvulas, cilindros, para realizar su correcto funcionamiento (p. 140).

Figura 4

Lubricador del área de mantenimiento



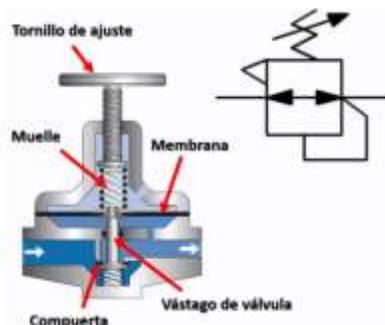
Nota. La imagen representa las partes del lubricador. Tomado de (Gabriel, 2022).

Regulador

El regulador de presión lo que hace es mantener constante al consumo del aire, esta presión viene reflejada en un manómetro de presión. De acuerdo a Gabriel (2022) el funcionamiento del regulador se basa en un equilibrio de fuerzas ejercidas sobre una membrana, también esta sostiene en su parte superior la presión mecánica de un muelle.

Figura 5

Regulador del área de mantenimiento



Nota. La imagen representa las partes del regulador. Tomado de (Gabriel, 2022).

Manómetro

Según OMEGA (2003) el manómetro es un indicador que es utilizado para medir la presión de cualquier fluido, como, por ejemplo, gas o líquido, agua, aceite o aire.

Figura 6

Manómetro de presión



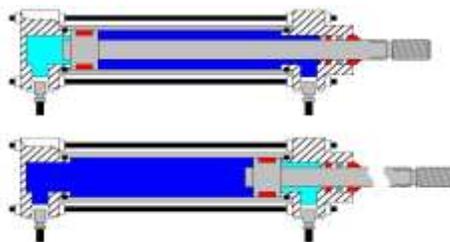
Nota. La imagen representa a un manómetro de presión. Tomado de (OMEGA, 2003).

Actuadores Neumáticos de Doble Efecto

Los actuadores neumáticos de doble efecto son aquellos que cumplen la función de avance y retroceso, estos actuadores cuentan con dos puertos de aire, uno es aquel por donde ingresa el aire y el otro es aquel por donde se realiza el escape del mismo, permitiendo así que se realice el trabajo en ambos sentidos (Tornero & Rodríguez Fernández).

Figura 7

Cilindro de doble efecto



Nota. La imagen representa al cilindro neumático de doble efecto. Tomado de (Ortiz, 2014).

Los cilindros de doble efectos son componentes habituales en control neumático, basado en (Tornero & Rodríguez Fernández), esto es debido a:

- Posibilidad de realizar carreras de avance y retroceso.
- Evita la pérdida de fuerza al momento de accionarse ya que no cuenta con un muelle.

Especificaciones

- Cilindro doble efecto CD85N25-50-B

Tabla 1

Especificaciones del cilindro CD85N25-50-B

Atributo	Valor
Recorrido	50 mm
Calibre	25 mm
Serie del fabricante	C85
Longitud	187 mm
Tipo de amortiguamiento	Caucho
Dimensiones del cuerpo	33.5 (Díaz) x 187 mm
Presión máxima absoluta	1.5 MPa
Mínima temperatura de funcionamiento	1 MPa
Peso	258 g
Diámetro	33.5 mm
Máxima temperatura de funcionamiento	+60°C

Nota. La tabla representa las especificaciones del cilindro doble efecto CD85N25-50-B.

Figura 8*Cilindro de doble efecto CD85N25-50-B*

Nota. La imagen representa al cilindro de doble efecto CD85N25-50-B. Tomado de (ADJ, 2008).

- Cilindro doble efecto DSNU-16-100-PPS-A

Tabla 2*Especificaciones del cilindro doble efecto*

Atributo	Valor
Marca	Festo
Calibre	16 mm
Longitud	211 mm
Tipo de amortiguamiento	Aire
Dimensiones del cuerpo	20 x 211 mm
Presión máxima absoluta	+80°C
Mínima temperatura de funcionamiento	-20°C
Peso	13509 g
Díámetro	20 mm
Máxima temperatura de funcionamiento	10 bar

Nota. La tabla representa las especificaciones del cilindro doble efecto DSNU-16-100-PPS-A.

Figura 9

Cilindro doble efecto DSNU-16-100-PPS-A



Nota. La imagen representa al cilindro de doble efecto DSNU-16-100-PPS-A. Tomado de (RS, 2020).

Electroválvulas

Las electroválvulas son dispositivos que permiten el paso de fluidos para el accionamiento de actuadores. De acuerdo a Distrectec (2020) las electroválvulas son elementos que responden a pulsos eléctricos, esto se debe gracias a la circulación que pasa a través del solenoide y así permitiendo la apertura y cierre de la válvula, controlado así los fluidos.

Electroválvulas 5/2

Estas válvulas son de 5 vías y 2 posiciones, son utilizadas para el accionamiento de actuadores neumáticos de doble efecto, como son los cilindros, cilindros sin vástago, actuadores rotativos, etc. Estas válvulas tienen 2 estados y 5 puertos de conexión, también cuenta con una toma de presión (P,1), cuenta con dos tomas conectadas al elemento que se va a controlar, (A,2) y (B,4), y de igual manera cuenta con dos tomas de escape. (EA,3) y (EB,5) (TAMESON, 2023).

- Electroválvula SY7120-5DZ-02

Tabla 3

Especificaciones de la electroválvula SY7120-5DZ-02

Atributo	Valor
Función	5/2
Rosca del puerto de conexión	NPTF 1/4
Tipo de actuación	Solenoides/Piloto
Consumo de alimentación	0.55W
Mínima presión de funcionamiento	0.15MPa
Máxima presión de funcionamiento	0.7MPa
Tamaño de rosca	¼ pulgada
Tipo de montaje	Colector
Solenoides acoplado	Sí
Máxima temperatura de funcionamiento	+50°C

Nota. La tabla representa las especificaciones de la electroválvula SY7120-5DZ-02.

Figura 10*Electroválvula 5/2 SY7120-5DZ-02*

Nota. La imagen representa a una electroválvula 5/2 SY7120-5DZ-02. Tomado de (RS, s.f.).

- Electroválvula 5/2 CPE18-M1H-5L-1/4

Tabla 4*Especificaciones de la electroválvula 5/2 CPE18-M1H-5L-1/4*

Atributo	Valor
Rosca del puerto de conexión	G 1/4
Tipo de actuación	Sistemas eléctricos
Consumo de alimentación	1.5W
Mínima presión de funcionamiento	2.5 bar
Máxima presión de funcionamiento	10 bar
Tamaño de rosca	¼ pulgada
Tipo de montaje	Orificio pasante
Máxima temperatura de funcionamiento	+50°C

Nota. La tabla representa las especificaciones de la electroválvula 5/2 CPE18-M1H-5L-1/4.

Figura 11

Electroválvula 5/2 CPE18-M1H-5L-1/4



Nota. La imagen representa la electroválvula 5/2 CPE18-M1H-5L-1/4. Tomado de (FESTO, 2023).

Controlador Lógico Programable S7 Siemens

Según GSL Industrias (2021) un PLC (Controlador Lógico Programable), es un dispositivo de control computarizado, su función es realizar procesos netamente automatizados en la parte industrial. Está diseñado para ejecutar entradas y salidas (E/S) de forma segura y rápida.

Se puede utilizar varios lenguajes de programación para este PLC, tales como:

- Diagrama de Bloque Funcionales (FBD).
- Lista de Instrucciones (IL).
- Diagrama Ladder (LD).
- Texto estructurado (ST).
- Gráfica Funciones Secuenciales (SFC).

Características de los PLC Siemens

Basado en GSL Industrias (2021), los PLC ofrecen las siguientes características:

- Son eficientes en protección y seguridad.
- Flexibles para conectarse en red.

- Se pueden realizar programación en diferentes lenguajes.
- Recepción y ejecución de órdenes de trabajo por largo tiempo.

Módulo de E/S Digitales

De acuerdo a (GM Electrónica), los módulos son dispositivos que permiten adaptar distintos niveles de tensión hacia un sistema lógico.

- **Módulo de entrada:** este convierte una señal alterna y continua en una señal de nivel lógico continuo.
- **Módulo de salida:** este convierte una señal de mando lógico en una señal de salida continua o alterna.

Figura 12

PLC S7 300 con sus módulos de E/S digitales



Nota. La imagen representa al Controlador Lógico Programable S7 300. Tomado de (GSL Industrias, 2021).

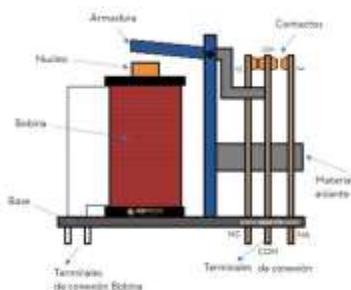
Elementos De Maniobra

Relés

También llamado como un interruptor eléctrico, el cual permite el paso de corriente eléctrica cuando esté cerrado y de igual manera interrumpir cuando esté abierto, es decir que cuando se active la bobina esto produzca un campo electromagnético, permitiendo el paso de la corriente y logrando así encender o arrancar un motor. Básicamente un relé es utilizado para activar un circuito que cuenta con un consumo considerable de electricidad por medio de un circuito que tiene pequeña potencia (12 a 24) Voltios que magnetiza la bobina (BlogSEAS, 2019).

Figura 13

Estructura de un relé



Nota. La imagen representa a la estructura de un relé. Tomado de (QBPROFE, 2021).

Pulsadores

Según Shoptronica (2022), los pulsadores son elementos que al ser pulsados permiten la apertura o cierre de corriente eléctrica. Existen dos tipos de pulsadores:

- **Pulsador normalmente abierto (NA):** Cuando se encuentra en este estado lo que hace es impedir el paso de corriente al circuito, y al momento de presionar se cierra, permitiendo así el paso de corriente.

- **Pulsador normalmente cerrado (NC):** Cuando se encuentra en este estado lo que hace es permitir el paso de corriente, y cuando se presiona se abre interrumpiendo el paso de corriente.

Figura 14

Símbolo del pulsador abierto y cerrado

Pulsador NA/NC		
	Símbolo americano	Símbolo europeo
NA		
NC		

Nota. La imagen representa el símbolo de un pulsador normalmente abierto (NA) y normalmente cerrado (NC). Tomado de (Draco Robotic, 2021).

Finales de Carrera

Según Laumayer (2020) los finales de carrera son sensores o también conocidos como interruptores límite, son elementos que detectan la posición del elemento móvil.

Figura 15

Final de carrera



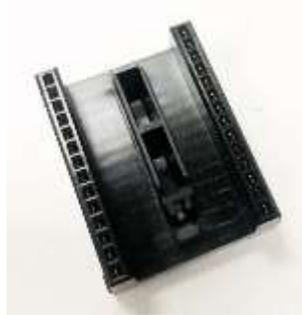
Nota. La imagen representa a un sensor o interruptor límite. Tomado de (MEGATRONICA, 2023).

Buses de Comunicación

Basado en Emagister (2021) el bus es una línea de comunicación que se comparten entre 2 o más dispositivos, intercambiando datos, además transmiten señales digitales binarias.

Figura 16

Bus de comunicación



Nota. La imagen representa a un bus de comunicación. Tomado de (Impexumation, 2022).

Software de Programación

TIA Portal V17

Según Aula 21 (2023), el software de programación TIA Portal V17 (Portal de automatización totalmente integrada) es un software de configuración, programación y diagnóstico para PLC y HMI.

Funciones Principales:

Aula 21 (2023) indica que entre sus funciones principales destacan:

- **Programación PLC:** Se puede desarrollar y depurar programas para PLCs S7 300, S7 1200, S7 1500, S7 400, utilizando distintos lenguajes de programación tales como: GRAFCTE, LADDER y Texto Estructurado.
- **HMI:** Permite crear interfaz con HMI para controlar y visualizar procesos en tiempo real.

- **Integración de dispositivos:** Facilita lo que es la integración de los dispositivos como son los: variadores de frecuencia, módulos de E/S y servomotores.
- **Diagnóstico y mantenimiento:** Permite diagnosticar cualquier tipo de fallos, realizar sistemas de control y a la vez configurar alarmas.

Lenguaje de Programación GRAFCET

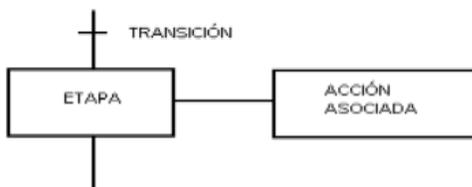
De acuerdo a Gea (2006), GRAFCET es un diagrama funcional de etapa transición que describe los procesos a automatizar.

GRAFCET está formado por:

- **Etapa:** Cuando se trata de un estado inicial se representa con un doble cuadrado, esto define el estado en el que se encuentra el automatismo.
- **Transición:** Es la condición que juntamente con la etapa anterior, hacen evolucionar a la siguiente etapa.
- **Acción asociada:** Esta define la acción que realiza la etapa.

Figura 17

Diagrama funcional de GRAFCET



Nota. La imagen representa el diagrama funcional de GRAFCET. Tomado de (Gea, 2006).

Ventana de Programación de GRAFCET (S7 300, S7 400, S7 1500)

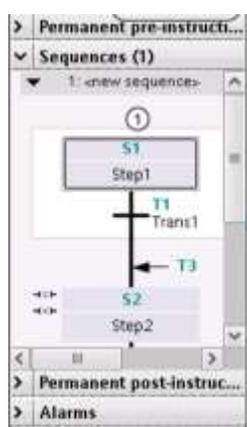
En esta área se puede realizar la programación GRAFCET, además permite acceder a todas las áreas de bloque de función GRAFCET.

Estructura de la Ventana de Programación: Basado en Portal (2023) la estructura de la ventana de programación es:

- ① **Vista de navegación:** Se usa para abrir las ventanas de pre-instrucciones permanentes, vista de secuencia, post-instrucciones y la vista de alarmas.

Figura 18

Vista de navegación



Nota. La imagen representa la vista de navegación de GRAFCET. Tomado de (Portal, 2023).

- ② **Barra de navegación:** Se usa para acercar o alejar los elementos que están dentro de la ventana de navegación.

Figura 19

Barra de navegación



Nota. La imagen representa la barra de navegación de GRAFCET. Tomado de (Portal, 2023).

- ③ **Área de trabajo:** Se indica el programa en diferentes vistas, también se puede escalar estas vistas usando la función zoom.

Figura 20

Área de trabajo

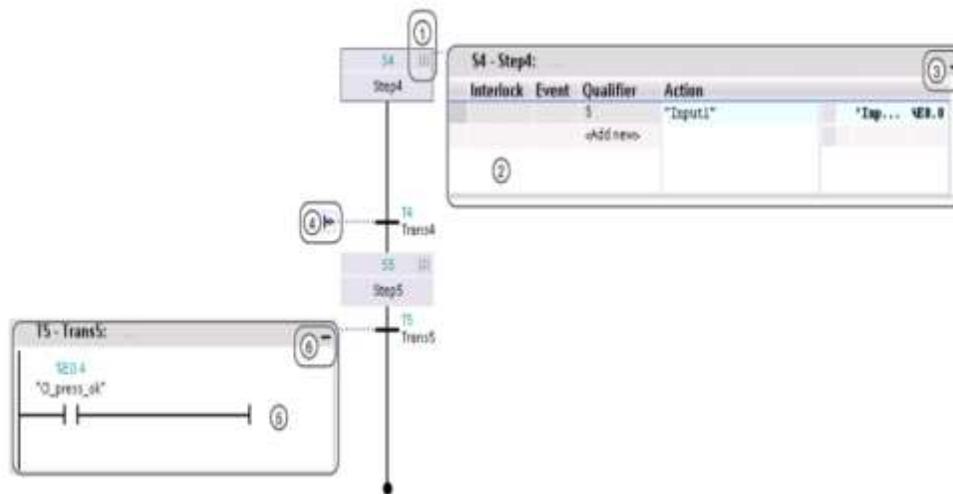


Nota. La imagen representa el área de trabajo de GRAFCET. Tomado de (Portal, 2023).

Función de la Vista de Secuencia: Basado en Portal (2023) la vista de secuencia muestra la estructura de su secuenciador, la siguiente figura indica la vista de secuencia:

Figura 21

Vista de secuencia



Nota. La imagen representa la función de vista de secuencia. Tomado de (Portal, 2023).

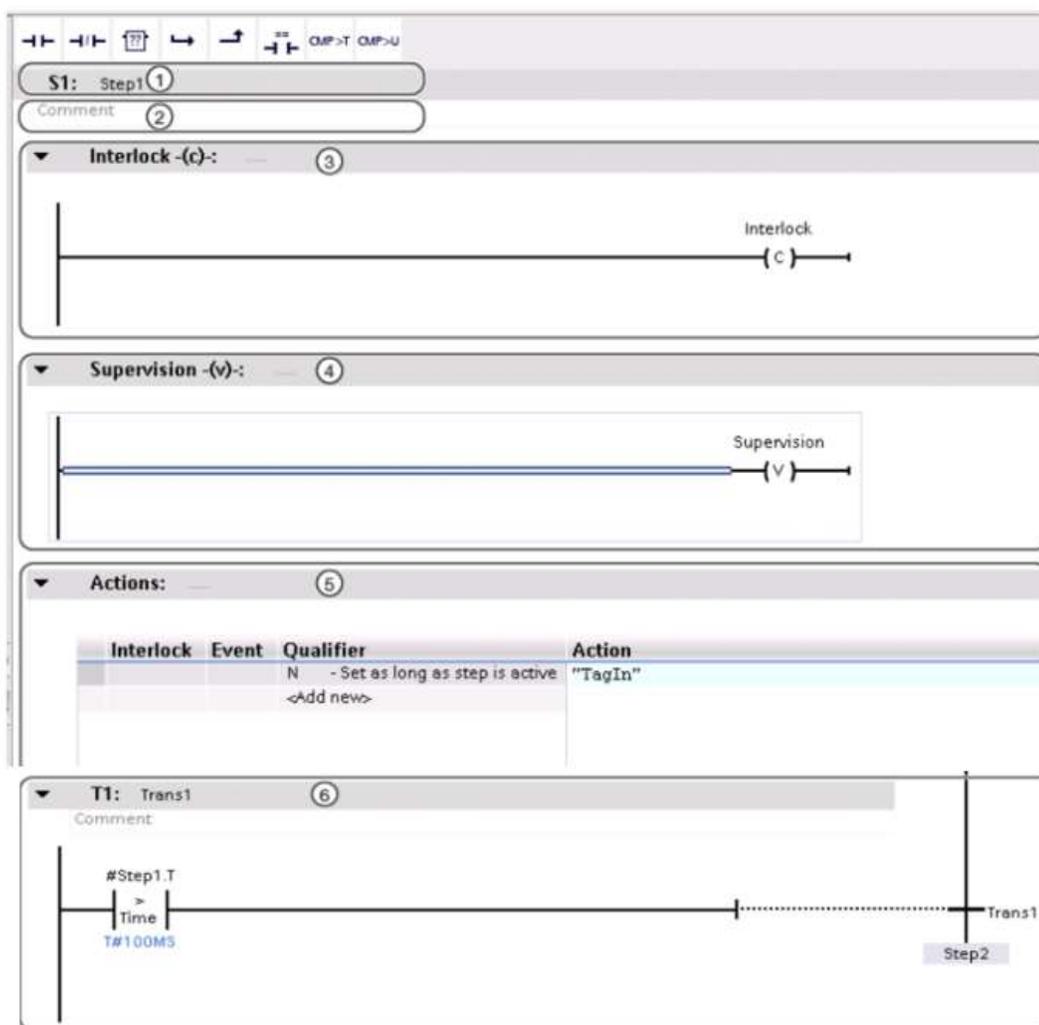
- ① Botón para expandir o reducir un paso.
- ② Paso en la vista ampliada.

- ③ Botón para reducir un paso.
- ④ Botón para expandir una transición.
- ⑤ Transición en la vista ampliada.
- ⑥ Botón para reducir una transición.

Vista de un Solo Paso: La siguiente figura indica un paso en la vista de un solo paso:

Figura 22

Vista de un solo paso



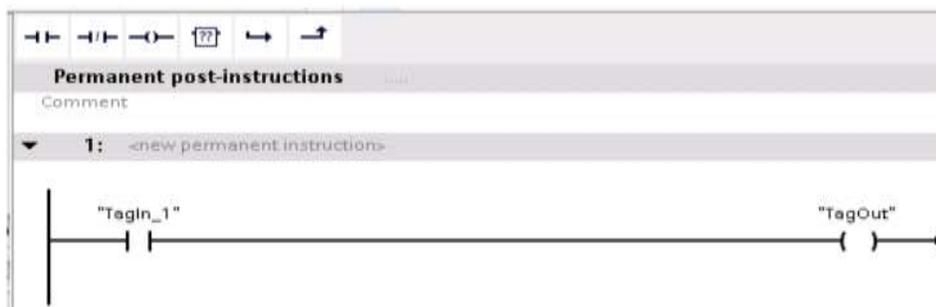
Nota. La imagen representa la vista de un solo paso. Tomado de (Portal, 2023).

- ① Título del paso.
- ② Comentario para el paso.
- ③ Enclavamiento.
- ④ Supervisión.
- ⑤ Acciones.
- ⑥ Transición.

Vista “Post-instrucciones Permanentes”: De acuerdo a Portal (2023), en esta vista se puede programar instrucciones que se van a ejecutar luego de que se procese el secuenciador. La siguiente figura indica las post-instrucciones:

Figura 23

Vista Post-instrucciones permanentes

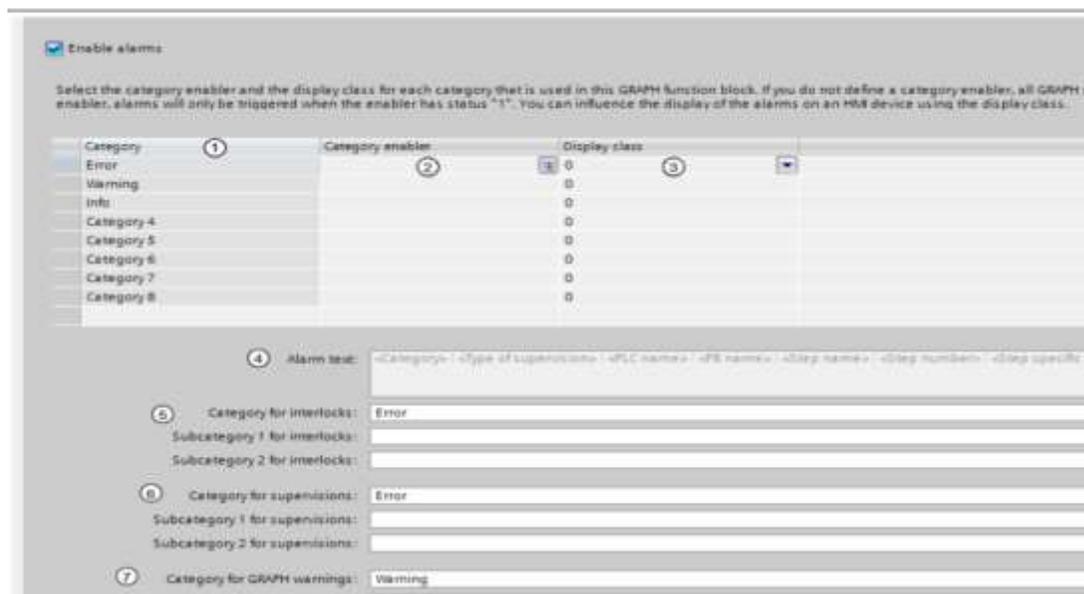


Nota. La imagen representa la vista “Post-instrucciones permanentes”. Tomado de (Portal, 2023).

Vista de Alarma: La siguiente figura muestra la vista de alarma en GRAFCET:

Figura 24

Vista de alarma



Nota. La imagen representa la vista de alarma. Tomado de (Portal, 2023).

- ① **Categoría:** Se utiliza para dividir los fallos en diferentes niveles de prioridad, como las advertencias, errores, etc.
- ② **Activador de categoría:** Se puede definir un activador para el bloque de funciones ProDiag y para cada una de las categorías que tiene y poder usarlo para activar o desactivar las supervisiones de esta categoría.
- ③ **Clase de visualización:** Permite definir que supervisiones deben mostrarse en un dispositivo HMI.
- ④ **Texto de alarma:** Se puede especificar la estructura del texto de alarma.
- ⑤ **Categoría para enclavamientos:** Se puede especificar una categoría y dos subcategorías para los enclavamientos, se puede seleccionar un máximo de 8 categorías.

⑥ **Categorías para supervisiones:** Se puede especificar una categoría y dos subcategorías para las supervisiones, se puede seleccionar un máximo de 8 categorías.

⑦ **Categoría para advertencia GRAFCET:** Se puede especificar una categoría y dos subcategorías para las advertencias GRAFCET.

Condiciones de Programación (S7 300, S7 400, S7 1500)

Elementos de un Secuenciador: La siguiente imagen muestra los elementos de un secuenciador con su respectivo ícono:

Figura 25

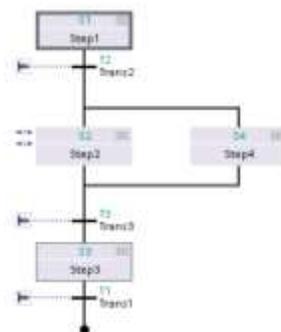
Elementos de un secuenciador

Icon	Name
	Step and transition
	Step
	Transition
	Simultaneous branch
	Alternative branch
	Close branch
	Jump to step
	Sequence end

Nota. La imagen representa los elementos de un secuenciador. Tomado de (Portal, 2023).

- **Ramas simultáneas:** Basado en Portal (2023) estas ramas simultáneas se usan para programas ramas AND, esto significa que se utiliza una transición para activar varios pasos cuyas acciones se ejecuten a continuación.

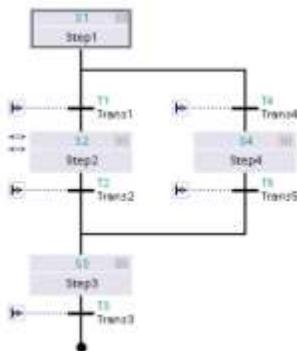
Figura 26

Ramas simultáneas

Nota. La imagen representa las ramas simultáneas. Tomado de (Portal, 2023).

- **Rama alternativa:** Basado en Portal (2023) estas ramas simultáneas se usan para programar ramas OR, esto significa que se insertan ramas que comienzan con una transición después de un paso. Si se cumplen varias transiciones al mismo tiempo, el modo de funcionamiento establecido determina qué rama se ejecuta, es decir en modo automático o modo manual.

Figura 27

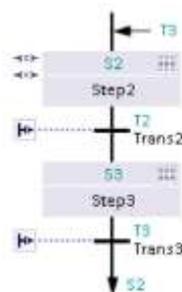
Rama alternativa

Nota. La imagen representa la rama alternativa. Tomado de (Portal, 2023).

- **Cerrar rama:** De acuerdo a Portal (2023) se puede utilizar el elemento "Cerrar rama" para cerrar ramas simultáneas y alternativas a su rama padre. Esto es necesario si no desea completar la rama con un salto o un final de secuencia.
- **Saltar a paso:** De acuerdo a Portal (2023) se puede utilizar un salto para continuar la ejecución del programa en cualquier paso dentro del bloque de función GRAFCET. Los saltos pueden insertarse al final de la rama principal, de una rama alternativa o de una rama simultánea para permitir el procesamiento cíclico del secuenciador. El salto y el destino del salto se representan en el secuenciador como flechas, en cuyo caso la transición de retorno se especifica para el destino del salto y el paso de destino se especifica para el retorno.

Figura 28

Saltar a paso



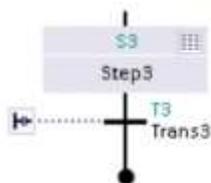
Nota. La imagen representa un salto. Tomado de (Portal, 2023).

- **Fin de secuencia:** De acuerdo a Portal (2023) se puede completar el secuenciador o una rama con el elemento "Fin de secuencia". De este modo finaliza el secuenciador o la rama. En una rama simultánea, una transición

debe preceder al final de la secuencia. El elemento "Fin de secuencia" se representa en el secuenciador con un punto negro.

Figura 29

Fin de secuencia



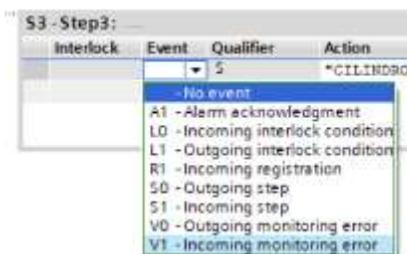
Nota. La imagen representa el fin de secuencia. Tomado de (Portal, 2023).

Tipos de Acciones

- **Entrelazar:** De acuerdo a AS (2021) entrelazar nos permite establecer condiciones de ejecución de la etapa (entrelazar) y eventos de aviso o error de la etapa (supervisión).
- **Evento:** Según AS (2021) se puede enlazar una acción con un evento para que así la ejecución de la acción dependa de determinadas condiciones.

Figura 30

Listado de eventos



Nota. La imagen representa los eventos de programación GRAFCET.

Tabla 5

Listado de eventos

Eventos	Descripción
S1	La etapa se activa (1 lógico)
S0	La etapa se desactiva (0 lógico)
V1	La supervisión se cumple (1 lógico)
V0	La supervisión no se cumple (0 lógico)
L0	Entrelazar se cumple (1 lógico)
L1	Entrelazar no se cumple (0 lógico)
A1	Reconocimiento de alarma
R1	Registro entrante

Nota. La tabla representa el listado de eventos.

- **Calificadorio:** Las acciones son controladas por los eventos.

Figura 31

Lista de calificadorios



Nota. La imagen representa el listado de calificadorios de programación GRAFCET.

Tabla 6*Lista de acciones controladas por eventos*

Símbolo	Función	Descripción
N	Activar mientras la etapa esté activa	Mientras la etapa este activa es estado lógico es 1.
S	Establecer en 1	En cuanto la etapa se activa, el operando se pone en 1 y permanece así.
R	Establecer en 0	En cuanto la etapa se activa, el operando se pone 0 y permanece así.
D	Retardo a la conexión	Segundos después de la activación de la etapa, el operando se pone en 1 y permanece así mientras dura la activación de la etapa.
L	Activar por tiempo limitado	Cuando la etapa está activa, el operando se pone en 1 durante unos segundos y después vuelve 0.
TL	Impulso prolongado	El temporizador se inicia cuando se produce el evento definido.
TD	Retardo a la conexión con memoria	Durante el tiempo indicado, el temporizador tiene como estado 0 y una vez finalizado el temporizador pasa a 1 lógico.

Símbolo	Función	Descripción
TR	Detener temporizador e inicializar	El temporizador se detiene en cuanto se produce el evento definido.
TF	Retardo a la desconexión	El temporizador se pone en 1 en cuanto se activa la etapa y al desactivarse la etapa el temporizador vuelve a 0.
CS	Poner contador al valor inicial	El contador se pone al valor de contaje indicado en cuanto se produce el evento definido.
CU	Contador ascendente	El contador incrementa el valor de contaje en 1 cuando se produce el evento definido.
CD	Contador descendente	El contador decrementa el valor de contaje en 1 en cuanto se produce el evento definido.
CR	Contador a 0	El contador se pone a 0 en cuanto se produce el evento definido.
ON	Activar etapa	Activa la etapa en función del evento entrante.
OFF	Desactivar etapa	Desactiva la etapa en función del evento entrante.

Nota. La tabla representa el listado de calificatorios.

Diseño asistido por ordenador EPLAN P8

EPLAN P8 es un programa diseñado para realizar diagramas de circuito eléctrico y esquemas 2D y 3D.

Basado en DECENNIAL (2022) EPLAN P8 posee varias ventajas como:

- Mejora la eficiencia del trabajo de diseño y ejecución de un proyecto.
- Reduce el número de errores e imprevistos en fases posteriores.
- Acelera y economiza procesos.
- Automatiza las tareas más repetitivas.
- Actúa como elemento de gestión para la compra de materiales, montaje de estructuras, gestión de inversiones, etc.
- Tiene múltiples opciones y posibilidades de personalización.
- Su menú de trabajo es cómodo.
- Ayuda a entregar buenas presentaciones con planos bien documentados.

Capítulo III

Desarrollo

Descripción del Proceso

En este capítulo se detalla la implementación de un módulo mediante un PLC S7-300 para prácticas de programación Grafset en el módulo de electroneumático.

Básicamente en el módulo tenemos las tres partes principales para la implantación los cuales lo conforman el compresor Dong Song, unidad de mantenimiento, en la parte neumática, finales de carrera, electroválvulas, en la parte de control (PLC S7 300) y los actuadores cilindros doble efecto, todos ellos conformando la estación de electroneumática.

Características de la fuente de alimentación

Tabla 7

Especificaciones de la Fuente de alimentación siemens SITOP INTELIGENTE 1AC/24VDC/10^a

Características	
Modelo	6EP1 334 42 AA01
Marca	Siemens
Categoría de tensión	Entrada: 120/230 V AC salida: 24 V / 10 A DC
Potencia	240 W
Temperatura máxima	60 °C
Temperatura Mínima	0 °C
Frecuencia de línea	47-63 Hz

Nota. La tabla representa las especificaciones de la fuente de alimentación.

Características del PLC SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP

Tabla 8

Especificaciones del PLC SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP

Características	
Modelo	SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP
Marca	Siemens
Tensión de alimentación	24V
Consumo de corriente	750 mA
Versión de Firmware	V3.2
Memoria integrada	384 KB
Número de interfaces	1; 2 puertos (conmutador) RJ45
Ethernet	
Número de interfaces	1; 2 puertos (conmutador) RJ45
PROFINET	

Nota. La tabla representa las especificaciones del PLC S7 300.

Características al módulo de entradas digitales SM321, 16DI, CC24V

Tabla 9

Especificaciones de módulo de entradas digitales SM321

Características	
Modelo	6ES7321-1BH02-0AA0
Marca	Siemens

Características	
Tensión de alimentación	24 V
Corriente de entrada	10mA
Entradas digitales	16
Polos	1x20

Nota. La tabla representa las especificaciones del módulo de entradas digitales.

Características del módulo de salidas digitales SM322 32DO 24V DC, 0,5 A

Tabla 10

Especificaciones del módulo de salidas digitales SM322

Características	
Modelo	6ES7322 1BL00 0AA0
Marca	Siemens
Tensión de alimentación	24 V
Corriente de entrada	0,5 A
Salidas digitales	32
Número de Polos	1x40

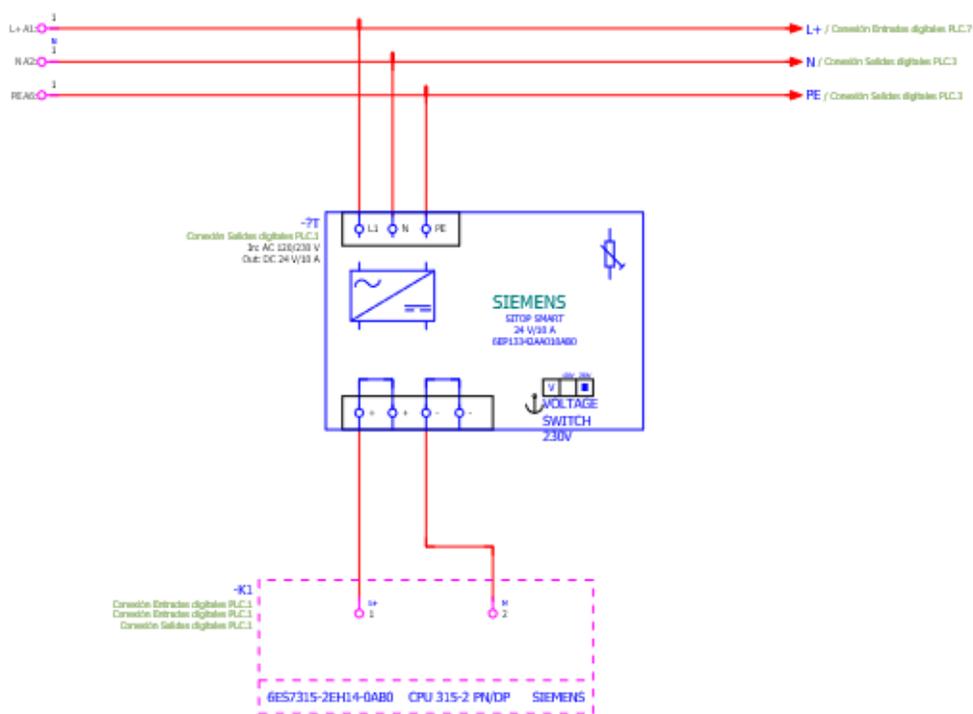
Nota. La tabla representa las especificaciones de salidas digitales.

Conexión de la fuente de alimentación al módulo PLC S7 300

Para la conexión al módulo CPU S7 300 es necesario tener una fuente de alimentación en este caso se utilizó la fuente de 24 V, Como se indica en la Figura X, se necesita conectar el cable positivo de la fuente de alimentación al positivo del CPU 315-2 PN/DP y el cable negativo de la fuente de alimentación al negativo del CPU 315-2 PN/DP.

Figura 32

Conexión de la fuente de alimentación al CPU S7 300



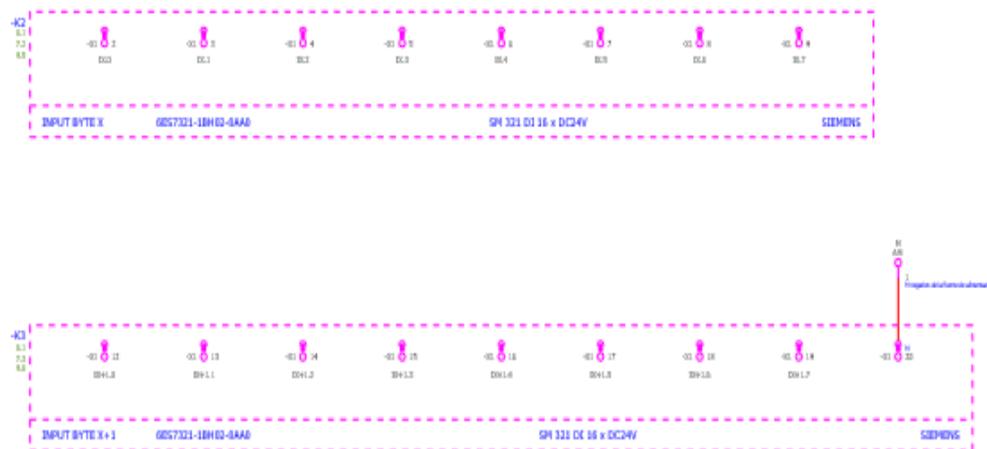
Nota. Esta imagen representa la conexión de la fuente de alimentación al CPU 315-2 PN/DP

Conexión de la fuente de alimentación al módulo de entradas digitales SM321

Para alimentar las entradas digitales se debe conectar un cable del negativo de la fuente de alimentación al negativo del módulo de entradas digitales como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 33

Esquema de conexión de entradas digitales



Nota. Esta imagen representa la conexión de la fuente de alimentación al módulo de entradas digitales.

Para el módulo de entradas digitales SM321 es necesario utilizar un conector frontal para módulos de señal con bornes de tornillo, 20 polos.

Tabla 11

Especificaciones de conector frontal

Características	
Modelo	6ES7392-1AJ00-0AA0
Marca	Siemens
Información General	Conector frontal
Polos	20

Características	
Sistema de conexión	Bornes de tornillo
Montaje	Destornillador, forma cónica, 3mm a 3,5mm

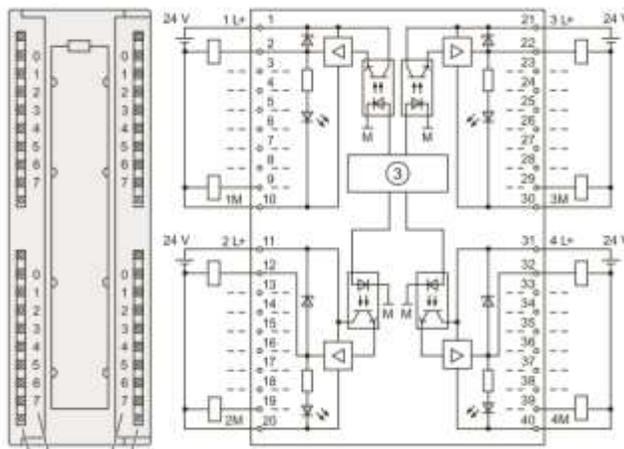
Nota. La tabla representa las especificaciones del conector frontal.

Conexión de la fuente de alimentación al módulo de salidas digitales SM322

Para alimentar las salidas digitales SM322 se deberá conectar un cable positivo a los pines 1, 21, 11 y 31, para ello se realiza un puente entre pines, y se debe conectar un cable negativo a los pines 10, 30, 20 y 40 este cable se deberá hacer puente entre los pines y conectarlo al negativo de la fuente de alimentación como se muestra en la Figura 34.

Figura 34

Esquema de conexión del módulo de salidas digitales



Nota. Esta imagen representa la conexión del módulo de salida digitales.

Para la conexión de las entradas digitales con las salidas es necesario utilizar buses para lograr la comunicación con el CPU 315-2 PN/DP.

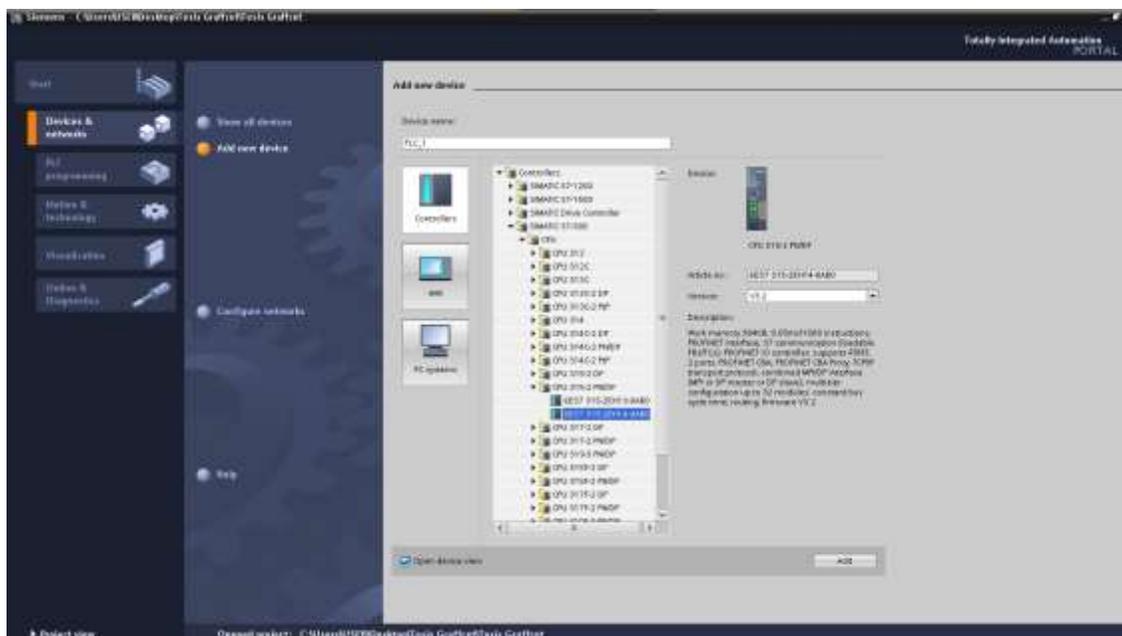
Comunicación CPU 315-2 PN/DP con el software TIA PORTAL V17

El software seleccionado es el software TIA PORTAL, debido a que nuestro PLC es compatible con este. Para la comunicación entre el CPU 315-2 con el software de programación TIA PORTAL V17 se debe conectar un cable tipo Ethernet el cual va conectado a la entrada ethernet del CPU a la entrada de la PC.

Una vez ya conectado el cable ethernet, empezamos a configurar en software de programación TIA PORTAL V17 para ello se debe crear nuevo proyecto, seleccionamos la opción dispositivo y red y añadimos un nuevo dispositivo como se muestra en la figura 35. Seleccionamos nuestro controlador en este caso PLC SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP modelo 6ES7 315-2EH14-0AB0 la versión V3.2.

Figura 35

Reconocimiento del PLC en el software de programación TIA Portal V17

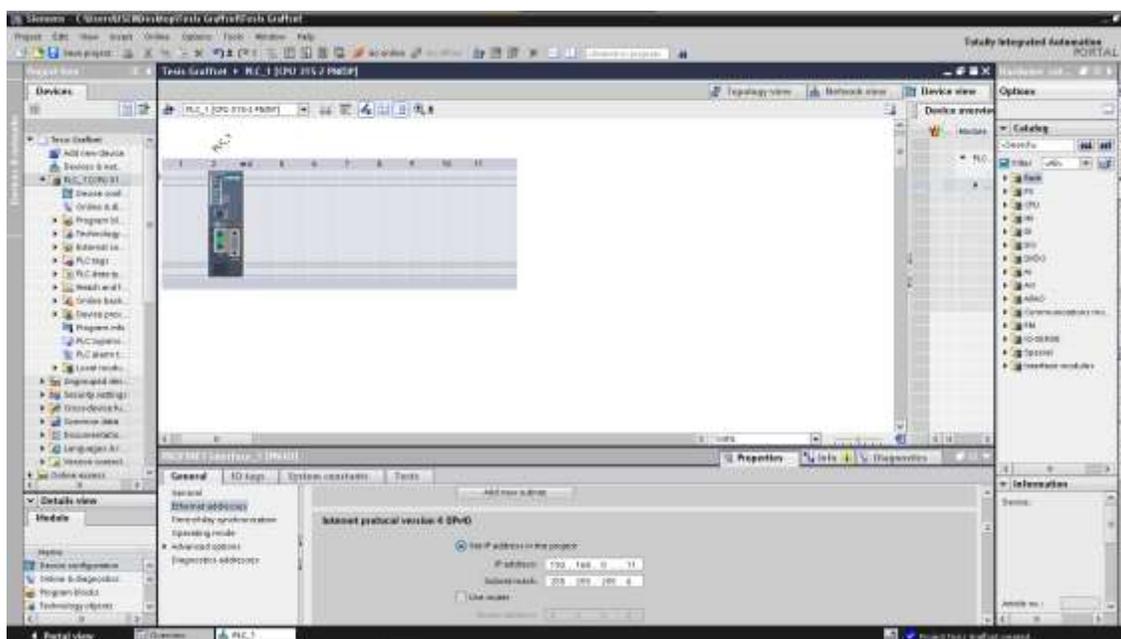


Nota. Esta imagen representa el reconocimiento del PLC por medio del software de programación TIA Portal V17.

Ya que añadimos nuestro CPU debemos poner la dirección de IP de nuestro CPU como se muestra en la figura 36, nos dirigiremos al icono de ethernet dando doble clic y cambiaremos la dirección IP de nuestro CPU el cual es 192. 168. 0. 11.

Figura 36

Configuración del IP dentro del software de programación TIA Portal V17

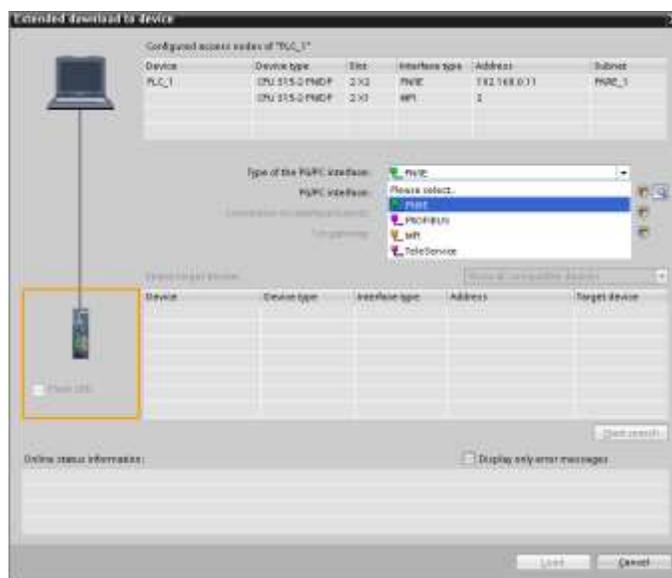


Nota. Esta imagen representa la configuración del IP dentro del software de programación TIA Portal V17.

Ya cambiada la dirección IP de nuestro CPU debemos cargar los cambios a nuestro PLC, el cual desplegará una ventana donde debemos seleccionar la interface PN/IE como se muestra en la figura 6 y ethernet seleccionando la opción que se muestra en la figura 37.

Figura 37

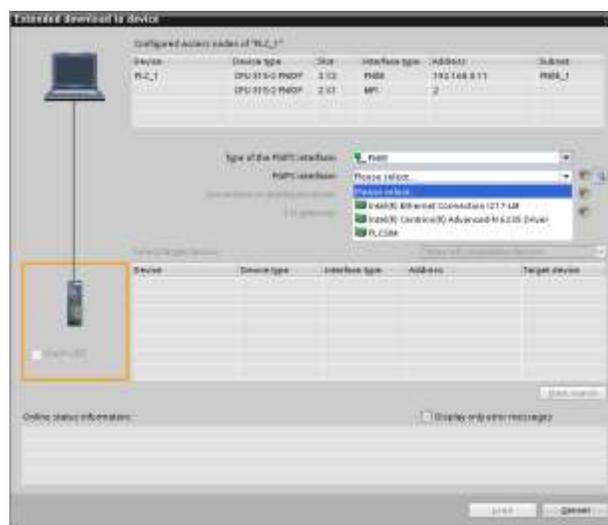
Configuración de la interface para el tipo PG/PC.



Nota. Esta imagen representa la interface para el tipo PG/PC.

Figura 38

Configuración de la interface PG/PC

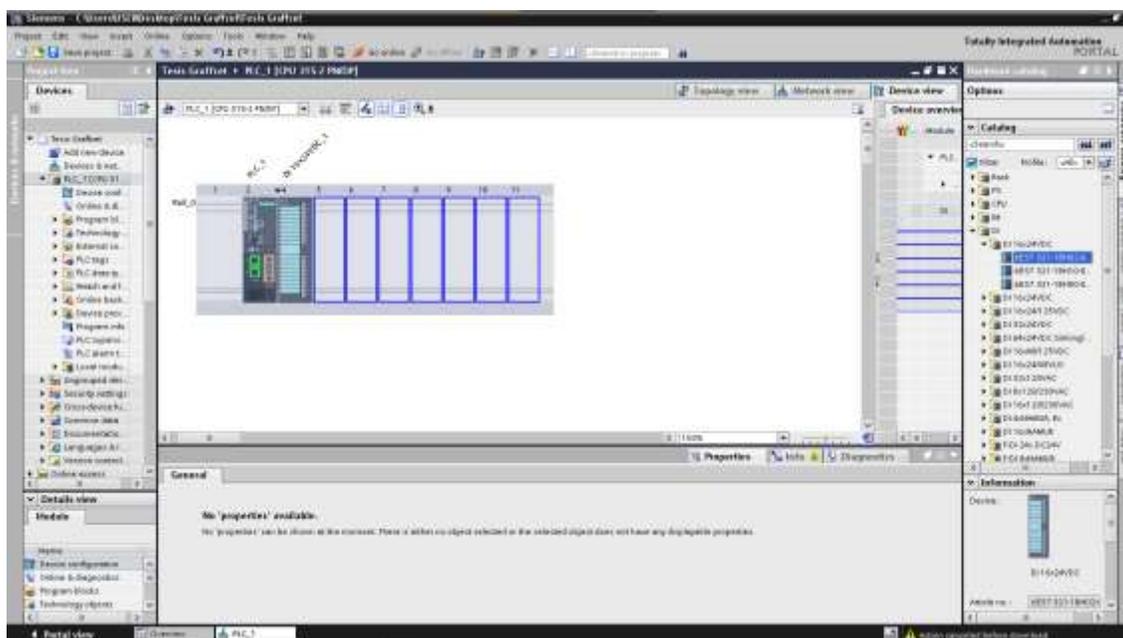


Nota. Esta imagen representa la interface PG/PC.

Ya cargada las configuraciones a nuestro CPU, Añadiremos nuestros módulos de entradas y salidas para la cual nos dirigiremos a catálogos de hardware a la parte superior derecha, donde seleccionaremos la carpeta DI () donde seleccionaremos el modelo de nuestro módulo de entradas con el número de serie correspondiente 6S7321 1BH02 0AA0, le damos doble clic y no aparecerá en la pantalla principal. Así mismo en el caso de las salidas digitales debemos seleccionar la carpeta DO y escoger nuestro módulo con su número de serie 6ES7 322 1BL00 0AA0 y daremos doble clic para añadirlo como hicimos con el módulo de entradas.

Figura 39

Selección del módulo de entradas digitales

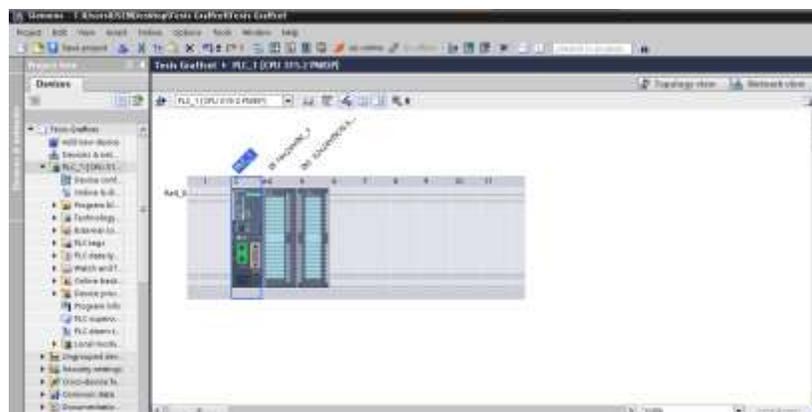


Nota. Esta imagen representa la selección del módulo de entradas digitales.

Una vez añadidos los módulos a nuestra pantalla principal volvemos a cargar seleccionando la carpeta del PLC y dando clic en el ícono cargar dispositivo como se observa en la figura 40.

Figura 40

Selección del módulo de salida digitales



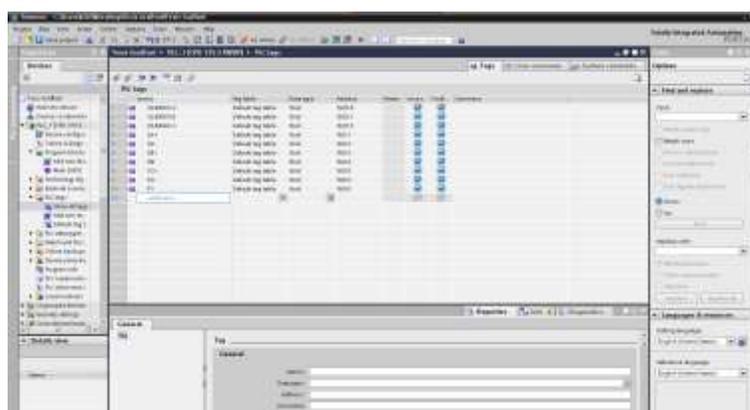
Nota. Esta imagen representa la selección del módulo de salidas digitales

Programación con lógica Grafcet con el software TIA Portal V17

Se designa las etiquetas de las entradas y salidas en la carpeta PLC tags en la opción show all tags, para desarrollar la programación, figura 41.

Figura 41

Designación de etiquetas E/S digitales para la programación en el software TIA Portal

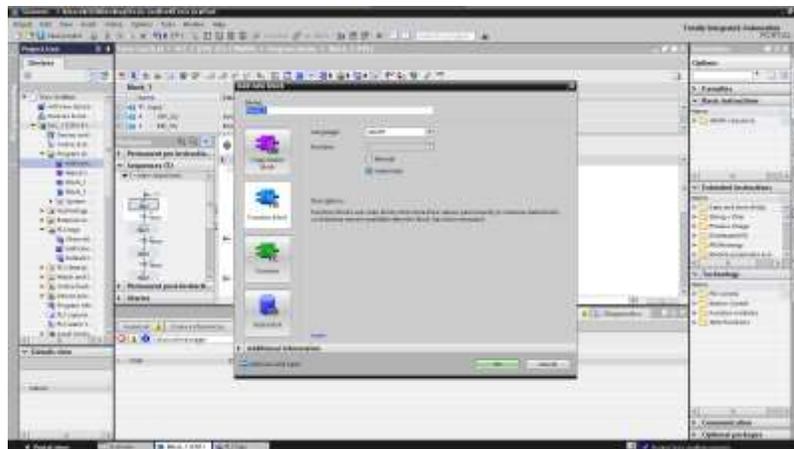


Nota. Esta imagen representa la designación de etiquetas de entradas y salidas digitales para la programación en el software TIA Portal V17.

Nos dirigimos al entorno para desarrollar la programación de la secuencia de nuestros cilindros en la carpeta program block, añadimos un nuevo bloque de función y seleccionamos el lenguaje Graph.

Figura 42

Entorno para desarrollar la programación en lenguaje GRAFCET

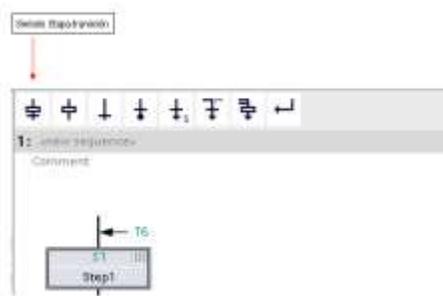


Nota. Esta imagen representa el entorno para desarrollar la programación en lenguaje GRAFCET.

Ya creado el bloque se aparecerá la pantalla del entorno del lenguaje GRAFCET donde empezaremos a añadir nuestras etapas y transiciones donde para colocarlos, nos dirigimos a la parte superior y nos ubicamos en el símbolo de etapa dando doble clic.

Figura 43

Entorno de programación en lenguaje GRAFCET

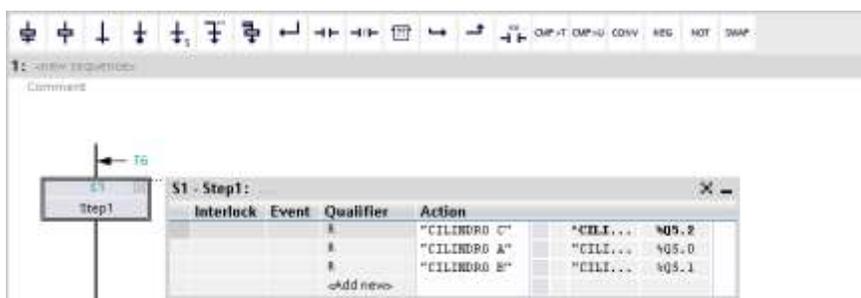


Nota. Esta imagen representa el entorno de programación en lenguaje GRAFCET.

Dar clic en los puntos ubicados a lado de la letra S1 de nuestra etapa, donde seleccionaremos nuestras acciones en este caso para la secuencia. Pondremos que nuestros 3 cilindros empiecen desactivados ubicados en **Qualifier** la letra **R** y en **Action** la etiqueta de los cilindros.

Figura 44

Entorno de programación GRAFCET

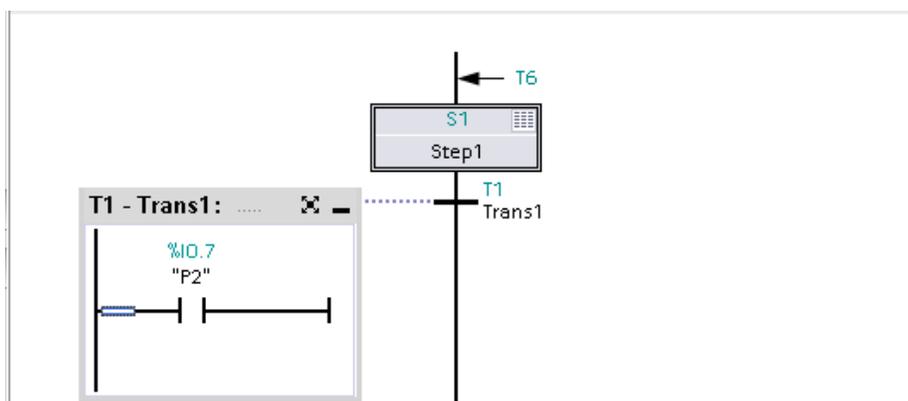


Nota. Esta Imagen representa el entorno de programación en lenguaje GRAFCET

Para la transición, clic en abrir transición y ubicar un contacto abierto asociado al pulsador P2 el cual es la condición para activar la siguiente etapa.

Figura 45

Entorno de programación en lenguaje GRAFCET



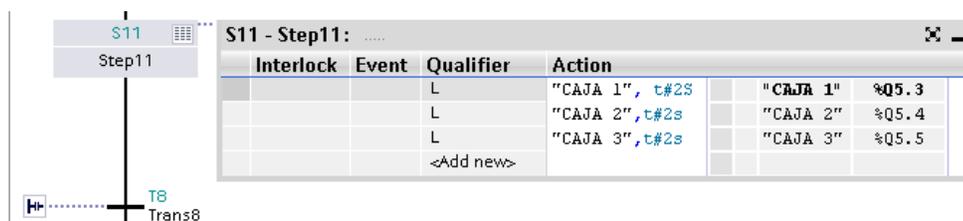
Nota. Esta imagen representa el entorno de programación GRAFCET

Añadir nuevamente el símbolo etapa-transición, dar clic en los puntos ubicados a lado de la letra S11 de la etapa, para seleccionar las acciones y cualidades. En Qualifier seleccionar

la letra **L** (Encendido por un límite de tiempo) y en **Action** las etiquetas de las cajas y establecemos el tiempo de activación por **t#2s**.

Figura 46

Entorno de programación GRAFCET



Nota. Esta imagen representa el entorno de programación GRAFCET

En la transición de la siguiente etapa añadimos un contacto normalmente Abierto asociado al pulsador P1.

Figura 47

Entorno de programación en lenguaje GRAFCET



Nota. Esta imagen representa el entorno de programación en lenguaje GRAFCET

Nuevamente añadimos una nueva etapa y transición, donde el las acciones de la nueva etapa pondremos el Qualifer la letra **D** (retardo a la conexión) y Action el cilindro A con un tiempo de t#5s. Para la transición arrastrar un contacto normalmente Abierto asociado al **SA+**.

Figura 48

Entorno de programación en lenguaje GRAFCET



Nota. Esta imagen representa el entorno de programación de lenguaje GRAFCET

En la siguiente etapa, las acciones serán en Qualifier seleccionaremos **R** para el cilindro A, **R** para el cilindro C y **S** para el cilindro B y como transición un contacto normalmente Abierto de **SB+**.

Figura 49

Entorno de programación en lenguaje GRAFCET



Nota. Esta imagen representa el entorno de programación en lenguaje GRAFCET

Para la etapa S7 en Qualifier pondremos la letra **L** para el cilindro C con un tiempo **t#5s** y **N** (encendido solo cuando la etapa este encendida) para el cilindro B y transición con un contacto Abierto asociado a **SC+**.

Figura 50

Entorno de programación en lenguaje GRAFCET



Nota. Esta Imagen representa el entorno de programación en lenguaje GRAFCET

En la etapa **S12** en Qualifier seleccionar la letra **S** y action con el cilindro C y en la transición podremos un timer con un tiempo de **t#5s**.

Figura 51

Entorno de programación en lenguaje GRAFCET



Nota. Esta imagen representa el entorno de programación en lenguaje GRAFCET.

Conexión del PLC SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP y el módulo Electroneumática

Se debe conectar cable calibre 22 AWG flexible a las entradas ya seleccionadas de nuestro PLC, Figura X, y los mismo con las salidas en este Q5.0, Q5.1 Y Q5.2 el representa a nuestros cilindros doble efecto.

Esquema de conexión entradas digitales

Figura 52

Esquema de conexión de entradas digitales

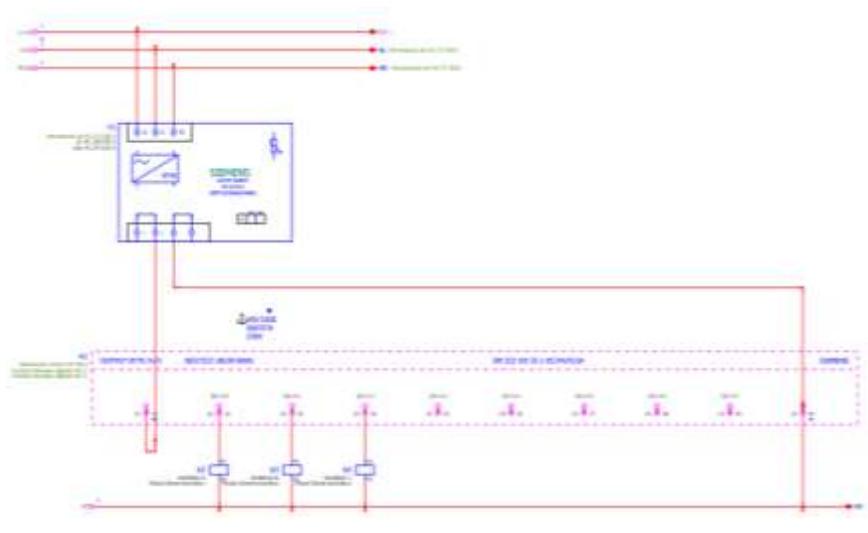


Nota. Esta imagen representa el esquema de conexión de las entradas digitales para la práctica en el módulo de electro neumática.

Esquema de conexión salidas digitales

Figura 53

Esquema de conexión de las salidas digitales



Nota. Esta imagen representa el esquema de conexión de las salidas digitales para la práctica en el módulo de electroneumática.

Para la conexión de los cilindros doble efecto del módulo de electroneumática se conectó la electroválvula principal al positivo y negativo de la fuente 24V y se alimenta el positivo de las electroválvulas de los cilindros doble efecto A, B Y C.

Conexión TIA PORTAL V17 y Factory IO

Para Visualizar de una forma más industrial se crea una escena en el Software Factory IO, enlazando el módulo electroneumático, TIA Portal V17 y el PLC S7 300.

Figura 54

Escena creada en el software Factory I/O



Nota. Esta imagen representa la escena creada en el software Factory I/O.

Para comunicar el PLC con Factory IO se debe configurar. Nos dirigimos a Factory IO en la parte superior izquierda damos clic en la opción archivo en driver. Figura 55.

Figura 55

Configuración del PLC S7 300 mediante el software Factory I/O

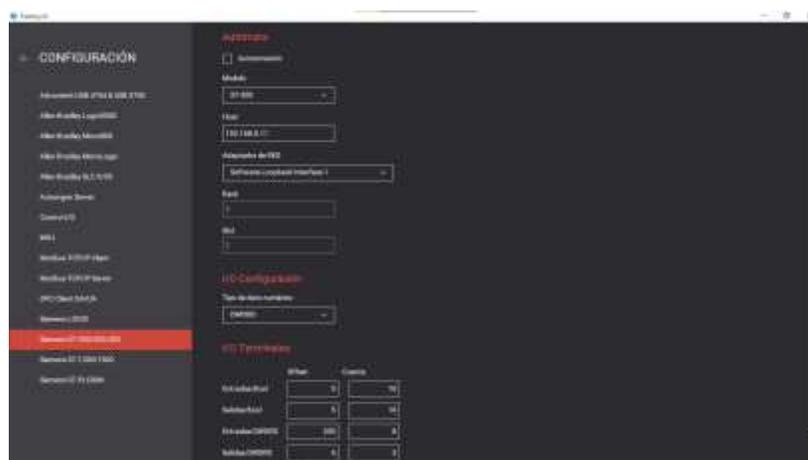


Nota. Esta imagen representa la configuración del PLC S7 300 mediante el software Factory I/O.

Se realiza la configuración del PLC seleccionando las características del mismo y conecta, Figura 56.

Figura 56

Configuración del IP en Factory I/O



Nota. Esta imagen representa la configuración del IP y la interface de comunicación del PLC S7 300 mediante el software Factory I/O.

Interfaz TIA PORTA V17 y HMI

Para un proceso de manera más automática se crea una interfaz con TIA Portal V17 para el manejo del módulo de electroneumática mediante el HMI.

Seleccionar un nuevo dispositivo en (ADD NEW DEVICE), y buscar la carpeta SIMATIC HMI application donde se selecciona la subcarpeta Win CC RT advanced, Figura 57.

Figura 57

Selección del HMI en el software de programación TIA Portal V17

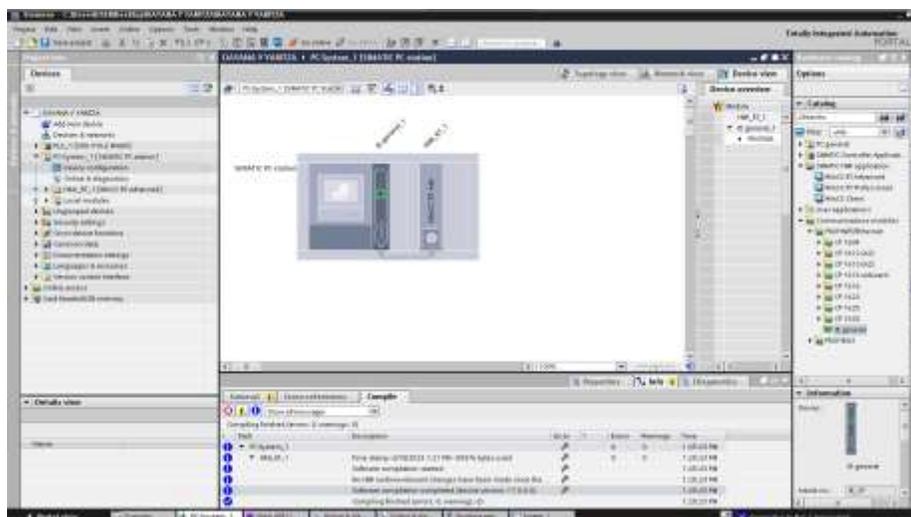


Nota. Esta imagen representa la selección del HMI en el software de programación TIA Portal V17.

En la pantalla principal se presenta el HMI, donde nos dirigiremos a catálogo de Hardware seleccionando la carpeta WinCC RT Advanced y daremos clic en la sub carpeta device seleccionando el WIN CC. Para la comunicación seleccionamos la carpeta Communications modules, dando clic en la subcarpeta PROFINET/ETHERNET, en IE general.

Figura 58

Configuración del HMI en el software de programación TIA Portal V17

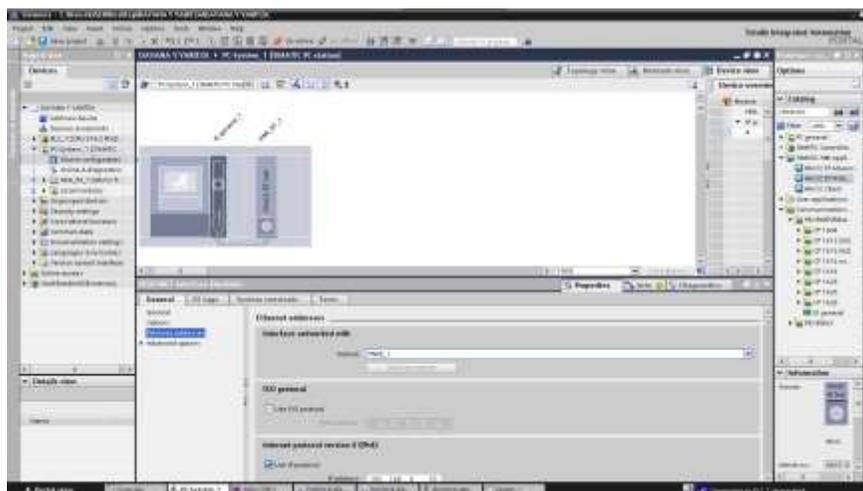


Nota. Esta imagen representa la Configuración del HMI en el software de programación TIA Portal V17

La comunicación ethernet se va a modifica la interface del networked poniendo el subnet PN/IE_1, y se configura la IP seleccionando la IP de nuestra PC.

Figura 59

Configuración del IP de la PC para la comunicación del HMI



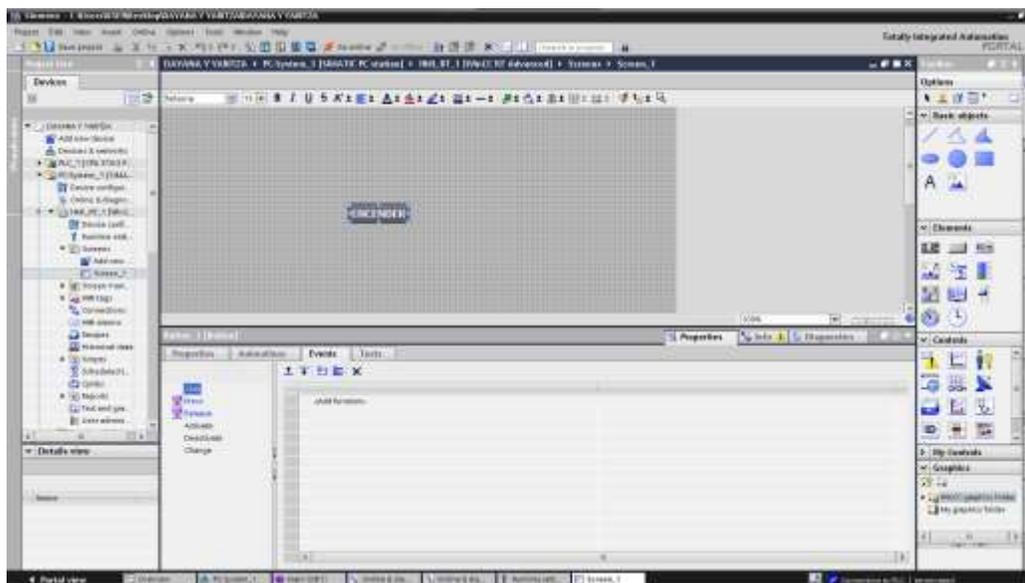
Nota. Esta imagen representa configuración del IP de la PC para la comunicación del HMI

En el lenguaje de programación se debe añadir un contacto abierto con el tag M0.0, para luego cargarlo al PLC y se genere la interfaz con el HMI.

Se diseña el HMI donde para diseñar y configurar nuestro HMI se debe seleccionar la carpeta Screen y agregar uno nuevo, ya en la pantalla del nuevo screen lo modificamos, añadiendo un botón el cual será nuestro inicio del sistema.

Figura 60

Diseño y configuración del HMI en el software de programación TIA Portal V17

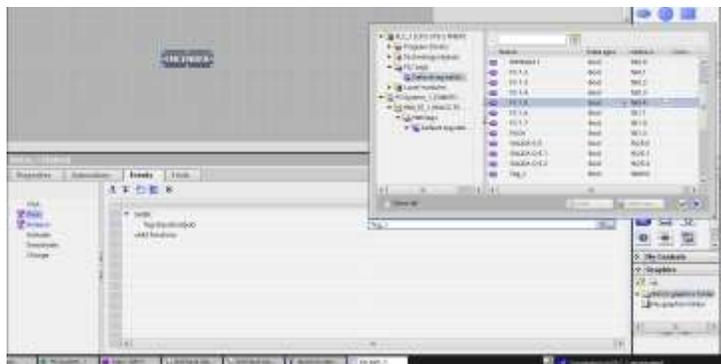


Nota. Esta imagen representa el diseño y configuración del HMI en el software de programación TIA Portal V17

Para configurar el botón vamos al icono eventos donde nos aparecerá todas las funciones para programarlo, se selecciona la función Press donde nos ubicamos en la barra y seleccionamos edit bit, setbit en la siguiente barra nos dirigimos a los 3 puntos, donde nos ubicaremos en los Tag del PLC, seleccionando el tag M0.0, y para desactivarlo nos dirigiremos a la función release seleccionamos edit, resetbit y pondremos el mismo tag.

Figura 61

Configuración del HMI

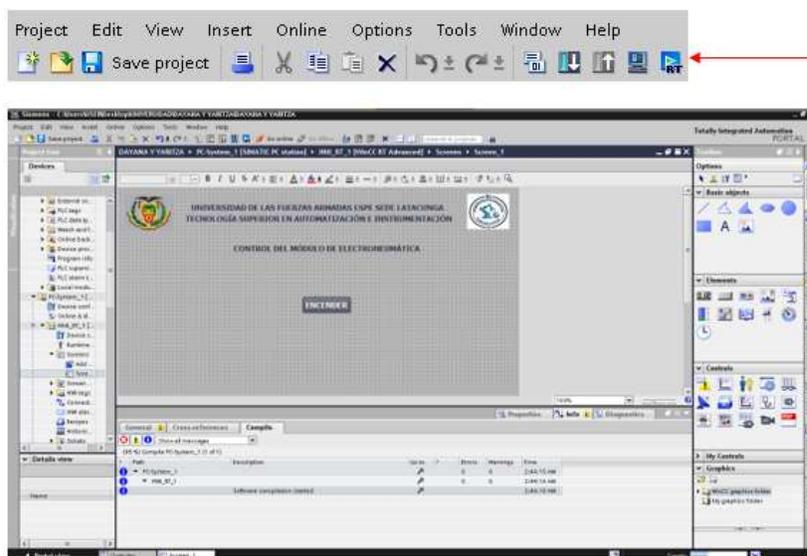


Nota. Esta imagen representa la configuración del HMI.

Ya realizados todos los pasos anteriores se deberá seleccionar la carpeta PC-System_1 y cargaremos el archivo en RT donde se presentará la pantalla del HMI y podremos activar nuestra secuencia en el módulo electroneumático.

Figura 62

Presentación del HMI

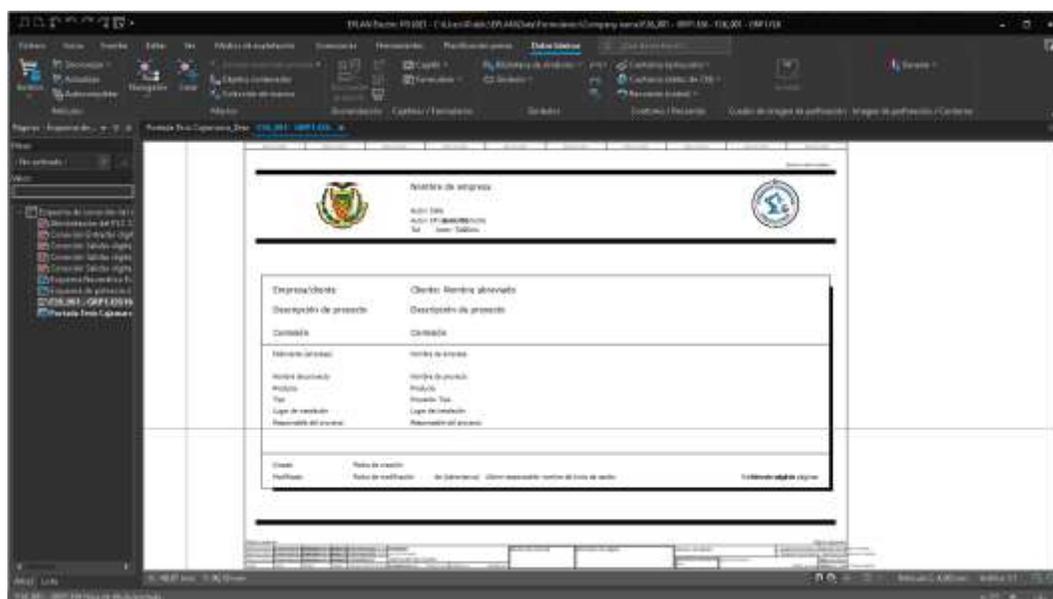


Nota. Esta Imagen representa la pantalla del HMI en el software de programación TIA Portal V17.

En la parte derecha se nos aparecerá el formulario que se realizó la copia, en este se podrá modificar, añadir imágenes, texto, eliminar, etc. Aquí se le podrá modificar al gusto del usuario.

Figura 66

Diseño de la portada

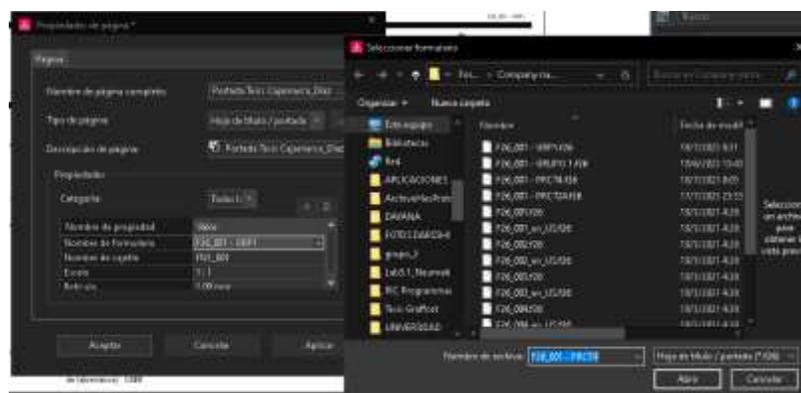


Nota. La imagen representa el diseño de la portada.

Ya modificado el formulario cerrar e ir a la portada, damos clic derecho sobre la portada y ponemos en propiedades y nos dirigirse al nombre de formulario, dar clic en la flecha y seleccionar, examinar y buscar el nombre de nuestro formulario, abrir y finalmente aceptar. Terminado este proceso se aplicará todos los cambios de nuestra portada.

Figura 67

Configuración de los parámetros para el diseño de la portada



Nota. La imagen representa la configuración de los parámetros para el diseño de la portada.

Insertar las macros de nuestros dispositivos (fuente de alimentación, PLC S7 300, módulo de entradas y salidas), nos dirigimos a la página de la marca y ponemos el número de la serie de nuestro dispositivo, lo buscamos y damos clic en la imagen del producto y seleccionamos la opción de EPLAN donde nos dará el macro de nuestro dispositivo.

Figura 68

Aplicación de macros

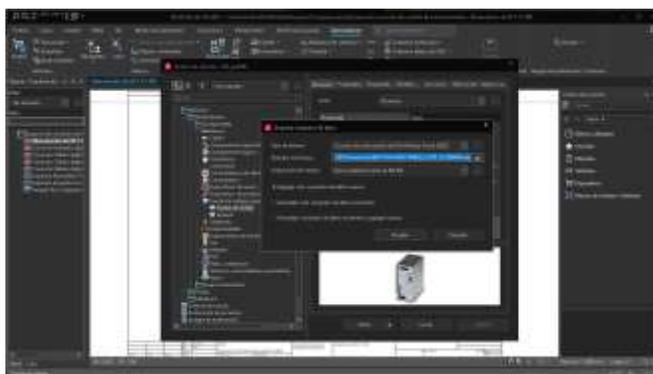


Nota. La imagen representa la aplicación de macros para el software EPLAN P8.

Agregar el macro en nuestro software EPLAN ELECTRIC P8, nos dirigimos datos básicos, gestión, extras e importamos, buscamos el archivo que descargamos del macro seleccionamos aceptar.

Figura 69

Aplicación de macros

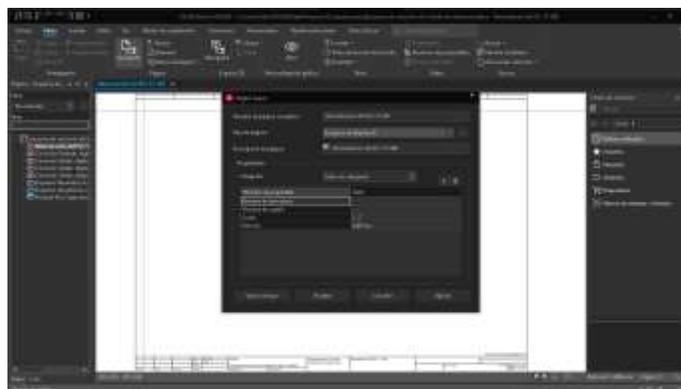


Nota. La imagen representa la aplicación de macros para el software EPLAN P8.

Agregar una nueva página tipo esquema multipolar para realizar el esquema de alimentación del PLC.

Figura 70

Configuración del esquema para el diseño

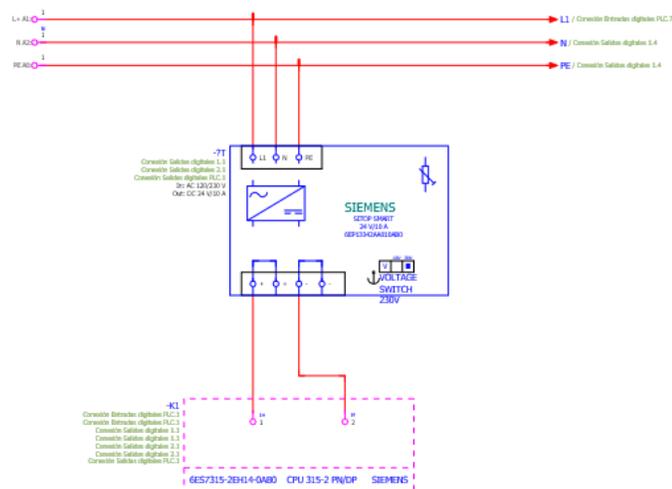


Nota. La imagen representa la configuración del esquema para el diseño.

Buscamos nuestra fuente de alimentación en la opción centro de inserción, dispositivo, electrotecnia, componente, fuente de voltaje y generador, fuente de voltaje, siemens AG, seleccionamos nuestra fuente en este caso (**SIE.6EP1334-2AA01-0AB0**) y lo arrastramos a nuestra página. De la misma forma seleccionamos nuestro PLC S7 300 que lo buscaremos en dispositivo, electrotecnia, componente, PLC, general, SIE y escogemos nuestro dispositivo (**SIE.6ES7315-2EH14-0AB0**), lo arrastramos a la página y empezamos con la conexión.

Figura 71

Diseño eléctrico de la fuente y PLC

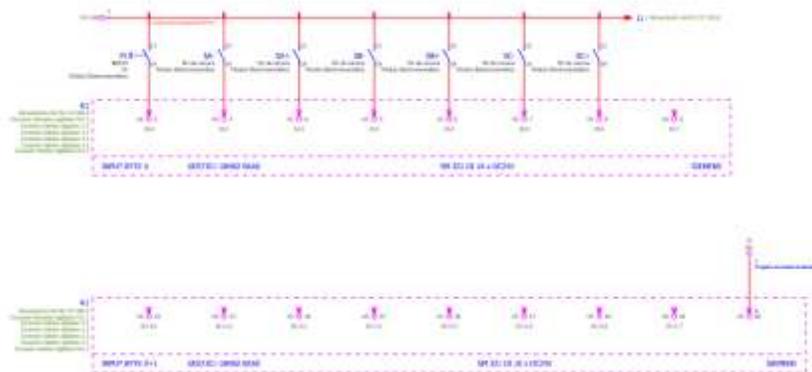


Nota. La imagen representa el diseño eléctrico de la fuente con el PLC.

Crear una nueva página para el esquema de conexión al módulo de entradas digitales el cual nos dirigimos a centro de inserción, dispositivo, electrotecnia, componente, PLC, general, SIE, seleccionamos nuestro módulo de entradas en este caso (**SIE.6ES7321-1BH02-0AA0**) y lo arrastramos a la página y realizamos las conexiones correspondientes.

Figura 72

Diseño eléctrico de las entradas digitales

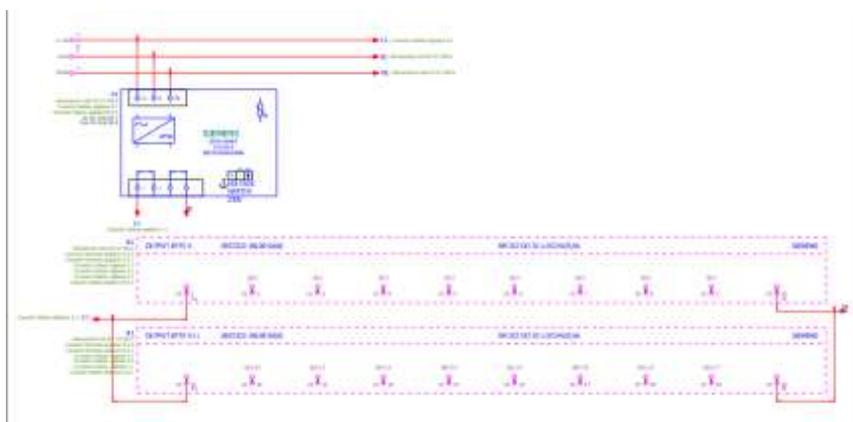


Nota. La imagen representa el diseño eléctrico de las entradas digitales

Crear una nueva página para el esquema de conexión al módulo de salidas digitales el cual nos dirigimos a centro de inserción, dispositivo, electrotecnia, componente, PLC, general, SIE, seleccionamos nuestro módulo de entradas en este caso (**SIE.6ES7322-1BL00-0AA0**) y lo arrastramos a la página y realizamos las conexiones correspondientes.

Figura 73

Diseño eléctrico de las salidas digitales

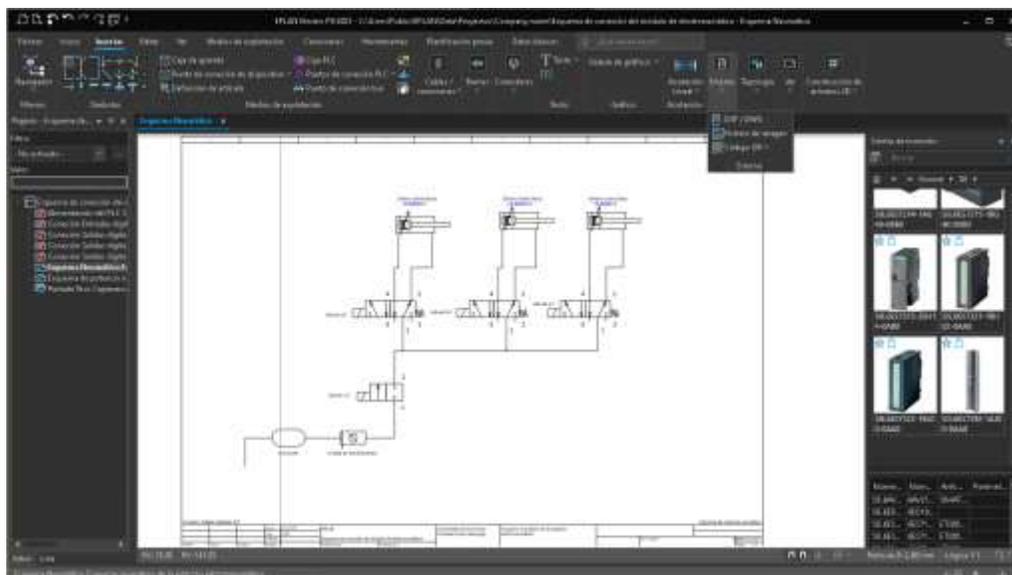


Nota. La imagen representa el diseño eléctrico de las salidas digitales.

Crear una nueva página tipo esquema fluido para realizar el esquema neumático, se lo puede realizar de dos formas en este caso utilizamos el software Fluidsim en el cual realizamos el esquema y lo exportamos de forma DXF y lo importamos a nuestro software ECAD EPLAN ELECTRIC P8, para ello nos dirigimos a la parte superior, insertar, en el icono externo, seleccionamos DXF y abrimos nuestro archivo exportado de Fluidsim.

Figura 74

Esquema neumático



Nota. La imagen representa el esquema neumático.

Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se realizó una secuencia en lenguaje de programación GRAFCET desarrollado en el software TIA Portal, para el accionamiento de 3 cilindros neumáticos de doble efecto, mediante el PLC S7 300 y el módulo de electroneumática.
- Con la secuencia realizada se creó una escena con actuadores neumáticos en el software Factory IO para que interactúen con el módulo de electroneumática mediante el PLC S7 300.
- Se creó una interfaz HMI para el control del módulo de electroneumática por medio del controlador S7 300.
- Se realizaron planos del diagrama de conexionado del PLC S7 300 con los módulos de entradas y salidas en el software EPLAN P8, para así mantener un registro de las conexiones realizadas.

Recomendaciones

- Verificar que las conexiones sean correctas y que todos los cables se encuentren en buen estado para así evitar errores en el funcionamiento del módulo de electroneumática.
- Verificar y colocar la IP del PLC S7 300 correctamente en el software TIA Portal V17 para permitir la comunicación entre ambos.
- Para configurar el HMI es importante obtener la dirección IP del ordenador para que ambos se reconozcan y establezcan una conexión adecuada.
- Purgar el compresor cada vez que las prácticas de laboratorio se hayan culminado, para evitar que el tanque del compresor se llene de agua y pueda existir algún daño en el equipo.

Bibliografía

ADJ. (2008). Obtenido de <https://adjditec.com/es/productos/cilindro-neumatico-redondo-smc-cd85n25-50-b-accion-doble>

AS, R. (1 de Mayo de 2021). *Automatización Industrial*. Obtenido de <https://automatizacioncavanilles.blogspot.com/2021/05/programacion-sfc-graph-en-tia-portal.html>

Aula 21. (2023). Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/tia-portal/>

BlogSEAS. (22 de Agosto de 2019). Obtenido de <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>

Brr. (2022). Obtenido de <https://brr.mx/electroneumatica-que-es-y-como-funciona/>

DECENNIAL. (2022). Obtenido de <https://decennial.es/eplan-que-se-puede-hacer-con-herramienta/#:~:text=Un%20ePlan%20es%20un%20programa,m%C3%A1quinas%20y%20sistemas%20de%20planta.>

Distretec. (2020). Obtenido de <https://www.distretec.com.ar/que-es-una-electrovalvula-y-para-que-sirve/>

Draco Robotic. (11 de Abril de 2021). Obtenido de <https://draco-robotic.com/interruptores-conmutadores-y-pulsadores/>

Emagister. (9 de Diciembre de 2021). Obtenido de <https://www.emagister.com/blog/que-son-los-buses-de-comunicacion/>

FESTO. (2023). Obtenido de <https://www.festo.com/tw/en/a/170248/>

Gabriel. (16 de Junio de 2022). *Industriales Andes*. Obtenido de

<https://industrialesandes.co/blog/post/simbologia-neumatica-mantenimiento-y-medicion-.html>

Gea, J. M. (02 de Marzo de 2006). *Autómatas*. Obtenido de

<https://www.automatas.org/redes/grafcet.htm>

GM Electrónica. (s.f.). Obtenido de <https://gmelectronica.com.ar/modulos-digitales-de-entrada-salida/>

GSL Industrias. (31 de Mayo de 2021). Obtenido de [https://industriasgsl.com/blogs/blog/plc-](https://industriasgsl.com/blogs/blog/plc-siemens#:~:text=El%20PLC%20es%20un%20dispositivo,de%20manera%20rápida%20y%20segura.)

[siemens#:~:text=El%20PLC%20es%20un%20dispositivo,de%20manera%20rápida%20y%20segura.](https://industriasgsl.com/blogs/blog/plc-siemens#:~:text=El%20PLC%20es%20un%20dispositivo,de%20manera%20rápida%20y%20segura.)

Helloauto. (2023). *Helloauto*. Obtenido de

<https://helloauto.com/glosario/compresor#:~:text=Un%20compresor%20es%20una%20máquina,y%20todo%20tipo%20de%20gases.>

Impexumation. (2022). Obtenido de <https://impexumation.com/?a=6071&lang=eng>

Laumayer. (14 de Diciembre de 2020). Obtenido de [https://laumayer.com/novedades-y-](https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/2020-diciembre/generalidades-finales-carrera-principales-usos/#:~:text=Un%20final%20de%20carrera%20o,elemento%20móvil%20mediante%20accionamiento%20mecánico.)

[publicaciones/2020-diciembre/generalidades-finales-carrera-principales-usos/#:~:text=Un%20final%20de%20carrera%20o,elemento%20móvil%20mediante%20accionamiento%20mecánico.](https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/2020-diciembre/generalidades-finales-carrera-principales-usos/#:~:text=Un%20final%20de%20carrera%20o,elemento%20móvil%20mediante%20accionamiento%20mecánico.)

MEGATRONICA. (2023). Obtenido de <https://megatronica.cc/producto/final-de-carrera-16a-250v-switch-con-palanca/>

OMEGA. (2003). Obtenido de [https://es.omega.com/prodinfo/galgas-de-](https://es.omega.com/prodinfo/galgas-de-presion.html#:~:text=Un%20man%C3%B3metro%20de%20presi%C3%B3n%20es,estado%20en%20uso%20durante%20d%C3%A9cadas.)

[presion.html#:~:text=Un%20man%C3%B3metro%20de%20presi%C3%B3n%20es,estado%20en%20uso%20durante%20d%C3%A9cadas.](https://es.omega.com/prodinfo/galgas-de-presion.html#:~:text=Un%20man%C3%B3metro%20de%20presi%C3%B3n%20es,estado%20en%20uso%20durante%20d%C3%A9cadas.)

- Ortiz, E. V. (19 de Julio de 2014). *Informe MK2013A*. Obtenido de <http://infmtk2013aeduivilort8211.blogspot.com/2014/07/cilindros-neumaticos.html>
- Portal, T. (2023). Información del sistema .
- QBPROFE. (31 de Julio de 2021). Obtenido de <https://www.qbprofe.com/automatizacion-instrumentacion-industrial/rele-o-relay/>
- RS. (s.f.). Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/p/valvulas-neumaticas-de-accionamiento-electrico/8393066>
- RS. (2020). Obtenido de <https://export.rsdelivers.com/es/product/festo/dsnu-16-100-pps-a/cilindro-neumatico-festo-dsnu-16-100-pps-a-doble/1214709>
- Shoptronica. (2022). Obtenido de <https://www.shoptronica.com/curiosidades-tutoriales-y-gadgets/4079-que-son-los-interruptores-pulsadores-conmutadores-0689593950512.html>
- Solé, A. C. (2007). Marcombo S.A. En *Neumática e Hidráulica* (pág. 407). España: www.FreeLibros.me. Obtenido de ediciones técnicas.
- TAMESON. (2023). *TAMESON*. Obtenido de <https://tameson.es/pages/valvula-neumatica-de-5-2-y-4-2-vias-como-funcionan#:~:text=las%20válvulas%20de%205%2F2%20vías%20se%20utilizan%20para%20accionar,para%20moverse%20en%20ambas%20direcciones.>
- Tarin, C. (2018). *Aeromaquinados*. Obtenido de Maquinaria Industrial: <https://aeromaquinados.com/compresor-de-aire-como-funciona/>
- Tornero, M. J., & Rodríguez Fernández, A. J. (s.f.). *Actuadores Neumaáticos*. 5° Ingeniería Industrail.

Anexos