



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE PRÁCTICA PROFESIONAL

FALCON INGENIERÍA

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21511035 MARCO TULIO CASTILLO GEORGE

21611003 VÍCTOR KALEB LARA TURCIOS

ASESOR: ALBERTO MAX CARRASCO

CAMPUS: SAN PEDRO SULA; ENERO, 2021

DERECHOS DE AUTOR

©Copyright 2021

MARCO TULIO CASTILLO GEORGE Y VICTOR KALEB LARA TURCIOS

Todos los derechos son reservados

EPIGRAFE

*La historia de las ciencias nos demuestra que las teorías son perecederas.
Con cada nueva verdad revelada, tenemos una mejor comprensión de la
naturaleza y nuestras concepciones, y nuestros puntos de vista, se
modifican*

-Nikola Tesla-

RESUMEN EJECUTIVO

Falcon Ingeniería es una empresa integradora que surgió en Honduras en 1998, la empresa desarrolla proyectos en toda la región Centroamericana y el Caribe llevando la tecnología actualmente disponible de muchos fabricantes de equipos y sistemas como ser Siemens y Schneider Electric. Para la realización de esta practica profesional se realizó en diferentes etapas de forma cronológica. Estas etapas se dividieron en 9 semanas en las que se realizaron diferentes actividades que se asignaron. Por ello se busca aplicar todos los conocimientos adquiridos en el desarrollo, diseño e implementación de estos proyectos de automatización industrial. Entre las actividades de mayor importancia que se hicieron se puede mencionar el investigar cómo utilizar el programa de EcoStruxure de Schneider Electric, también se realizó el armado e instalación de diferentes paneles eléctricos industriales para el control de bombas de diferentes potencias.

Palabras Clave: Automatización industrial, Falcon Ingeniería, Schneider Electric, Siemens.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	2
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	2
2.1.1 VISIÓN	3
2.1.2 MISIÓN	3
2.1.3 PRINCIPIOS Y VALORES.....	3
2.1.4 POLÍTICA DE CALIDAD.....	4
2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD	4
2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO.....	4
2.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	6
3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	6
3.2 SIEMENS.....	9
3.2.1 HISTORIA	10
3.2.2 PROGRAMACIÓN	11
3.2.2.1 BLOQUE DE ORGANIZACIÓN.....	12
3.2.2.2 FUNCIONES	13
3.2.2.3 BLOQUES DE FUNCIÓN Y BLOQUES DE INSTANCIA	13
3.2.2.4 BLOQUES DE DATOS GLOBALES	14
3.2.2.5 BLOQUES LÓGICOS APTOS PARA LIBRERÍA.....	15
3.3 SCHNEIDER.....	15

3.3.1 HISTORIA	16
3.3.2 ECOSTRUXURE MACHINE EXPERT	17
3.3.2.1 FUNCIÓN ELEMENTAL (EF)	18
3.3.2.2 BLOQUE DE FUNCIONES ELEMENTALES (EFB)	18
3.3.2.3 BLOQUE DE FUNCIONES DERIVADO (DFB)	19
3.3.2.4 PROCEDIMIENTO	19
3.4 ESTÁNDARES PARA INSTALACIÓN DE PANELES ELÉCTRICOS	19
CAPÍTULO IV. DESARROLLO	22
4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	22
4.1.1 SEMANA 1	22
4.1.2 SEMANA 2	26
4.1.3 SEMANA 3	29
4.1.4 SEMANA 4	32
4.1.5 SEMANA 5	34
4.1.6 SEMANA 6	37
4.1.7 SEMANA 7	40
4.1.8 SEMANA 8	41
4.1.9 SEMANA 9	44
4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	48
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	50
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-Logo Falcon ingeniería	2
Ilustración 2-Robots industriales y colaborativos.....	8
Ilustración 3-Eventos de arranque en el sistema operativo y llamadas de OB	13
Ilustración 4-Sistema de llenado de tanques	23
Ilustración 5-Variables del sistema de llenado de tanques.....	24
Ilustración 6-Sistema de llenado de tanques hasta 50 tanques.....	25
Ilustración 7-Sistema de llenado de tanques final	26
Ilustración 8-Cálculo de volumen de tanques	27
Ilustración 9-Sistema de alarma	28
Ilustración 10-Bloques de programación en TIA Portal	28
Ilustración 11-Bloques de programación en EcoStruxure Machine Expert.....	29
Ilustración 12-Bloque de banda transportadora.....	30
Ilustración 13-Programación de banda transportadora Schneider	31
Ilustración 14-Bloques de función para control de válvula.....	31
Ilustración 15-Programa final para sistema de control de válvulas.....	32
Ilustración 16-Instalación de rieles en los paneles eléctricos.....	33
Ilustración 17-Montaje de panel industrial	34
Ilustración 18-Variador de frecuencia afectado por las inundaciones	35
Ilustración 19-Montaje de los elementos en el panel de control.....	36
Ilustración 20-Panel de control cableado	37
Ilustración 21-Panel de control cableado	38
Ilustración 22-Montaje y cableado.....	39

Ilustración 23-Tamaño final del panel de control.....	39
Ilustración 24-Montaje de variadores de frecuencia	40
Ilustración 25-Montaje HMI y luces en la puerta del panel de control.....	41
Ilustración 26-Montaje final del panel de control	42
Ilustración 27-Panel de control grande finalizado	43
Ilustración 28-Panel de control para 4 bombas	44
Ilustración 29-Estructura de panel de control.....	45
Ilustración 30-Panel de control para motor de vapor.....	46
Ilustración 31-Panel de control para suavizar arranque del motor de 350 HP	47
Ilustración 32-Panel de control para bomba de 7.5 HP	48
Ilustración 33-Cronograma de actividades parte 1.....	49
Ilustración 34-Cronograma de actividades parte 2.....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1-Calibre del Cacable según el consumo del motor	55
--	----

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La empresa Falcon Ingeniería se dedica al diseño, suministro, desarrollo e implementación de proyectos de automatización industrial. Se dedican al desarrollo de Proyectos de Automatización Industrial atendiendo diversas industrias en la región: Generación Eléctrica, Energía, Cemento, Manufactura, Alimentos, Minería, Edificios Inteligentes, etc. Por lo tanto, dentro de estos proyectos se aplican muchas técnicas de automatización y programación de equipos industriales.

Para ello, va a ser necesario aplicar todos los conocimientos adquiridos en el área, en especial, los conocimientos respecto a los controladores lógicos programables (PLC), protocolos de comunicación industrial y el diseño de sistemas de control, junto con su respectiva instalación.

El presente documento fue estructurado de la siguiente manera. Inicialmente, se da una breve introducción de la práctica profesional en Falcon Ingeniería. Posteriormente, se detalla las generalidades de la empresa, incluyendo su misión y visión. Seguidamente, se presenta un marco teórico, en el capítulo 3, donde se presentan los fundamentos que dan sustento a las actividades desarrolladas en el periodo de práctica. En el capítulo 4, se describe detalladamente, las diversas actividades realizadas a lo largo de toda la práctica. Finalmente, se presenta conclusiones y recomendaciones hacia la empresa.

CAPÍTULO II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En el siguiente apartado se dan a conocer algunos de los datos característicos de la empresa Falcon Ingeniería, asimismo se da a conocer tanto su misión como visión y la descripción correspondiente al departamento de acabado.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa Falcon Ingeniería se dedica al diseño, suministro, desarrollo e implementación de proyectos de automatización industrial. Se dedican al desarrollo de Proyectos de Automatización Industrial atendiendo diversas industrias en la región: Generación Eléctrica, Energía, Cemento, Manufactura, Alimentos, Minería, Edificios Inteligentes, etc. Los productos y servicios van desde el suministro de una amplia gama de Instrumentación Industrial, Controladores, PLCs, Terminales de Dialogo, Automatización Industrial, Sistemas SCADA, Sistemas de Información Industrial, Construcción de Paneles Eléctricos, Capacitación, etc. Surgió en Honduras en 1998, hemos desarrollado proyectos en toda la región Centroamericana y el Caribe llevando la tecnología actualmente disponible de muchos fabricantes de equipos y sistemas como ser Siemens, Schneider Electric, Omron, ABB, Honeywell, Wonderware, Kobold, Burkert, Dwyer, Unitronics, etc. (Falcon, 2020)



Ilustración 1-Logo Falcon ingeniería

Fuente: (Falcon, 2020)

2.1.1 VISIÓN

Suministrar Soluciones de Control Industrial mediante Productos y Servicios de Instrumentación, Automatización y Sistemas de Información Industrial, teniendo como prioridad principal la calidad y el servicio, así como la innovación en tecnología y sistemas para brindar la mejor opción a las necesidades de nuestros clientes, con el precio correcto. (Falcon, 2020)

2.1.2 MISIÓN

Constituirnos como líderes en el suministro de soluciones tecnológicas para la Instrumentación, Automatización y Sistemas de Información Industrial, con excelencia en la calidad y servicio. Estar al día con el avance tecnológico y participar en el mercado nacional, centroamericano y global. (Falcon, 2020)

2.1.3 PRINCIPIOS Y VALORES

- 1) Realizar nuestras actividades preservando la vida.
- 2) Respeto por nuestro entorno.
- 3) Responsabilidad en nuestras acciones.
- 4) Congruencia en nuestras operaciones.
- 5) Honestidad en todo momento.
- 6) Lealtad en nuestros negocios.
- 7) Trabajo en equipo.
- 8) Ser líderes y visionarios.
- 9) Innovación
- 10) Actitud positiva.
- 11) Deseo de superacion.
- 12) Confidencialidad. (Falcon, 2020)

2.1.4 POLÍTICA DE CALIDAD

Se respalda la calidad de nuestros servicios por medio de una excelente relación con nuestro cliente, brindándole soluciones personalizadas y acordes a sus necesidades, nos comprometemos a:

- 1) Servicio al cliente con creatividad, innovación y optimismo para cumplir sus requerimientos y expectativas.
 - 2) Mantener abiertos los canales de comunicación para que esta sea sencilla, clara y personalizada.
 - 3) Poner a disposición del cliente todo nuestro conocimiento y maestría técnica para ofrecer un servicio oportuno.
 - 4) Cumplir los plazos acordados para ser una solución óptima al cliente.
 - 5) La investigación y capacitación continua para estar acorde a los avances de tecnología.
- (Falcon, 2020)

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD

El departamento de ingeniería se encarga del desarrollo de diversos tipos de proyectos. El tipo de proyectos que se desarrollan pueden ser un pequeño control discreto, desarrollo de lógicas complejas de control con PLC, automatización de procesos, sistemas SCADA, comunicaciones, etc. Ofreciendo en estos el diseño y desarrollo de la ingeniería, así como las especificaciones y suministro del equipo de instrumentación y control necesarios.

2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Asegurar el correcto desarrollo de los diversos proyectos de automatización que son realizados en Falcon Ingeniería.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Desarrollar programas que se utilizan en diferentes sistemas de automatización en Siemens para elaborar los proyectos necesarios en el ámbito industrial.
- 2) Investigar y desarrollar programas en el software de EcoStruxure de Schneider Electric
- 3) Elaborar diferentes paneles eléctricos industriales para sistemas de control de bombas.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

Es necesario tener una diferente serie de conceptos teóricos, que presenten un sustento para la presente investigación en la práctica profesional. Para ello es necesario el entendimiento de los temas relacionados a la tesis, de tal manera es requerido conocer conceptos relacionados a la industria harinera. La explicación completa de los temas anteriormente mencionados nos permitirá tener una mayor comprensión de la metodología a utilizar y la interpretación de resultados los cuales serán dados a conocer en las siguientes secciones.

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La automatización industrial es el uso de sistemas de control, como computadoras o robots, y tecnologías de la información para manejar diferentes procesos y maquinarias en una industria para reemplazar a un ser humano. Es el segundo paso más allá de la mecanización en el ámbito de la industrialización. (Cucinotta *et al.*, 2009)

Anteriormente, el propósito de la automatización era aumentar la productividad (ya que los sistemas automatizados pueden funcionar las 24 horas del día) y reducir el costo asociado con los operadores humanos (es decir, salarios y beneficios). Sin embargo, hoy en día, el enfoque de la automatización se ha desplazado hacia el aumento de la calidad y la flexibilidad en el proceso de fabricación. En la industria del automóvil, la instalación de pistones en el motor solía realizarse manualmente con una tasa de error del 1-1,5%. Actualmente, esta tarea se realiza mediante maquinaria automatizada con una tasa de error del 0,00001%. (Shell & Hall, 2000)

Menor costo operativo: la automatización industrial elimina los costos de atención médica y las licencias pagadas y las vacaciones asociadas con un operador humano. Además, la automatización industrial no requiere otros beneficios para los empleados como bonificaciones, cobertura de pensiones, etc. Sobre todo, aunque está asociada a un alto costo inicial, ahorra los salarios mensuales de los trabajadores, lo que genera importantes ahorros de costos para la empresa. El costo de mantenimiento asociado con la maquinaria utilizada para la automatización industrial es menor porque no suele fallar. Si falla, solo los ingenieros informáticos y de mantenimiento deben repararlo. (Neumann, 2007)

Aunque muchas empresas contratan a cientos de trabajadores de producción durante hasta tres turnos para hacer funcionar la planta durante el número máximo de horas, la planta aún debe estar cerrada por mantenimiento y vacaciones. La automatización industrial cumple el objetivo de la empresa al permitirle operar una planta de fabricación las 24 horas del día, los 7 días de la semana y los 365 días del año. Esto conduce a una mejora significativa en la productividad de la empresa. (Wollschlaeger *et al.*, 2017)

La automatización alivia el error asociado con un ser humano. Además, a diferencia de los seres humanos, los robots no implican fatiga, lo que da como resultado productos de calidad uniforme fabricados en diferentes momentos. Agregar una nueva tarea en la línea de ensamblaje requiere capacitación con un operador humano, sin embargo, los robots pueden programarse para realizar cualquier tarea. Esto hace que el proceso de fabricación sea más flexible. Agregar la recopilación de datos automatizada puede permitirle recopilar información clave de producción, mejorar la precisión de los datos y reducir los costos de recopilación de datos. Esto le proporciona los hechos para tomar las decisiones correctas cuando se trata de reducir el desperdicio y mejorar sus procesos. La automatización industrial puede hacer que la línea de producción sea segura para los empleados al implementar robots para manejar condiciones peligrosas. (Thomesse, 2005)

En 2021, se estima que la industria de la automatización generará alrededor de 214 mil millones de dólares estadounidenses en todo el mundo. Se espera que el segmento de automatización de procesos supere los 83 mil millones de dólares estadounidenses para 2021. Se espera que el mercado de automatización global crezca considerablemente, particularmente en impresión 3D, inteligencia artificial y drones, cada uno de los cuales se prevé que casi duplique los ingresos globales durante este período de tiempo. La automatización es un factor importante para la mayoría de las industrias modernas, y el desarrollo de software industrial es vital para los campos de la tecnología, la ingeniería y la investigación científica. Se espera que el software industrial por sí solo tenga un valor de 43 mil millones de dólares estadounidenses en 2021. (Vyatkin, 2013)

Al acelerar los procesos y minimizar el error humano, la llegada de la automatización y los dispositivos conectados permite a las industrias innovar y crecer de tamaño con bastante

rapidez. Sin procesos automatizados, las tiendas y los almacenes tendrían dificultades para llenar sus estantes con, por ejemplo, alimentos, medicamentos y computadoras. Mientras que la era industrial consideraba la automatización como proezas de la ingeniería mecánica, la automatización actual está impulsada por los avances en robótica e ingeniería de software. Actualmente, los trabajadores industriales, los investigadores e incluso los burócratas hacen uso del aprendizaje automático y la inteligencia artificial para agilizar su trabajo. (Gupta & Arora, 2013)

La automatización no es solo una tecnología para aumentar la producción y alimentar el crecimiento económico, sino que también actúa como un servicio para la vida doméstica y personal. Anteriormente, muchos productos que utilizaban inteligencia artificial y robótica simplemente no eran asequibles para las masas. Sin embargo, a medida que se desarrollan los sectores, la tecnología se vuelve mejor y más barata. Los automóviles autónomos son un ejemplo destacado de un producto automatizado que se espera que sea ampliamente utilizado una vez que se perfeccione la tecnología. Solo en los EE. UU., Se espera que las ventas anuales de vehículos autónomos alcancen los 4,5 millones de unidades para 2035. (IFR, 2020a)

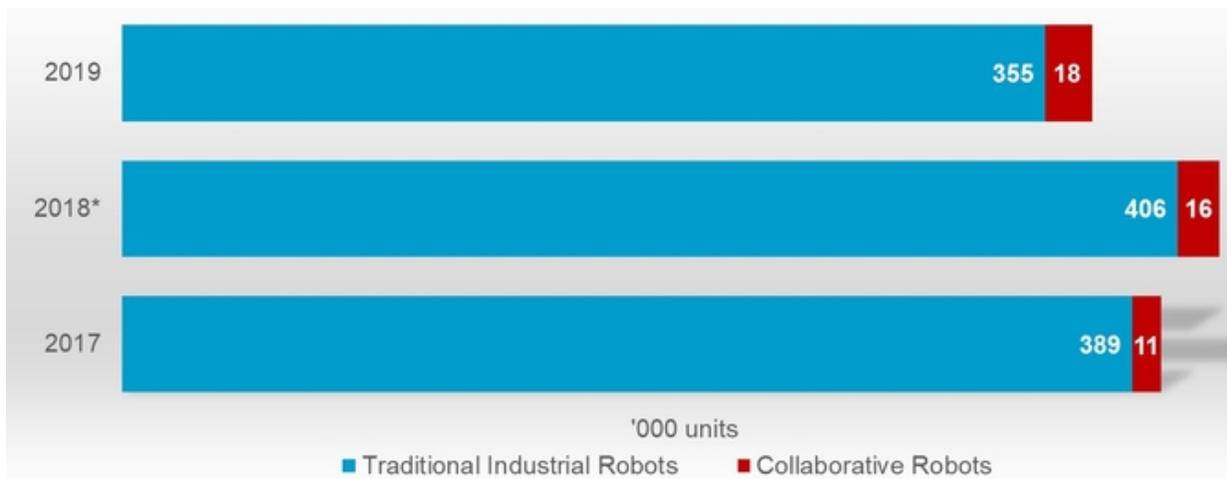


Ilustración 2-Robots industriales y colaborativos

Fuente: (IFR, 2020a)

La adopción de la colaboración entre humanos y robots va en aumento. Se observó que las instalaciones de cobot crecieron un 11%. Este desempeño dinámico de las ventas contrasta con la tendencia general de los robots industriales tradicionales en 2019. A medida que más

proveedores ofrecen robots colaborativos y la gama de aplicaciones aumenta, la cuota de mercado alcanzó el 4,8% del total de 373.000 robots industriales instalados en 2019. Aunque este mercado está creciendo rápidamente, todavía está iniciando. Estados Unidos es el mayor usuario de robots industriales de América, alcanzando un nuevo récord de stock operativo de aproximadamente 293.200 unidades, un aumento del 7%. México ocupa el segundo lugar con 40,300 unidades, que es una ventaja del 11%, seguido de Canadá con aproximadamente 28,600 unidades, más un 2%. (IFR, 2020b)

Las nuevas instalaciones en los Estados Unidos se desaceleraron en un 17% en 2019 en comparación con el año récord de 2018. Aunque, con 33,300 unidades enviadas, las ventas se mantienen en un nivel muy alto, lo que representa el segundo resultado más sólido de todos los tiempos. La mayoría de los robots de EE. UU. Se importan de Japón y Europa. Aunque no hay muchos fabricantes de robots en América del Norte, existen numerosos integradores de sistemas de robots importantes. México ocupa el segundo lugar en América del Norte con casi 4,600 unidades, una desaceleración del 20%. Las ventas en Canadá son del 1% hasta un nuevo récord de alrededor de 3.600 unidades enviadas. El stock operativo número uno de América del Sur se encuentra en Brasil con casi 15.300 unidades, más un 8%. Las ventas se desaceleraron en un 17% con aproximadamente 1.800 instalaciones, que sigue siendo uno de los mejores resultados de la historia, solo superado por envíos récord en 2018. (IFR, 2020a)

3.2 SIEMENS

Siemens es un conglomerado de empresas alemana con sedes en Berlín y Múnich considerada como la mayor empresa de fabricación industrial de Europa con 190 sucursales a lo largo del mundo. Siemens opera en 4 sectores principales: el sector industrial, energético, de salud (Siemens Healthineers) y de infraestructuras y ciudades. La empresa se caracteriza por el desarrollo de equipamiento de diagnóstico médico generando un 12% de beneficios después de su división de automatización industrial. (Gupta & Arora, 2013)

3.2.1 HISTORIA

Siemens AG, en su totalidad *Siemens Aktiengesellschaft*, empresa alemana de fabricación y tecnología energética formada en 1966 mediante la fusión de Siemens & Halske AG (fundada en 1847), Siemens-Schuckertwerke (fundada en 1903) y Siemens-Reiniger-Werke AG (fundada en 1932). Con operaciones en más de 200 países y regiones, se dedica a una amplia gama de fabricación y servicios en áreas como generación y transmisión de energía, gestión de energía, transporte, sistemas de telecomunicaciones e ingeniería médica. La empresa invierte mucho en investigación y desarrollo y se encuentra entre los mayores titulares de patentes del mundo. La sede está en *Munich*. La primera empresa de Siemens, *Telegraphen-Bau-Anstalt von Siemens & Halske* ("Empresa de construcción de telégrafos de Siemens & Halske"), fue fundada en Berlín en 1847 por Werner von Siemens (1816-1892), su primo Johann Georg Siemens (1805- 79) y Johann Georg Halske (1814-1890); su propósito era construir instalaciones de telégrafo y otros equipos eléctricos. Pronto comenzó a extender las líneas telegráficas por Alemania, estableciendo en 1855 una sucursal en San Petersburgo para las líneas rusas y en 1858 una sucursal en Londres para las líneas inglesas, esta última dirigida por el hermano de Werner, William Siemens (1823-1883). A medida que la empresa creció e introdujo la producción en masa, Halske, que estaba menos inclinado a la expansión, se retiró (1867), dejando el control de la empresa a los cuatro hermanos Siemens y sus descendientes. (Duignan, 2017)

Mientras tanto, las actividades de la empresa se estaban ampliando para incluir dínamos, cables, teléfonos, energía eléctrica, iluminación eléctrica y otros avances de la posterior Revolución Industrial. En 1890 se convirtió en una sociedad limitada, con Carl Siemens (hermano de Werner) y Arnold y Wilhelm Siemens (hijos de Werner) como socios principales; en 1897 se convirtió en una sociedad de responsabilidad limitada, Siemens & Halske AG. En 1903, Siemens & Halske transfirió sus actividades de ingeniería energética a una nueva empresa, Siemens-Schuckertwerke (que había absorbido una empresa de Nürnberg, Schuckert & Co.); a partir de 1919, las dos empresas solían estar presididas por el mismo funcionario, siempre miembro de la familia Siemens. En 1932, después de siete años de colaboración, una empresa de Erlanger, Reiniger Gebbert & Schall, se fusionó con los intereses de Siemens para formar Siemens-

Reiniger-Werke AG, que se dedicaba a la producción de equipos de diagnóstico y terapéuticos médicos, especialmente máquinas de rayos X y microscopios electrónicos. (Duignan, 2017)

La Casa de Siemens, como se denominó colectivamente a las empresas, se expandió enormemente durante el Tercer Reich (1933-1945). Todas las plantas funcionaron a plena capacidad durante la Segunda Guerra Mundial y se dispersaron por todo el país para evitar ataques aéreos en 1943-1944. Al final de la guerra, Hermann von Siemens (1885-1986), el jefe del grupo, fue internado brevemente (1946-1948), y los funcionarios de Siemens fueron acusados de reclutar y emplear mano de obra esclava de naciones cautivas y asociarse en la construcción y operación de campo de exterminio de Auschwitz y del campo de concentración de Buchenwald. Hasta el 90 por ciento de las plantas y equipos de las empresas en la zona de Alemania ocupada por los soviéticos fueron expropiados. Las potencias occidentales también retiraron y destruyeron algunas instalaciones hasta que la Guerra Fría despertó el interés occidental en la reconstrucción económica y la cooperación de Alemania Occidental. Durante la década de 1950, desde su base en Alemania Occidental, la Casa Siemens expandió gradualmente su participación en el mercado eléctrico en Europa y en el extranjero, de modo que en la década de 1960 volvió a ser una de las compañías eléctricas más grandes del mundo. En 1966, todas las empresas constituyentes se fusionaron en la recién creada Siemens AG. La compañía expandió gradualmente sus operaciones a nivel mundial durante el resto del siglo XX. A principios del siglo XXI, sus productos iban desde sistemas de diagnóstico por imágenes, teléfonos móviles y audífonos hasta sistemas de transporte público, radares de movimiento en tierra para aeródromos y equipos de generación de energía. La empresa también diseñó, construyó y operó redes de telecomunicaciones. (Duignan, 2017)

3.2.2 PROGRAMACIÓN

Para la programación de los PLC Siemens se utiliza el entorno de programación TIA Portal. El entorno de programación TIA Portal brinda una alternativa sencilla para la edición de los programas de control de los PLC, además de poder hacer conexiones de redes entre múltiples dispositivos o equipos adicionales como HMI o módulos de control de motores, por ejemplo. El software que se tiene en el laboratorio es SIMATIC STEP 7 Basic, el cual cuenta con herramientas

de control para los PLC S7-1200 y los paneles de la Gama HMI Basic Panels (Gharieb, 2006). Así mismo, STEP 7 (S7) ofrece la posibilidad de trabajar con los siguientes lenguajes de programación:

- 1) KOP (LD o LAD): Diagrama de contactos o lógica de escalera.
- 2) FBS (FUP o FBD): Diagrama de funciones, programación por bloques.
- 3) SLC: Lenguaje estructurado, programación basada en texto.

El método de programa más utilizado es el FBS, FUP o programación por bloques. FUP es un lenguaje de programación gráfico. Su representación es similar a los diagramas de circuitos electrónicos. El programa se mapea en segmentos. Un segmento contiene uno o varios circuitos lógicos. Las señales binarias y analógicas se combinan lógicamente mediante cuadros. Para representar la lógica binaria se utilizan los símbolos lógicos gráficos del álgebra booleana. Las funciones binarias sirven para consultar los operadores binarios y combinar lógicamente sus estados lógicos. Los operadores lógicos "Y", "O" y "O exclusiva" son ejemplos de funciones binarias. Existen diversos tipos de bloques de función, los principales se muestran en las subsecciones posteriores. (Heyder Páez-Logreira *et al.*, 2015)

3.2.2.1 Bloque de Organización

Los bloques de organización (OB) constituyen la interfaz entre el sistema operativo del controlador (CPU) y el programa de usuario. Estos bloques son llamados por el sistema operativo y controlan los procesos siguientes:

- 1) Ejecución cíclica (p. ej., OB1)
- 2) Comportamiento en arranque del controlador
- 3) Ejecución del programa controlada por alarmas
- 4) Tratamiento de errores

En un proyecto debe existir por lo menos un bloque de organización para la ejecución cíclica del programa. Para llamar un OB se necesita un evento de arranque, como se muestra en la ilustración 3. Los distintos OB tienen prioridades definidas, p. ej., para que un OB82 pueda interrumpir el OB1 cíclico con fines de tratamiento de errores. (SIEMENS, 2019)

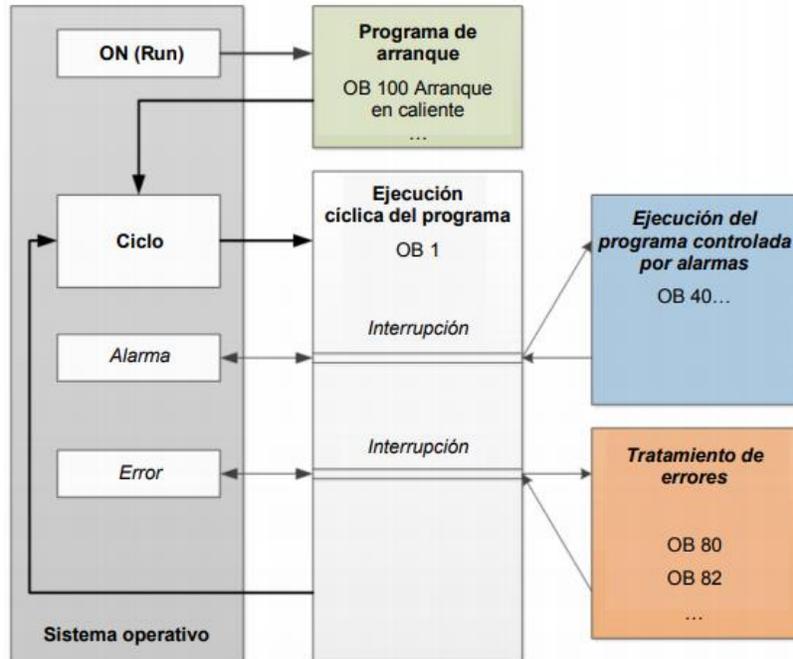


Ilustración 3-Eventos de arranque en el sistema operativo y llamadas de OB

Fuente: (Siemens, 2018)

3.2.2.2 Funciones

Las funciones (FC) son bloques lógicos sin memoria. No poseen una memoria de datos que permita almacenar valores de parámetros de bloque. Por este motivo, al llamar una función deben conectarse todos los parámetros de interfaz. Para guardar datos de forma permanente, deben crearse previamente bloques de datos globales. Una función contiene un programa que se ejecuta cada vez que la función es llamada por otro bloque lógico (Kumar *et al.*, 2016). Las funciones se pueden utilizar, por ejemplo, para los siguientes fines:

- 1) Funciones matemáticas, que devuelven un resultado en función de los valores de entrada.
- 2) Funciones tecnológicas, como controles individuales con operaciones lógicas binarias.

Una función también se puede llamar varias veces en diferentes puntos de un programa

3.2.2.3 Bloques de Función y Bloques de Instancia

Los bloques de función son bloques lógicos que depositan sus variables de entrada, de salida y de entrada/salida, así como las variables estáticas, de forma permanente en bloques de datos de

instancia, de modo que continúan disponibles tras la ejecución del bloque. Por este motivo, se conocen también como bloques con "memoria". Los bloques de función también pueden funcionar con variables temporales. No obstante, las variables temporales no se almacenan en el DB de instancia, sino que únicamente permanecen disponibles durante un ciclo (Frey & Litz, 2000). Los bloques de función se utilizan en tareas que no se pueden realizar con funciones:

- 1) Cuando son necesarios temporizadores y contadores en los bloques.
- 2) Cuando hay que almacenar información en el programa. Por ejemplo, una preselección del modo de operación con un pulsador.

Los bloques de función se ejecutan cada vez que un bloque de función es llamado por otro bloque lógico. Un bloque de función también se puede llamar varias veces en diferentes puntos de un programa. Esto facilita la programación de funciones complejas que se repiten con frecuencia. La llamada de un bloque de función se denomina instancia. A cada instancia de un bloque de función se le asigna un área de memoria que contiene los datos que utiliza el bloque de función. Esta memoria es proporcionada por bloques de datos que son creados automáticamente por el software. La memoria también puede estar disponible para varias instancias como multiinstancia en un bloque de datos. El tamaño máximo de los bloques de datos de instancia varía en función de la CPU. Las variables declaradas en el bloque de función determinan la estructura del bloque de datos de instancia. (Frey & Litz, 2000)

3.2.2.4 Bloques de Datos Globales

Al contrario que los bloques lógicos, los bloques de datos no contienen instrucciones, sino que sirven para almacenar datos de usuario. Así, los bloques de datos contienen datos variables con los que trabaja el programa de usuario. La estructura de bloques de datos globales puede definirse a discreción. Los bloques de datos globales almacenan datos que pueden ser utilizados por los demás bloques. Solo debe acceder a los bloques de datos de instancia el correspondiente bloque de función. El tamaño máximo de los bloques de datos varía en función de la CPU. Ejemplos de uso para bloques de datos globales: guardar la información en un sistema de almacén: "¿Qué producto está en cada lugar?" y guardar recetas de determinados productos. (Park *et al.*, 2008)

3.2.2.5 Bloques Lógicos Aptos Para Librería

Un programa de usuario puede crearse de modo lineal o estructurado. La programación lineal escribe el programa de usuario completo en el OB de ciclo, pero solo es adecuada para programas muy sencillos, para los que actualmente se utilizan otros sistemas de control más económicos. Para programas más complejos se recomienda siempre una programación estructurada. Esta modalidad permite dividir la tarea de automatización en tareas parciales más pequeñas, a fin de ejecutarlas en funciones y bloques de función. Se recomienda crear siempre bloques lógicos aptos para librería. Esto significa que los parámetros de entrada y salida de una función o bloque de función se definen de manera general y no se les asignan variables globales actuales (entradas/salidas) hasta el momento de su utilización. (Park *et al.*, 2008)

3.3 SCHNEIDER

Schneider Electric es una compañía europea que opera a nivel mundial. Fue fundada en 1836 por los hermanos Eugène y Adolphe Schneider. Sus principales actividades se centran en la industria pesada y en la eléctrica, más concretamente en la transformación digital en el mundo de la gestión de la energía, la automatización en los edificios, hogares, infraestructuras e industrias. Actualmente se trata de una compañía con presencia internacional -se encuentra en más de 100 países y cuenta con productos de distribución eléctrica en baja tensión, gestión de edificios y seguridad, distribución eléctrica en media tensión y smartgrid, SAls y soluciones para centros de datos y redes, productos de automatización y control industrial, entre otras. (Gupta & Arora, 2013)

Schneider Electric SA se dedica a la distribución eléctrica y fabrica equipos de ingeniería industrial. La empresa opera a través de los siguientes segmentos comerciales: Energía, Infraestructura, Industria, Tecnología de la Información y Edificios. El segmento de Energía ofrece media y baja tensión, sistemas de instalación y control, energías renovables, servicios públicos, petróleo y gas. Entre sus actividades se encuentran la transferencia de media tensión al negocio energético. El segmento de Infraestructura combina todos los de media tensión. El segmento de Industria provee automatización y control, tratamiento de agua, minería, minerales y metales. El segmento de tecnología de la información proporciona servicios críticos de energía

y refrigeración, centros de datos y servicios financieros. El segmento de Edificios comprende la automatización y seguridad de edificios, hoteles, hospitales, oficinas y edificios comerciales. Su equipo de distribución eléctrica incluye disyuntores, interruptores, enchufes, sistemas de control de iluminación y calefacción. La empresa fue fundada por Adolphe Schneider y Joseph-Eugène Schneider en 1836 y tiene su sede en Rueil-Malmaison, Francia." (Robert *et al.*, 2020)

3.3.1 HISTORIA

Desde 1836 hasta hoy, Schneider Electric se ha transformado en el especialista mundial en gestión de energía. Partiendo de sus raíces en la industria del hierro y el acero, la maquinaria pesada y la construcción naval, pasó a la gestión de la electricidad y la automatización. Después de 170 años de historia, Schneider Electric se ha convertido hoy en día en el proveedor de soluciones que lo ayudará a aprovechar al máximo su energía (Robert *et al.*, 2020). Descubra su transformación a continuación.

- 1) 1836: Los hermanos Schneider se hacen cargo de las fundiciones de Creusot. Dos años después, crearon Schneider & Cie.
- 2) 1891: Habiéndose convertido en un especialista en armamento, Schneider innovó al lanzarse al mercado de la electricidad emergente.
- 3) 1919: Instalación de Schneider en Alemania y Europa del Este a través de la Unión Industrial y Financiera Europea (EIFU).
- 4) En los años siguientes, Schneider se asoció con Westinghouse, un importante grupo eléctrico internacional. El Grupo amplió su actividad a la fabricación de motores eléctricos, equipos eléctricos para centrales eléctricas y locomotoras eléctricas.
- 5) Después de la guerra: Schneider abandonó gradualmente los armamentos y se dedicó a la construcción, la siderurgia y la electricidad. La empresa se reorganizó por completo para diversificarse y abrirse a nuevos mercados.
- 6) 1981-1997: Schneider Group continuó centrándose en la industria eléctrica separándose de sus actividades no estratégicas. Esta política se concretó a través de adquisiciones estratégicas por parte de Schneider Group: Telemecanique en 1988, Square D en 1991 y Merlin Gerin en 1992.

- 7) 1999: Desarrollo de Instalación, Sistemas y Control con la adquisición de Lexel, el número dos de Europa en distribución eléctrica. En mayo de 1999, el grupo pasó a llamarse Schneider Electric, para enfatizar más claramente su experiencia en el campo eléctrico. El Grupo apuesta por una estrategia de crecimiento acelerado y competitividad.
- 8) 2000-2009: Periodo de crecimiento orgánico, posicionándose en nuevos segmentos de mercado: UPS (sistema de alimentación ininterrumpida), control de movimiento, automatización de edificios y seguridad mediante adquisiciones de APC, Clipsal, TAC, Pelco, Xantrex, convirtiéndose en el especialista global en gestión energética. .
- 9) 2010: Schneider Electric refuerza su liderazgo en el desarrollo de Smart Grid, con la adquisición de las actividades de distribución de Areva T&D.
- 10) 2011: Schneider Electric adquiere la firma líder de software Telvent para reforzar su capacidad de solución para la red inteligente y la infraestructura de misión crítica”.

3.3.2 ECOSTRUXURE MACHINE EXPERT

Logic Builder proporciona el entorno de configuración y programación para los proyectos de EcoStruxure Machine Expert. Muestra los diferentes elementos de su proyecto en vistas separadas que puede organizar en la interfaz de usuario de EcoStruxure Machine Expert y en su escritorio de acuerdo con sus requisitos individuales. Esta estructura de vista le permite agregar elementos de hardware y software a su proyecto arrastrando y soltando. Los cuadros de diálogo de configuración principales que le permiten crear contenido para el proyecto se proporcionan en el centro de la pantalla Logic Builder. Además de una fácil configuración y programación, Logic Builder también proporciona potentes funciones de diagnóstico y mantenimiento. (Rodríguez-Méndez *et al.*, 2015)

EcoStruxure Machine Expert es un sistema de programación de controlador independiente del dispositivo. De conformidad con el estándar IEC 61131-3, admite todos los lenguajes de programación estándar. El enfoque orientado a objetos no solo se refleja en la disponibilidad de elementos y funciones de programación adecuados, sino también en la estructura y el manejo de versiones de EcoStruxure Machine Expert y en la organización del proyecto. El uso de múltiples dispositivos de un proyecto EcoStruxure Machine Expert es posible basado en

unidades de programación instanciadas y utilizadas conjuntamente. (Samigulina & Samigulina, 2015)

Los lenguajes de programación mencionados en la norma IEC 61131 se admiten a través de editores especialmente adaptados:

- 1) Editor FBD / LD / IL para diagrama de bloques de funciones (FBD), diagrama de lógica de escalera (LD) y lista de instrucciones (IL)
- 2) Editor SFC para diagrama de funciones secuenciales
- 3) Editor ST para texto estructurado

Además, EcoStruxure Machine Expert proporciona un editor para programar en CFC que no forma parte del estándar IEC: editor CFC para diagrama de funciones continuas. CFC es una extensión de los lenguajes de programación IEC estándar. También se proporciona un editor orientado a páginas CFC. Le permite organizar los elementos CFC en páginas individuales. En Control Expert se utilizan distintos tipos de bloques. El término general que abarca los tipos de bloques es FFB. (Schneider, 2019)

3.3.2.1 Función elemental (EF)

Las funciones elementales (EF) no disponen de estado interno y sólo cuentan con una salida. Si en las entradas aparecen los mismos valores, el valor de salida será el mismo cuando se ejecute la función; por ejemplo, siempre que se ejecuta la suma de dos valores, el resultado es el mismo. En los lenguajes gráficos (FBD y LD), una función elemental se representa como un bloque de datos con entradas y una salida. Las entradas aparecen a la izquierda de la trama del bloque y las salidas, a la derecha. El nombre de la función, es decir, el tipo de función, aparece centrado dentro de la trama del bloque. El número de entradas puede aumentarse con algunas funciones elementales. (Schneider, 2019)

3.3.2.2 Bloque de funciones elementales (EFB)

Los bloques de funciones elementales (EF) tienen estados internos. Si las entradas disponen del mismo valor, el valor de la salida puede variar cada vez que se ejecuten los bloques de funciones. Por ejemplo, con un contador aumenta el valor de la salida. En los lenguajes gráficos

(FBD y LD), un bloque de funciones elementales se representa como un bloque de datos con entradas y salidas. Las entradas aparecen a la izquierda de la trama del bloque y las salidas, a la derecha. El nombre del bloque de funciones, es decir, el tipo de bloque de funciones, aparece centrado dentro de la trama del bloque. El nombre de la instancia aparece por encima de la trama del bloque. (Schneider, 2019)

3.3.2.3 Bloque de funciones derivado (DFB)

Los bloques de funciones derivados (DFB) presentan las mismas propiedades que los bloques de funciones elementales. Sin embargo, el usuario los crea en los lenguajes de programación FBD, LD, IL o ST. (Schneider, 2019)

3.3.2.4 Procedimiento

Los procedimientos son funciones con distintas salidas. No disponen de estado interno. La única diferencia con las funciones elementales es que los procedimientos pueden tener más de una salida y admiten variables del tipo de datos VAR_IN_OUT. Los procedimientos no devuelven ningún valor. Los procedimientos son una ampliación de la norma IEC 61131-3 y se deben habilitar de forma explícita. Los procedimientos no se distinguen visualmente de las funciones elementales. (Schneider, 2019)

3.4 ESTÁNDARES PARA INSTALACIÓN DE PANELES ELÉCTRICOS

Todos los componentes tales como interruptores, seccionadores, fusibles, relés, contactores y pulsadores estarán identificados con chapas de lucite con un espesor aproximado de 3 mm con los datos de identificación grabados a pantógrafo, de fondo gris claro con letras negras (impresión mayúscula) de una altura de 5 mm, según función. Los conductores deberán ser individualizados en sus extremos por medio de numeración en correspondencia con el esquema eléctrico de conexionado interno aprobado. Las marcas deben asegurar su inalterabilidad y no permitir desprendimientos involuntarios. En la parte frontal y posterior del tablero se identificarán también con carteles de lucite los números de celdas o paneles y su función. (IECEE, 2020)

Todos los demás elementos del tablero se identificarán con chapas foloquímicas u otro método que asegure la fácil distinción de la letra y número con que se representa el elemento en el esquema eléctrico funcional o de conexionado interno. Cuando sea requerido un esquema mímico en el frente del tablero, el mismo se realizará con planchuela de aluminio o bronce atornillada desde el interior. Cada compartimento deberá poseer un esquema topográfico y un esquema eléctrico adosado al interior y a resguardo del deterioro mediante una cubierta de acetato transparente o acrílico. Todos los bornes estarán convenientemente numerados. Todas las borneras deberán estar identificadas con un código respectivo y tendrán numeración inicio y fin. (IECEE, 2020)

Los cables serán flexibles (no se permitirá conductor de alambre), la aislación será de PVC para 1 kV, según la norma IRAM 2183. Para conexiones sometidas a flexiones alternativas (puertas, paneles rebatibles, etc.) se deberá utilizar trenza de cobre flexible. Todos los extremos llevarán terminales, según el caso se deberá considerar la opción de pino estañado etc.. La denominación quedará a criterio del CONTRATISTA, cuidando que sea la misma en todas las celdas y que no se base en un uso excesivo de dígitos. Los circuitos deberán estar agrupados en bomeras y separados por función y por tensión, mediante separadores adecuados. Para la protección de los cables en el interior de los tableros se emplearán canales plásticos. En los lugares que se hallan bajo alta tensión (> 1 kV), los canales serán metálicos o se empleará caño de hierro semipesado y accesorios adecuados. Todos los contactos auxiliares de todos los elementos (interruptor, seccionador, etc.) serán cableados a bornera piloto, aunque no sean usados. (IECEE, 2020)

Para los circuitos amperométricos de medición y protección deberán ubicarse borneras de contraste con puentes seccionables según se describe, tanto para inyección como de contraste de los mismos. La puesta a tierra de los circuitos secundarios se hará con cable individual desde cada transformador a la barra general de tierra, como así también desde los instrumentos y relevadores. En los circuitos de potencia todo el cableado estará dimensionado para la corriente nominal y verificado al cortocircuito de acuerdo con la potencia de cortocircuito de diseño del tablero. Las solicitaciones térmicas que deberá soportar el equipamiento del tablero serán dadas en las Especificaciones Técnicas Particulares. Para la verificación de un tramo de cable se tomará

como nivel de cortocircuito, el que se establecería en una falla franca en el extremo del tramo, hacia la carga. Si las secciones que resultaran de la verificación fueran excesivas o su cableado poco práctico, el CONTRATISTA deberá utilizar clases de aislación superiores a fin de poder disminuir las secciones de conductor a utilizar. (IECEE, 2020)

CAPÍTULO IV. DESARROLLO

En el presente capítulo, se muestra un resumen o bitácora detallada de todas las actividades que fueron realizadas a lo largo de la práctica profesional, estas actividades fueron realizadas en lapso de 10 semanas.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

4.1.1 SEMANA 1

A lo largo de la práctica profesional en Falcon Ingeniería, fueron realizadas, mayormente, actividades de programación, incluyendo el desarrollo de programas de automatización para diversos procesos. Cada uno de los procesos a automatizar traía consigo un control lógico programable (PLC) para dotar de automatización a dicho proceso. Los PLC son los controladores más utilizados ya que los procesos suelen ser algún proceso industrial o en una planta de producción, gracias a la robustez del PLC y facilidad es que son utilizados para estas aplicaciones. Dentro de Falcon Ingeniería los PLC más utilizados son los de la empresa o marca Siemens y Schneider. Por esta razón, los softwares utilizados para la programación de dichos controladores son TIA Portal para los PLCs Siemens y EcoStruxure Machine Expert para los PLCs Schneider.

En la primera semana de la práctica profesional se realizaron diversas actividades de diseño y programación de sistemas automatizados. Mayormente, fueron utilizados PLCs Siemens, por ello, se trabajó con el software TIA Portal. La primera actividad desarrollada fue un programa en TIA Portal, en el cual consistió en el diseño de un sistema de llenado de tanques. En este programa se puede manejar individualmente el estado de cada uno de los tanques, permitiendo una capacidad máxima de control de hasta 5 tanques. Sin embargo, no se puede realizar algún cambio sobre el proceso simultáneamente, los cambios a realizar deben ser a cada uno de los tanques ya que se posee un control autónomo para cada uno de los tanques. Se le permite al usuario u operador del proceso el intercambio de pantallas para el control de cada uno de los 5 tanques. En la ilustración 4, se muestra la pantalla utilizada como interfaz humano máquina (HMI), que le permite interactuar al operador o usuario con el proceso de automatización.

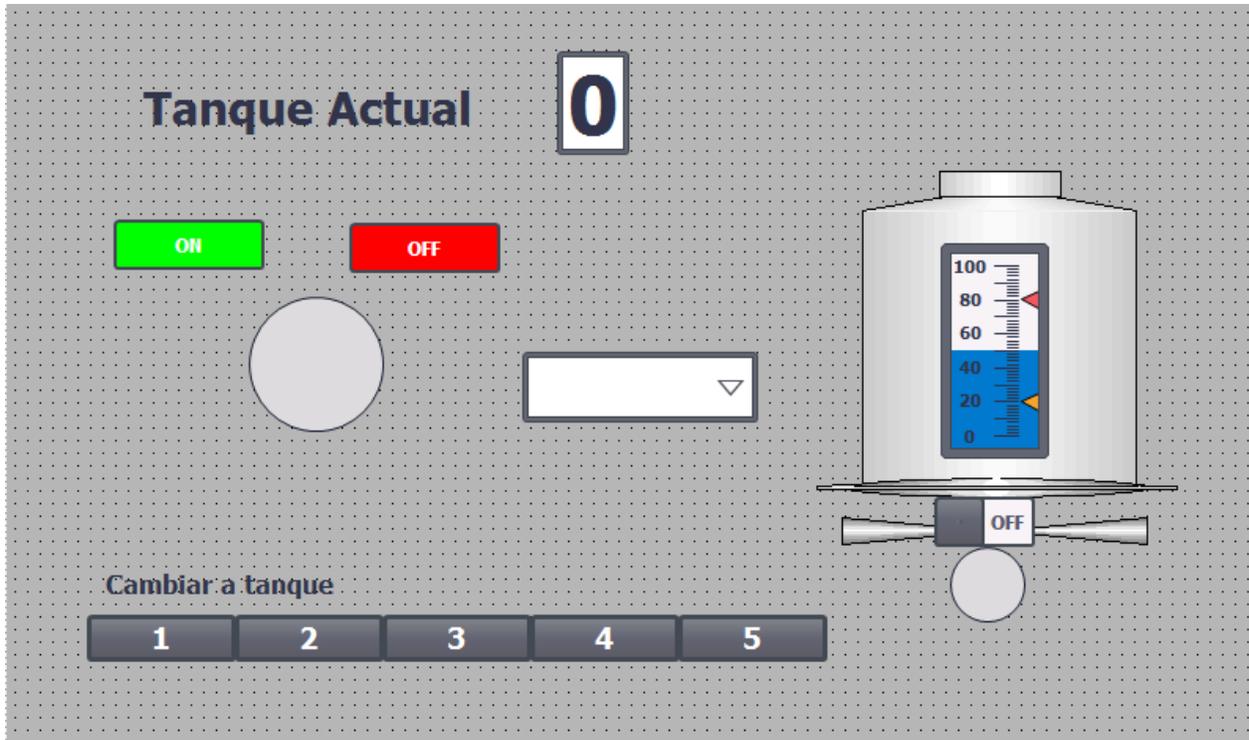


Ilustración 4-Sistema de llenado de tanques

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la ilustración 4, se muestra a detalle el estado actual del tanque seleccionado. Se puede cambiar el tanque observado a través de los botones en la parte inferior de la pantalla. La pantalla le informa la situación actual del tanque, que incluye el nivel actual del tanque y si la válvula se encuentra encendida o no. De igual manera, permite el control de la válvula para cada uno de los 5 tanques de los cuales permite el diseño del sistema de control de tanques. Para la programación de este programa fue realizado en escalera (KOP) y SCL. Fueron creadas diversas funciones que permiten el accionamiento de la válvula entre otras partes del sistema de control. Cabe destacar que esta funciones no guardaban ningún tipo de información dentro del PLC. Además, fueron creados diversos bloques de función, que estos si guardaban la información en una variable del PLC, siendo utilizados para el control del tanque, observar el estado actual del mismo e identificar a cada uno de los tanques. En la ilustración 5, se muestran las variables utilizadas para el diseño de este programa de automatización y control del sistema de llenada de tanques.

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	ShowTank1	Bool	%M110.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	ShowTank2	Bool	%M110.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	ShowTank3	Bool	%M110.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	ShowTank4	Bool	%M110.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	ShowTank5	Bool	%M110.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	OnTank1	Bool	%M100.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	OffTank1	Bool	%M100.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	OnTank2	Bool	%M100.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	OffTank2	Bool	%M100.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	OnTank3	Bool	%M100.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	OffTank3	Bool	%M100.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	OnTank4	Bool	%M100.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	OffTank4	Bool	%M100.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	OnTank5	Bool	%M101.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	OffTank5	Bool	%M101.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	LevelTank1	Int	%MW10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	LevelTank2	Int	%MW14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	LevelTank3	Int	%MW18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	LevelTank4	Int	%MW22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	LevelTank5	Int	%MW24	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	MotorTank1	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	MotorTank2	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	MotorTank3	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	MotorTank4	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	MotorTank5	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	VolumenTank1	Real	%MD50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	VolumenTank2	Real	%MD54	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	VolumenTank3	Real	%MD58	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	VolumenTank4	Real	%MD62	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	VolumenTank5	Real	%MD66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	ActualTank	Int	%MW150	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	ActualLevel	Real	%MD70	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 5-Variables del sistema de llenado de tanques

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, una vez finalizado el programa del diseño de un sistema de llenada de tanques. Se procedió a realizar una mejora a este mismo programa. Fue utilizado el mismo PLC Siemens, específicamente, el modelo S7-1200. En esta mejora se incrementó la complejidad del programa. Con esto se le permitió al usuario el control no solamente de 5 tanques, sino que permite el control de hasta 50 tanques, que se podían seleccionar de una lista. Además, el programa inicial, poseía diversos detalles en la funcionalidad, que no permitían el control adecuado del sistema de llenado de tanque. Por lo tanto, se procedió a corregir estos detalles para que se permitiera un control adecuado del sistema automatizado. En la ilustración 6, se muestra la pantalla HMI que le permite al operador interactuar con el sistema. De igual manera, se observa el estado actual del nivel del tanque. Además, permite el control del motor y observar su estado actual. Similarmente, con el control de la válvula del tanque.

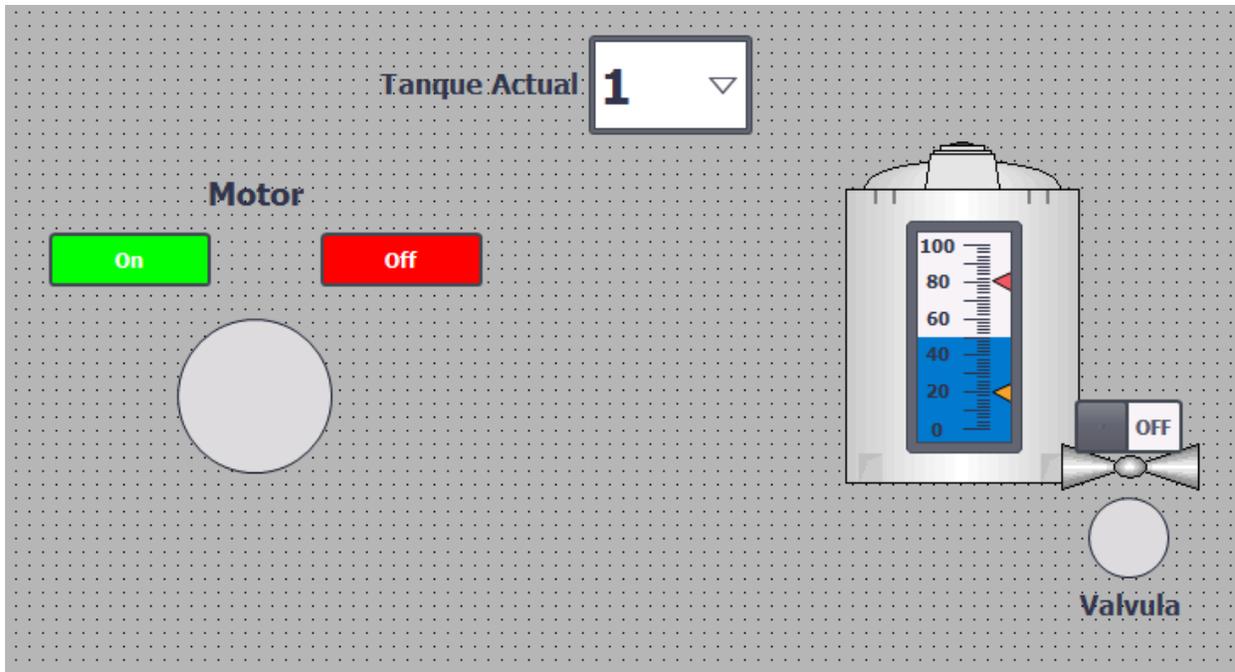


Ilustración 6-Sistema de llenado de tanques hasta 50 tanques

Fuente: Elaboración Propia

Una vez probado este nuevo diseño del programa de automatización del sistema de llenado de tanques se determinó que poseía una alta complejidad para que un operario logre entenderlo fácilmente a causa de los bloques de funciones que son utilizados. Por esta razón, se procedió a realizar otra mejora en este mismo programa. Aquí se redujo la complejidad del programa en si, pero siempre teniendo los mismos resultados, de control y llenado de los tanques. A causa de la gran cantidad de tanques que se le permitía controlar al operador se incrementaba la complejidad del sistema. Por lo tanto, se redujo el control hasta 5 tanques que le permitiera al operario observar y controlar. En la ilustración 7, se muestra el sistema final de llenado de tanques que permite hasta 5 tanques sin los detalles que presentaba el programa inicial. De igual forma, se muestra el nivel actual del tanque que se está observando y controlado. Se permite el control de la respectiva válvula de cada tanque. Incluyendo el motor que realiza el llenado o succión del líquido dentro del tanque. Posee una menor complejidad para que cualquier operario pueda aprenderlo e interactuar con el sistema con una mayor facilidad y no se presente inconvenientes por esta razón en el futuro.

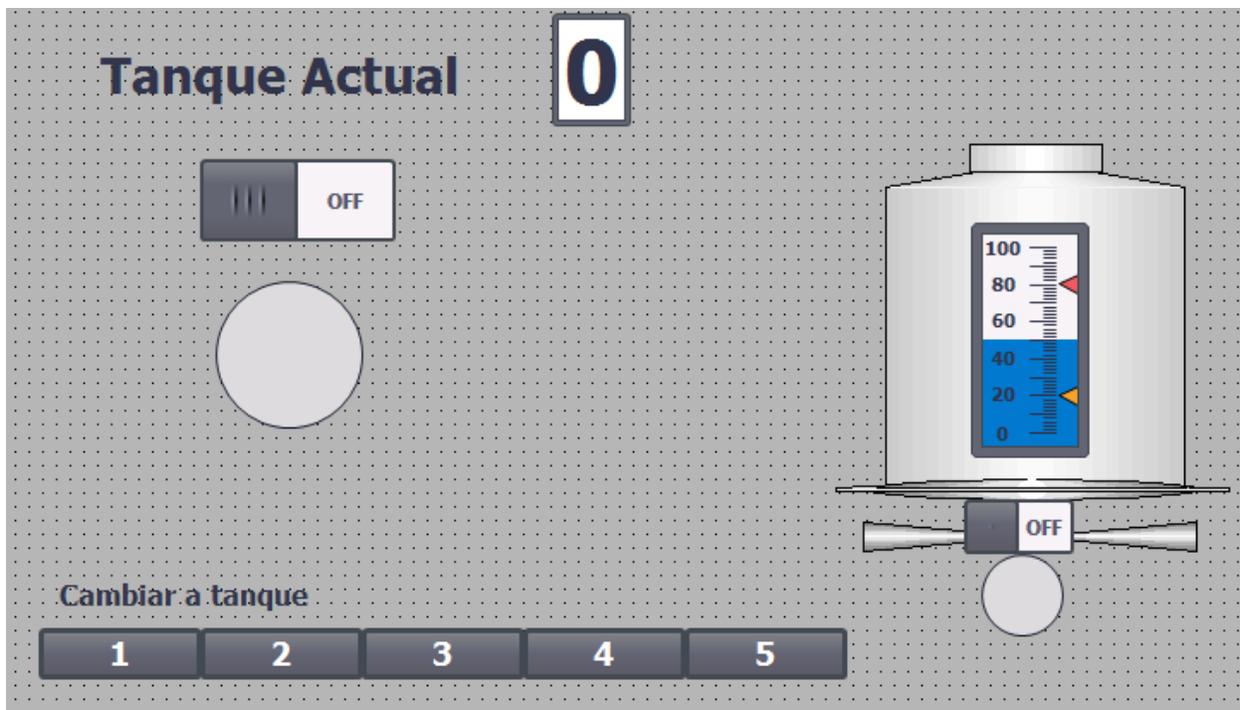


Ilustración 7-Sistema de llenado de tanques final

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 SEMANA 2

A lo largo de la segunda semana de la práctica profesional se continuó realizando diversas actividades de programación, específicamente, en los PLC Siemens, en el software TIA Portal. Se inició la semana desarrollando diversos bloques de funciones para el cálculo de volumen de los de diversos tipos de tanques. Fueron desarrollados un total de 3 bloques de funciones para el cálculo de volumen de tres diferentes tipos de tanques. Los tipos de tanques a los que se les fue calculado el volumen fueron los tanques con platos extremos, tanque esfera y los tanques cónicos. Los bloques de función fueron programados en SCL en donde se utilizó una fórmula para el cálculo de volumen de cada uno de los tipos de tanques utilizados en el programa diseñado. Para el cálculo del volumen se partió de diversos datos bases del tanque, especialmente, el radio de la base del tanque y la altura de dicho tanque. En la ilustración 8, se presentan los bloques de funciones desarrollados. Cabe destacar que el tipo de variables utilizados fueron valores reales con la finalidad de obtener un resultado con mayor precisión.

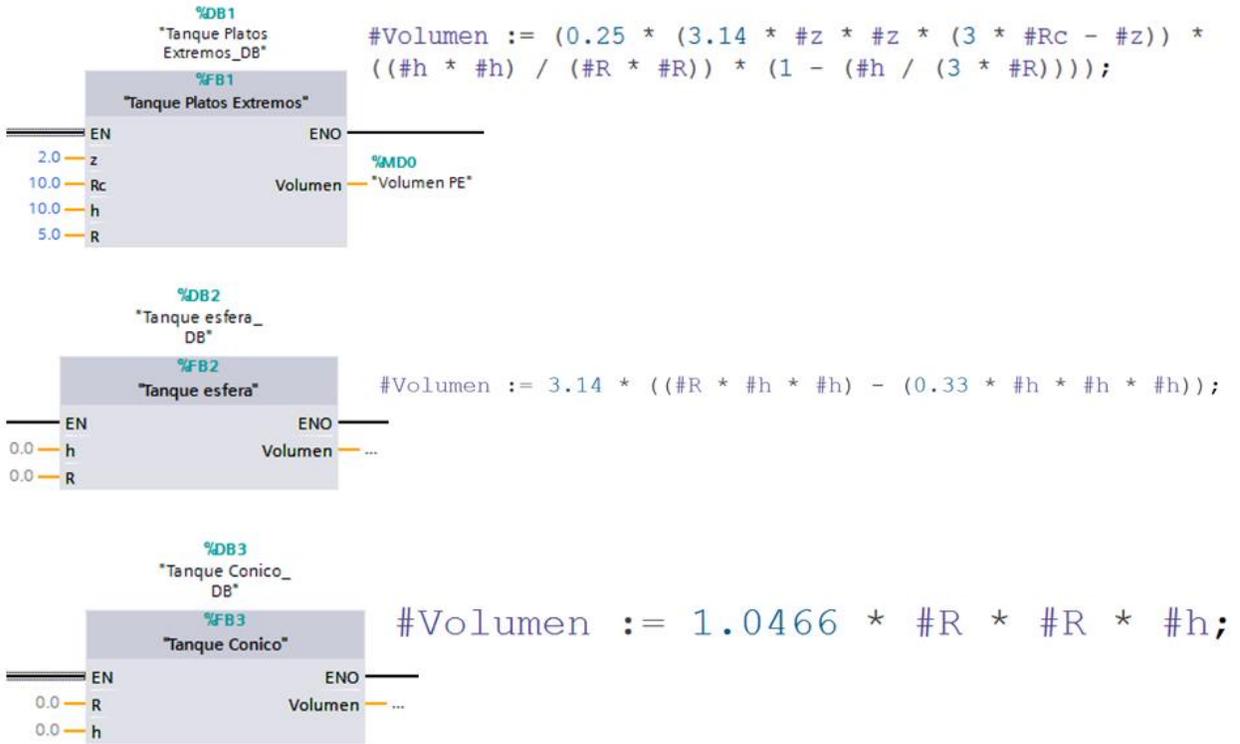


Ilustración 8-Cálculo de volumen de tanques

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, fue desarrollado un programa para la implementación de alarmas. Aquí se permite la activación y desactivación de alarma según sea lo necesario para el operario. Para facilitar el uso de este sistema de alarma al operario, se realizó un pantalla SCADA para la facilidad de uso. Se diseñó una pantalla en donde se lleva el control de la alarma así como su registro y el operador puede observarlo a través de un ordenador gracias al uso de WinCC que permite esta comunicación entre diversas máquinas. En la ilustración 9, se muestra el resultado final del programa diseñado. Se pueden controlar dos alarmas en este caso, sin embargo, no significa que no se permitan aún más, aquí se les permite habilitarlas y deshabilitarlas según lo que sea necesario. Además, se presenta una tabla con registro en donde se detallan diversas datos sobre las alarmas, esto incluyen la hora, fecha, estado, y comentarios sobre la alarma en el registro.

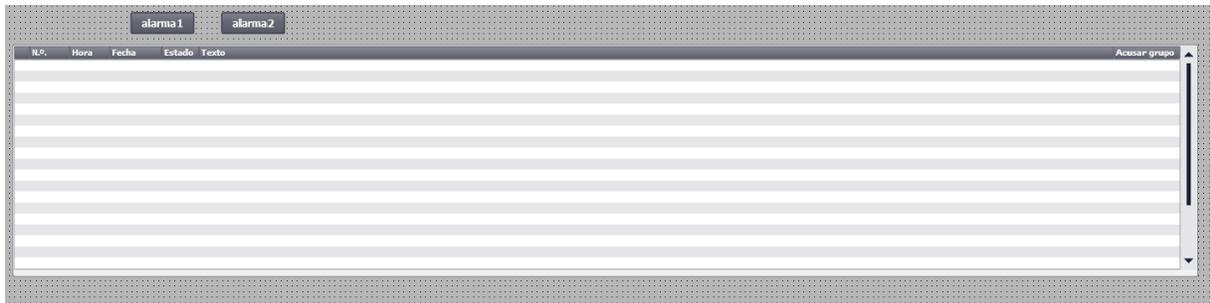


Ilustración 9-Sistema de alarma

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, en se trabajó con el software para programar los PLC Schneider. La actividad consistió en la "traducción" de un programa en TIA Portal a EcoStruxure Machine Expert para su uso en el PLC Schneider. Los bloques en TIA Portal se muestran en la ilustración 10.

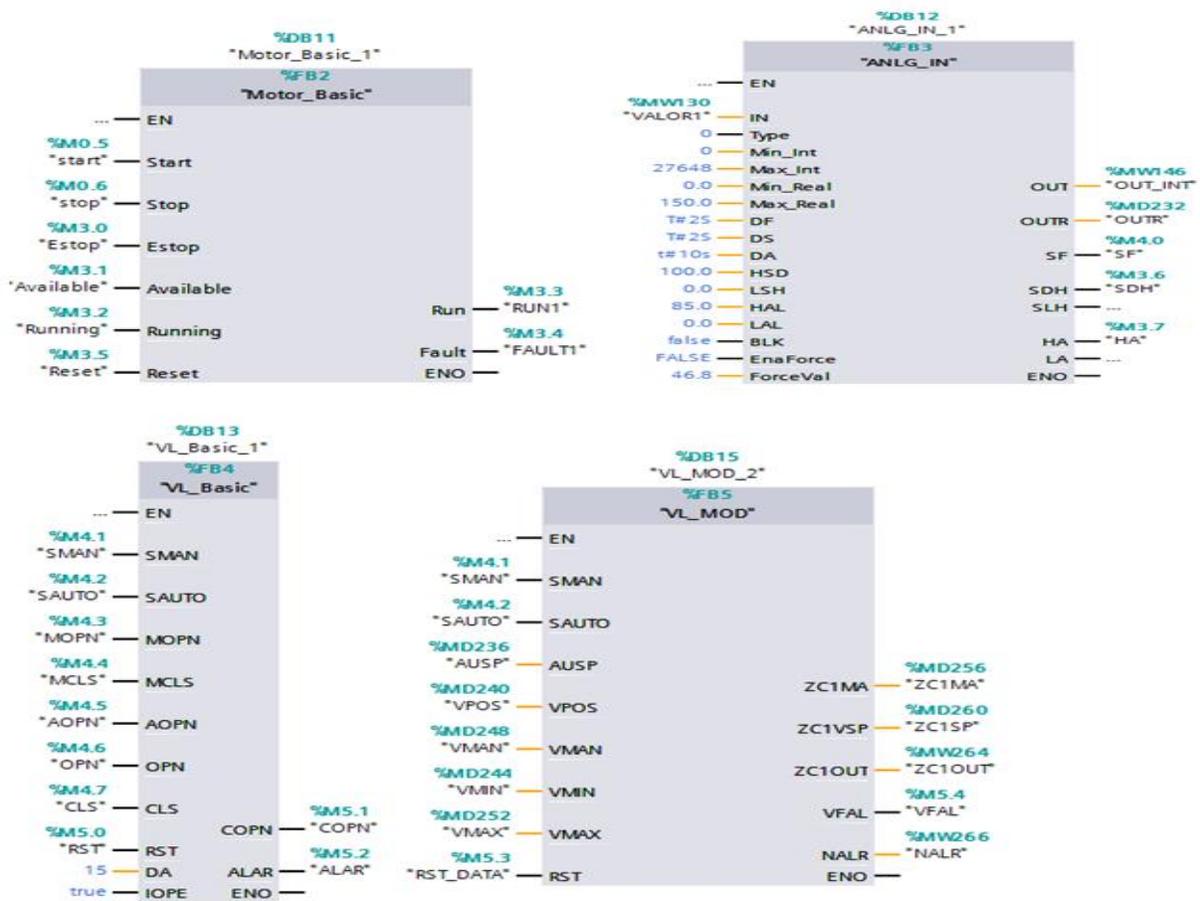


Ilustración 10-Bloques de programación en TIA Portal

Fuente: Elaboración Propia

Estos bloques permiten el control de un motor. Por lo tanto, para el uso de motores controlados a través de un PLC Schneider es necesario tener la programación en EcoStruxure Machine Expert, en la ilustración 11, se muestra estos bloques de funciones ya en el software de Schneider para el funcionamiento con estos PLCs.

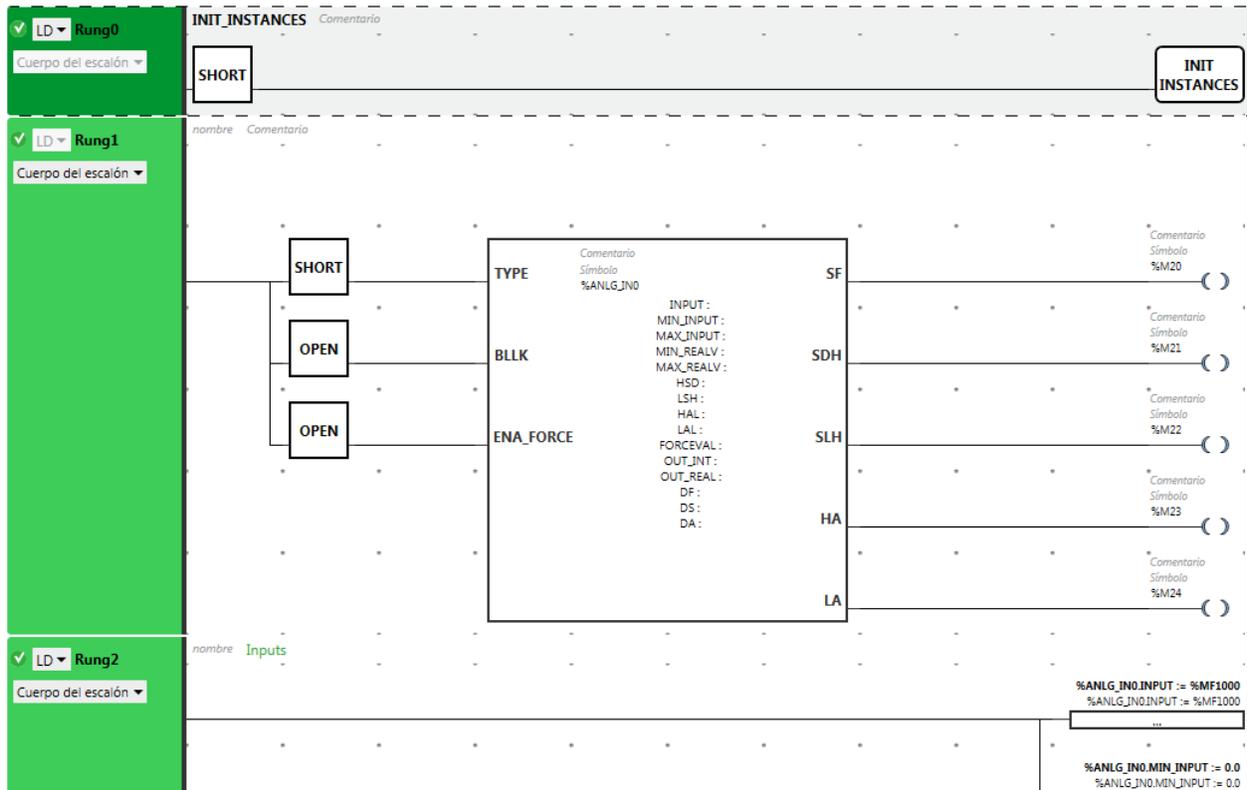


Ilustración 11-Bloques de programación en EcoStruxure Machine Expert

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 SEMANA 3

A lo largo de la tercera semana de la práctica profesional se continuó trabajando con diversos programas de automatización, específicamente, se trabajó con el software EcoStruxure Machine Expert para el desarrollo de programa para los PLCs Schneider. La primera actividad realizada consistió en la programación de un sistema de control para una banda transportadora. Para ello se partió de diversos bloques de función ya establecidos con anterioridad, como se presenta en la ilustración 12, el bloque de la banda transbordadora, en donde se especifican la conexión de

las HMI, variables entre otras. De igual manera, se partió de otros bloques de función para el desarrollo de cada una de las funciones de la banda transportadoras.

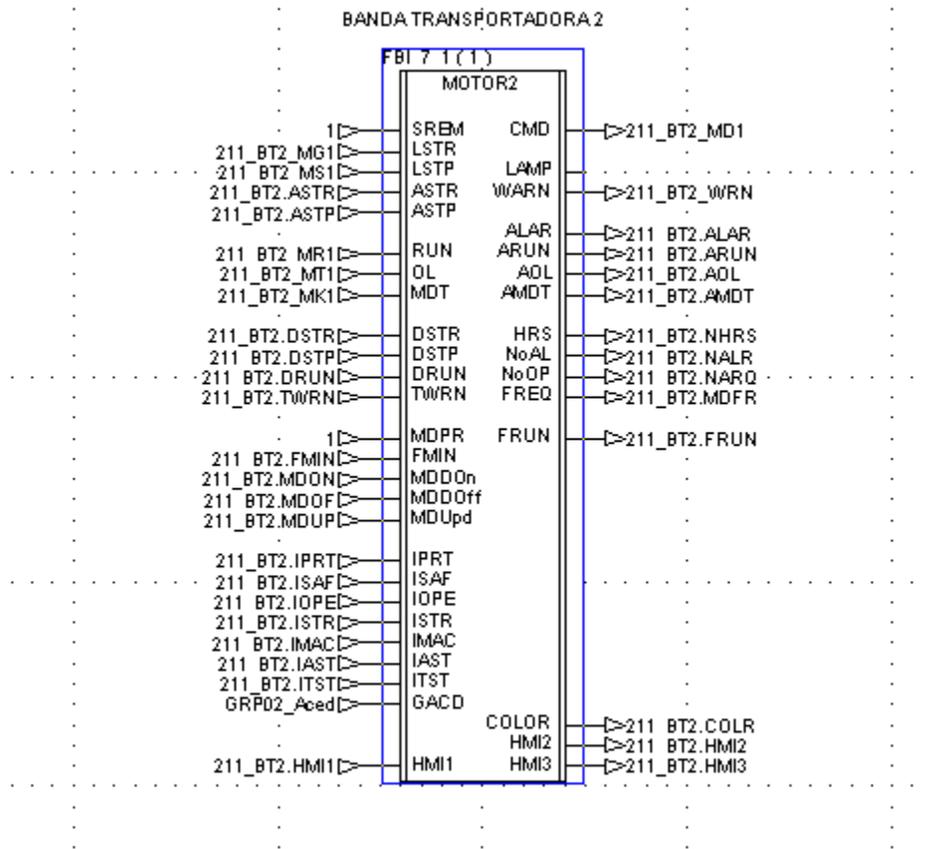


Ilustración 12-Bloque de banda transportadora

Fuente: Elaboración Propia

En base a estos bloques de funciones se realizó una programación equivalente en el software EcoStruxure Machine Expert para los PLCs Schneider. Esta programación seguía todas las instrucciones de los bloques de funciones que se partió. Aquí se conectan las entradas y salidas de la banda de transporte, y estas pueden ser controladas con este programa. Además, permite la verificación y detección de algún tipo de error que se puede presentar cuando la banda transportadora está en funcionamiento. De igual manera, el programa le permite el control completo de la velocidad a la que se desplaza la banda transportadora, entre otras variables de la banda transportadora. En la ilustración 13, se presenta el programa equivalente final ya en EcoStruxure Machine Expert para el funcionamiento con los PLCs Schneider.

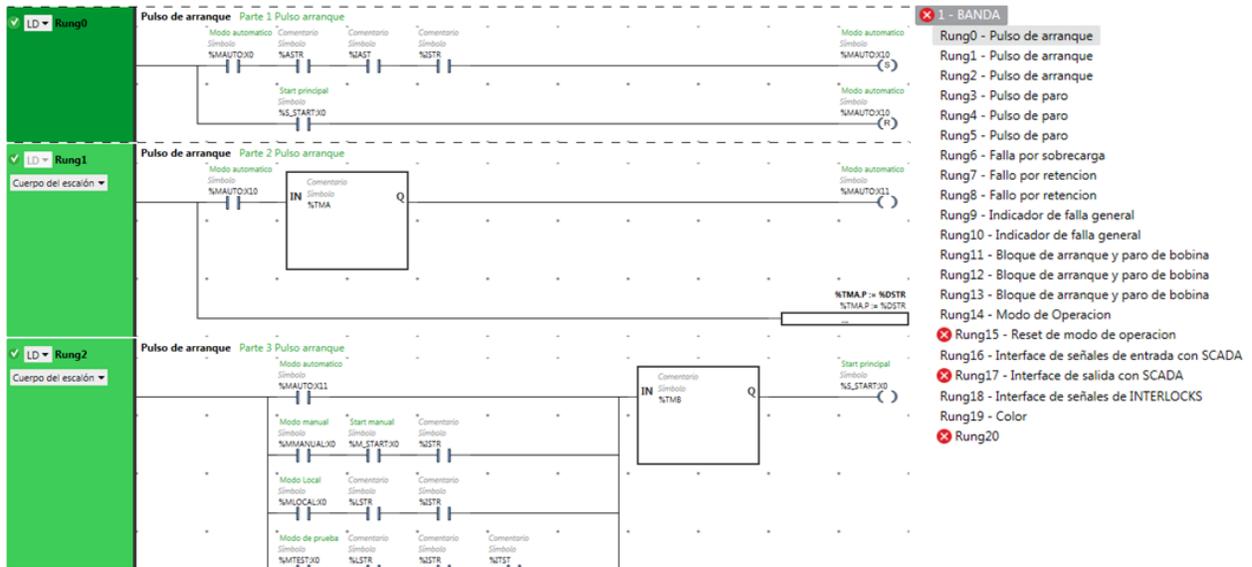


Ilustración 13-Programación de banda transportadora Schneider

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se procedió al desarrollo de otra actividad de realizar el equivalente de diversos bloques de funciones e instrucciones para poder utilizarlo con los PLCs Schneider. En la ilustración 14, se presentan algunas de las funciones a realizar.

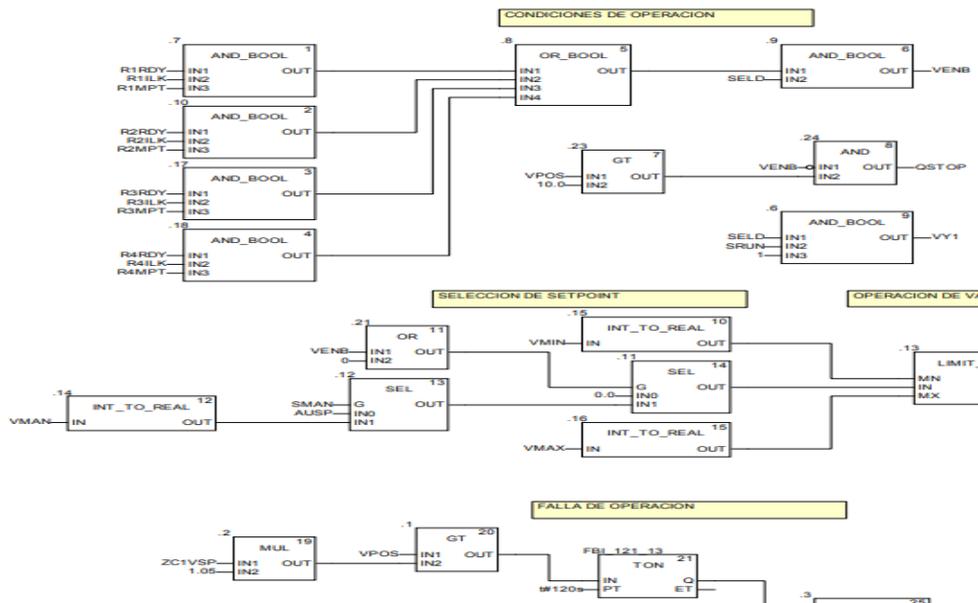


Ilustración 14-Bloques de función para control de válvula

Fuente: Elaboración Propia

Este programación consistió para el control de diversas válvulas lógicas en donde se control diversas opciones o instrucciones de estas válvulas a través de los bloques de función. Algunas de estas funciones consisten como la condición de operación, setpoints, fallas de operación, control de salidas analógicas, entre otros. También incluye las operaciones de las válvulas, el monitoreo de frecuencia, las velocidades a que bombean las válvulas. Todo esto se realizó en bloques de función para poder utilizarlos con los PLCs Schneider. En la ilustración 15, se presenta el programa final en EcoStruxure Machine Expert incluyendo todas las funciones para el sistema de control de las válvulas.

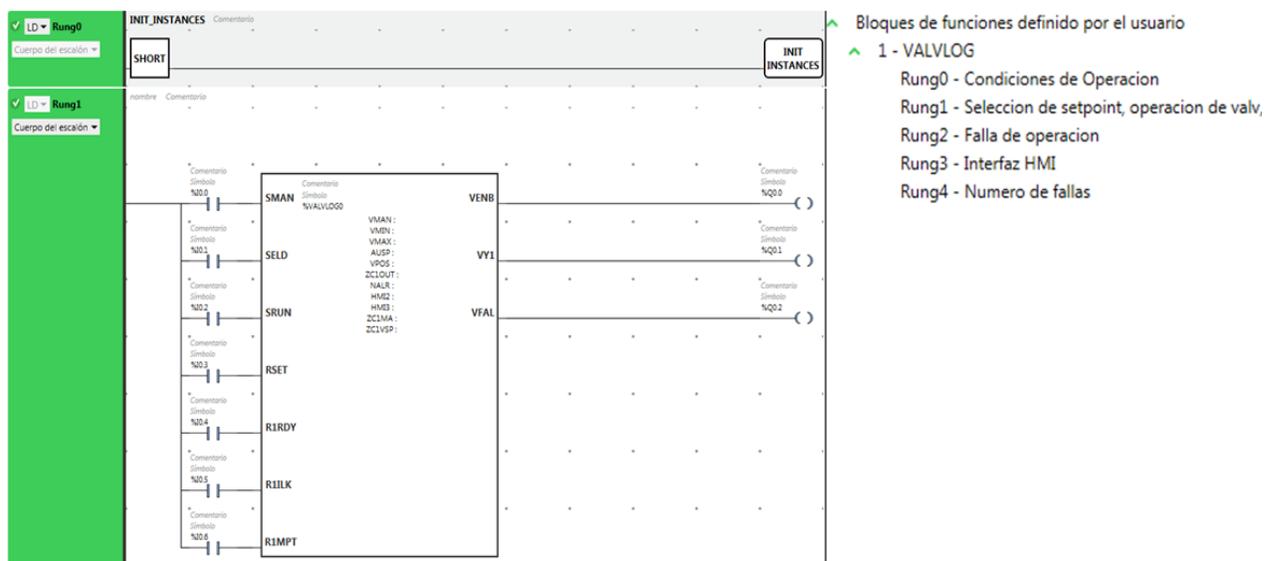


Ilustración 15-Programa final para sistema de control de válvulas

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 SEMANA 4

En la 4 semana de la práctica profesional ya se asistió al área de trabajo del departamento de ingeniería de la empresa. A lo largo de esta semana se trabajó en el diseño y montaje de los paneles industriales. Para el diseño de los paneles industriales se utilizan los estándares predefinidos para el diseño de paneles eléctricos de motores eléctricos. Por lo tanto, con la finalidad de tener un orden sobre el cableado eléctrico de los diversos componentes que componen el panel industrial, fueron instalados rieles de cableados, al inicio de la construcción de dichos paneles, como se muestra en la ilustración 16. Además, se instalaron los rieles donde

se encuentran fijos los componentes del panel eléctrico como ser el controlador lógico programable (PLC) entre otros.



Ilustración 16-Instalación de rieles en los paneles eléctricos

Fuente: Elaboración Propia

Luego de que los rieles son instalados en el panel, se procede con la instalación de los equipos o componentes que van en el panel industrial, como ser PLC, variadores, baterías, entre otros. En la ilustración 17, se muestra un panel industrial casi por terminar. Posteriormente, estos paneles son inspeccionados para que todo esté en correcto funcionamiento.

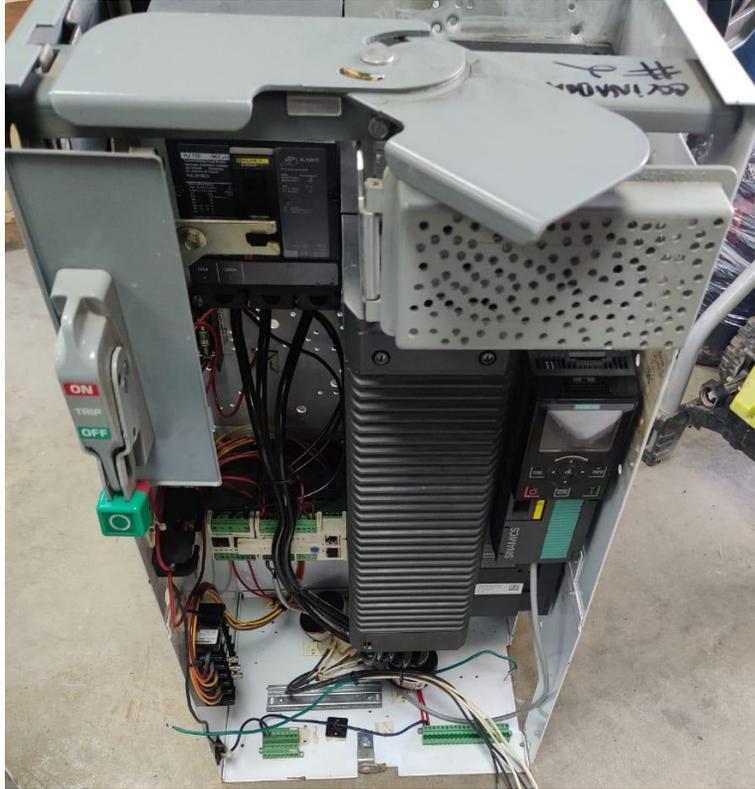


Ilustración 17-Montaje de panel industrial

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5 SEMANA 5

A lo largo de la quinta semana de la práctica profesional se continuaron con las actividades con el desarrollo y montaje de los paneles de control. En esta semana sucedieron desastres naturales que afectó la integridad de diversos equipos, específicamente, por las inundaciones causadas tanto por el huracán Eta e Iota. En la ilustración 18, se muestra el estado en que quedó uno de los equipos de automatización, el variador de frecuencia, a causa de las inundaciones ocurridas.



Ilustración 18-Variador de frecuencia afectado por las inundaciones

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, debido al estado en que quedó el variador de frecuencia se procedió al reemplazo de este equipo por uno en buen estado. Posteriormente, se procedió con el montaje de un panel de control. Inicialmente, se montaron los rieles en donde serán colocados los equipos de control y canaletas en donde se encuentra el cableado para mantener un mayor orden dentro del panel de control. Una vez tenida toda la estructura base del panel de control, se procedió al montaje de todos los elementos tanto eléctricos como de control, estos elementos incluyen los guardamotores, contactos, breaker principal, breakers menores y diversos transformadores son colocados fijamente sobre los rieles montados con anterioridad en el panel de control. En la ilustración 19, se muestra a detalle el montaje de todos estos elementos.

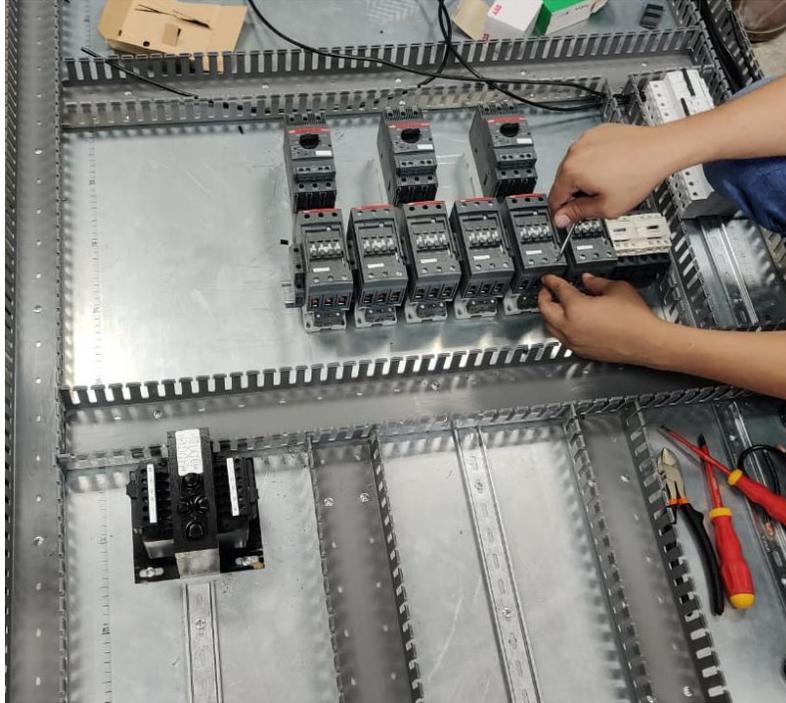


Ilustración 19-Montaje de los elementos en el panel de control

Fuente: Elaboración Propia

Una vez de terminado el montaje de todos los equipos fijados en los respectivos rieles, se continuó con el cableado eléctrico de todo el sistema de control diseñado. Fueron alimentados los breakers, contactos y el resto del equipo. Todo el cableado fue colocado a través de los rieles con la finalidad de mantener un mayor orden en el panel de control. Y de esta manera se facilita cualquier cambio, revisión posterior o reemplazo de un equipo que sea necesario en el panel de control. Finalmente, fue instalado el controlador lógico programable (PLC) Siemens del modelo S7-1200, que será el dispositivo que controla todo el sistema de automatización. El presente panel de control, posee la función de control de la automatización de 2 bombas de 15 HP cada una a través del uso respectivo de sensores para la retroalimentación del estado actual del sistema. En la ilustración 20, se presenta el tablero o panel de control ya cableado todos los elementos que lo componen.

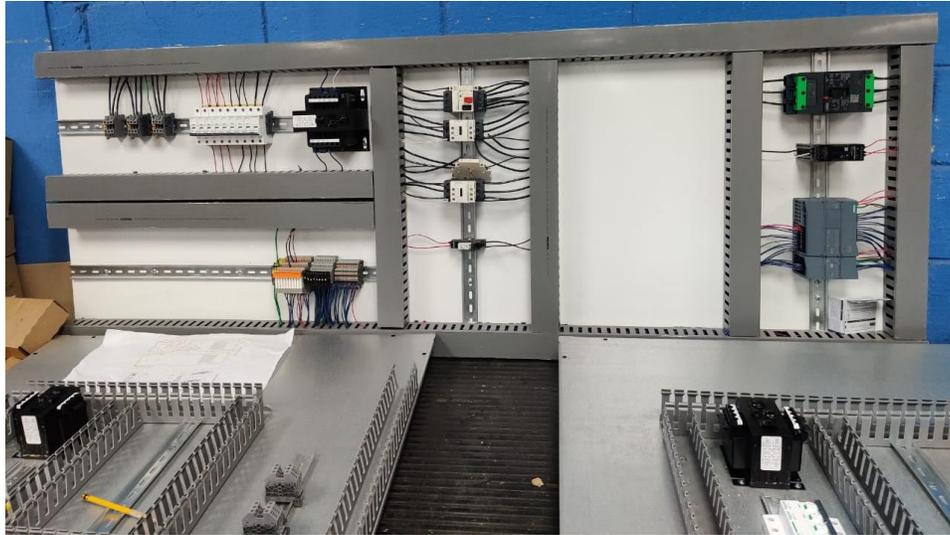


Ilustración 20-Panel de control cableado

Fuente: Elaboración Propia

4.1.6 SEMANA 6

En la sexta semana de la práctica profesional se continuó con el desarrollo de paneles de control utilizado para diversos sistemas de automatización o de control. Se prosiguió con el armado y montaje de un panel de control para el uso de 2 bombas de 20 HP con el uso de un control manual. En la ilustración 21, se muestra el montaje realizado tanto de las canaletas como los rieles en donde se fijan los elementos. Los elementos utilizados para este panel son breakers de Siemens, guardamotor y contactor de ABB.

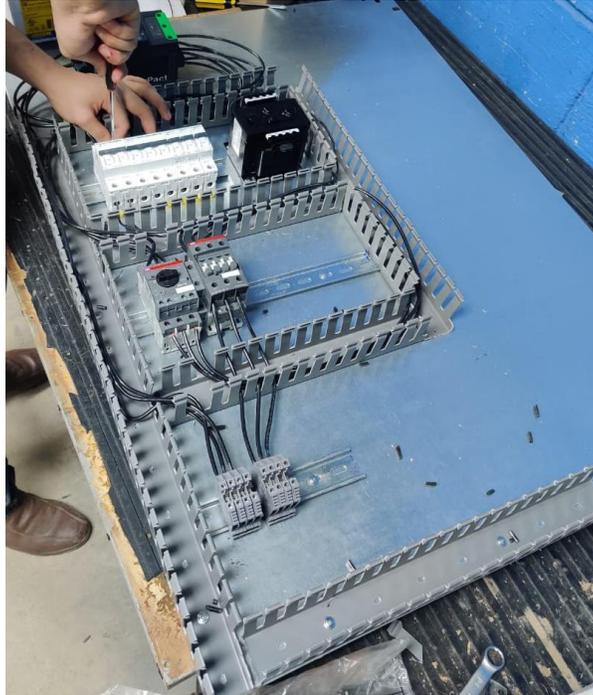


Ilustración 21-Panel de control cableado

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se inició con el diseño de otro panel de control completamente automatizado. La finalidad de este panel de control es tener un control total, tanto manual y automatizado para 3 bombas de potencia de 30 HP. El control de las bombas depende de la retroalimentación recibida por los sensores de cada una de las bombas. Para ello, se inició trabajando en la conexión de diversos elementos de eléctricos y de control, como se muestra en la ilustración 22. El tamaño final del panel se muestra en la ilustración 23.

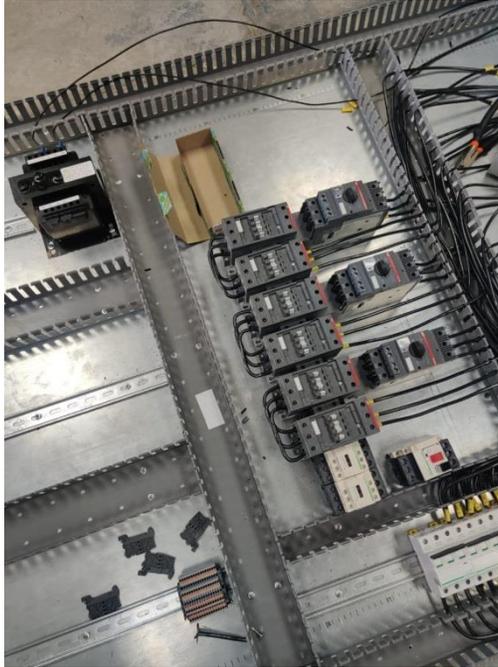


Ilustración 22-Montaje y cableado

Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 23 se puede visualizar el armario eléctrico donde se aprecia en la puerta las botoneras para el control, ventiladores para refrigeración y pantalla HMI.



Ilustración 23-Tamaño final del panel de control

Fuente: Elaboración Propia

4.1.7 SEMANA 7

En la semana 7 se continuó trabajando con el panel de control de la semana anterior. Para esto fueron colocados los variadores de frecuencia en el panel y se realizaron las respectivas conexiones para los motores. Además, fue conectado el controlador de todo el sistema, el PLC Siemens S7-1200. En conjunto con los controladores de los ventiladores, los transformadores y la fuente de alimentación, entre otros elementos como los breakers, sensores, etc. En la ilustración 24 se muestra el montaje de todos estos elementos en el panel de control.



Ilustración 24-Montaje de variadores de frecuencia

Fuente: Elaboración Propia

Para la conexión de los motores fue necesario seguir una normativa. Específicamente, se siguió una tabla de control de Schneider en donde se establece el calibre del cable de conexión según la cantidad de consumo o potencia del motor que se estará utilizando en el sistema, esta tabla de control se muestra en el anexo. Seguidamente, se realizaron las conexiones que van en la puerta del panel de control mostrado en la ilustración 23. Las conexiones realizadas consistieron en las

diversas luces que permite la visualización del estado actual de ciertos elementos para determinar si se encuentra encendido o no, y de igual manera configurar el modo a utilizar para el sistema de control, ya sea manual o automatizado. En esta puerta también fue instalada una interfaz humano-máquina (HMI) que le permite al usuario u operador interactuar con todo el sistema de automatización. En la ilustración 25, se muestra el montaje de todos los elementos en la puerta del panel.



Ilustración 25-Montaje HMI y luces en la puerta del panel de control

Fuente: Elaboración Propia

4.1.8 SEMANA 8

A lo largo de la semana 8 se finalizó el montaje del panel de control que en el cual se ha trabajado en las dos semanas anteriores. En la ilustración 26, se muestra los últimos ajustes realizados al montaje del panel de control. Fueron instalados los ventiladores que permiten al equipo mantener a la temperatura adecuada. Para el control de los variadores de frecuencia se utiliza el protocolo TCP/IP para su control a través del medio físico de un cable de par trenzado, Ethernet, utilizado para la comunicación entre el variador y el PLC. Todo el cableado fue ubicado en la canaleta para mantener el orden en el panel de control, de esta manera se facilita cual inspección, mantenimiento o reemplazo de algún equipo.



Ilustración 26-Montaje final del panel de control

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, fueron instalados la pequeña pantalla de monitoreo como la HMI y las luces que le permite al usuario u operador la interacción con el sistema de automatización. En la ilustración 27, se presenta el panel de control grande finalizado con variadores de frecuencia y control automatizado listo para transportar al lugar de instalación.



Ilustración 27-Panel de control grande finalizado

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, en la misma semana se continuó con el armado o montaje de otro panel de control. La función de este panel es la del control de 4 bombas, 2 de estas son de una potencia de 40 HP y los otros dos de una menor potencia, 30 HP- En la ilustración 28, se muestra el montaje final de este panel de control.

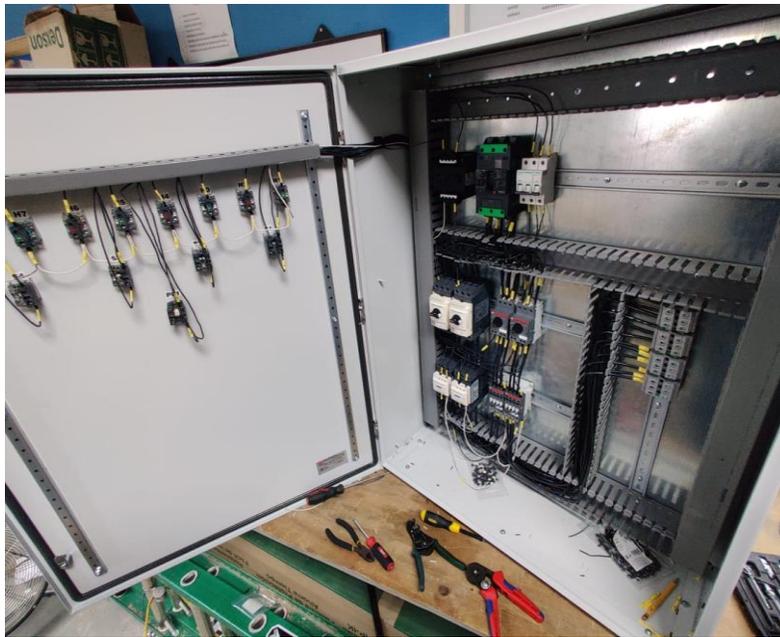


Ilustración 28-Panel de control para 4 bombas

Fuente: Elaboración Propia

4.1.9 SEMANA 9

En la penúltima semana de la práctica profesional se continuó trabajando con actividades relacionadas al desarrollo de paneles de control para diversos sistemas de automatización. Inicialmente, se trabajó en la construcción de la estructura del panel de control, se montaron los rieles en donde irán colocados los elementos que componen el sistema de control, incluyendo las canaletas para el respectivo cableado en el panel de control. En la ilustración 29, se presenta estas instalaciones.



Ilustración 29-Estructura de panel de control

Fuente: Elaboración Propia

El panel de control desarrollado a lo largo de la presente semana consiste en un sistema de control de un motor que funciona a base de vapor de agua, es decir un motor de vapor. Posteriormente, para el montaje de este panel de control, fue necesario el montaje de los diferentes elementos de control, como ser contactores, elementos eléctricos, como ser la fuente de alimentación y elementos de seguridad de todo el circuito eléctrico, como ser el breaker. Seguidamente, fueron realizadas todas las respectivas conexiones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema de control. En la ilustración 30, se muestra el panel de control finalizado para el control del motor de vapor de agua.



Ilustración 30-Panel de control para motor de vapor

Fuente: Elaboración Propia

Al finalizar el armado y montaje del panel de control para el motor que funciona en base al vapor de agua mostrado en la ilustración 30. Se continuó trabajando con el armado y montaje de otro panel de control, para un sistema o proceso diferente. Este panel de control desarrollado posee la función de la ejecución de arranque con una mayor suavidad de un motor de alta potencia, específicamente, de un motor de 350 HP. De igual manera, se inició armando la estructura del panel, integrando las canaletas y los rieles en donde serán colocados todos los elementos del sistema de control. Este panel de control es considerado un panel mediano, y tiene una mayor cantidad de elementos en comparación del panel de control anterior, por esta razón se integraron 2 ventiladores en el panel de control para mantener la temperatura adecuada dentro del panel. Similarmente, fueron utilizados elementos de control, eléctrico y de seguridad. El panel de control finalizado se muestra en la ilustración 31.



Ilustración 31-Panel de control para suavizar arranque del motor de 350 HP

Fuente: Elaboración Propia

En los últimos días de la novena semana de la práctica profesional, se realizó el último panel de control de la semana. Este fue un panel de control más pequeño. Su función consiste en el control de una bomba de una potencia de 7.5 HP. Igualmente, fueron utilizados canaletas y rieles en el panel de control para mantener un mayor orden y organización para facilitar algún mantenimiento posterior. Seguidamente, fueron instalados todos los componentes del panel de control y se realizó todo el respectivo cableado. El panel de control final se muestra más a detalle en la ilustración 32.



Ilustración 32-Panel de control para bomba de 7.5 HP

Fuente: Elaboración Propia

4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la presente sección, se muestra más a detalle el seguimiento cronológico de las diversas actividades realizadas dentro de Falcon Ingeniería, como se puede observar en la ilustración 29 y 30.

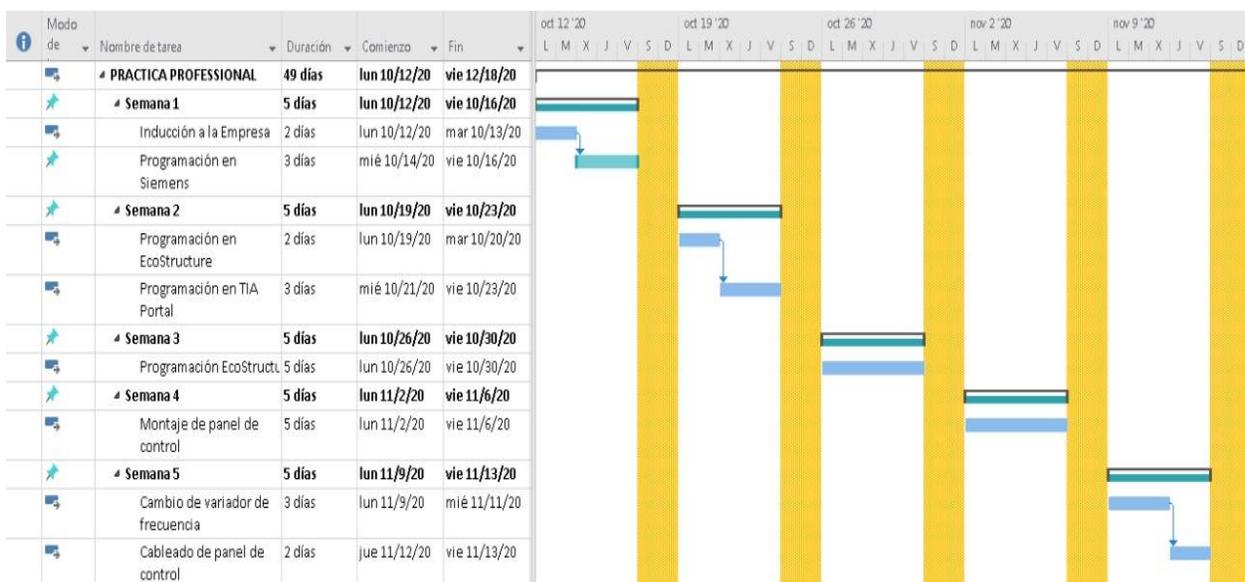


Ilustración 33-Cronograma de actividades parte 1

Fuente: Elaboración Propia

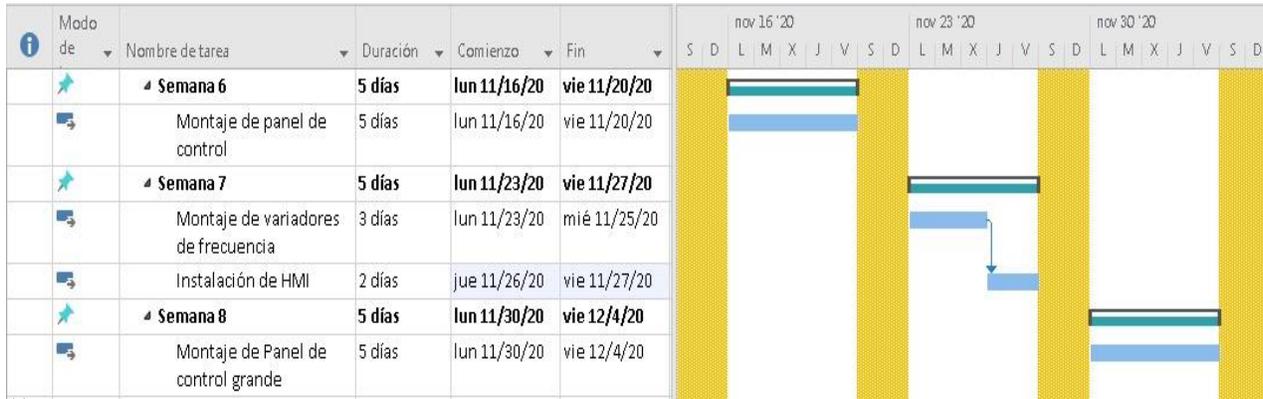


Ilustración 34-Cronograma de actividades parte 2

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

- 1) Se concluye con base a las semanas trabajadas dentro de la Falcon Ingeniería, que actualmente, los proyectos diseñados y desarrollados en los softwares de Siemens y Schneider que permiten un mejor control sobre todos los procesos. Los equipos más utilizados para el desarrollo son de la marca Siemens, siendo estas unas de las más utilizadas a nivel industrial de Honduras.
- 2) Dentro de la empresa, los controladores lógicos programables más utilizados fueron Schneider y Siemens. Por lo tanto, los programas lógicos desarrollados fueron en sus respectivas aplicaciones EcoStruxure Machine Expert para Schneider y TIA Portal para Siemens. El lenguaje de programación en escale y SCL fueron los más utilizados para el desarrollo de diversos programas de control.
- 3) Fueron desarrollados diversos montajes o armados de paneles de control para diferentes procesos. En estas actividades fue necesario el montaje adecuado y ordenado de todos los componentes y elementos que conforman el panel de control con la finalidad de poder realizar una revisión o modificación posterior.

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

- 1) Para mejorar el proceso para visualizar y controlar las señales de los variadores de frecuencia de la marca de Schneider Electric, se puede usar un protocolo de comunicación que tenga disponible el dispositivo, pero solo en el caso que el dispositivo tenga disponible una entrada para usar un protocolo. El uso del protocolo ayudaría reducir el uso de cables por cada una de las señales del variador, ayudando a reducir dinero y tiempo.
- 2) Cuando hay que tomar en cuenta que, al armar paneles eléctricos industriales de cualquier tipo, se tiene que tomar en cuenta la estética de lo que se está entregando, por ejemplo, que todo cuadre de forma correcta, que todo se mire ordenado y etiquetado. Todo lo mencionando anterior es para facilitar a futuro una revisión de los equipos sea más fácil encontrar una falla o hacer cambios.
- 3) Para realizar programas que se utilizaran en proyectos industriales siempre hay que seguir lineamientos al declarar variables. Esto facilita que la persona que lea la programación pueda comprender el funcionamiento del programa y la función de los elementos en el programa. También se recomienda agregar comentarios en la programación.

BIBLIOGRAFÍA

- Cucinotta, T., Mancina, A., Anastasi, G. F., Lipari, G., Mangeruca, L., CheccoZZo, R., & Rusina, F. (2009). A Real-Time Service-Oriented Architecture for Industrial Automation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 5(3), 267–277. <https://doi.org/10.1109/TII.2009.2027013>
- Duignan, B. (2017). Siemens AG: German company. *Encyclopædia Britannica*. <https://www.britannica.com/topic/Siemens-AG>
- Falcon. (2020). Quienes Somos. *Falcon Ingeniería*. <http://www.falconingenieria.com/index.php?lang=es>
- Frey, G., & Litz, L. (2000). Formal methods in PLC programming. *Smc 2000 Conference Proceedings. 2000 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. "cybernetics Evolving to Systems, Humans, Organizations, and Their Complex Interactions"* (Cat. No.0, 4, 2431–2436 vol.4. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2000.884356>
- Gharieb, W. (2006). Software Quality in Ladder Programming. *2006 International Conference on Computer Engineering and Systems*, 150–154. <https://doi.org/10.1109/ICCES.2006.320440>
- Gupta, A. K., & Arora, S. K. (2013). *Industrial Automation and Robotics*. Universal Science Press.
- Heyder Páez-Logreira, Ronald Zamora-Musa, & José Bohórquez-Pérez. (2015). Programming logic controllers (PLC) using ladder and structured control language (SCL) in MATLAB. *Revista Facultad de Ingeniería*, 24(39). <https://doi.org/10.19053/01211129.3555>
- IECEE. (2020). *IEC 61439-2:2011: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies—Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies*.

IFR. (2020a). *World Robotics 2020: Industrial Robots*. International Federation of Robotics.

IFR. (2020b). *World Robotics 2020: Service Robots*. International Federation of Robotics.

Kumar, L., Jetley, R., & Sureka, A. (2016). Source Code Metrics for Programmable Logic Controller (PLC) Ladder Diagram (LD) Visual Programming Language. *2016 IEEE/ACM 7th International Workshop on Emerging Trends in Software Metrics (WETSoM)*, 15–21.
<https://doi.org/10.1109/WETSoM.2016.011>

Neumann, P. (2007). Communication in industrial automation—What is going on? *Special Issue on Manufacturing Plant Control: Challenges and Issues*, 15(11), 1332–1347.
<https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2006.10.004>

Park, S. C., Park, C. M., & Wang, G.-N. (2008). A PLC programming environment based on a virtual plant. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39(11), 1262–1270. <https://doi.org/10.1007/s00170-007-1306-3>

Robert, M., Giuliani, P., & Gurau, C. (2020). Implementing industry 4.0 real-time performance management systems: The case of Schneider Electric. *Production Planning & Control*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810761>

Rodríguez-Méndez, R., Sánchez-Partida, D., Martínez-Flores, J. L., & Arvizu-Barrón, E. (2015). A case study: SMED & JIT methodologies to develop continuous flow of stamped parts into AC disconnect assembly line in Schneider Electric Tlaxcala Plant. *15th IFAC Symposium On Information Control Problems In Manufacturing*, 48(3), 1399–1404.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.282>

Samigulina, G. A., & Samigulina, Z. I. (2015). Industrial implementation of the immune network modeling of complex objects on the equipment schneider electric and siemens. *2015 International Workshop on Artificial Immune Systems (AIS)*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/AISW.2015.7469242>

Schneider. (2019). *EcoStruxure Machine Expert: Programming Guide*. Schneider Electric.

Shell, R., & Hall, E. L. (2000). *Handbook Of Industrial Automation*. CRC Press.

Siemens. (2018). *Documentación didáctica/ para cursos de formación: Principios básicos de la programación de FB con SIMATIC S7-1200*. Siemens AG.

SIEMENS. (2019). *SIMATIC S7-1200 | SIMATIC Controllers | Siemens* [Newton_ps-detail]. Siemens.Com Global Website. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>

Thomesse, J.-. (2005). Fieldbus Technology in Industrial Automation. *Proceedings of the IEEE*, 93(6), 1073–1101. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2005.849724>

Vyatkin, V. (2013). Software Engineering in Industrial Automation: State-of-the-Art Review. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 9(3), 1234–1249. <https://doi.org/10.1109/TII.2013.2258165>

Wollschlaeger, M., Sauter, T., & Jasperneite, J. (2017). The Future of Industrial Communication: Automation Networks in the Era of the Internet of Things and Industry 4.0. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 11(1), 17–27. <https://doi.org/10.1109/MIE.2017.2649104>

ANEXOS

Anexo 1-Calibre del cable según el consumo del motor

Selector de arrancadores "IEC" a tensión plena para motores jaula de ardilla

Presencia del motor (HP)

Corriente A
Potencia del motor (HP)
Corriente A

Minicontacto LCIK
Contacto serie D e f
Corriente máxima AC 3

Relé para contactor TeSys-D/F
Rango de ajuste
Sede para minicontacto K 18210

Capacidad interruptiva 5kA
o Capacidad interruptiva alta
Rango de ajuste discreto/continuo

Capacidad interruptiva 50kA
o Capacidad interruptiva alta
Rango de ajuste discreto/continuo

Miniarrancador con relé térmico L11M
Arrancador en relé térmico L110
(se debe agregar relé térmico)

Calibre mínimo conductor AWG

14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	12	12	10	8	8	6	6	4	2	3/0	3/0	3/0	2/0	2/0
35x05	35x05	35x06	35x07	35x08	35x10	35x10	35x12	35x14	35x16	35x16	35x16	35x16	35x16											
09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09
0.175	—	0.25	0.33	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.8	—	1.4	1.6	1.8	2.7	3.5	4.4	6.1	8.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.25	0.33	0.5	0.75	1.0	1.5	2	3.0	5.0	7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.7	0.8	1	1.4	1.7	2.4	3.1	4.4	7.6	7.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
610	610	610	610	610	610	610	610	910	910	1210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
D09+	D09+	D09+	D12+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
D05	D05	D06	D07	D07	D08	D08	D10	D12	D14	D16	D21	D22	D22	D32	D340	D350	D355	D361	D363	D363	D469	90C369	93C371	94C371
0.63-1	0.63-1	1-1.6	1.6-2.5	1.6-2.5	2.5-4	2.5-4	4-6	5.5-8	7-10	9-13	12-18	16-24	23-32	30-40	37-50	48-65	55-70	63-80	63-80	110-160	90-130	122-220	135-220	200-300
0.306	0.306	307	307	308	310	312	312	314	0316	316	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.8-1.2	0.8-1.2	1.2-1.8	1.2-1.8	1.8-2.6	2.6-3.7	3.7-5.5	3.7-5.5	5.5-8	8-11.5	8-12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
GVZM05	GVZM05	GVZM06	GVZM07	GVZM07	GVZM08	GVZM08	GVZM10	GVZM10	GVZM14	GVZM16	GVZM16	GVZM16	GVZM20	GVZP22	GVZP22	GVZP22	GVZP22	GVZP22						
GVZM05	GVZM05	GVZM06	GVZM07	GVZM07	GVZM08	GVZM08	GVZM10	GVZM10	GVZM14	GVZM16	GVZM16	GVZM16	GVZM20	GVZP20	GVZP22	GVZP22	GVZP22	GVZP22						
0.63-1	0.63-1	1-1.6	1.6-2.5	1.6-2.5	2.5-4	2.5-4	4-6.3	6-10	6-10	9-14	13-18	20-25	24-32	30-40	37-50	48-65	48-65	60-100	60-100	90-150	90-150	132-220	132-220	132-220
GVZL05	GVZL05	GVZL06	GVZL07	GVZL07	GVZL08	GVZL08	GVZL10	GVZL10	GVZL14	GVZL16	GVZL16	GVZL16	GVZL20	GVZL22	GVZL22	GVZL22	GVZL22	GVZL22						
1	1	1.6	1.6	2.5	4	4	6.3	10	10	14	18	25	32	40	50	65	80	80	80	160	160	250	250	400

TeSys

Coordinación Tipo 1

Guardamotor
Contactor

Coordinación Tipo 2

Magnético
Contactor

Coordinación Tipo 3

Contactor
Térmico
Contactor
TeSys T

Sustituir (+) por tensión de control

Volts	28	48	110	240
AC (0-150A)	B7	E7	FE7	U7
DC (0-30A)	BW	EW	FW	MW

Sustituir (+) por tensión de control

Volts	28	48	110	240
AC	B7	E7	F7	U7
DC (40-95A)	BW	EW	FW	MW

Timers, Auxiliares y Accesorios, por favor consultar el catálogo TeSys o su oficina Schneider Electric.

Para más información visite: www.schneider-electric.co.cr