



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
ENTRENAMIENTO EN REDES INDUSTRIALES UTILIZANDO  
TECNOLOGÍA SIEMENS**

**AUTORES: DÍAZ MOROCHO JORGE WLADIMIR**

**VIZCAÍNO ASIMBAYA FRANCISCO**

**DIRECTOR: ING. ORTIZ TULCÁN HUGO.**

**SANGOLQUÍ**

**2016**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRONICA, AUTOMATIZACIÓN Y  
CONTROL

### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “*DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN REDES INDUSTRIALES UTILIZANDO TECNOLOGÍA SIEMENS*” realizado por los señores *JORGE WLADIMIR DÍAZ MOROCHO* y *FRANCISCO JAVIER VIZCAÍNO ASIMBAYA*, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores *JORGE WLADIMIR DÍAZ MOROCHO* y *FRANCISCO JAVIER VIZCAÍNO ASIMBAYA*, para que lo sustenten públicamente.

Sangolquí, 12 de Julio del 2016

Ing. Hugo Ortiz

**DIRECTOR**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

iii

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **JORGE WLADIMIR DÍAZ MOROCHO**, con cédula de identidad N° 171882994-6 y **FRANCISCO JAVIER VIZCAÍNO ASIMBAYA**, con cédula de identidad N° 171545054-8, declaramos que este trabajo de titulación "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN REDES INDUSTRIALES UTILIZANDO TECNOLOGÍA SIEMENS**" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 12 de Julio del 2016

Jorge Wladimir Díaz Morocho

C.I: 171882994-6

Francisco Javier Vizcaíno Asimbaya

C.I: 171545054-8



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

### AUTORIZACIÓN

Nosotros, **JORGE WLADIMIR DÍAZ MOROCHO** y **FRANCISCO JAVIER VIZCAÍNO ASIMBAYA**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN REDES INDUSTRIALES UTILIZANDO TECNOLOGÍA SIEMENS"** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 12 de Julio del 2016

Jorge Wladimir Díaz Morocho

C.I: 171882994-6

Francisco Javier Vizcaíno Asimbaya

C.I: 171545054-8

## DEDICATORIA

*Dedicado a mi Dios todopoderoso por ser mi fuente, mi mano derecha, mi sustento, el que me ha dado la valentía y capacidad para que este sueño se hiciera realidad.*

*A mis padres, regalo maravilloso que Dios me ha dado, por su apoyo incondicional, por su esfuerzo y sacrificio que han hecho por mí.*

*A mi hermano por ser mi compañía en esta vida.*

*A mi familia y en especial a mi abuelita Concepción por ser mi segunda madre y brindarme ese afecto especial para seguir adelante.*

***Wladimir***

*A mi familia, a mis padres que han sido el apoyo incondicional en mi vida, a mis hermanos que me han brindado el cariño y afecto para seguir adelante, al amor de mi vida que Dios sabrá por dónde está.*

***Francisco***

## **AGRADECIMIENTOS**

El agradecimiento principal del proyecto está dirigido a Dios por darnos tantas bendiciones en nuestras vidas y permitirnos estar presentes en este momento tan importante de nuestra formación profesional.

Expresamos nuestros agradecimientos hacia la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y su calificado grupo de docentes, pues ellos han sido el pilar fundamental en el proceso de aprendizaje dentro del camino universitario. Queremos resaltar la colaboración, apoyo y participación de nuestro director de proyecto de titulación Ing. Hugo Ortiz, pues es quien ha sido guía y aporte con ideas a beneficio de la realización del proyecto.

Sin duda el apoyo incondicional de nuestros padres es la razón por la cual el proyecto ha logrado salir adelante ya que ellos con su amor y sabiduría han sido el soporte emocional y ético para perseverar en nuestra carrera universitaria y fruto de ello es poder llegar a cumplir la meta de culminar este importante escalón académico, por estas razones estaremos enteramente agradecidos con ustedes.

A nuestros amigos incondicionales que con su alegría, optimismo y compañerismo han hecho que nuestro camino universitario resultase más llevadero y sin duda nos llevamos gratos recuerdos inolvidables de todos los momentos compartidos con ellos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación e importancia.....	2
1.3. Alcance.....	3
1.4. Objetivos .....	5
1.4.1. Objetivo General .....	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
1.5. Descripción general del proyecto .....	6
CAPÍTULO 2 .....	7
FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	7
2. Fundamentos de Redes Industriales .....	7
2.1. Historia de las Redes Industriales .....	7
2.2. Tecnologías de Red .....	9
2.3. Estándares de Red .....	11
2.3.1. Estándares de conexión LAN de la IEEE.....	11
2.3.1.1 Proyecto de Conexión 802 .....	12
2.3.1.1.1 Estándar 802.3 Ethernet .....	13
2.3.1.1.2. Estándar 802.11 LAN inalámbricas .....	13
2.4. Protocolo de Red .....	15
2.4.1. Protocolo orientado a conexión y no orientado a conexión .....	15
2.5. Topología de la red.....	15
2.6. Protocolos de comunicación.....	17



2.6.1. Protocolos ASI .....	17
2.6.2. Protocolo Profibus.....	17
2.6.3. Protocolo ETHERNET TCP/IP.....	18
2.7. Estándar de comunicación Profinet.....	19
2.7.1. Visión general de Profinet.....	19
2.7.2. Ethernet Industrial .....	20
2.7.3. Descripción de Profinet.....	22
2.7.4. Características y ventajas de Profinet.....	22
2.7.4.1. Comunicación Profinet en tiempo real.....	24
2.7.5. Comunicación TCP/IP y UDP/IP .....	25
2.8. Estándar de comunicación Profibus .....	26
2.8.1. Características generales .....	26
2.8.2 Clasificación de la arquitectura Profibus .....	27
2.8.3. Servicios y Protocolos.....	28
2.8.3.1 Protocolo Modbus .....	28
2.8.3.1.1 Modos de Transmisión del MODBUS .....	29
2.8.3.2. Estándares de comunicación serial.....	29
2.9. Introducción al estándar GSM.....	32
2.9.1.1. Arquitectura de la red GSM .....	34
2.10. Descripción de normas de diseño.....	35
2.10.1. Norma IEC 61439-3 .....	37
2.10.2. Norma IEC 60529 .....	38
2.10.3 Norma NEMA 250 .....	38
CAPÍTULO 3 .....	40
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....	40
3. Descripción del Sistema de Entrenamiento.....	40
3.1. Diseño del Sistema de Entrenamiento.....	41
3.1.1. Requerimientos del Sistema de Entrenamiento.....	41
3.1.1.1. Productos y servicios por entregar .....	42
3.1.2. Alternativas de Solución .....	42
3.1.2.1. Sistema Compacto.....	43
3.1.2.1.1. Descripción general.....	43



3.1.2.1.2. Beneficios para el usuario .....	44
3.1.2.1.3. Equipo e instalaciones .....	44
3.1.2.2. Sistema Modular .....	45
3.1.2.2.1. Descripción general .....	45
3.1.2.2.2. Beneficios para el usuario .....	45
3.1.2.2.3. Equipo e instalaciones .....	46
3.1.2.3. Prototipo Showroom .....	46
3.1.2.3.1. Descripción general .....	46
3.1.2.3.2. Beneficios para el usuario .....	47
3.1.2.3.3. Equipo e instalaciones .....	48
3.1.3. Matriz comparativa entre las tres alternativas de solución .....	48
3.2. Diseño del Sistema de Entrenamiento .....	49
3.2.1. Estructura Física del Sistema .....	49
3.2.1.1. Norma IEC-61439 .....	50
3.2.1.2. Dimensionamiento de la Estructura Metálica .....	50
3.2.1.3. Distribución de los Elementos .....	51
3.2.2. Dimensionamiento de Protecciones .....	52
3.2.2.1. Cálculo de Corrientes del Motor Trifásico .....	53
3.2.2.2. Cálculo de Corrientes de Equipos de Señalización y Mando .....	54
3.2.3. Selección de Breakers Termomagnético .....	54
3.2.3.1. Protección Motor Trifásico .....	54
3.2.3.2. Protección Equipos de Señalización y Mando .....	55
3.2.4. Selección de Guardamotor .....	56
3.2.5. Conductor para la Conexión del Motor .....	56
3.2.6. Conductor de los equipos de control, mando y señalización. ....	57
3.3. Listado de Elementos .....	58
3.3.1. Elementos de Protección .....	59
3.3.1.1. Guardamotor SIRIUS Innovations 3RV20 .....	60
3.3.1.2. Breaker Termomagnético 1 POLO – 1A .....	61
3.3.1.3. Breaker Termomagnético 1 POLO – 2A .....	61
3.3.1.4. Breaker Termomagnético 2 POLOS - 10A .....	62
3.3.1.5 Motor Trifásico 4 Polos 0.5HP .....	63

3.3.2. Especificación de Materiales Pertenecientes a la Red .....	63
3.3.2.1. PLC Simatic S7-1200.....	64
3.3.2.2. Módulo CM 1241-RS485.....	65
3.3.2.3. Siemens LOGO! 8.....	65
3.3.2.4. Módulo de comunicación LOGO! CMR2020.....	67
3.3.2.5. Panel táctil Simatic HMI Basic Panel .....	68
3.3.2.6. Variador de Velocidad Sinamics V20.....	69
3.3.2.7. Módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788 .....	70
3.3.2.8. Switch Industrial Scalance X 208 .....	71
3.3.3. Software de Desarrollo.....	72
3.3.3.1 TIA Portal.....	72
3.3.3.2. LOGO! Soft Comfort .....	73
3.3.3.3. Primary Setup Tool .....	73
3.4. Diseño de Red .....	74
3.4.1. Requerimientos de la Red .....	74
3.4.2. Requerimientos Operativos .....	76
3.4.3. Requerimientos Técnicos .....	76
3.4.4. Diseño Físico.....	76
3.4.4.1 Requerimientos de la Red ProfiNet.....	77
3.4.4.2. Red ProfiNet ILAN .....	77
3.4.4.3. Red ProfiNet IWLAN .....	77
3.4.4.4. Topología de la Red ProfiNet .....	78
3.4.4.5. Protocolo de la Red .....	79
3.4.4.6. Norma Utilizada .....	79
3.4.4.7. Direccionamiento .....	81
3.4.4.8. Diseño Lógico .....	81
3.4.5. Diseño de la Red Modbus RTU .....	82
3.4.5.1. Diseño Físico.....	82
3.4.5.2. Requerimientos Técnicos .....	82
3.4.5.3. Topología de la Red .....	83
3.4.5.4. Protocolo .....	84
3.4.5.5. Diseño Lógico .....	84

3.4.6. Resumen del Diseño General de la Red .....	85
3.4.7. Diseño de Interfaz HMI.....	86
3.4.7.1. Propuesta de Diseño de las Interfaces .....	86
3.4.7.2. Criterios para el Diseño de las HMI.....	87
3.5. Implementación del Sistema .....	87
3.5.1. Diagramas y planos de instalación .....	87
3.5.2. Instalación e integración.....	87
3.5.3. Implementación de la Estructura Metálica.....	88
3.5.4. Distribución de los Elementos.....	90
3.5.5. Cableado y Etiquetado .....	91
3.5.5.1. Cableado Interno .....	91
3.5.5.2. Espacios Libres y Reservas .....	93
3.5.6. Identificación de Elementos .....	94
3.5.7. Puesta a Tierra.....	95
3.6. Puesta en Marcha del Sistema.....	96
CAPÍTULO 4 .....	97
DISEÑO DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO .....	97
4. Guía de Prácticas .....	97
4.1. Descripción general de las Guías de Prácticas .....	97
4.2. Diseño de las Guías Prácticas.....	99
4.2.1. Objetivos de las Guías Prácticas .....	99
4.2.2. Desarrollo de las Guías de Prácticas .....	99
4.2.3. Ejecución de la Práctica .....	100
4.2.4. Presentación .....	100
4.2.5. Evaluación.....	100
4.2.6. Recomendaciones.....	100
4.2.7. Presentación del informe.....	101
4.3. Estructura de las Guías de Prácticas.....	102
4.3.1. GUÍA PRÁCTICA 1 .....	102
4.3.2. GUÍA PRÁCTICA 2 .....	106
4.3.3. GUÍA PRÁCTICA 3 .....	110
4.3.5. GUÍA PRÁCTICA 5 .....	116

4.3.6 GUÍA PRÁCTICA 6 .....	120
CAPÍTULO 5 .....	126
PRUEBAS Y RESULTADOS .....	126
5.1. Pruebas de Hardware.....	126
5.2. Pruebas de Software .....	126
5.3. Análisis de Funcionalidad del sistema .....	127
CAPÍTULO 6 .....	135
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	135
6.1. Conclusiones .....	135
6.2. Recomendaciones.....	136
Bibliografía.....	138
ANEXOS.....	143

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Cuadro comparativo entre los principales estándares IEEE 802.11.....	14
<b>Tabla 2</b>	Ventajas de Profinet .....	23
<b>Tabla 3</b>	Matriz comparativa entre las tres alternativas de solución .....	48
<b>Tabla 4</b>	Selección de conductor para conexión del motor.....	57
<b>Tabla 5</b>	Selección de conductor para la conexión de los equipos de control, mando y señalización .....	57
<b>Tabla 6</b>	Listado de Elementos .....	58
<b>Tabla 7</b>	Características técnicas del Guardamotor SIRIUS 3RV20.....	60
<b>Tabla 8</b>	Características técnicas Breaker Termomagnético 1 POLO – 1A .....	61
<b>Tabla 9</b>	Características Breaker Termomagnético 1 POLO – 2A .....	61
<b>Tabla 10</b>	Características Breaker Termomagnético 2 POLOS – 10A.....	62
<b>Tabla 11</b>	Características Motor Trifásico 4 Polo 0.5HP .....	63
<b>Tabla 12</b>	Características Técnicas Simatic S7-1200 .....	64
<b>Tabla 13</b>	Características Técnicas CM1241-RS485.....	65
<b>Tabla 14</b>	Características Técnicas LOGO! 8.....	66
<b>Tabla 15</b>	Características Técnicas CMR2020 .....	67
<b>Tabla 16</b>	Características Técnicas del Panel táctil Simatic HMI Basic Panel.....	68
<b>Tabla 17</b>	Características Técnicas del variador de Velocidad Sinamics V20 .....	69
<b>Tabla 18</b>	Características Técnicas del módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788.....	70
<b>Tabla 19</b>	Características Técnicas del módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788.....	71
<b>Tabla 20</b>	Requerimientos para el diseño de la red.....	75
<b>Tabla 21</b>	Norma de Cableado Profinet IEC 61784.....	80
<b>Tabla 22</b>	Direcciones IP para los Dispositivos del Sistema .....	81
<b>Tabla 23</b>	Direccionamiento de la Red Modbus RTU .....	84
<b>Tabla 24</b>	Código de Colores de Conectores .....	93
<b>Tabla 25</b>	Direcciones IP de los dispositivos de la Práctica 1 .....	104
<b>Tabla 26</b>	Direcciones IP de los dispositivos de la Práctica 2 .....	108
<b>Tabla 27</b>	Direcciones IP de los dispositivos de la Práctica 3 .....	111
<b>Tabla 28</b>	Direcciones IP de los dispositivos de la Práctica 4 .....	114
<b>Tabla 29</b>	Direcciones IP de los dispositivos de la Práctica 5 .....	118
<b>Tabla 30</b>	Direcciones IP de los dispositivos de la Práctica 6 .....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Panel de Control año 1969.....	8
<b>Figura 2.</b> Introducción de las computadoras a nivel industrial .....	8
<b>Figura 3.</b> Pirámide de Automatización.....	10
<b>Figura 4.</b> Topologías de Red .....	16
<b>Figura 5.</b> Modelos ISO/OSI TCP/IP .....	19
<b>Figura 6.</b> Concepto modular de Profinet .....	23
<b>Figura 7.</b> PROFINET, el estándar abierto de Industrial Ethernet. ....	24
<b>Figura 8.</b> Comunicación industrial Profibus .....	26
<b>Figura 9.</b> Arquitectura de comunicación Profibus .....	28
<b>Figura 10.</b> Medios físicos de comunicación RS-232 .....	30
<b>Figura 11.</b> Niveles de voltaje RS-232 .....	30
<b>Figura 12.</b> Bus de 2 Hilos RS485.....	31
<b>Figura 13.</b> Bus de 4 Hilos RS485.....	32
<b>Figura 14.</b> Red Celular .....	33
<b>Figura 15.</b> Arquitectura Red GSM.....	35
<b>Figura 16.</b> Vista Frontal de un sistema de entrenamiento.....	44
<b>Figura 17.</b> Sistema Modular.....	45
<b>Figura 18.</b> Vista frontal de un showroom .....	47
<b>Figura 19.</b> Dimensionamiento de la Estructura Física .....	51
<b>Figura 20.</b> Distribución de Elementos.....	52
<b>Figura 21.</b> Guardamotor SIRIUS Innovation 3RV20 .....	60
<b>Figura 22.</b> Breaker Termomagnético 1 POLO – 1A.....	61
<b>Figura 23.</b> Breaker Termomagnético 1 POLO – 2A.....	62
<b>Figura 24.</b> Breaker Termomagnético 2 POLOS - 10A .....	62
<b>Figura 25.</b> Motor Trifásico 4 Polos 0.5 HP.....	63
<b>Figura 26.</b> PLC Siemens Simatic S7-1200 – 1212C AC/DC/RLY.....	64
<b>Figura 27.</b> Módulo de Comunicación CM 1241-RS485 .....	65
<b>Figura 28.</b> Siemens LOGO! 8 12/24RCE .....	66
<b>Figura 29.</b> Módulo GSM/GPRS Siemens CMR2020 .....	67
<b>Figura 30.</b> Panel Simatic Basic Panel KTP400.....	68
<b>Figura 31.</b> Variador de Velocidad Sinamics V20 .....	69
<b>Figura 32.</b> Módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788.....	70
<b>Figura 33.</b> Switch Industrial Scalance X 208.....	71
<b>Figura 34.</b> TIA Portal Software.....	72
<b>Figura 35.</b> LOGO! Soft Comfort Software .....	73
<b>Figura 36.</b> Primary Setup Tool.....	74
<b>Figura 37.</b> Dispositivos del Sistema de Entrenamiento .....	75
<b>Figura 38.</b> Topología tipo estrella para la red .....	78

<b>Figura 39.</b> Red IWLAN.....	79
<b>Figura 40.</b> Estructura cable Profinet CAT7 4 Hilos.....	80
<b>Figura 41.</b> Comunicación Modbus RTU.....	83
<b>Figura 42.</b> Esquema general de la Red del Sistema.....	85
<b>Figura 43.</b> Esquema de Red en Formato SIEMENS.....	85
<b>Figura 44.</b> Resumen de la Red del Sistema.....	86
<b>Figura 45.</b> Visita Frontal de la Estructura Metálica.....	88
<b>Figura 46.</b> Vista Lateral de la Estructura Metálica.....	89
<b>Figura 47.</b> Estructura Metálica Implementada.....	89
<b>Figura 48.</b> Distribución Física de los Elementos del Sistema.....	90
<b>Figura 49.</b> Distribución General de Elementos.....	91
<b>Figura 50.</b> Cableado Interno del Sistema de Entrenamiento.....	92
<b>Figura 51.</b> Cableado de Elementos de Protección y Control.....	92
<b>Figura 52.</b> Cableado de módulo Scalance W-Pro.....	93
<b>Figura 53.</b> Cableado Fuente LOGO! - Cableado a Borneras.....	94
<b>Figura 54.</b> Corte de etiquetas para conductores - Etiquetado de conductores.....	94
<b>Figura 55.</b> Etiquetas de señalización - Etiquetas implementadas.....	95
<b>Figura 56.</b> Barra común de Puesta a Tierra.....	95
<b>Figura 57.</b> Funcionamiento del Sistema de Entrenamiento.....	96
<b>Figura 58.</b> Conexión Profinet de la Práctica 1.....	103
<b>Figura 59.</b> Diseño de la interfaz HMI de la Práctica 1.....	104
<b>Figura 60.</b> Conexión de dispositivos de la Práctica 2.....	108
<b>Figura 61.</b> Diseño de interfaz HMI de la Práctica 2.....	109
<b>Figura 62.</b> Conexión de dispositivos de la Práctica 3.....	111
<b>Figura 63.</b> Conexión de los equipos de la Práctica 4.....	114
<b>Figura 64.</b> Conexión de dispositivos de la Práctica 5.....	117
<b>Figura 65.</b> Diseño de la interfaz HMI de la práctica 5.....	119
<b>Figura 66.</b> Conexión de los equipos de la Práctica 6.....	122
<b>Figura 67.</b> Diseño de la interfaz HMI del panel táctil.....	124
<b>Figura 68.</b> Diseño de la interfaz HMI del control y monitoreo remoto.....	124
<b>Figura 69.</b> Análisis de nivel de impacto en la formación académica.....	128
<b>Figura 70.</b> Análisis de conformidad de los servicios tecnológicos.....	129
<b>Figura 71.</b> Análisis de conformidad con la ergonomía.....	130
<b>Figura 72.</b> Análisis de interés por operar y configurar los equipos.....	130
<b>Figura 73.</b> Análisis de suficiencia del tiempo dedicado.....	131
<b>Figura 74.</b> Análisis del grado de dificultad respecto a la programación.....	132



## **RESUMEN**

El presente proyecto tiene como principal objetivo el mejorar las competencias del estudiante de la carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control en el ámbito de redes industriales, aportando positivamente al proceso enseñanza – aprendizaje del estudiante, logrando captar su interés pues se podrá realizar simulaciones de eventos usuales en procesos industriales, para lo cual se exponen seis guías prácticas de laboratorio con su respectiva resolución. El desarrollo del sistema de entrenamiento en redes industriales cuenta con dos etapas principales de ejecución, la primera es el diseño e implementación del sistema y la segunda es la generación y desarrollo de las guías prácticas, cuya finalidad es lograr obtener un sistema que posea características técnicas y ergonómicas en un solo módulo didáctico, una de la prestaciones relevantes del sistema es brindar beneficios de una Automatización Totalmente Integrada, con una comunicación transparente y abierta entre todos los componentes. En el sistema se utilizan distintos protocolos de comunicación, en los que se muestra la integración de varios equipos Siemens. Este es el primer sistema de entrenamiento con el que contará la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE que posea servicios tecnológicos integrados de comunicación Modbus RTU, Profinet, Wireless y GSM en un mismo módulo, adicionalmente se podrá realizar un control de velocidad y sentido de giro de un motor asíncrono de baja potencia el mismo que será controlado por un variador comandado de manera local y remota.

### **Palabras Clave**

- **REDES INDUSTRIALES**
- **PROFINET**
- **MODBUS RTU**
- **WIRELESS INDUSTRIAL**
- **SIEMENS**

## **ABSTRACT**

The main reason to execute this project is improve the skills of the student of Engineering in Electronics, Automation and Control in the field of industrial networks, positively contributing to the process teaching - student learning, to keeping their interest as it could make simulations of usual events in industrial processes, the topic for the simulations will be explained in the laboratory's guides and practices, with which the project has.

The development of the industrial networks training system has two main phases of implementation, there are the design and implementation of the system, whose purpose is to obtain a system that has technical and ergonomic features in a training compact module, one of the relevant system's performance is to provide benefits of Totally Integrated Automation, with a transparent and open communication between all components. In the industrial networks training system, different communication protocols are used, the system's integration has several Siemens's equipment, which be used in industrial processes communication.

This is the first training system which will at Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE which has integrated several technological communication services like Modbus RTU, Profinet, Wireless and GSM in a compact module, additionally it can have speed control and direction of rotation an asynchronous low-power motor, which will be controlled by a commanded locally and remotely.

### **Keys Words**

- **INDUSTRIAL NETWORK**
- **PROFINET**
- **MODBUS RTU**
- **INDUSTRIAL WIRELESS**
- **SIEMENS**

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

La comunicación en las plantas industriales se ha hecho imprescindible en la industria moderna. Muchos sistemas están conformados por equipos de diferentes fabricantes y funcionan en diferentes niveles de la pirámide de automatización. Pese a que puedan estar distanciados entre sí, a menudo se desea que trabajen de forma coordinada para un resultado satisfactorio del proceso. El objetivo principal es la comunicación totalmente integrada en el sistema.

En los últimos años, las aplicaciones industriales basadas en comunicación digital se han incrementado haciendo posible la conexión de sensores, actuadores y equipos de control en una planta industrial. De esta manera, la comunicación entre la sala de control y los instrumentos de campo se ha convertido en realidad. (Universidad de Oviedo - ISA, 2006)

Expresado lo anterior, es evidente que el estudiante de ingeniería electrónica en automatización y control deba obtener conocimientos sólidos en el ámbito de comunicaciones y redes industriales en el transcurso de la carrera universitaria. Por esta razón nace la necesidad de diseñar e implementar un sistema de entrenamiento dedicado a la asignatura de redes industriales, el mismo que será destinada al uso del alumnado de dicha carrera.

### **1.1. Antecedentes**

La Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, consta de departamentos académicos entre ellos el departamento de Eléctrica y Electrónica (creado el 25 de abril de 1977). En el departamento se oferta la carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control la cual dispone de diferentes laboratorios para desarrollar las competencias de los estudiantes.

En la actualidad el Laboratorio de PLC's del Departamento de Eléctrica y Electrónica no cuenta con un prototipo de entrenamiento dedicado al estudio y práctica de diversos protocolos de comunicación industrial; por esta razón nace la

necesidad de implementar un sistema de entrenamiento con las características antes mencionadas, en el cual los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control puedan realizar prácticas de laboratorio e involucrarse en la instalación y configuración de redes Profinet, Modbus RTU, Wireless y GSM usando tecnología Siemens.

## **1.2. Justificación e importancia**

El presente proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema de entrenamiento en redes industriales usando tecnología Siemens para el Laboratorio de PLC's del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

La principal razón para realizar este proyecto, es mejorar las competencias del estudiante de la carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control en el ámbito de redes industriales ya que el sistema de entrenamiento contará con los recursos tecnológicos de vanguardia acordes a la realidad de procesos implementados en la gran mayoría de industrias en el Ecuador.

Este proyecto contribuirá positivamente en el proceso enseñanza – aprendizaje del estudiante logrando captar su interés, pues se podrá realizar simulaciones de eventos usuales en procesos industriales.

Este es el primer sistema de entrenamiento con el que contará la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE que posea servicios tecnológicos integrados de comunicación Modbus RTU, Profinet, Wireless y GSM en un mismo módulo, adicionalmente se podrá realizar un control de velocidad y sentido de giro de un motor asíncrono de baja potencia el mismo que será controlado por un variador comandado manera local o remota.

Al ser el primer sistema con las características antes mencionadas, se podrá tener una visión a mediano plazo de aumentar el número de estos sistemas, utilizando como prototipo el sistema que se pretende implementar con la finalidad de equipar un laboratorio destinado propiamente al manejo de redes industriales.

Adicionalmente el sistema de entrenamiento servirá como ayuda didáctica al docente en el momento de impartir clases de laboratorio debido a que cuenta con guías de prácticas de laboratorio y con el desarrollo de las mismas, diseñadas para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control se involucren en la configuración de redes industriales y en el manejo de los equipos que integran el sistema de entrenamiento.

Finalmente al tener la asesoría de SIEMENS en el desarrollo y ejecución del proyecto, se pretende a futuro continuar estrechando lazos profesionales con la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

### **1.3. Alcance**

El presente proyecto pretende diseñar e implementar un sistema de entrenamiento en redes industriales enfocado al estudiante de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control; dicho sistema contará con equipos Siemens de vanguardia, permitirá simular eventos reales que podrían presentarse en procesos industriales en el ámbito de las redes de comunicación. Para ello se ha diseñado seis guías - prácticas con las que el estudiante deberá involucrarse.

Las guías - prácticas consisten en la identificación, configuración, programación e integración en red de los diferentes equipos que posee el sistema de entrenamiento; a continuación se enlista los componentes del sistema de entrenamiento y las prácticas a desarrollarse:

Componentes del sistema:

- Controlador Lógico Programable Simatic S7-1200
- Módulo de Comunicación RS485
- Panel de Operación Simatic Basic Panel KTP400 PN
- Módulo Programable LOGO! 8
- Módulo de comunicación LOGO! GSM/GPRS CMR2020
- Variador de Frecuencia Sinamics V20
- Motor Trifásico 4 polos 0,5HP
- Scalance W788 – Pro Siemens
- Scalance X208

Prácticas a desarrollarse:

- Práctica N°1 – Comunicación Profinet.
- Práctica N°2 – Comunicación Modbus RTU.
- Práctica N°3 – Comunicación Profinet Maestro-Esclavo.
- Práctica N°4 – Comunicación móvil GSM.
- Práctica N°5 – Comunicación Wireless – Profinet.
- Práctica N°6 – Integración de tecnologías de comunicación industrial.

**Práctica N°1.** Se utilizará el estándar de comunicación Profinet con la finalidad de lograr interacción entre los equipos PLC Siemens Simatic S7-1200 y Panel de Operación Simatic Basic Panel KTP400 PN.

**Práctica N°2.** Se utilizará el estándar de comunicación Modbus RTU con la finalidad de lograr interacción entre los equipos PLC Siemens Simatic S7-1200 y el Variador de frecuencia Sinamics V20.

**Práctica N°3.** Se utilizará el estándar de comunicación Profinet con la finalidad de lograr una comunicación Maestro-Esclavo entre los equipos PLC Siemens Simatic S7-1200 y Siemens LOGO! 8.

**Práctica N°4.** Se integrará tecnología GSM (Módulo Siemens LOGO! GSM/GPRS) el cual permite interacción mediante mensajes de texto desde teléfonos móviles hacia los autómatas programables Siemens LOGO! 8 y PLC Simatic S7-1200.

**Práctica N°5.** Se utilizará tecnología Wireless de Siemens con la finalidad de diseñar e implementar Redes Industriales IWLAN.

**Práctica N°6.** Se integrará todas las tecnologías de comunicación industrial con las que contará el sistema de entrenamiento con la finalidad de simular un proceso automatizado.

Respecto a la estructura física del sistema de entrenamiento contará con un diseño ergonómico enfocado en el estudiante, las conexiones y etiquetado estarán sujetas a estándares y normas vigentes.

La principal norma en la que se enfocará el diseño de la estructura y conexiones corresponderá a la norma IEC 61439 la misma que garantiza niveles de seguridad tanto para los equipos instalados como para las personas que lo utilizarán, esta norma corresponde a instalaciones y montaje de equipos de baja tensión para distribución de potencia, mando y control.

Otro factor importante en el cual se enfoca la norma IEC 61439 es la distribución de los equipos dentro de un módulo o cuadro de equipos eléctricos, adicionalmente el sistema de entrenamiento estará regido por las normas IEC 60529 y NEMA 250 que corresponde a las propiedades dieléctricas, grados de protección IP e IK necesarias en un módulos de dispositivos eléctricos y electrónicos.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

- Diseñar e implementar un sistema de entrenamiento en redes industriales utilizando tecnología Siemens.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Fomentar el interés del estudiante en el área de redes industriales con el uso de tecnología vanguardista de la marca Siemens.
- Diseñar una guía de prácticas académicas orientada a procesos reales de comunicación industrial con el fin de mejorar las competencias del estudiante de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control.
- Contribuir al laboratorio de PLC's con un sistema de entrenamiento en redes industriales que facilite la capacitación práctica y teórica del estudiante de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control.
- Establecer las mejores características y funcionalidades para cada uno de los componentes de hardware y software necesarios para el diseño e implementación del sistema de entrenamiento en redes industriales.
- Integrar diferentes tipos de tecnología de comunicación industrial de Siemens en un mismo sistema de entrenamiento.



### **1.5. Descripción general del proyecto**

El presente proyecto de investigación consta con la sección de un estudio de arte con la teoría relevante de redes industriales, la siguiente sección aborda el diseño e implementación del sistema de entrenamiento en redes industriales utilizando tecnología Siemens, a continuación se detallarán las guías-prácticas resueltas de manera detallada, se expondrá las pruebas y resultados obtenidos en la simulación general del sistema de entrenamiento, finalmente se adjuntan los anexos correspondientes a planos eléctricos y mecánicos, esquemas de conexión y un manual de usuario de puesta en marcha del sistema.

Respecto a la sección de diseño se tomará en cuenta las especificaciones y requerimientos técnicos que el sistema de entrenamiento debe poseer como son selección de equipos de protección, calibre de conductores y distribución física de los dispositivos eléctricos y electrónicos que serán ubicados dentro del módulo didáctico.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2. Fundamentos de Redes Industriales

##### 2.1. Historia de las Redes Industriales

En la búsqueda de la integración de las Comunicaciones industriales, fueron desarrolladas las Redes de Comunicaciones Industriales. Estas redes, tienen su origen en los estudios efectuados por la fundación FieldBus, que buscaba la creación y desarrollo de esquemas de Comunicaciones universales y de arquitectura abierta (Romero, 2015). La fundación FieldBus, desarrollo un nuevo protocolo de comunicación, para la medición y control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma. FieldBus permite disponer de una nueva tecnología para una nueva generación de sistemas de control y automatización, físicamente más simple, donde toda las rutinas de control, es efectuado por dispositivos de campo, posibilitando además una arquitectura abierta donde cualquier fabricante de equipos de instrumentación pueda integrarse a la red de campo existente en una determinada fábrica o empresa (Castillo, 2015)

Tras la segunda guerra mundial, hubo un gran avance tecnológico y aparecieron las máquinas a comando numérico y los sistemas de control en la industria de proceso, y también el concepto de la referencia de tensión para instrumentación analógica (Cassiolato, 2012). En la década de los 40's, la instrumentación de campo todavía se apoyaba en señales de presión para la monitorización de los procesos basada en el estándar de señalización neumática 3-15 psi. En los 60's se introdujo la señal estándar 4-20 mA, en las aplicaciones de instrumentación. A pesar de su éxito, señales de diferentes niveles se utilizaban en dispositivos no adecuados al estándar, defendidos por unos u otros fabricantes (Olmos & Barros , 2008).

Las redes de comunicación a nivel industrial continúan su desarrollo a finales de la década de los 60's, tiempo en el que el control de un proceso productivo se realizaba mediante un lazo de control para cada variable del sistema. Prevalcían los enormes paneles de control, los cuales indicaban mediante señales los sucesos ocurridos en el

proceso. Además, empezaba la evolución de dispositivos basados en microprocesadores, la Figura 1 indica un panel de control a inicios de los años 70.



**Figura 1.** Panel de Control año 1969

**Fuente:** (Gettyimages, 2015)

En la década de los 70's se comenzaron a introducir las computadoras en el control de procesos (ver Figura 2), fundamentalmente para realizar tareas de vigilancia y se emplearon sustituyendo a los enormes paneles de control.



**Figura 2.** Introducción de las computadoras a nivel industrial

**Fuente:** (Giordan, 2015)

A finales de los 70's, el desarrollo de los microprocesadores, microcontroladores y los Controladores Lógicos Programables (PLC's) dio lugar a la aparición del control distribuido, siendo estos capaces de controlar uno o varios lazos del sistema y de comunicarse con otros niveles. La aparición de sensores inteligentes y elementos

programables que favorecen la automatización demandan la necesidad de permitir su programación y control de forma remota, para ello es necesario integrarse a una red de comunicación. Además, en a nivel de comunicación industrial se dio origen a las primeras Redes Industriales propietarias: entre controladores lógicos programables, PLC's (Modbus – MODICON). En la década de los 80's surgen las Redes Propietarias: Telemecanique, Data Highway (Allen Bradley), Sinec (Siemens), Tiway (Texas).

En 1982, se crea un grupo de trabajo en Francia para obtener un bus industrial único debido a las necesidades de estandarización que se tenía en la época, con lo cual se crea la especificación FIP (Factory Instrumentation Protocol). En 1984, surge la especificación CAN (Controller Area Network) de Bosch. En 1985, Se forma el grupo Profibus (Alemania). En la década de los 90's se tienen diversos protocolos no compatibles. Los basados en productos existentes o prototipos: Hart (Rousemount), Bitbus (Intel) y los basados en propuestas completas: FIP, Profibus (UNICAUCA, 2015).

A mediados de los 90, los procesos comenzaron a requerir un alto nivel de acciones discretas, junto a sofisticadas acciones de control. Así aparecen paulatinamente arquitecturas que combinaban el control discreto y continuo en el mismo controlador. La ventaja de estos sistemas es que permitieron manejar la selección de equipos instalados, con requerimientos de control basados en operaciones binarias (Sacón & Villalva, 2013). En la actualidad debido al surgimiento de conceptos como OPC, se busca estandarizar la comunicación entre los dispositivos y se comienza a incursionar en el desarrollo de software de gestión y supervisión bajo el paradigma de software libre y sistemas multiplataforma, con lo que se busca integrar todos los protocolos de comunicación industrial existentes, independientemente del fabricante.

## **2.2. Tecnologías de Red**

En la pirámide de automatización (ver Figura 3) a la cual va dirigida las comunicaciones industriales, existen diferentes niveles de comunicación, cada uno de ellos con diferentes necesidades. Se puede hablar de dos tipos de redes: redes de control y redes de datos.

Las redes de control están ligadas a la parte baja de la pirámide, mientras que las redes de datos están más ligadas a las partes altas de la jerarquía.



**Figura 3.** Pirámide de Automatización

Fuente: (SMC, 2015)

En general, las redes de datos están orientadas al transporte de grandes paquetes de datos, que aparecen de forma esporádica, y con un gran ancho de banda para permitir el envío rápido de una gran cantidad de datos. En contraste, las redes de control se enfrentan a un tráfico formado por un gran número de pequeños paquetes, intercambiados con frecuencia entre un alto número de estaciones que forman la red y que trabajan en tiempo real (Universidad de Oviedo - ISA, 2013).

El presente proyecto está basado en suplir las necesidades de los niveles bajos de la pirámide de automatización, por lo que se analizará las tecnologías que deben tener las redes de control. En las redes de control es habitual encontrar tráfico de la red que depende directamente de eventos externos que están siendo controlados (o monitorizados) por los diferentes nodos que la componen. Es necesario diseñar una arquitectura de red adaptada a las características particulares de un algún tipo de tráfico. En el diseño se deberán tener en cuenta aspectos como los tipos de protocolos, la interoperabilidad, la topología, la seguridad, así como la facilidad de administración.

## **2.3. Estándares de Red**

Durante las últimas dos décadas ha habido un gran crecimiento en la cantidad y tamaño de las redes. Muchas de ellas sin embargo, se desarrollaron utilizando implementaciones de hardware y software diferentes. Como resultado, muchas de las redes eran incompatibles y se volvió muy difícil para las que utilizaban especificaciones distintas poder comunicarse entre sí. Para solucionar este problema, la Organización Internacional para la Normalización (ISO) realizó varias investigaciones acerca de los esquemas de red. La ISO reconoció que era necesario crear un modelo de red que pudiera ayudar a los diseñadores de red a implementar redes que pudieran comunicarse y trabajar en conjunto (interoperabilidad) y por lo tanto, elaboraron el modelo de referencia OSI en 1984.

### **2.3.1. Estándares de conexión LAN de la IEEE**

IEEE corresponde a las siglas de The Institute of Electrical and Electronics Engineers, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas. Es la mayor asociación internacional sin fines de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros eléctricos, ingenieros en electrónica, científicos de la computación e ingenieros en telecomunicación. Su creación se remonta al año 1884, contando entre sus fundadores a personalidades de la talla de Thomas Alva Edison, Alexander Graham Bell y Franklin Leonard Pope.

En 1963 adoptó el nombre de IEEE al fusionarse asociaciones como el AIEE (American Institute of Electrical Engineers) y el IRE (Institute of Radio Engineers). A través de sus miembros, más de 360.000 voluntarios en 175 países, el IEEE es una autoridad líder y de máximo prestigio en las áreas técnicas derivadas de la eléctrica original: desde ingeniería computacional, tecnologías biomédica y aeroespacial, hasta las áreas de energía eléctrica, control, telecomunicaciones y electrónica de consumo, entre otras. Según el mismo IEEE, su trabajo es promover la creatividad, el desarrollo y la integración, compartir y aplicar los avances en las tecnologías de la información, electrónica y ciencias en general para beneficio de la humanidad y de los mismos

profesionales. Algunos de sus estándares son: VHDL, POSIX, IEEE 1394, IEEE 488, IEEE 802, IEEE 802.11, IEEE 754, IEEE 830.

Mediante sus actividades de publicación técnica, conferencias y estándares basados en consenso, el IEEE produce más del 30% de la literatura publicada en el mundo sobre ingeniería eléctrica, en computación, telecomunicaciones y tecnología de control, organiza más de 350 grandes conferencias al año en todo el mundo, y posee cerca de 900 estándares activos, con otros 700 más bajo desarrollo. (ITDURANGO, 2014)

### **2.3.1.1 Proyecto de Conexión 802**

Cuando comenzaron a aparecer las primeras redes de área local LAN (Local Area Networks) como herramientas potenciales de empresa a finales de los setenta, el IEEE observó que era necesario definir ciertos estándares para redes de área local. Para conseguir esta tarea, el IEEE emprendió lo que se conoce como proyecto 802, debido al año y al mes de comienzo (febrero de 1980). Aunque los estándares IEEE 802 publicados realmente son anteriores a los estándares ISO, ambos estaban en desarrollo aproximadamente al mismo tiempo y compartían información que concluyó en la creación de dos modelos compatibles.

El proyecto 802 definió estándares de redes para los componentes físicos de una red (la tarjeta de red y el cableado) que se corresponden con los niveles físicos y de enlace de datos del modelo OSI. Las especificaciones 802 definen estándares para:

- Tarjetas de red (NIC).
- Componentes de redes de área global (WAN, Wide Area Networks).
- Componentes utilizadas para crear redes de cable coaxial y de par trenzado.

Las especificaciones 802 definen la forma en que las tarjetas de red acceden y transfieren datos sobre el medio físico. Éstas incluyen conexión, mantenimiento y desconexión de dispositivos de red. Al momento de seleccionar el protocolo a ejecutar en el nivel de enlace de datos es la decisión más importante que se debe tomar cuando se diseña una red de área local (LAN), este protocolo define la velocidad de la red, el método utilizado para acceder a la red física, los tipos de



cables que se pueden utilizar, las tarjetas de red y dispositivos que se instalan. (ITDURANGO, 2014)

#### **2.3.1.1.1 Estándar 802.3 Ethernet**

La especificación IEEE para Ethernet es la 802.3, la misma que define el tipo de cableado que se permite y cuáles son las características de la señal que transporta. La especificación 802.3 original utilizaba un cable coaxial grueso de 50  $\Omega$  y 75  $\Omega$ , que permite transportar una señal de 10 Mbps a 500 m. Más tarde se añadió la posibilidad de utilizar otros tipos de cables: Coaxial delgado, cable de par trenzados sin blindaje (UTP), cable de par trenzado con blindaje (STP) y fibra óptica. Mejorando de esta manera la velocidad de transmisión (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet y el de 10 Gigabits), el método de señalamiento y la longitud máxima del cable.

Es un estándar sistema CSMA/CD, por tanto:

- Cuando la interfaz de un servidor tiene un paquete para transmitir, detecta si hay mensajes que están siendo transmitidos. Si no detecta transmisión alguna, la interfaz comienza a enviar.
- Cada nodo verifica que una señal externa no interfiera con la transmisión que se está realizando. Cuando se detecta una colisión, la interfaz aborta la transmisión y espera hasta que la actividad cese antes de volver a intentar la transmisión. (ECURED, 2016)

#### **2.3.1.1.2. Estándar 802.11 LAN inalámbricas**

El protocolo IEEE 802.11 o WI-FI es un estándar de protocolo de comunicaciones del IEEE que define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. La familia 802.11 actualmente incluye seis técnicas de transmisión por modulación que utilizan todos los mismos protocolos, en 1997 el estándar de este protocolo tenía velocidades de 1 hasta 2 Mbps y trabajaba en la banda de frecuencia de 2,4 GHz. En la actualidad no se fabrican productos sobre este estándar.

El término IEEE 802.11 se utiliza también para referirse a este protocolo al que ahora se conoce como "802.11legacy." La siguiente modificación apareció en 1999 y

es designada como IEEE 802.11b, esta especificación tenía velocidades de 5 hasta 11 Mbps, también trabajaba en la frecuencia de 2,4 GHz. También se realizó una especificación sobre una frecuencia de 5 GHz que alcanzaba los 54 Mbps, era la 802.11a y resultaba incompatible con los productos del estándar tipo b y por motivos técnicos casi no se desarrollaron productos. Posteriormente se incorporó un estándar a esa velocidad y compatible con el b que recibiría el nombre de 802.11g.

En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación b y de g. El siguiente paso se dará con la norma 802.11n que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps.

Otros estándares de esta familia (c-f, h-j, n) son mejoras de servicio y extensiones o correcciones a especificaciones anteriores. El primer estándar de esta familia que tuvo una amplia aceptación fue el 802.11b. En 2005, la mayoría de los productos que se comercializaron siguen el estándar 802.11g con compatibilidad hacia el 802.11b. Los estándares 802.11b y 802.11g utilizan bandas de 2,4 GHz que no necesitan de permisos para su uso. El estándar 802.11a utiliza la banda de 5 GHz. El estándar 802.11n hará uso de ambas bandas, 2,4 GHz y 5 GHz. Las redes que trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g pueden sufrir interferencias por parte de hornos microondas, teléfonos inalámbricos y otros equipos que utilicen la misma banda de 2,4 GHz. En la Tabla 1 se resume los principales estándares LAN inalámbricos.

**Tabla 1**  
**Cuadro comparativo entre los principales estándares IEEE 802.11**

Protocolo	Fecha de creación	Frecuencia de operación	Velocidad de transmisión (Mínima)	Velocidad de transmisión (Máxima)	Alcance en interiores
Legacy 802.11a	1997	2.4-2.5 GHz	1 Mbit/s	2 Mbit/s	-----
	1999	5.15-5.35/5.47-5.725/5.725-5.875 GHz	25 Mbit/s	54 Mbit/s	30 m
802.11b	1999	2.4-2.5 GHz	6.5 Mbit/s	11 Mbit/s	30 m
802.11g	2003	2.4-2.5 GHz	25 Mbit/s	54 Mbit/s	30 m
802.11n	2008	Bandas de 2.4GHz o 5 GHz	200 Mbit/s	540 Mbit/s	50 m

**Fuente:** (GALEON, 2015)

## 2.4. Protocolo de Red

Un protocolo es un método estándar que permite la comunicación entre procesos que potencialmente se ejecutan en diferentes equipos, es decir, es un conjunto de reglas y procedimientos que deben respetarse para el envío y la recepción de datos a través de una red. Deben usarse protocolos abiertos, disponibles por toda la comunidad de fabricantes y usuarios, consiguiendo así que los equipos de diferentes fabricantes puedan trabajar en conjunto en una misma red.

### 2.4.1. Protocolo orientado a conexión y no orientado a conexión

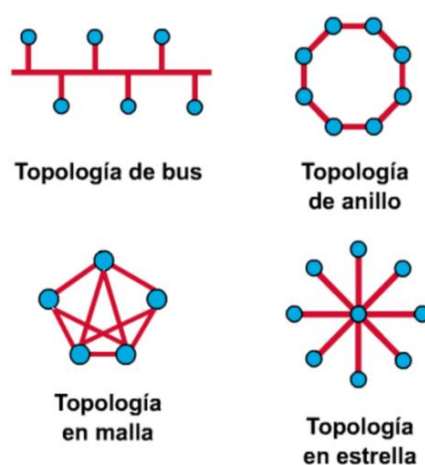
Generalmente los protocolos se clasifican en dos categorías según el nivel de control de datos requerido:

- **Protocolos orientados a conexión:** estos protocolos controlan la transmisión de datos durante una comunicación establecida entre dos máquinas. En tal esquema, el equipo receptor envía acuses de recepción durante la comunicación, por lo cual el equipo remitente es responsable de la validez de los datos que está enviando. Los datos se envían entonces como flujo de datos. TCP es un protocolo orientado a conexión.
- **Protocolos no orientados a conexión:** éste es un método de comunicación en el cual el equipo remitente envía datos sin avisarle al equipo receptor, y éste recibe los datos sin enviar una notificación de recepción al remitente. Los datos se envían entonces como bloques (datagramas). UDP es un protocolo no orientado a conexión. (CCM, 2015)

## 2.5. Topología de la red

Una red industrial está compuesta de autómatas, interfaces hombre-máquina, PC's y dispositivos de E/S conectados de forma conjunta por enlaces de comunicación como cables eléctricos, fibras ópticas, enlaces por radio y elementos de interface como tarjetas de red. La distribución física de una red es la topología de hardware o la arquitectura de red. Las topologías normalmente se dividen de la siguiente manera, se indica gráficamente en la Figura 4:

- **Topología de bus:** Esta es una de las distribuciones más simples; todos los elementos están cableados conjuntamente con la misma línea de transmisión. La palabra "bus" se refiere a la línea física. Esta topología se implementa fácilmente y el fallo de un nudo o elemento no provoca la avería de la red. Las redes de nivel actuador-sensor, conocidos como buses de campo, usan este sistema.
- **Topología de estrella:** Esta es la topología de Ethernet, la más común en los niveles de gestión. Tiene la ventaja de ser muy flexible en su funcionamiento y reparación. Las estaciones finales están conectadas todas ellas a través de un dispositivo intermedio (repetidor, conmutador). El fallo de un nodo no provoca la avería de la red.
- **Topología de anillo:** Utiliza la misma distribución de hardware que la topología de estrella pero asegura una mayor disponibilidad de la red.
- **Topología de malla:** No se utiliza mucho en la industria y presenta el inconveniente de tener un gran número de enlaces.



**Figura 4.** Topologías de Red

**Fuente:** (webquestreator, 2015)

El tipo de topología debe satisfacer las necesidades de cableado, prestaciones y coste de algún tipo de aplicación. La elección está determinada fundamentalmente por el control de acceso al medio y el tipo de medio que se emplea. El control de acceso al medio, tiene por objetivo reducir las colisiones (idealmente eliminarlas) entre los paquetes de datos y reducir el tiempo que tarda un nodo en ganar el acceso al medio y comenzar a transmitir el paquete. En otras palabras, maximizar la

eficiencia de la red y reducir el retardo de acceso al medio. Este último parámetro es el factor principal a la hora de determinar si una red sirve para aplicaciones en tiempo real o no. (Schneider, 2015)

El direccionamiento de los nodos, en una red de control, la información puede ser originada y/o recibida por cualquier nodo. La forma en que se direccionen los paquetes de información afectará de forma importante a la eficiencia y la fiabilidad global de la red. Se pueden distinguir tres tipos de direccionamiento:

- **Unicast:** El paquete es enviado a un único nodo de destino.
- **Multicast:** El paquete es enviado a un grupo de nodos simultáneamente.
- **Broadcast:** El paquete es enviado a todos los nodos de la red simultáneamente.

Además, en redes de control, es muy habitual encontrar esquemas de direccionamiento del tipo maestro-esclavo. Este tipo de esquemas permite plasmar ciertos aspectos jerárquicos del control, a la vez que simplifica el funcionamiento de la red y por tanto abarata los costes de la interfaz física.

## **2.6. Protocolos de comunicación**

Los principales protocolos de comunicación industrial se detallan a continuación se hace un énfasis en los protocolos usados por Siemens.

### **2.6.1. Protocolos ASI**

ASI es un bus muy simple para conectar sensores y actuadores binarios con un PLC de manera económica. Típicamente se habla de un ahorro de entre el 15 y 40 % respecto al cableado tradicional. Usa un sistema de comunicación maestro/esclavo y la configuración de los nodos esclavos se realiza desde el maestro, usando el mismo bus, que es de topología libre. (Muñoz, 2012)

### **2.6.2. Protocolo Profibus**

Profibus es un protocolo de comunicación industrial, no requiere licencias, es flexible, con una red de comunicaciones maestro/esclavo(s), es decir el maestro origina el mensaje y es tratada de manera independiente la respuesta de tipo esclavo transfiriendo datos y/o información de manera que la red sea controlada y

monitorizada, por esta razón hay una mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos como PLC, PAC, sensores, actuadores, etc. mediante comunicación serial convencional RS-232, RS-422, RS-485, o TCP que emplea Ethernet como medio físico de transmisión, siendo un bus de campo básico en la jerarquía de las redes de planta.

En el modelo OSI se puede identificar tres capas: a nivel de capa física, enlace y aplicación. La secuencia de caracteres se define como trama. La codificación de datos se puede realizar en modo RTU, en este caso cada mensaje es situado por el dispositivo que lo transmite para que pueda ser descifrado por el receptor. (Meneses, 2015)

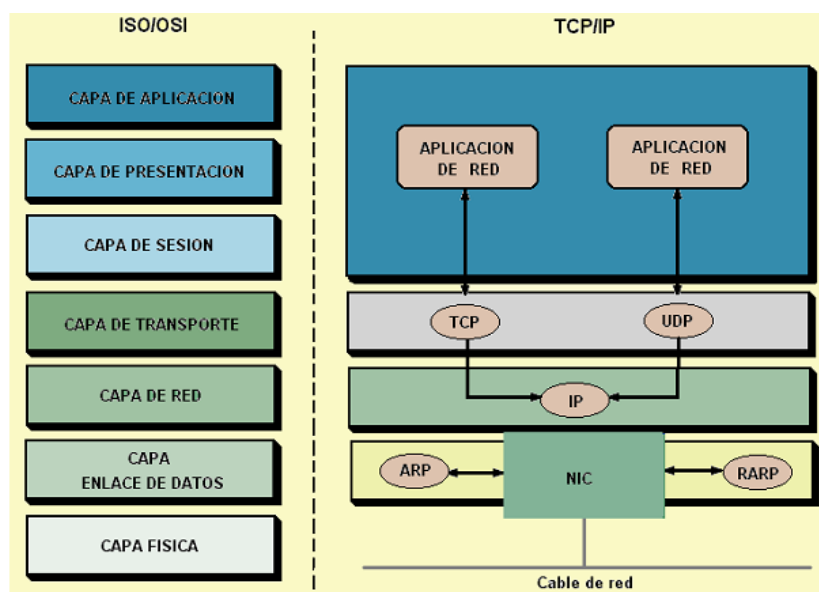
Las características principales son:

- La transmisión de información entre distintos dispositivos electrónicos conectados a un mismo bus.
- A cada esclavo se le asigna una dirección fija y única en el rango del 1 a 247.
- La dirección 0 está reservada para mensajes de difusión sin respuesta.
- Usa registros para la comunicación de datos

### **2.6.3. Protocolo ETHERNET TCP/IP**

Este protocolo fue el resultado de la investigación y desarrollo realizado por el Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) sobre la red experimental con conmutación de paquetes ARPANET. (Corrales, 2007)

En realidad consiste de un juego de protocolos tal como se muestra en la Figura 5. En comparación con el modelo OSI, se puede notar inmediatamente que las capas de: Presentación y Sesión no existen. La capa de aplicación del modelo TCP/IP en cierta forma realiza sus funciones. En lugar de la capa de red se tiene la capa Internet y las capas de enlace de datos y física se reemplazan con la capa de Acceso a la Red (Network Access). Es obligatorio conocer al modelo TCP/IP pues la gran mayoría de las redes a nivel mundial funcionan bajo este protocolo. Si un dispositivo de una red industrial debe conectarse por medio de una red tipo Ethernet o Internet a otro dispositivo en otra red, deberá necesariamente encapsular sus datos con los estándares que se maneja en TCP/IP, en particular deberá usar las direcciones IP. (Ruiz, 2008)



**Figura 5.** Modelos ISO/OSI TCP/IP

Fuente: (Ruiz, 2008)

## 2.7. Estándar de comunicación Profinet

### 2.7.1. Visión general de Profinet

Ethernet es el estándar de comunicación más utilizado en el mundo informático y las tendencias actuales a nivel industrial es usar Ethernet y los beneficios de las tecnologías informáticas que este ofrece en todos los niveles de la automatización industrial. Con la finalidad de aprovechar y unificar la infraestructura de la red Ethernet ya existente, se ha desarrollado una nueva generación de buses de campo. Estos buses se basan en la red Ethernet, sobre la que se implementan comunicaciones en tiempo real.

A medida de que Ethernet se fue transformando en un elemento clave para el ámbito corporativo, algunos usuarios y vendedores empezaron a investigar la posibilidad de usar esta plataforma de comunicaciones abierta dentro de las plantas industriales. Sin embargo, los procesos industriales requerían respuestas determinísticas en tiempo real, aspectos que Ethernet no podía ofrecer. Por ese motivo, Profibus International -asociación que reúne a más de 1.200 compañías- desarrolló la plataforma Profinet, que permite el uso de comunicaciones tanto en



tiempo real como por TCP/IP en la misma red. Profinet es un estándar abierto y no propietario basado en Ethernet que por su tecnología, y el respaldo que tiene de empresas líderes en el área de las comunicaciones industriales tiene una gran proyección en el mundo industrial.

Es un estándar que combina los estrictos requerimientos de las aplicaciones industriales para control de movimiento con las ventajas que se tiene en la comunicación del mundo de oficina. Profinet se basa en estándares de TI (tiempo de ejecución de los mecanismos de comunicación), acreditados y ofrece funcionalidad de TCP/IP completa para la transferencia de datos en toda la empresa y a todos los niveles. Además, los usuarios gozan de las ventajas de los diagnósticos integrados y las comunicaciones de seguridad positiva, que ofrecen una disponibilidad del sistema óptima, que abarca desde los conceptos de máquinas modulares para conseguir la máxima flexibilidad hasta las velocidades de transferencia más rápidas y aplicaciones WLAN. En su conjunto, estas capacidades le ofrecen un rendimiento considerablemente superior. (Villajulca, 2010)

### **2.7.2. Ethernet Industrial**

En 1976 se presentó la idea de “ethernet” descubierta por Robert Metcalf y David Boggs en la Conferencia Nacional de Computadoras. El término Ethernet es debido a la vieja idea del “éter” que hacía referencia a la teoría de la física hoy ya abandonada según la cual las ondas electromagnéticas viajaban por un medio de propagación denominado “éter” que se suponía llenaba todo el espacio. Metcalf llamaba “ether” al cable coaxial porque de manera similar, el cable coaxial era un medio pasivo de propagación para pasar el mensaje desde un transmisor a todos los participantes conectados.

En 1980, tres compañías: Digital Equipment Corporation, Intel y Xerox publicaron el llamado “DIX estándar” o “libro azul”. Este reemplazó al estado experimental de Ethernet por un sistema abierto y completamente especificado de 10 Mbps. En 1985 se culminó la estandarización de Ethernet por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) bajo el número 802.3 como un estándar

de redes de área local (LANs). De esa manera el camino para Ethernet Industrial estaba abierto.

En 1985, Siemens AG introdujo Ethernet para aplicaciones industriales bajo el nombre “SINEC H1”. Aquí comienza la historia de Ethernet Industrial, pues para un ambiente industrial las condiciones de aplicación de Ethernet difieren de las aplicaciones en un ambiente de oficina. Algunas diferencias son:

Componentes robustos y compatibles en la industria con señalización de contactos, cables y conectores, con demandas especiales en compatibilidad electromagnética (EMC).

La idea básica de los estándares de Ethernet Industrial es complementar detalles necesarios y beneficiosos para la comunicación industrial. Una desviación del estándar Ethernet se realiza solo cuando las definiciones del estándar no consideran los requerimientos de producción y el ambiente del proceso. Por ello, está totalmente garantizada la libre interacción y compatibilidad entre Ethernet convencional e industrial. A continuación se detallan los hechos importantes en la historia de Ethernet Industrial:

- **1985 cable de bus SINEC H1:** cable amarillo estándar con recubrimiento de aluminio sólido adicional; concepto de conexión a tierra.
- **1989 estructura de bus redundante:** incremento de disponibilidad de red a través de estructura de bus dual, control de acceso usando software especializado en sistemas de automatización
- **1992 redes de fibra óptica:** cables de fibra óptica robustos para la industria.
- **1994 anillos ópticos redundantes:** alta disponibilidad a través de anillos ópticos con hubs estrella; reducción de costos de estructura en anillo para una redundancia media en la red.
- **1995 par trenzado industrial:** cables trenzados de dos alambres con recubrimiento grueso extra; conexiones con tecnología Sub-D
- **1996 optimización de componentes ópticos:** módulo de enlace óptico (OLM) provee mejora en la funcionalidad de redundancia

- **1998 switching y 100 Mbps:** conceptos de Ethernet Industrial probados disponibles para Fast Ethernet. IT es introducida en la comunicación industrial.
- **2001 comunicación móvil comienza en la industria:** aplicaciones móviles son implementadas usando Wireless
- **2003 Profinet:** los dos sistemas de bus crecen juntos por medio de módulos de enlace para Profibus y Ethernet. CBA (Component-based automation) se hace posible.
- **2004 Profinet:** Ethernet Industrial recibe la capacidad de comunicación en tiempo real
- **2005 Profinet se introduce al campo:** Muchas empresas de automatización aplican Profinet como estándar para aplicaciones futuras. (Moncayo, 2008)

### 2.7.3. Descripción de Profinet

Profinet fue anunciado por primera vez por Profibus Internacional en una conferencia de prensa en Agosto del 2000. Cuatro años después las bases de este protocolo estaban listas, su nombre proviene de las primeras letras de PROcess Field NET. Las bases de Profinet incluyen tecnología de instalación, comunicación en tiempo real, administración de red y funciones para integración en la Web.

Profinet facilita el rápido y seguro intercambio de datos en todos los niveles y por lo tanto es compatible con la realización de innovadores conceptos de máquinas e instalaciones. Gracias a su flexibilidad y apertura, PROFINET ofrece la máxima flexibilidad para el usuario cuando se trata del diseño de la arquitectura de la máquina y de la planta. La eficiencia de PROFINET asegura la utilización óptima de los recursos disponibles, así como un aumento considerable de la disponibilidad de la instalación.

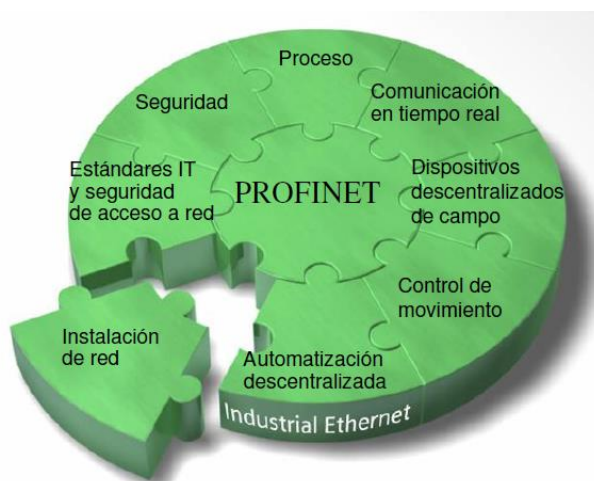
### 2.7.4. Características y ventajas de Profinet

Las características más relevantes de Profinet de detallan a continuación:

- Es el estándar abierto de Ethernet Industrial de la asociación Internacional de PROFIBUS (PI) (según IEC 61784-2).
- Está basado en Ethernet Industrial.

- Utiliza TCP/IP y los estándares IT
- Es Ethernet en tiempo real.
- Permite una integración homogénea de los sistemas de bus de campo.
- Sistema de red modular

A continuación en la Figura 6 se presenta las características que abarca Profinet.



**Figura 6.** Concepto modular de Profinet

**Fuente:** (SIEMENS, 2006)

Las principales ventajas que ofrece Profinet se detallan en la Tabla 2

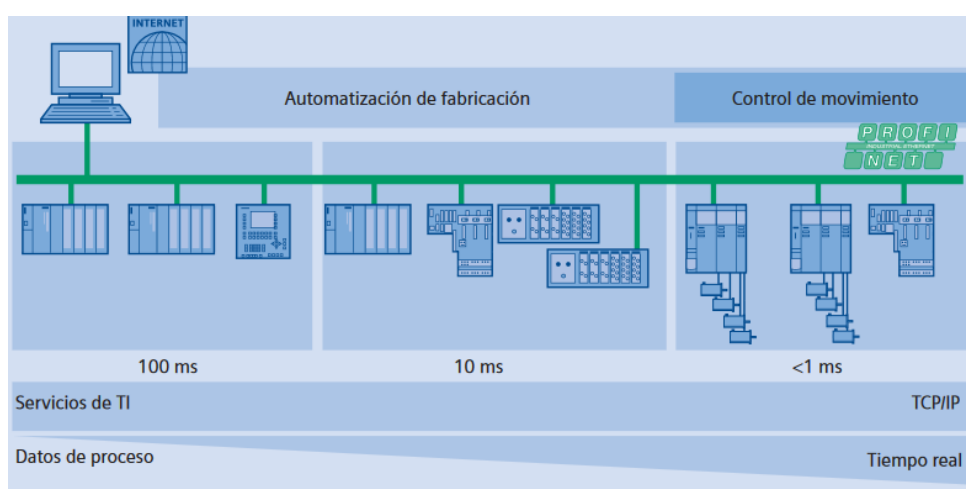
**Tabla 2**  
**Ventajas de Profinet**

<b>Flexibilidad</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Desempeño</b>
Concepto de sistemas adaptados	Utilización óptima de los recursos	Incremento de productividad
Seguridad	Un solo cable para todos los equipos	Velocidad
Flexibilidad en Topologías	Diagnóstico de Dispositivos/ Red	Alta precisión
Estándar Abierto	Eficiencia Energética	Alta tasa de transmisión
Capacidad de expansión	Robustez y estabilidad	Rápida puesta en marcha

**Fuente:** (SIEMENS, 2014)

### 2.7.4.1. Comunicación Profinet en tiempo real

- **Tiempo real (RT).** La funcionalidad de tiempo real se utiliza para datos de proceso donde el tiempo resulta crítico, es decir, con datos útiles cíclicos o alarmas (interrupciones) controladas por eventos. PROFINET utiliza un canal de comunicaciones en tiempo real optimizado para las necesidades de tiempo real de los procesos de automatización. Así se minimizan los tiempos de ejecución y se aumenta el rendimiento a la hora de actualizar los datos de proceso. Las prestaciones son comparables a las de los buses de campo, permitiendo unos tiempos de reacción de entre 1 y 10 ms. Al mismo tiempo se reduce considerablemente la potencia de procesador necesaria en el dispositivo para la comunicación. En esta solución es posible utilizar componentes de red estándar.
- **Tiempo real isócrono (IRT).** Para aplicaciones especialmente exigentes, como las de control de movimiento, se dispone de Isochronous Real-Time (IRT). Con IRT se consigue un tiempo de ciclo de menos de 1 ms con una fluctuación de menos de 1  $\mu$ s. Así, el ciclo de comunicación se divide en una parte determinista y otra abierta. En el canal determinista se transportan los telegramas IRT cíclicos, mientras que en el canal abierto lo hacen los telegramas TCP/IP y RT. Así, ambos tipos de transferencia resultan independientes, sin que uno afecte al otro. Por ejemplo, es posible acceder a los datos del dispositivo con un ordenador portátil desde cualquier punto de la instalación, sin que esto afecte a la regulación isócrona.



**Figura 7.** PROFINET, el estándar abierto de Industrial Ethernet.

Fuente: (SIEMENS, 2006)

El ASIC ERTEC (controlador Ethernet de tiempo real mejorado) soporta estos dos tipos de tiempo real y constituye la tecnología de base para las soluciones de sistema integradas con PROFINET. El ASIC ERTEC se integra en terminales y componentes de red.

En la Figura 7, se detalla una comunicación en tiempo real RT e IRT, donde se muestra el tipo de comunicación que se necesita de acuerdo al proceso a realizarse.

### 2.7.5. Comunicación TCP/IP y UDP/IP

La transferencia de datos con TCP/IP y UDP/IP donde el tiempo no es un factor crítico constituye la base tecnológica de la comunicación, por ejemplo, para la parametrización y la configuración. TCP/IP constituye un estándar de facto en el mundo de las tecnologías de la información.

La transferencia de datos con el Protocolo de Internet (IP) es una transmisión no segura de paquetes (datagramas) entre un origen y un destino IP. La suma de comprobación de 32 bits del paquete Ethernet permite detectar con una alta probabilidad si hay errores en el paquete. Los siguientes protocolos se basan en IP:

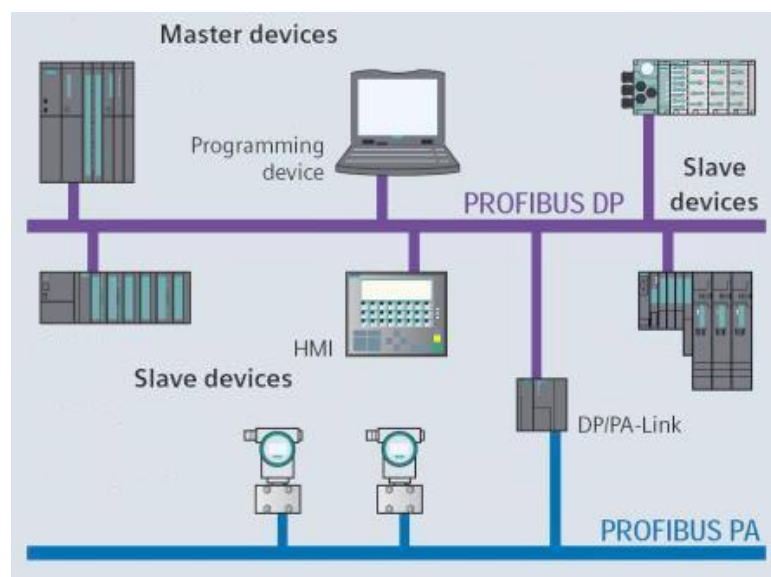
- **TCP:** El Protocolo de control de transporte (TCP) garantiza una transferencia de datos completa, sin errores y en el orden correcto del emisor al receptor. TCP está orientado a las conexiones; eso significa que, antes de enviar los bloques de datos, dos estaciones establecerán una conexión que se volverá a deshacer una vez finalizado el intercambio. TCP dispone de mecanismos para la vigilancia permanente de las conexiones establecidas.
- **UDP:** Al igual que el protocolo TCP, el Protocolo de datagramas de usuario (UDP) permite la transferencia de datos completa y sin errores del emisor al receptor. Sin embargo, a diferencia de TCP, UDP no establece una conexión: cada paquete de datos se trata de forma independiente y no hay confirmación de transporte. Al suprimirse la vigilancia Timeout y el establecimiento y eliminación de conexiones, UDP resulta más adecuado que TCP para las aplicaciones donde el tiempo es un factor crítico. La división en bloques de datos y la vigilancia de la comunicación, características implícitas de TCP, pueden realizarse con el

protocolo UDP en el nivel de aplicación, por ejemplo, a través de RPC (llamada de procedimiento remoto).

## 2.8. Estándar de comunicación Profibus

### 2.8.1. Características generales

Es un estándar de red de campo abierto e independiente de proveedores, donde la interfaz de ellos permite amplia aplicación en procesos, fabricación y automatización predial. Desde enero de 2000, el PROFIBUS está fuertemente establecido con el IEC 61158. El IEC 61158 se divide en siete partes, de números 61158-1 a 61158-6, con las especificaciones del modelo OSI, la Figura 8 muestra la comunicación Profibus.



**Figura 8.** Comunicación industrial Profibus

**Fuente:** (SMAR Equipamentos Industriais, 2016)

La capacidad de comunicación entre instrumentos y el uso de mecanismos estandarizados, abiertos y transparentes son componentes indispensables del moderno concepto de automatización. Según las características de la aplicación y el costo máximo buscado, la combinación gradual de distintos sistemas de comunicación, tal como: Ethernet, PROFIBUS y AS-Interface, brinda las condiciones ideales de redes abiertas en procesos industriales.

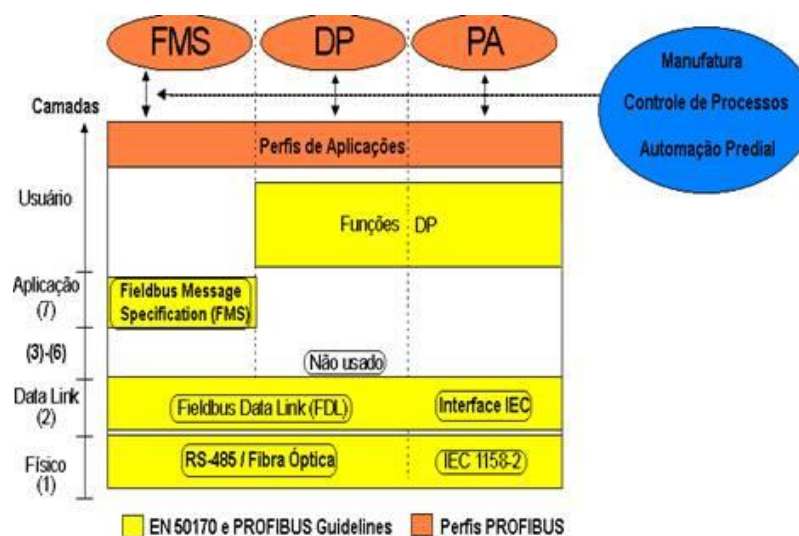
A nivel de actuadores/sensores, el AS-Interface es el sistema de comunicación de datos ideal, pues las señales binarias de datos se transmiten a través de un barramiento muy simples y barato. A nivel de campo, la periferia distribuida, cual: módulos de E/S, transductores, impulsores (drives), válvulas y paneles de operación, trabajan en sistemas de automatización a través de eficaz sistema de comunicación en tiempo real, el PROFIBUS DP o PA. A nivel de la celda, los controladores programables, tal como los PLCs y los PCs, se comunican entre ellos, necesitando que grandes paquetes de datos sean transferidos en innumeradas y potentes funciones de comunicación. Además, la integración eficaz con los sistemas corporativos de comunicación existentes, cual: Intranet, Internet e Ethernet, son absolutamente obligatorios.

La revolución de la comunicación industrial en la tecnología de la automatización demuestra mucho potencial en la optimización de sistemas de proceso e hizo una gran contribución a la mejoría del uso de los recursos.

### **2.8.2 Clasificación de la arquitectura Profibus**

- **Profibus DP:** Es la solución de alta velocidad del PROFIBUS. Su desarrollo fue perfeccionado principalmente para comunicación entre los sistemas de automatización y los equipos descentralizados. Es aplicable en los sistemas de control, donde se destaca el acceso a los dispositivos distribuidos de I/O.
- **Profibus-FMS:** Este brinda al usuario amplia selección de funciones cuando comparado con otras variedades. Es la solución estándar de comunicación universal usada para solucionar tareas complejas de comunicación entre PLCs y DCSs. Esa variedad soporta la comunicación entre sistemas de automatización, además del cambio de datos entre equipos inteligentes, y es usada, en general, a nivel de control.
- **Profibus-PA:** Es la solución PROFIBUS que satisface las exigencias de la automatización de procesos, donde hay la conexión de sistemas de automatización y los sistemas de control de proceso con equipos de campo, tal como: transmisores de presión, temperatura, convertidores, posicionadores, etc. (SMAR Equipamentos Industriais, 2016)





**Figura 9.** Arquitectura de comunicación Profibus

Fuente: (SMAR Equipamentos Industriais, 2016)

### 2.8.3. Servicios y Protocolos

#### 2.8.3.1 Protocolo Modbus

El protocolo de comunicaciones industriales MODBUS fue desarrollado en 1979 por la empresa norteamericana MODICON y debido a que es público, relativamente sencillo de implementar y flexible se ha convertido en uno de los protocolos de comunicaciones más populares en sistemas de automatización y control. A parte de que muchos fabricantes utilizan este protocolo en sus dispositivos, existen también versiones con pequeñas modificaciones o adaptadas para otros entornos. (UCO, 2015)

MODBUS especifica el procedimiento que el controlador y el esclavo utilizan para intercambiar datos, el formato de estos datos, y como se tratan los errores. No especifica estrictamente en el tipo de red de comunicaciones a utilizar, por lo que se puede implementar sobre redes basadas en Ethernet, RS-485, RS-232 etc. A continuación se detallan características más relevantes de Modbus:

- Control de acceso al medio tipo Maestro/Esclavo
- El protocolo especifica formato de trama, secuencias y control de errores.
- Existen dos variantes en el formato ASCII y RTU
- Sólo especifica la capa de enlace del modelo ISO/OSI.

- A cada esclavo se le asigna una dirección fija y única en el rango de 1 a 247.
- La dirección 0 está reservada para mensajes de difusión sin respuesta.
- Desarrollado por Modicon para comunicación entre PLCs.
- Debido a su simplicidad y especificación abierta, actualmente es ampliamente utilizado por diferentes fabricantes.
- Entre los dispositivos que lo utilizan podemos mencionar PLC, HMI RTU, Drives, sensores y actuadores remotos
- El protocolo establece cómo los mensajes se intercambian en forma ordenada y la detección de errores.

#### **2.8.3.1.1 Modos de Transmisión del MODBUS**

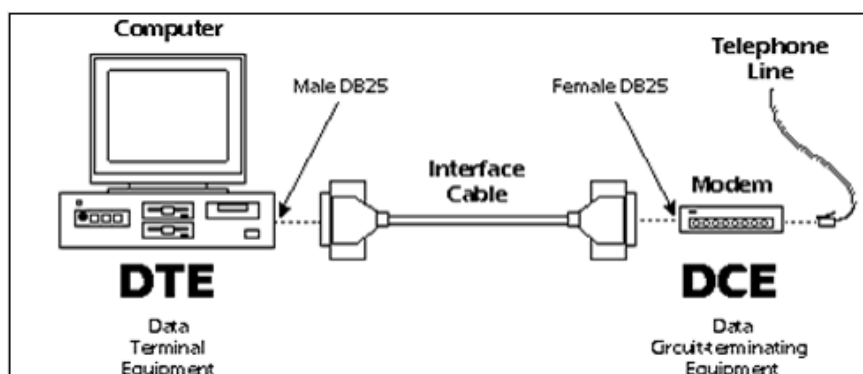
Los modos de transmisión definen como se envían los paquetes de datos entre maestros y esclavos, el protocolo MODBUS define dos principales modos de transmisión:

- **MODBUS RTU (Remote Terminal Unit):** La comunicación entre dispositivos se realiza por medio de datos binarios. Esta es la opción más usada del protocolo.
- **MODBUS ASCII (American Standard Code for Information Interchange):** La comunicación entre dispositivos se hace por medio de caracteres ASCII.

#### **2.8.3.2. Estándares de comunicación serial**

El estándar más usado a nivel comercial e industrial son las que permiten comunicación serial entre los cuales se destacan el RS232 y RS485. Los mismos que se describen a continuación:

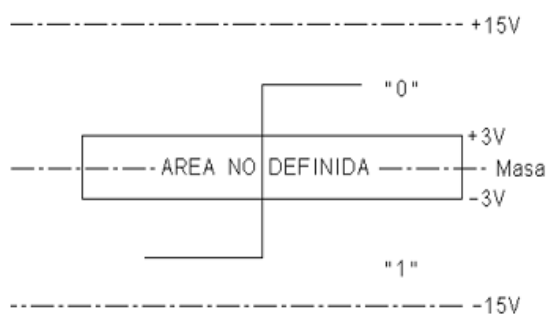
- **RS-232:** RS-232 es un estándar internacional para la comunicación serial binaria entre dos equipos un DTE (Data terminal equipment-Equipo terminal de datos) y un DCE (Data communication equipment-equipo de comunicación de datos) como se muestra en la Figura 10. (Eduardo, 2014)



**Figura 10.** Medios físicos de comunicación RS-232

**Fuente:** (Eduardo, 2014)

En el estándar RS-232 las señales son de tipo digital, para representar un “0” lógico se utiliza voltajes de +3 a +15 V y para el “1” desde -3 a -15 V pero se ha normalizado en +12 V y -12 V respectivamente como se muestra en la Figura 11.



**Figura 11.** Niveles de voltaje RS-232

**Fuente:** (Eduardo, 2014)

- **RS-485:** La característica principal más relevante de la RS485 es que puede trabajar en modo diferencial. RS485 está definido como un sistema de transmisión multipunto diferencial en bus, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (1.2 Mbps hasta 10 metros y 100 Kbps en 1.200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que el ruido inducido en el cable puede auto cancelarse por el CMRR. El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1.200 metros operando entre 300 y 19200 bps y comunicación half-duplex (semiduplex). Soporta 32 transmisiones y 32 receptores. La transmisión diferencial permite múltiples drivers dando la posibilidad de una configuración

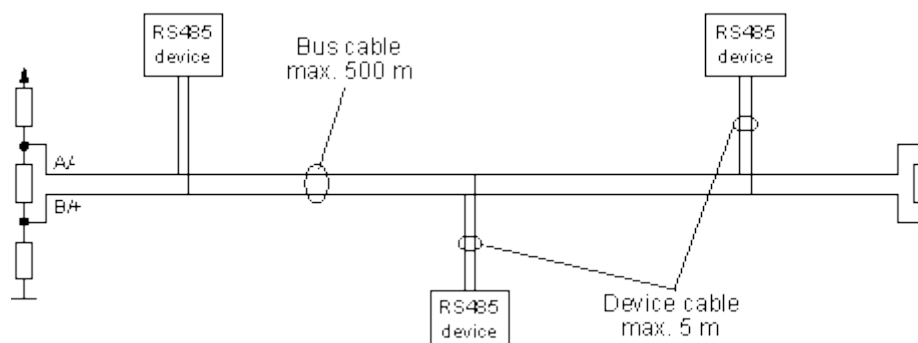
multipunto. Al tratarse de un estándar bastante abierto permite muchas y muy diferentes configuraciones y utilizaciones. (Eduardo, 2014)

Un bus RS485 puede tener en principio una estructura de sistema de dos hilos o de cuatro.

- **Bus de 2 hilos RS485**

El Bus de 2 hilos RS485 se compone como indica la Figura 12, el cable propio de Bus con una longitud máxima de 500m. Los participantes se conectan a este cable a través de una línea adaptadora de máxima 5 metros de largo. La ventaja de la técnica de 2 hilos reside esencialmente en la capacidad multimaster, en donde cualquier participante puede cambiar datos en principio con cualquier otro.

El Bus de 2 hilos es básicamente apto sólo semidúplex. Es decir puesto que sólo hay a disposición una vía de transmisión, siempre puede enviar datos un solo participante. Sólo después de finalizar el envío, pueden por ejemplo responder otros participantes. La aplicación más conocida basada en la técnica de 2 hilos es el PROFIBUS.

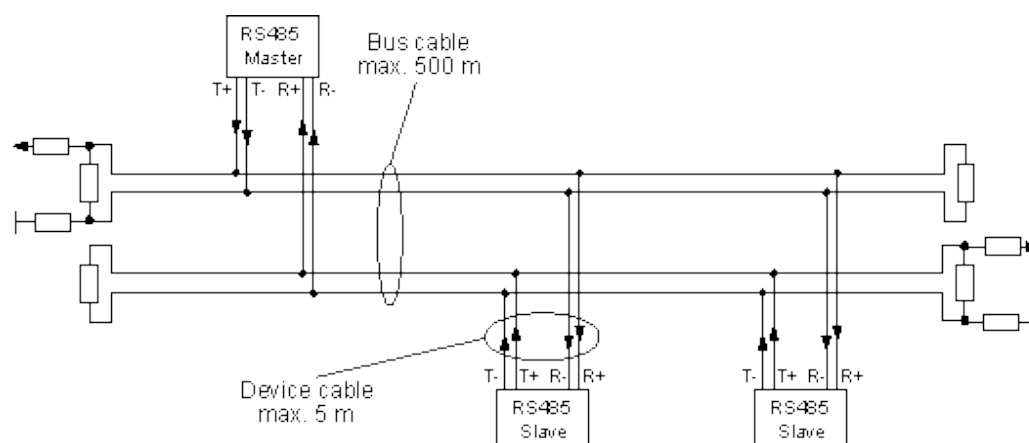


**Figura 12.** Bus de 2 Hilos RS485

**Fuente:** (Eduardo, 2014)

- **Bus de 4 hilos RS485**

La técnica de 4 hilos usada por ejemplo por el bus de medición DIN (DIN 66 348) sólo puede ser usada por aplicaciones Master/Slave. Conforme la Figura 13, se cablea aquí la salida de datos del Maestro a las entradas de datos de todos los Servidores. Las salidas de datos de los Servidores están concebidas conjuntamente en la entrada de datos del Maestro.



**Figura 13.** Bus de 4 Hilos RS485

Fuente: (Eduardo, 2014)

- **Método físico de transmisión:**

Los datos en serie, como en interfaces RS422, se transmiten sin relación de masa como diferencia de tensión entre dos líneas correspondientes. Para cada señal a transmitir existe un par de conductores que se compone de una línea de señales invertida y otra no invertida.

La línea invertida se caracteriza por regla general por el índice "A" o "-", mientras que la línea no invertida lleva "B" o "+".

El receptor evalúa solamente la diferencia existente entre ambas líneas, de modo que las modalidades comunes de perturbación en la línea de transmisión no falsifican la señal útil.

Los transmisores RS485 ponen a disposición bajo carga un nivel de salida de  $\pm 2V$  entre las dos salidas; los módulos de recepción reconocen el nivel de  $\pm 200mV$  como señal válida.

La asignación del nivel de tensión diferencial para el estado lógico está definido a continuación:

$A - B < -0,3V = \text{MARK} = \text{OFF} = \text{Lógico } 1$

$A - B > +0,3V = \text{SPACE} = \text{ON} = \text{Lógico } 0$

## 2.9. Introducción al estándar GSM

La tecnología GSM revolucionó el área de la comunicación celular a principios de los años 90. La necesidad de lograr una red uniforme y estándar llevó a diferentes

países a crear de forma conjunta una red global que permitiese a los usuarios realizar diversas funciones con sus móviles y no limitándolos a simples llamadas.

La red GSM (Sistema global de comunicaciones móviles) es, a comienzos del siglo XXI, el estándar más usado de Europa. Se denomina estándar "de segunda generación" (2G) porque, a diferencia de la primera generación de teléfonos portátiles, las comunicaciones se producen de un modo completamente digital.

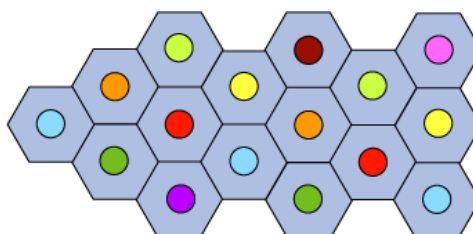
En 1982, cuando fue estandarizado por primera vez, fue denominado "Groupe Spécial Mobile" y en 1991 se convirtió en un estándar internacional llamado "Sistema Global de Comunicaciones Móviles".

En Europa, el estándar GSM usa las bandas de frecuencia de 900MHz y 1800 MHz. Sin embargo, en los Estados Unidos (América) se usa la banda de frecuencia de 1900 MHz. Por esa razón, los teléfonos portátiles que funcionan tanto en Europa como en los Estados Unidos se llaman tri-banda y aquellos que funcionan sólo en Europa se denominan bi-banda.

El estándar GSM permite un rendimiento máximo de 9,6 kbps, que permite transmisiones de voz y de datos digitales de volumen bajo, por ejemplo, mensajes de texto (SMS, Servicio de mensajes cortos) o mensajes multimedia (MMS, Servicio de mensajes multimedia). (CCM, 2016)

### 2.9.1. El concepto de Red Celular

Las redes de telefonía móvil se basan en el concepto de celdas, es decir zonas circulares que se superponen para cubrir un área geográfica. La Figura 14 muestra la estructura de una red celular.



**Figura 14.** Red Celular

**Fuente:** (CCM, 2016)

Las redes celulares se basan en el uso de un transmisor-receptor central en cada celda, denominado “estación base transceptora “(BTS).

Cuanto menor sea el radio de una celda, mayor será el ancho de banda disponible. Por lo tanto, en zonas urbanas muy pobladas, hay celdas con un radio de unos cientos de metros mientras que en zonas rurales hay celdas enormes de hasta 30 kilómetros que proporcionan cobertura.

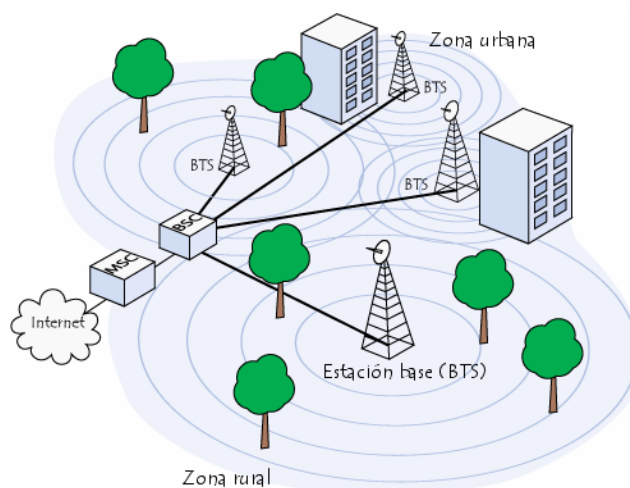
En una red celular, cada celda está rodeada por 6 celdas contiguas (por esto las celdas generalmente se dibujan como un hexágono). Para evitar interferencia, las celdas adyacentes no pueden usar la misma frecuencia. En la práctica, dos celdas que usan el mismo rango de frecuencia deben estar separadas por una distancia equivalente a dos o tres veces el diámetro de la celda. (CCM, 2016)

### **2.9.1.1. Arquitectura de la red GSM**

En una red GSM, la terminal del usuario se llama estación móvil. Una estación móvil está constituida por una tarjeta SIM (Módulo de identificación de abonado), que permite identificar de manera única al usuario y a la terminal móvil, o sea, al dispositivo del usuario (normalmente un teléfono portátil).

Las terminales (dispositivos) se identifican por medio de un número único de identificación de 15 dígitos denominado IMEI (Identificador internacional de equipos móviles). Cada tarjeta SIM posee un número de identificación único (y secreto) denominado IMSI (Identificador internacional de abonados móviles). Este código se puede proteger con una clave de 4 dígitos llamada código PIN.

Por lo tanto, la tarjeta SIM permite identificar a cada usuario independientemente de la terminal utilizada durante la comunicación con la estación base. Las comunicaciones entre una estación móvil y una estación base se producen a través de un vínculo de radio, por lo general denominado interfaz de aire (o en raras ocasiones, interfaz Um). En la Figura 15 se muestra la arquitectura de una red GSM.



**Figura 15.** Arquitectura Red GSM

**Fuente:** (CCM, 2016)

Todas las estaciones base de una red celular están conectadas a un controlador de estaciones base (o BSC), que administra la distribución de los recursos. El sistema compuesto del controlador de estaciones base y sus estaciones base conectadas es el Subsistema de estaciones base (o BSS).

Por último, los controladores de estaciones base están físicamente conectados al Centro de conmutación móvil (MSC) que los conecta con la red de telefonía pública y con Internet; lo administra el operador de la red telefónica. El MSC pertenece a un Subsistema de conmutación de red (NSS) que gestiona las identidades de los usuarios, su ubicación y el establecimiento de comunicaciones con otros usuarios.

## 2.10. Descripción de normas de diseño

Las normas industriales para módulos eléctricos existen para promover la seguridad, alentar la eficiencia en el diseño y definir los niveles mínimos de rendimiento del producto. Por estos motivos, en las industrias eléctricas de Europa y Norteamérica se hacen cumplir varias normas. En el mercado mundial, es posible que se sigan estas u otras normas o que no haya normas en absoluto, lo que puede conducir a amplias variaciones en el rendimiento y el precio de los productos. En muchos casos, el cliente final no sabe de las normas o no las entiende claramente y, por lo tanto, no insiste en que sus proveedores proporcionen productos que cumplan con ellas. El enfoque exclusivo en precios bajos sin entender por completo ni exigir



normas industriales puede verse como un costo inicial bajo del producto, pero podría finalmente conducir a altos costos de mantenimiento, falla del producto y en el peor de los casos, problemas de seguridad de los trabajadores. (Hoffman, 2009)

Un diseño de ingeniería de cualquier especialidad debe estar sujeto a normativas internacionales que se encuentren vigentes, pese a ello según un estudio técnico realizado por la división eléctrica de Schneider el 80% de los módulos eléctricos de baja tensión no cumplen con normativas. En el presente apartado se detallará normativas establecidas por la IEC que definen los requerimientos técnicos que debe cumplir el diseño de un módulo o tablero eléctrico de baja tensión, esto debido a que el sistema de entrenamiento de redes industriales contará con especificaciones técnicas acordes a las de un diseño de un módulo eléctrico de baja tensión.

Las normas principales a implementarse son IEC 61439 y IEC 60529, las mismas que se basan en los conceptos de seguridad y ergonomía para el usuario, modularidad, estética y fijación. Entre las principales características que abarcan los temas de las normas mencionadas se encuentran las siguientes:

- **Límites de calentamiento:** Garantiza la vida útil de los componentes y previene los disparos intempestivos de las protecciones.
- **Propiedades dieléctricas:** Garantiza que durante el proceso de ensamble los componentes de los tableros no sufran algún daño.
- **Resistencia a los cortocircuitos:** Permite garantizar una reanudación rápida del servicio después del incidente.
- **Eficacia del circuito de protección:** Garantiza los soportes de sobre corrientes.
- **Distancias de aislamiento y líneas de fuga:** Garantiza la calidad de los materiales aislantes utilizados en los tableros.
- **Funcionamiento mecánico:** Garantiza la vida útil de las piezas mecánicas.
- **Verificación de IP e IK:** Garantiza el grado de protección contra penetración de cuerpos sólidos, líquidos y la resistencia al impacto de los envolventes.

Tomando en cuenta todas las características anteriores se puede definir que existe grandes ventajas respecto a los tableros o módulos eléctricos ensamblados sin normativas. En primer lugar las ventajas presentes son, mayor seguridad ante

accidentes eléctricos (cortocircuitos, fallas a tierras, sobretensiones, etc.). El sistema responderá adecuadamente soportando la falla, minimizando los daños y los riesgos personales. Por otro lado, los límites de temperatura con corriente máxima de régimen para cada componente se mantendrán por debajo de los valores máximos establecidos por la norma. Así, se garantiza la vida útil de cada componente instalado en el tablero.

El cumplimiento de las normativas y reglamentaciones evita riesgos y reduce la inseguridad frente a las consecuencias de un accidente eléctrico. Los tableros realizados bajo normativas permiten avalar la seguridad de los operadores ante contactos directos e indirectos. También la estandarización del diseño y la calidad de fabricación permiten realizar ampliaciones y modificaciones en forma simple, rápida y confiable durante su utilización.

Todas estas ventajas permiten evitar gastos en la vida útil de un tablero eléctrico (aproximadamente 25 años): gastos por daños en equipamientos, costos por falta del suministro de energía eléctrica o tiempos prolongados durante ampliaciones, mantenciones y/o modificaciones del tablero. (DANJOS, 2012)

### **2.10.1. Norma IEC 61439-3**

La norma IEC 61439 vigente se aplica a los circuitos que la tensión nominal es menor o igual a 1.000 V AC (a frecuencias que no exceda de 1.000 Hz) o 1500 V DC. La norma establece una distinción entre la prueba de tipo montajes (TTA) y parcialmente ensamblados con ensayo de tipo (CDS).

Con el fin de cumplir con la norma, los estudios de prototipo han sido reemplazada por una verificación del diseño que se puede llevar a cabo por los tres siguientes equivalente y alternativa métodos: pruebas, cálculo / medición o aplicación de las normas de diseño. (Legrand, 2013)

Los siguientes segmentos de la norma que se mencionan no tienen igual ponderación. Hay una jerarquía formal. Cada segmento no puede ser utilizado individualmente:

- IEC 61439-1 "reglas generales"

- IEC 61.439-2 " interruptores de potencia y dispositivos de control"
- IEC 61439-3 "tableros de distribución"
- IEC desde 61439 hasta 4 " Cámaras para obras de construcción"
- IEC 61439-5 " Cámaras para la distribución de energía"
- IEC 61439-6 "sistemas de canalizaciones eléctricas prefabricadas"

### **2.10.2. Norma IEC 60529**

Esta norma describe un sistema para la clasificación de los grados de protección proporcionados por los sistemas de equipos eléctricos. Si bien este sistema es adecuado para su uso con la mayoría de tipos de equipo eléctrico, no se debe asumir que todos los grados de protección son cotizables aplicable a un tipo particular de equipo. El fabricante del equipo debe ser consultado para determinar los grados de protección disponibles y las partes del equipo a que se aplica al grado declarado de protección.

La adopción de este sistema de clasificación, siempre que sea posible, promoverán la uniformidad en métodos de la descripción de la protección prevista en el sistema y en las pruebas que demuestran la diversos grados de protección. También debería reducir el número de tipos de dispositivos de prueba necesario probar una amplia gama de productos. Esta segunda edición de IEC 60529 tiene en cuenta las experiencias de la primera edición, y aclara los requisitos. Se prevé una extensión opcional del Código IP adicionales letra A, B, C o D si la protección real de las personas contra el acceso a partes peligrosas es más elevada que el indicado por la primera cifra característica.

En general, los recintos con una codificación IP a la primera edición serían elegibles para el mismo código de acuerdo con esta edición. (National Electrical Manufacturers Association, 2004)

### **2.10.3 Norma NEMA 250**

Esta norma cubre las envolventes de materiales eléctricos no más de 1000 voltios nominal y destinado a ser instalado y utilizado de la siguiente manera:

No peligrosos (no clasificados) Locaciones: recintos para espacios interiores, los tipos 1, 2, 5, 12, 12 K y 13; y recintos para ubicaciones de interior o al aire libre, Tipos 3, 3X, 3R, 3RX, 3S, 3SX, 4, 4X, 6 y 6P.

Peligrosas (clasificadas) Locaciones: recintos para lugares interiores, Tipos 7 y 9; recintos para ubicaciones de interior o al aire libre, tipo 8; y recintos para aplicaciones de minería, Tipo 10.

NEMA 250 cubre los requisitos para proporcionar protección a los equipos cerrados contra las condiciones ambientales específicas. Complementa requisitos para recintos que se contienen en las normas sobre productos individuales. La norma no cubre los requisitos de protección del equipo encerrado contra condiciones tales como la condensación, la formación de hielo, la corrosión o contaminación, que pueden ocurrir dentro del recinto o que pueden entrar a través de conductos o aberturas sin sellar.

Un producto que contiene funciones, características, componentes, materiales o sistemas nuevos o diferentes de los que se utilizan cuando se desarrolló la norma, y que implica un riesgo de incendio, choque eléctrico o lesiones a las personas se evaluará mediante el componente adicional apropiada y los requisitos del producto final como determinaron necesario para mantener el nivel de seguridad para el usuario del producto como originalmente previsto por la intención de esta norma. (National Electrical Manufactures Association, 2014)

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN**

#### **3. Descripción del Sistema de Entrenamiento**

El sistema de entrenamiento en redes industriales muestra beneficios de la Automatización Totalmente Integrada, con una comunicación transparente y abierta entre todos los componentes. En el sistema se utilizan distintos protocolos de comunicación, en los que se muestra la fácil integración de los equipos Siemens.

**Comunicación Industrial Ethernet (TCP/IP):** Implementada para el intercambio de datos entre los equipos: Controlador Simatic S7-1200, pantalla táctil Simatic HMI Basic Panel, Scalance X208, Scalance W-Pro, LOGO!8 y LOGO! GSM/GPRS.

**Comunicación Modbus RTU:** Implementada para el intercambio de datos entre el controlador Simatic S7-1200 y el variador de velocidad Sinamics V20. La información del estado Sinamics V20 es enviada mediante este protocolo de comunicación al Simatic S7-1200 y mostrada en el panel Simatic HMI. El operador puede ingresar los puntos de operación del variador de velocidad (palabra de control) en el panel Simatic HMI y los parámetros son transmitidos a través del PLC Simatic S7-1200 al variador de velocidad Sinamics V20.

**Comunicación GSM:** El sistema contará con comunicación GSM, el procesador de comunicación LOGO! GSM/GPRS permite enviar y recibir información a través de la red de telefónica celular. De esta manera, se podrá enviar mensajes de estado del sistema a algún usuario que lo solicite o recibir mensajes para ejecutar acciones de control.

**Comunicación inalámbrica:** El equipo Scalance W-Pro permitirá dar acceso a la red a dispositivos portátiles como pueden ser teléfonos inteligentes o Tablets con la finalidad de realizar un control y monitoreo remoto en el proceso que se esté simulando.

### **3.1. Diseño del Sistema de Entrenamiento**

Previa la etapa de diseño e implementación es fundamental conocer los requerimientos técnicos que el proyecto debe solventar.

#### **3.1.1. Requerimientos del Sistema de Entrenamiento**

Las principales necesidades encontradas son relacionadas en el aspecto técnico, esto debido a la constante evolución tecnológica, provocando que los equipos existentes en los laboratorios resulten obsoletos respecto a los dispositivos que se encuentran actualmente en el mercado nacional. Al analizar las condiciones de los laboratorios del departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de la Fuerzas Armadas “ESPE” se ha expuesto las siguientes necesidades técnicas que se pretende solventar.

- Sistema de entrenamiento de redes industriales totalmente automatizado.
- Integrar diferentes tecnologías de comunicación industrial en el laboratorio de PLC's.
- Generar una red industrial usando tecnología Profinet.
- Generar una red industrial usando tecnología Wireless.
- Generar una red industrial usando tecnología GSM.
- Generar una red industrial usando tecnología Modbus RTU.
- Realizar control de velocidad y sentido de giro de motores AC y DC.
- Repotenciar los dispositivos antiguos con ayuda de los actuales para evitar desechar estos equipos, al mismo tiempo reducir el alto coste al migrar a tecnologías actuales.
- Actualización de hardware y software.
- Equipos que cumplan con normas IP y Nema respecto a las condiciones ambientales del laboratorio.
- Generación de guías de prácticas que permitan identificar, configurar, programar e integrar una red industrial por parte de los estudiantes.

### **3.1.1.1. Productos y servicios por entregar**

- Los recursos que se emplearán para satisfacer la necesidad de integrar las redes de campo actuales, serán la adquisición de equipos modulares que tengan las siguientes tecnologías de comunicación: Profinet, Modbus RTU, GSM y Wireless. De esta manera se podrán repotenciar los equipos antiguos existentes en el laboratorio, ya que al contar con equipos modulares se tendrá la facilidad de ubicación en las diferentes partes del laboratorio, en donde se encuentran ubicados los equipos antiguos.
- Para que los estudiantes puedan adquirir destrezas sobre el manejo de equipos industriales se dotará de un motor trifásico el cual estará conectado a un variador de frecuencia con la finalidad que los estudiantes puedan realizar el control de velocidad y giro del motor, a través de la integración de los diferentes dispositivos de uso industrial.
- Cada módulo suministrado tendrá su documentación técnica la cual incluye: planos eléctricos, esquemas de montajes y especificaciones técnicas, con la finalidad proveer a los docentes la facilidad en el manejo y mantenimiento de cada módulo.
- Para el correcto uso de los módulos entregados, se hará la entrega de guías-prácticas que permitan al estudiante la identificación, configuración, programación e integración de redes de campo.
- Manual de usuario del Sistema

### **3.1.2. Alternativas de Solución**

Una vez analizadas las necesidades y requerimientos técnicos de los laboratorios del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de la Fuerzas Armadas “ESPE” como es el no poseer un sistema de entrenamiento idóneo para solventar las prácticas de laboratorio de la asignatura de redes industriales, en el cual se busca la integración de diferentes protocolos de comunicación industrial, así como el manejo de equipos industriales. De acuerdo al alcance establecido para el presente proyecto se propone tres alternativas de solución referente a la configuración estructural del sistema de entrenamiento con la finalidad de satisfacer las exigencias técnicas expuestas.

Las alternativas de solución se basan en las siguientes necesidades del laboratorio y en el alcance propuesto para el presente proyecto:

- Redes de campo actuales
- Uso de equipos industriales
- Repotenciar los dispositivos antiguos en el laboratorio
- Guías prácticas, identificación configuración de procesos industriales
- Capacitación técnica
- Documentación técnica

Los recursos que se emplearán para satisfacer la necesidad del laboratorio se detallan en cada una de las tres soluciones propuestas.

### **3.1.2.1. Sistema Compacto**

#### **3.1.2.1.1. Descripción general**

De acuerdo a los requerimientos técnicos expuestos, el módulo de entrenamiento en redes industriales deberá tener la característica principal de ser un módulo pedagógico, por esta razón se consideró el diseño de un sistema compacto basado en módulos de aprendizaje de los laboratorios eléctricos de la Universidad “University of Michigan” de Estados Unidos, esta alternativa de solución cumple con los estándares de ergonomía, pedagogía y una futura escalabilidad del sistema.

El armario de control tendrá dimensiones estándar (1,60mx1,20mx0.60m), la estructura será de tol galvanizado con la finalidad de facilitar el transporte del módulo, las conexiones, cableado y etiquetado estarán sujetas a normativas internacionales vigentes.

El sistema de entrenamiento contará con soportes para la instalación de un computador el cual tendrá la facultad de configurar los elementos que requieran de programación. Adicionalmente dispondrá de toma corrientes y sistema de iluminación para facilitar la visualización al operario.





**Figura 16.** Vista Frontal de un sistema de entrenamiento Allen Bradley del laboratorio de “Electrical Engineering - University of Michigan”

#### **3.1.2.1.2. Beneficios para el usuario**

- Ayuda didáctica para las clases de laboratorio en la asignatura de redes industriales.
- Renovación de equipos del presente laboratorio por equipos modernos que se encuentran en la industria actual del país.
- Facilidad de mantenimiento
- Apto para una futura escalabilidad en hardware
- Facilidad de traslado del sistema.

#### **3.1.2.1.3. Equipo e instalaciones**

##### **Detalle de la estructura**

- Estructura de tol galvanizado
- Dimensiones 1,60m de alto – 1,20 de ancho y 0.60m de profundidad
- Cuatro (4) ruedas con sistema de freno, una en cada esquina del módulo
- Doble fondo metálico

### Requerimientos eléctricos

- Alimentación principal 110VAC
- Calibre de conductores 14-16-18 AWG
- Conexiones a tierra de todos los equipos de control y comunicación del sistema

### 3.1.2.2. Sistema Modular

#### 3.1.2.2.1. Descripción general

En la Figura 17 se muestra un ejemplo de un equipo modular el cual dispone de un motor con su respectivo controlador, destinados para realizar las prácticas de laboratorio.



**Figura 17.** Sistema Modular

Fuente: (SIEMENS, 2016)

#### 3.1.2.2.2. Beneficios para el usuario

- Permite a los estudiantes integrar los equipos necesarios para desarrollar las actividades propuestas en las guías prácticas y de esta manera fortalecerá las destrezas para el uso de equipos.

- Facilidad de instalación debido a que son equipos modulares y se los puede trasladar de un lugar a otro con relativa facilidad, lo cual beneficia a la integración con los equipos instalados actualmente en el laboratorio.
- Fácil mantenimiento que se les puede dar a cada módulo de equipo, ya que debido a su diseño se puede establecer las fallas en el sistema, al ser equipos modulares las estructuras no representan mayor dificultad.

### **3.1.2.2.3. Equipo e instalaciones**

#### **Detalle de la estructura**

- Estructura metálica
- Dimensiones 0,45m de alto – 0,35 de ancho y 0,35m de profundidad
- Indicadores y potenciómetros para regulación manual

\*La limitante de la instalación del sistema modular es la cantidad de módulos que se necesitarían para completar la estructura física de cada práctica, esto llevaría a un conflicto con el espacio físico que actualmente cuenta los laboratorios del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de la Fuerzas Armadas “ESPE”.

#### **Requerimientos eléctricos**

- Alimentación de la energía eléctrica de 110VAC
- Calibre de conductores 12-14-16-18 AWG, para la parte de potencia y control
- Conexiones a tierra de todos los equipos de control y comunicación del sistema

### **3.1.2.3. Prototipo Showroom**

#### **3.1.2.3.1. Descripción general**

De acuerdo a los requerimientos técnicos, se propuso el desarrollo de un showroom en el cual se deberá montar los diferentes dispositivos a entregarse, en este

sistema los estudiantes podrán involucrarse con el uso de redes industriales de campo, su funcionalidad y entornos de aplicación.



**Figura 18.** Vista frontal de un showroom

La limitante de montar un showroom en el laboratorio de redes industriales es que no resulta escalable y de igual manera para los estudiantes puede generar conflicto al momento de realizar sus prácticas ya que sería de más compleja manipulación a lo que se refiere a realizar cambios en sus conexiones tomando en cuenta el espacio con el que cuenta el laboratorio.

### 3.1.2.3.2. Beneficios para el usuario

- Ayuda al docente a hacer sus clases de manera más didáctica, ya que permite al estudiante involucrarse con redes de campo.
- Implementación de equipos con tecnología usada en la industria actual Ecuatoriana.
- Una limitante del showroom es que no permite al usuario la escalabilidad en hardware.
- Fácil mantenimiento de la estructura.

### 3.1.2.3.3. Equipo e instalaciones

#### Detalle de la estructura

- Estructura de madera
- Dimensiones 1,60m de alto – 0,60m de ancho con sostenedores triangulares para su apoyo.
- Dispositivos de señalización y mando

#### Requerimientos eléctricos

- Alimentación principal 110VAC
- Calibre de conductores 14-16-18 AWG
- Conexiones a tierra de todos los equipos de control y comunicación del sistema

### 3.1.3. Matriz comparativa entre las tres alternativas de solución

**Tabla 3**

**Matriz comparativa entre las tres alternativas de solución**

	Sistema compacto	Sistema modular	Prototipo Showroom
Facilidad de montaje	X	X	X
Facilidad de mantenimiento	X	X	X
Cumplimiento con el alcance.	X		X
Diseño pedagógico para el estudiante.	X	X	
Escalabilidad hardware	X	X	
Menor costo	X		

- El sistema compacto presenta la característica de ser un módulo pedagógico, además de ello cumple con los estándares de ergonomía y escalabilidad, ya que cuenta con soportes para la instalación de un computador el mismo que podrá configurar los elementos que requieran de programación.
- El sistema modular presenta un costo superior a las otras alternativas de solución debido a la estructura de cada módulo, teniendo la limitante que se necesitarían varios sistemas modulares para poder cumplir cada una de las prácticas que se

plantean, además el mismo no cumple con las características de espacio requeridas en el laboratorio.

- El prototipo showroom presenta menor costo en comparación a los otros dos, pero no cumple con el alcance presentado al usuario y de igual manera al no ser escalable presenta una gran limitante cuando se pretenda añadir más dispositivos al sistema.

\*De acuerdo al análisis realizado en la matriz comparativa de las diferentes alternativas de solución se concluye que el sistema compacto es la solución que cumple con los requerimientos necesarios acordes al alcance propuesto por lo tanto en base a esta solución se procede a la etapa de ingeniería de detalle.

### **3.2. Diseño del Sistema de Entrenamiento**

En la presente sección se detalla el diseño previo a la fase de implementación del sistema de entrenamiento en redes industriales a realizarse en el laboratorio de PLC's ubicado en la planta baja de los del Departamento de Eléctrica y Electrónica de Electrónica de la Universidad de la Fuerzas Armadas "ESPE".

Se detallará el dimensionamiento de las protecciones eléctricas, las características y requerimientos que debe poseer cada elemento a ser instalado, el diseño de la red, el diseño del HMI en el uso del panel táctil, adicionalmente se adjuntará los diagramas eléctricos, de red y planos de la estructura metálica del sistema de entrenamiento.

#### **3.2.1. Estructura Física del Sistema**

La estructura física del sistema de entrenamiento contará con un diseño ergonómico enfocado en el estudiante, las conexiones y etiquetado estarán sujetas a estándares y normas vigentes.

La principal normal en la que se enfoca el diseño de la estructura y conexiones corresponde a la norma IEC 61439 la misma que garantiza niveles de seguridad tanto para los equipos instalados como para las personas que lo utilizarán, esta norma

corresponde a instalaciones y montaje de equipos de baja tensión para distribución de potencia, mando y control.

Una de las finalidades de los tableros, es servir de protección contra los agentes externos a los elementos y equipos contenidos en ellos. Las cajas de interruptores, dispositivos de control, señalización y medida que se pueden encontrar en un tablero, presentan un bajo grado de protección en sus elementos constitutivos, por lo tanto el sistema de entrenamiento estará regido ante las normas IEC 60529 y NEMA 250 que corresponde a las propiedades dieléctricas, grados de protección IP e IK

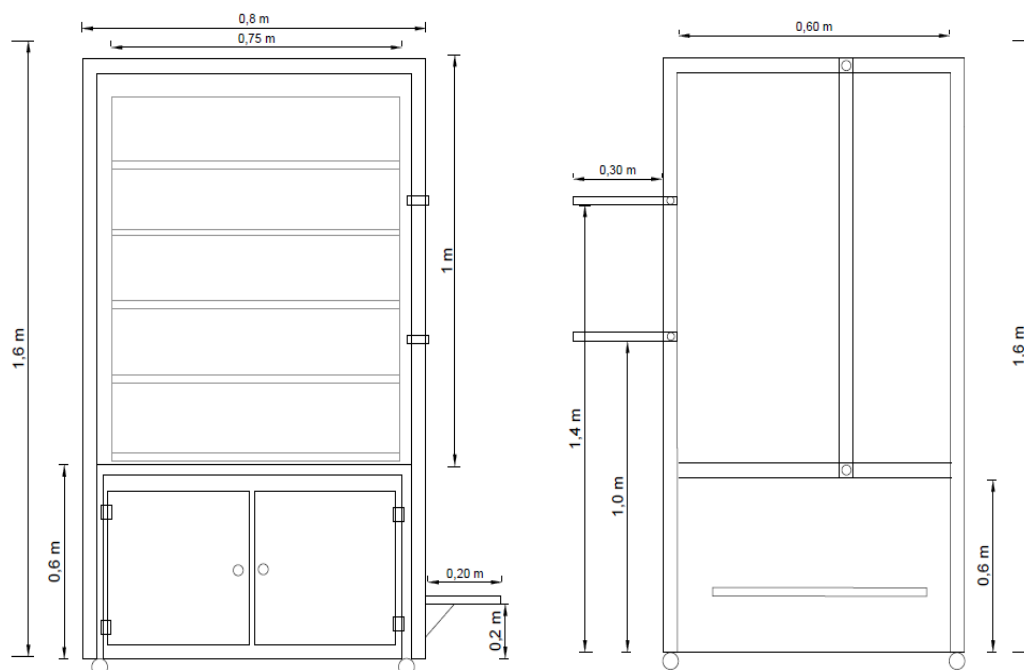
### **3.2.1.1. Norma IEC-61439**

La Norma IEC-61439 es un estándar definido por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) destinado a garantizar la concepción óptima y el buen funcionamiento de tableros armados. Aborda todos los temas relacionados con un Tablero Eléctrico desde sus características mecánicas, operacionales y funcionales, hasta las condiciones de transporte, guardado e instalación. Se aplica a tableros eléctricos de baja tensión con una tensión nominal máxima de 1000V en corriente alterna o 1500V en corriente continua. (Legrand, 2013)

### **3.2.1.2. Dimensionamiento de la Estructura Metálica**

Tomado en consideración las normas citadas en el punto anterior se procede con el dimensionamiento de la estructura mecánica del sistema la misma que deberá cumplir con un diseño ergonómico y estético acorde a los requerimientos técnicos que un módulo didáctico de entrenamiento debe poseer.

En la Figura 19 se describe las dimensiones y diseño físico con las que la estructura mecánica del sistema de entrenamiento ha sido elaborada, las vistas a continuación expuestas corresponden a la parte frontal y lateral del sistema.

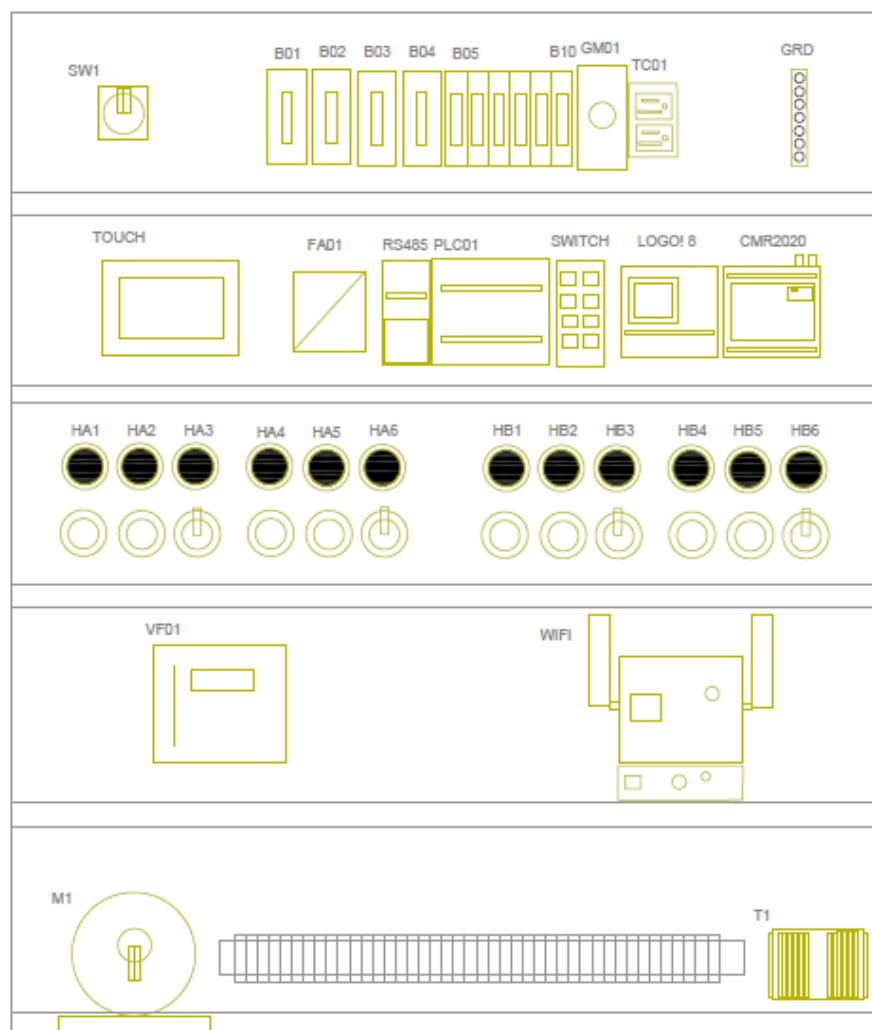


**Figura 19.** Dimensionamiento de la Estructura Física

### 3.2.1.3. Distribución de los Elementos

La distribución de los elementos se los ha dividido en cinco secciones como se indica en la Figura 20, la primera se encuentra en la bandeja superior de la estructura metálica, ahí se ubicarán todos los elementos de protección eléctrica y el interruptor principal del sistema. La segunda bandeja corresponde a los módulos de comunicación y controladores, en la siguiente bandeja serán ubicados los elementos de mando y señalización, la cuarta bandeja contendrá al módulo de comunicación Wireless y al variador de frecuencia, finalmente se dispone de una bandeja dedicada al uso de borneras de distribución. El motor y transformador serán fijados directamente en la estructura metálica.





**Figura 20.** Distribución de Elementos

### 3.2.2. Dimensionamiento de Protecciones

En el diseño del sistema de entrenamiento enfocado a la asignatura de redes industriales se debe tomar en cuenta los factores técnicos que podrían afectar al funcionamiento de los diferentes dispositivos a implementarse, los factores a tomar en cuenta son: sobre corrientes, corto circuitos, sobre tensiones, sobre carga. A continuación se exponen los cálculos correspondientes a los factores técnicos antes mencionados.

### 3.2.2.1. Cálculo de Corrientes del Motor Trifásico

Es fundamental tener en cuenta la corriente con la cual el motor trifásico operará en las prácticas, para ello se conocen los datos técnicos del motor a ser instalado.

Donde:

- $V = 220\text{AC}$
- $P = 0.5\text{Hp} = 373\text{w}$
- $fp = 0.81$
- $n = 0,66$

Sabiendo que:

- $I_n =$  Corriente nominal o a plena carga que consume un motor
- $P =$  Potencia del motor en w
- $fp =$  factor de potencia
- $V =$  Voltaje nominal a la que se conecta el motor
- $n =$  Eficiencia del motor
- $I_p =$  Corriente pico del motor

Se aplica la fórmula:

$$I_n[A] = \frac{P[w]}{\sqrt{3} * V * fp * n}$$

$$I_n[A] = \frac{373[w]}{\sqrt{3} * 220 * 0.81 * 0,66}$$

$$I_n = 1.83 \text{ A}$$

El valor obtenido representa la corriente nominal del motor con la cual operará en condiciones normales y sin carga.

### 3.2.2.2. Cálculo de Corrientes de Equipos de Señalización y Mando

Donde

- $V = 24\text{VDC}$
- $P = 2\text{W}$  (por luz piloto)
- $I_L = \text{Corriente por luz piloto}$

Se aplica la fórmula

$$I_L = \frac{P[w]}{V[v]}$$

$$I_L = \frac{2[w]}{24[v]}$$

$$I_L = 0.083 \text{ A}$$

### 3.2.3. Selección de Breakers Termomagnético

Este dispositivo es capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito.

#### 3.2.3.1. Protección Motor Trifásico

La corriente nominal del motor calculada fue de 1.83A, para conocer la corriente de arranque del motor y definir la protección se utilizará la siguiente fórmula de acuerdo al código de la norma NEMA que para el motor actual corresponde a la categoría F cuyo valor es de 5 – 5,6.

$$I_{arr} = I_n * 5$$

$$I_{arr} = 1.83 * 5 \text{ A}$$

$$I_{arr} = 9.15 \text{ A}$$

Debido a que el sistema es didáctico y está al uso del alumnado de redes industriales se sobredimensionará los dispositivos razón por la cual se ha elegido un breaker de dos polos de 10A (amperios) para la protección de la alimentación general del motor.

### 3.2.3.2. Protección Equipos de Señalización y Mando

El sistema de entrenamiento contará con seis (6) luces piloto designados a las salidas del PLC Simatic S7-1200, cuatro (4) luces piloto correspondientes a las salidas del controlador LOGO! 8 y dos (2) luces piloto para el dispositivo de comunicación LOGO! CMR2020. Por lo tanto la corriente total de los dispositivos de señalización deberá ser multiplicada por el total de las cargas conectadas a las salidas de cada controlador con la finalidad de obtener el valor de corriente que servirá para dimensionar la protección eléctrica requerida.

$$I_T = 6 * I_L$$

$$I_T = 6 * 0.083 A$$

$$I_T = 0.5A$$

La protección a utilizar para los equipos de mando y señalización de cada controlador será de un breaker de un polo de 1A (amperio).

Utilizando los criterios de instalaciones eléctricas y los datos técnicos de cada equipo electrónico tanto controladores como dispositivos de comunicación con los que contará el sistema de entrenamiento, a continuación se presenta el siguiente listado resumen con las protecciones necesarias para cada equipo.

- 1 Breaker 2 Polos, 10 A: Protección para el transformador 120-220VAC
- 1 Breaker 2 Polos, 10 A: Protección para la fuente de 24VDC – 2,5A
- 1 Breaker 1 Polo, 2 A: Protección para el PLC Simatic S7-1200
- 1 Breaker 1 Polo, 2 A: Protección para el LOGO! 8
- 1 Breaker 1 Polo, 1 A: Protección para el LOGO! GSM/GPRS
- 1 Breaker 1 Polo, 1 A: Protección para el Módulo WIFI Scalance Pro
- 1 Breaker 1 Polo, 1 A: Protección para el Touch Panel
- 1 Breaker 1 Polo, 1 A: Protección para el Switch Industrial
- 1 Breaker 1 Polo, 1 A: Protección para entradas y salidas PLC Simatic S7-1200 (4 Pulsadores – 2 Selectores – 6 Luces Piloto 24VDC)

- 1 Breaker 1 Polo – 1 A: Protección para entradas- salidas LOGO!8 (4 Pulsadores – 2 Selectores – 6 Luces Piloto 24VDC)

### 3.2.4. Selección de Guardamotor

Este dispositivo protege tanto de sobre corrientes como de cortocircuitos al variador de frecuencia que controlará al motor, por lo que se lo utilizará como elemento principal de protección en el circuito de potencia.

Donde

- $I_n = 1,90A$

Sabiendo que:

- $I_n =$  Corriente nominal o a plena carga que consume un motor
- $I_g =$  Corriente del guarda motor

Se aplica la fórmula:

$$I_g = 155\% * I_n$$

$$I_g = 1.15 * 1.90 A$$

$$I_g = 2.18A$$

Debido a que el sistema es didáctico y está al uso del alumnado de redes Industriales se sobre dimensionará los dispositivos por lo que se ha elegido un guardamotor de 4.5-6.3A

### 3.2.5. Conductor para la Conexión del Motor

De acuerdo a los datos obtenidos de corriente nominal del motor se utilizará Cable 12AWG dedicada a la alimentación del motor tomando en cuenta el sobre pico que posee el motor al arrancar, adicionalmente se puede considerar como un estándar de facto el uso de dicho calibre del conductor en este tipo de instalaciones.

**Tabla 4**  
**Elección de conductor para conexión del motor**

Código AWG	Diámetro del conductor (mm)	Ohmios por kilómetro	Amperaje máximo para distancias cortas	Amperaje máximo para distancias largas
OOOO	11.684	0.16072	380	302
OOO	10.40384	0.202704	328	239
OO	9.26592	0.255512	283	190
0	8.25246	0.322424	245	150
1	7.34822	0.406392	211	119
2	6.54304	0.512664	181	94
3	5.82676	0.64616	158	75
4	5.18922	0.81508	135	60
5	4.62026	1.027624	118	47
6	4.1148	1.29592	101	37
7	3.66522	1.634096	89	30
8	3.2639	2.060496	73	24
9	2.90576	2.598088	64	19
10	2.58826	3.276392	55	15
11	2.30378	4.1328	47	12
12	2.05232	5.20864	41	9.3
13	1.8288	6.56984	35	7.4
14	1.62814	8.282	32	5.9
15	1.45034	10.44352	28	4.7
16	1.29032	13.1724	22	3.7
17	1.5062	16.60992	19	2.9
18	1.0236	20.9428	16	2.3
19	0.9118	26.40728	14	1.8

Fuente: (Asterion Aldmadark, 2010)

### 3.2.6. Conductor de los equipos de control, mando y señalización.

La selección del calibre del conductor para la conexión entre los dispositivos de control, mando y señalización será en base a los datos obtenidos de consumo de corriente de los dispositivos antes mencionados, considerando lo anterior se decide utilizar Cable de calibre 16AWG (ver Tabla 5).

**Tabla 5**  
**Elección de conductor para la conexión de los equipos de control, mando y señalización**

Código AWG	Diámetro del conductor (mm)	Ohmios por kilómetro	Amperaje máximo para distancias cortas	Amperaje máximo para distancias largas
OOOO	11.684	0.16072	380	302
OOO	10.40384	0.202704	328	239
OO	9.26592	0.255512	283	190
0	8.25246	0.322424	245	150
1	7.34822	0.406392	211	119
2	6.54304	0.512664	181	94

Continua



3	5.82676	0.64616	158	75
4	5.18922	0.81508	135	60
5	4.62026	1.027624	118	47
6	4.1148	1.29592	101	37
7	3.66522	1.634096	89	30
8	3.2639	2.060496	73	24
9	2.90576	2.598088	64	19
10	2.58826	3.276392	55	15
11	2.30378	4.1328	47	12
12	2.05232	5.20864	41	9.3
13	1.8288	6.56984	35	7.4
14	1.62814	8.282	32	5.9
15	1.45034	10.44352	28	4.7
16	1.29032	13.1724	22	3.7
17	1.5062	16.60992	19	2.9
18	1.0236	20.9428	16	2.3
19	0.9118	26.40728	14	1.8

*Fuente: (Asterion Aldmadark, 2010)*

### 3.3. Listado de Elementos

A continuación en la Tabla 6, se describe la lista general de los dispositivos de control, comunicación y protección que el sistema de entrenamiento en redes industriales requiere.

**Tabla 6**  
**de Elementos**

**Listado**

Simbología	Elemento	Descripción	Cantidad
SW1	Selector 2 POS Industrial	3SB6130-2AA10-1BA0	1
P0X	Pulsador 1NA verde	3SB6130-0AB40-1BA0	4
P0X	Pulsador 1NC rojo	3SB6130-0AB20-1CA0	4
HAX	Luz piloto verde 24VAC / VDC	3SB6213-6AA40-1AA0	6
HAX	Luz piloto rojo 24VAC / VDC	3SB6213-6AA20-1AA0	6
GM01	Guardamotor SIRIUS Innovations 3RV20	3RV20 11 - 1BA10	1
FA01	Fuente de poder LOGO! Power. Entrada 110/220VAC; salida: 24VDC 2.5A	6EP1332-1SH43	1
PLC01	Controlador Lógico Programable (PLC) SIMATIC S7-1200	6ES7212-1BE31-0XB0	1
RS-485	Módulo de comunicación RS485.	6ES7241-1CH32-0XB0	1
TOUCH01	Simatic Basic Panel KTP400 a color, pantalla de 4"	6AV2123-2DB03-0AX0	1

**Continúa**



Q05-Q10	Breaker termomagnético para montaje en riel DIN - 1 POLO - 1A	5SL31017	6
Q03-Q04	Breaker termomagnético para montaje en riel DIN - 1 POLO - 2A	5SL31027	2
Q01 - Q02	Breaker termomagnético para montaje en riel DIN - 2 POLOS - 10A	5SL32107	2
VF01	Variador de velocidad monofásico SINAMICS V20 -0,5HP	6SL3210-5BB13-7UV0	1
M1	Motor trifásico 220VAC 4 polos 1.600 rpm-0,5HP	1LA7070 - 4YA60	1
LOGO!8	Módulo lógico CPU LOGO!8 230 RCE	6ED1052-1FB00-0BA8	1
CMR2020	Módulo de comunicación CMR2020 GSM/GPS para LOGO! 8	6GK7142-7BX00-0AX0	1
SWITCH01	Switch Industrial Scalance X208	6GK5208-0BA10-2AA3	1
X0 - X1	Bornera industrial 1 Polo 32A	8WA1011-1DG11	47
ANGSM	Antena de comunicación CMR2020 GSM / GPS para LOGO! 8	6NH9860-1AA00	1
WIFI	Módulo WIFI Scalance W Pro	6GK5788-1AA6-2AA0	1
T1	Transformador 110/220VAC - 1000VA	Trans1000VA	1
<b>S0X</b>	Selector 2 Posiciones	NP801	1

### 3.3.1. Elementos de Protección

El proyecto dispone de los siguientes elementos de protección los cuales se detallaran a continuación:

- Guardamotor SIRIUS Innovations 3RV20
- Breaker termomagnético para montaje en riel DIN - 1 POLO – 1A
- Breaker termomagnético para montaje en riel DIN - 1 POLO – 2A
- Breaker termomagnético para montaje en riel DIN - 2 POLOS – 10A



### 3.3.1.1. Guardamotor SIRIUS Innovations 3RV20

El guardamotor 3RV20 (ver Figura 21), es un interruptor automático y compacto con limitación de corriente, optimizado específicamente para las derivaciones a motor. El mismo es adecuado para proteger contra sobrecargas a motores protegidos contra explosiones del modo de protección, la Tabla 6 muestra datos relevantes del equipo.

**Tabla 7**  
**Características técnicas del Guardamotor SIRIUS 3RV20**

Intensidad asignada $I_n$ [A]	Adecuados para motores trifásicos con potencia en kW	Rango de regulación Disparadores térmicos de sobrecarga [A]	Disparadores por sobreintensidad sin retardo [A]	Potencia de corte con cortocircuito a 400 V AC $I_{cu}$ - kA
2	0.75	1,4...2	26	100

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)



**Figura 21.** Guardamotor SIRIUS Innovation 3RV20

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

### 3.3.1.2. Breaker Termomagnético 1 POLO – 1A

El Breaker termomagnético (ver Figura 22), para montaje en riel DIN - 1 POLO – 1A es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos, en este caso es de un polo y de 1A siendo esta la corriente máxima que este elemento podrá tolerar.

**Tabla 8**  
**Características técnicas Breaker Termomagnético 1 POLO – 1A**

Corriente térmica In(A)	Capacidad de ruptura en (kA) 440VAC
1	6

Fuente: (SIEMENS, 2016)



**Figura 22.** Breaker Termomagnético 1 POLO – 1A

Fuente: (SIEMENS, 2016)

### 3.3.1.3. Breaker Termomagnético 1 POLO – 2A

El Breaker termomagnético (ver Figura 23), para montaje en riel DIN - 1 POLO – 2A al igual que el anterior elemento es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica en este caso es de un polo y de 2A siendo esta la corriente máxima que este elemento puede tolerar.

**Tabla 9**  
**Características Breaker Termomagnético 1 POLO – 2A**

Corriente térmica In(A)	Capacidad de ruptura en (kA) 440VAC
2	6

Fuente: (SIEMENS, 2016)



**Figura 23.** Breaker Termomagnético 1 POLO – 2A

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

#### 3.3.1.4. Breaker Termomagnético 2 POLOS - 10A

El Breaker termomagnético (ver Figura 24), para montaje en riel DIN - 2 POLOS – 10A en este caso es de 2 polos y de 10A siendo esta la corriente máxima que este elemento podrá tolerar.

**Tabla 10**

**Características Breaker Termomagnético 2 POLOS – 10A**

Corriente térmica $I_n$ (A)	Capacidad de ruptura en (kA) 440VAC
10	6

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)



**Figura 24.** Breaker Termomagnético 2 POLOS - 10A

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

### 3.3.1.5 Motor Trifásico 4 Polos 0.5HP

El motor trifásico de 4 polos – 0,5HP (ver Figura 25), podrá ser controlado en su velocidad y sentido de giro mediante el variador Sinamics V20, a continuación se exponen las características técnicas más relevantes del motor a ser instalado.

**Tabla 11**  
**Características Motor Trifásico 4 Polo 0.5HP**

Potencia HP	In kW	In 220V A	Eficiencia %	Factor de Potencia	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Peso Kg
0.5	0.37	1.90	66	0.81	1590	2.24	5.5

**Fuente:** (SIEMENS, 2006)



**Figura 25.** Motor Trifásico 4 Polos 0.5 HP

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

### 3.3.2. Especificación de Materiales Pertencientes a la Red

El proyecto dispone de equipos de control y monitoreo los cuales se detallarán a continuación:

- PLC Simatic S7-1200
- Módulo de comunicación MODBUS RTU
- Switch Scalance X 208
- LOGO! 8 Siemens
- Módulo GSM/GPRS CMR2020
- Panel táctil Simatic HMI Basic Panel
- Variador de Velocidad Sinamics V20
- Módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788

### 3.3.2.1. PLC Simatic S7-1200

SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, CPU compacto (ver Figura 26), dispone de puerto Proninet, compatible con módulos de expansión de entradas y salidas, módulos de comunicación. Para el presente proyecto se adaptará un módulo de comunicación MODBUS RS-485 con la finalidad de establecer comunicación con el variador de velocidad Sinamics V20.

El uso del puerto Ethernet se destinará para la comunicación entre el panel táctil y el LOGO! 8. La programación de este dispositivo se la realizará desde el software TIA PORTAL.



**Figura 26.** PLC Siemens Simatic S7-1200 – 1212C AC/DC/RLY

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

**Tabla 12**  
**Características Técnicas Simatic S7-1200**

Características Técnicas S7-1200	Requerimientos en el Proyecto
8 Entradas Digitales (24VDC)	Dispondrá de 4 pulsadores con retorno, 2 selectores de dos posiciones, dando un total de 6 entradas digitales.
6 Salidas Digitales (Relé) (24VDC -2A)	Dispondrá de 6 luces piloto, una destinada a cada salida.
2 Entradas Analógicas (0 a 10 VDC)	Ninguna entrada analógica
Alimentación AC: 85-264 VAC	Alimentación AC: 110 VAC
Memoria 50Kbytes	Depende de la práctica a ejecutarse
1 Puerto Ethernet	1 puerto Ethernet dispuesto al acceso a la red.
Soporta 3 módulos de comunicación.	Se acoplará un Módulo RS-485

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

### 3.3.2.2. Módulo CM 1241-RS485

Es un módulo de comunicación serial (ver Figura 27), apto para transmitir vía RS232 y RS485, este módulo será integrado al PLC Simatic S7-1200 con la finalidad de establecer comunicación con el variador de velocidad Sinamics V20 que dispone de un puerto RS485 integrado. La configuración de este módulo será realizada desde TIA Portal en la sección de programación debido a que requiere de librerías específicas para ponerlo en funcionamiento.



**Figura 27.** Módulo de Comunicación CM 1241-RS485

Fuente: (SIEMENS, 2016)

**Tabla 13**  
**Características Técnicas CM1241-RS485**

Características Técnicas CM1241-RS485	Requerimientos en Proyecto
Alimentación VDC: 20,4 - 28,8 VDC	Alimentación DC: 24 VDC
1 Puerto RS422/485 (Macho)	Se requiere puerto RS485

Fuente: (SIEMENS, 2016)

### 3.3.2.3. Siemens LOGO! 8

LOGO!8 230RCE (ver Figura 28), módulo lógico con pantalla, dispone de puerto Ethernet con lo cual se puede comunicar con otros módulos de la serie LOGO! y dispositivos SIMATIC S7. Para el presente proyecto este dispositivo será encargado

de recibir los datos necesarios desde el PLC S7-1200 para definir qué alarmas debe enviar al módulo GSM y mostrarlas también en la pantalla de texto que posee.

Dispone adicionalmente de aplicaciones integradas del servidor web que permiten el monitoreo inalámbrico y control a través de smartphone, tablet o PC. La programación de este dispositivo se la realizará desde el software LOGO! Soft Comfort.



**Figura 28.** Siemens LOGO! 8 12/24RCE

Fuente: (SIEMENS, 2016)

**Tabla 14**  
**Características Técnicas LOGO! 8**

Características Técnicas LOGO!8	Requerimientos en Proyecto
8 Entradas Digitales (110VAC)	Dispondrá de 4 pulsadores con retorno, 2 selectores de dos posiciones dando un total de 6 entradas.
4 Salidas Digitales (Relé) (24VDC -2A)	Dispondrá de 4 luces piloto, una destinado a cada salida.
4 Entradas Analógicas (0 a 10 VDC) Incluidas en las 8 entradas digitales	Ninguna entrada analógica
Memoria 40Kbytes (Expandible)	Memoria utilizada 8Kbytes
1 Puerto Ethernet	1 puerto Ethernet dispuesto al acceso a la red.
Alimentación DC: 12-24 VDC	Alimentación DC: 24 VDC

Fuente: (SIEMENS, 2016)

### 3.3.2.4. Módulo de comunicación LOGO! CMR2020

El módulo de comunicación LOGO! CMR2020 (ver Figura 29), permite cambiar datos con LOGO! 8, envío de mensajes de texto de forma independiente, y lectura de órdenes / comandos en mensajes de texto para LOGO! 8. Este módulo será el encargado de recibir las señales de error o estado de proceso, codificarlas y enviar un SMS alertando el error que haya ocurrido en el proceso.

En la conexión a la red este dispositivo se comunicará mediante la red Ethernet que dispone el presente proyecto.



**Figura 29.** Módulo GSM/GPRS Siemens CMR2020

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

**Tabla 15**  
**Características Técnicas CMR2020**

<b>Características Técnicas CMR2020</b>	<b>Requerimientos en Proyecto</b>
2 Entradas Digitales (24VDC)	Ninguna entrada en uso
2 Salidas Digitales (Transistor) (24VDC)	Dispondrá de 2 luces piloto
Alimentación DC: 12-24 VDC	Alimentación DC: 24 VDC
Memoria 10Kbytes	Memoria utilizada 2Kbytes
1 Puerto Ethernet	1 puerto Ethernet dispuesto al acceso a la red.

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)



### 3.3.2.5. Panel táctil Simatic HMI Basic Panel

El Panel táctil Simatic HMI Basic Panel (ver Figura 30), se conectará con el PLC s7 1200 mediante comunicación profinet, los mismo intercambiaran datos que se podrán visualizar en el mismo, este panel además de permitir la visualización de los procesos implementados nos permite realizar un control y supervisión de los procesos. El modo de configuración del mismo es con el software de ingeniería SIMATIC WinCC V13 del nuevo Totally Integrated Automation portal.



**Figura 30.** Panel Simatic Basic Panel KTP400

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

**Tabla 16**

**Características Técnicas del Panel táctil Simatic HMI Basic Panel**

<b>Características Técnicas Panel táctil Simatic HMI Basic Panel</b>	<b>Requerimientos en Proyecto</b>
Modo de control táctil y teclas	Control y supervisión de procesos mediante el panel táctil y sus teclas.
Visualización de alarmas	Visualización de alarmas en el caso de presentarse
Alimentación DC externa	Alimentación DC: 24 VDC
1 x RJ 45 Ethernet para PROFINET	1 puerto Ethernet dispuesto al acceso a la red.
1 x RS 485/422 para PROFIBUS/MPI	Ninguna comunicación PROFIBUS

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

### 3.3.2.6. Variador de Velocidad Sinamics V20

El variador de velocidad Sinamics V20 (ver Figura 31), se conectara con el PLC s7- 1200 mediante comunicación Modbus RTU, este SINAMICS V20 presenta menor tiempo de puesta en marcha ya que a comparación de otros variadores esta es más rápida, de igual manera este variador presenta una facilidad de uso no complicando así el aprendizaje del estudiante. Además de ello cubre un rango de potencia se extiende desde 0,12 kW hasta 15 kW.

Este variador también se puede adaptar individualmente a las aplicaciones o requisitos de los usuarios utilizando varias opciones como por ejemplo, un panel externo, cable, el filtro, las resistencias de frenado de conexión, protección, etc.



**Figura 31.** Variador de Velocidad Sinamics V20

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

**Tabla 17**

**Características Técnicas del variador de Velocidad Sinamics V20**

Características Técnicas del variador de Velocidad Sinamics V20	Requerimientos en Proyecto
5 entradas digitales	Entradas para recibir órdenes del PLC
5 salidas digitales	Ninguna salida digital
Entradas de línea L1, L2/N,L3	Entradas L1, L2/N
Salidas al motor U,V,W	Salidas al motor U,V,W
1 x RS 485/422 para MODBUS	Comunicación MODBUS con el PLC

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

### 3.3.2.7. Módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788

El Módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788 (ver figura 32), ayudará a tener la interacción inalámbrica entre los dispositivos PLC Siemens Simatic S7-1200 y PLC Siemens Simatic S7-300. Se plantea el uso de este módulo para enseñar al estudiante otro tipo de comunicación que no sea profibus, Ethernet; este tipo de modulo nos brinda un flujo de datos previsible y tiempo de respuesta determinados, de igual manera con estos se puede trabajar un rango 2.4Ghz a 5Ghz.



**Figura 32.** Módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

**Tabla 18**

**Características Técnicas del módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788**

Características Técnicas del módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788	Requerimientos en Proyecto
Estándar de comunicación 802.11n	No hay rango de transmisión definido.
Rango de velocidad de transmisión por Wireless de 300Mbps	No hay rango de transmisión definido.
Conector M12 de 18 a 32VDC	Conector de 24VDC – Fuente de Poder
1x RJ 45 Ethernet	1 puerto Ethernet dispuesto al acceso a la red.
Potencia 10W	Ninguna en especifica

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

### 3.3.2.8. Switch Industrial Scalance X 208

El Switch industrial Scalance x 208 (ver Figura 33), es óptimo para construir redes Industrial Ethernet a 10/100 Mbps/s y topología en línea y estrella conexiones robustas de calidad industrial para estaciones mediante conectores conformes con PROFINET que ofrecen una descarga de tracción y de flexión adicional gracias a la fijación a la caja. Disponen de entrada de alimentación redundante, LEDs de diagnóstico en el equipo los cuales indicarán la alimentación presente, estado del link, transmisión de datos.



**Figura 33.** Switch Industrial Scalance X 208

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

**Tabla 19**  
**Características Técnicas del módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788**

Características Técnicas del módulo Wi-Fi Scalance W Pro 788	Requerimientos en Proyecto
Estándar de comunicación 802.11n	No hay rango de transmisión definido.
Rango de velocidad de transmisión por Wireless de 300Mbps	No hay rango de transmisión definido.
Conector M12 de 18 a 32VDC	Conector de 24VDC – Fuente de Poder
1x RJ 45 Ethernet	1 puerto Ethernet dispuesto al acceso a la red.
Potencia 10W	Ninguna en específica

**Fuente:** (SIEMENS, 2016)

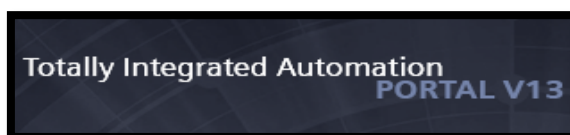
### 3.3.3. Software de Desarrollo

En este punto se describen los softwares necesarios para la programación y configuración de los diferentes tipos de controladores y equipos de comunicación con los que el sistema de entrenamiento cuenta. Los softwares que a continuación se enuncian se encuentran instalados en el computador del sistema de entrenamiento con sus respectivas licencias emitidas por Siemens.

#### 3.3.3.1 TIA Portal

TIA Portal es el acrónimo de Totally Integrated Automation (TIA), este software es un sistema de ingeniería pionera que optimiza todos los procedimientos de procesos y maquinaria ofreciendo un concepto de operación estandarizada e integrada. TIA Portal permite una integración de controladores, paneles táctiles, módulos de comunicación, módulos de expansión de entradas y salidas un solo entorno de ingeniería. Gracias a su gestión de datos común y el concepto de biblioteca inteligente, software y hardware completa funciones soluciona de manera eficiente todas las tareas de automatización. Permite la opción de prueba en línea durante la operación, ofrece un concepto integral de protección para sus programas y el acceso al controlador.

La versión del software con la que cuenta actualmente el computador del sistema de entrenamiento corresponde a la más reciente emitida por Siemens que es la versión V13 (ver Figura 34), este software permitirá la configuración y programación de los equipos Simatic S7-1200, Simatic Basic Panels y la configuración de la comunicación con el variador Sinamics V20 a través del módulo RS485.



**Figura 34.** TIA Portal Software

**Fuente:** (Planken, 2014)

### 3.3.3.2. LOGO! Soft Comfort

LOGO! Soft Comfort (ver Figura 35), es un software intuitivo para el usuario que permite la creación de programas de usuario mediante la selección de las respectivas funciones y su conexión a través de arrastrar y soltar. Esto se aplica al diagrama de bloques de función y el diagrama de escalera. Se ha demostrado ser útil para programar el programa de conmutación paso a paso y para simular y probar que en la línea de PC. Este enfoque evita difícil de errores en todo el programa. Permite la opción de prueba en línea durante la operación, ofrece un concepto integral de protección para sus programas y el acceso al controlador.



**Figura 35.** LOGO! Soft Comfort Software

**Fuente:** (SIEMENS, 2015)

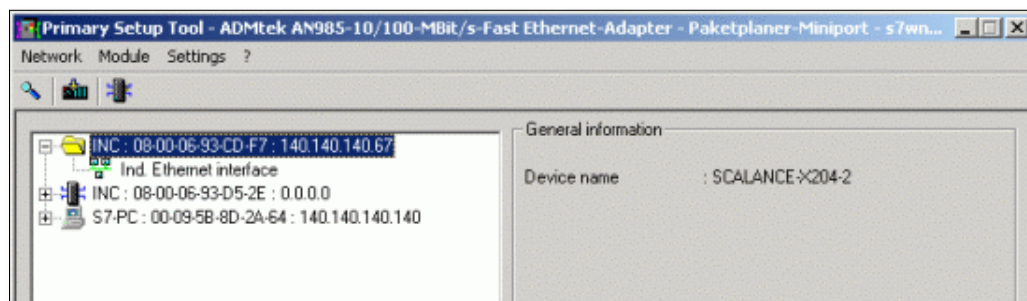
Este software será utilizado para la programación y configuración del equipo LOGO! 8, cabe resaltar que la versión más reciente de este software permite realizar la configuración y proyectos en red Ethernet Industrial con paneles táctiles Simatic y controladores de modelo S7.

La versión del software LOGO! Soft Comfort con la que cuenta actualmente el computador del sistema de entrenamiento corresponde a la más reciente emitida por Siemens que es la versión V8.

### 3.3.3.3. Primary Setup Tool

El software Primary Setup Tool de Siemens (ver Figura 36), permite la configuración de dispositivos dedicados a comunicación industrial, este software es capaz de reconocer todos los dispositivos conectados a la red. El software en cuestión

será utilizado para la configuración del Switch industrial Scalance X208 y el módulo Wireless Scalance W-Pro.



**Figura 36.** Primary Setup Tool

**Fuente:** (SIEMENS, 2008)

La versión del software Primary Setup Tool con la que cuenta actualmente el computador del sistema de entrenamiento corresponde a la más reciente emitida por Siemens que es la versión V4.2.

### 3.4. Diseño de Red

El presente sistema de entrenamiento en redes industriales, requiere de un sistema de comunicaciones con un alto grado de desempeño, un volumen de tráfico de datos normal. Deberá evitarse en lo posible colisiones internas de la información dentro de la red.

Se deben definir las topologías físicas y lógicas de la red a implementar. La topología física hace referencia a la disposición física de las máquinas, los dispositivos de red y cableado. Con respecto a la topología lógica, se refiere al trayecto seguido por las señales a través de la topología física, es decir, la manera en que los controladores se comunican a través del medio físico.

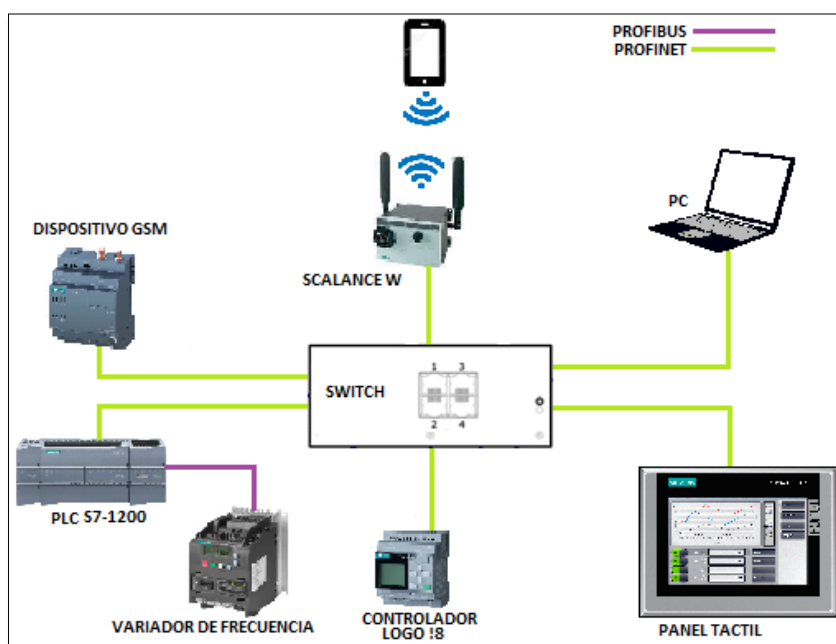
#### 3.4.1. Requerimientos de la Red

Los requerimientos mínimos que debe cumplir el diseño de la Red, contemplan los dispositivos de la siguiente tabla.

**Tabla 20**  
**Requerimientos para el diseño de la red**

Cantidad Host	Dispositivo
1	PLC Simatic S7-1200
1	Controlador LOGO !8
1	Panel táctil Simatic Basic Panel
1	Dispositivo GSM/GPRS
1	Dispositivo Scalance X 208
50	Dispositivo Scalance W Pro 788
1	Computador de escritorio

El diseño de red, deberá contemplar tecnologías de comunicación industrial diferentes, como son ProfiNet, Modbus RTU, GSM y comunicación inalámbrica Industrial. En la Figura 37 se puede establecer los requerimientos de diseño para los dispositivos que formaran parte del Sistema de entrenamiento en Redes Industriales.



**Figura 37.** Dispositivos del Sistema de Entrenamiento

Para un correcto funcionamiento de la red se debe cumplir con los siguientes requerimientos operativos y técnicos para la red.



### 3.4.2. Requerimientos Operativos

- Integración de una red de dispositivos industriales.
- Integración de los controladores utilizados mediante una red ILAN industrial.
- Integración de dispositivos tele operados como IPAD/TABLET, mediante la red inalámbrica IWLAN.
- Integración de dispositivos de mando remoto mediante mensajes de texto e interfaz de toque auxiliar.
- Desarrollo de un entorno gráfico para supervisión y visualización del proceso.
- Alcance de la red de comunicaciones al menos de un radio de 10m.
- Flexibilidad de expansión de nuevos equipos mínimo en un 20%.

### 3.4.3. Requerimientos Técnicos

- **Compatibilidad.** Capacidad de integrar los diferentes módulos y equipos de monitoreo y control.
- **Determinismo.** Es una cualidad deseable en toda implementación de red que tiene capacidad de garantizar que un paquete sea enviado y recibido en un determinado período de tiempo.
- **Escalabilidad.** Debe permitir integrar nuevos dispositivos a la red sin perder su capacidad de rendimiento.
- **Estructura de la red de comunicación.** Se debe definir la estructura de cómo se está conectado cada estación de control.

### 3.4.4. Diseño Físico

En el diseño físico de la red a implementar cuenta con diferentes dispositivos industriales que poseen puertos ProfiNet, Modbus RTU y tecnologías inalámbricas, también cuenta con un computador donde se realizará la configuración de los dispositivos para su funcionamiento, todo esto interconectado por medio de un Switch Industrial Scalance X 208, y por medio del dispositivo Scalance W Pro, se establecerá la comunicación con dispositivos remotos.

Se utiliza medios de comunicación guiados y no guiados, como medios de comunicación guiados se tiene la utilización de cable ProfiNet, y como medio de comunicación no guiado señales inalámbricas. La estructura lógica de la red ILAN es en estrella, bajo este esquema es necesario asignar direcciones IP de la topología física.

#### **3.4.4.1 Requerimientos de la Red ProfiNet**

- **Alcance:** La red Profinet tiene un alcance de 100 metros entre dispositivos, razón por lo que cumple satisfactoriamente con los requerimientos en los que se especifica un alcance mínimo de 10 m.
- **Compatibilidad:** Los controladores como el PLC S7-1200, poseen comunicación ProfiNet, el mismo caso sucede con los demás dispositivos y PC's, los cuales se comunicaran por medio de un Switch.
- **Determinismo:** Se cuenta con Switch Industrial que permite la separación de los dominios de colisión y a utilización de la comunicación Full Dúplex que permite proporcionar el doble del ancho de banda proporcionando velocidades de 20Mbps hasta 200 Mbps, lo cual permite que la comunicación ProfiNet sea determinística.
- **Escalabilidad.-** Se cuenta con una red clase C que permite un total utilizar un máximo 255 hosts, de lo cual hemos seleccionado una subred que permite la utilización de 254 host, de los cuales utilizamos 60 host, permitiendo la incorporación de nuevos equipos sin alterar el funcionamiento de la red.

#### **3.4.4.2. Red ProfiNet ILAN**

Mediante una red ProfiNet se realiza las conexiones a nivel físico, por medio de cables dedicados a este tipo de comunicación, todos los dispositivos se interconectan mediante un Switch central (Scalance X 208) que permite la comunicación entre todos los equipos conectados.

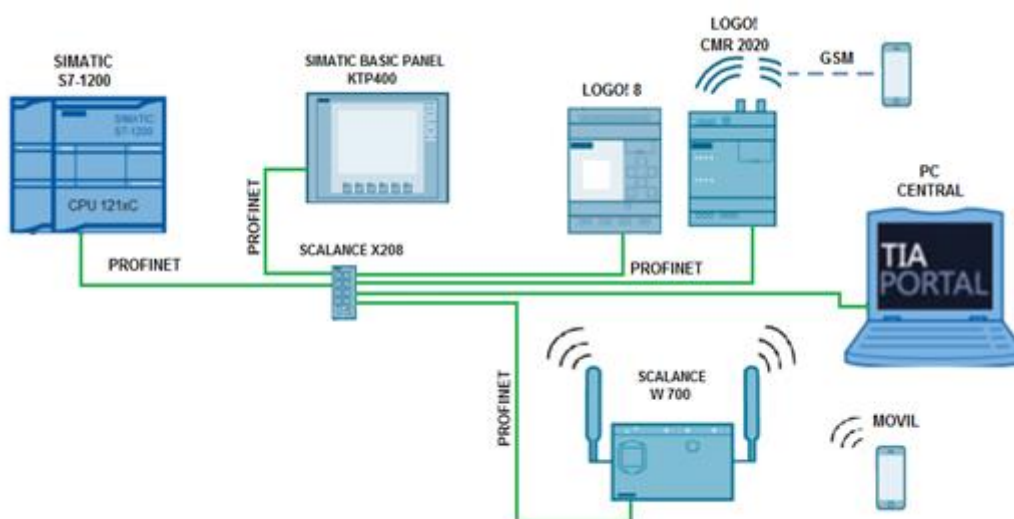
#### **3.4.4.3. Red ProfiNet IWLAN**

Los dispositivos inalámbricos se interconectan bajo las especificaciones del protocolo 802.11n, los dispositivos inalámbricos tienen como funciones la gestión de

alarmas, los dispositivos conectados pueden ser teléfonos inteligentes y ordenadores con tarjetas de red inalámbrica o sus respectivas adaptaciones, todos los dispositivos conectados a un punto de acceso que genera la red inalámbrica a la que se pueden conectar los dispositivos inalámbricos.

#### 3.4.4.4. Topología de la Red ProfiNet

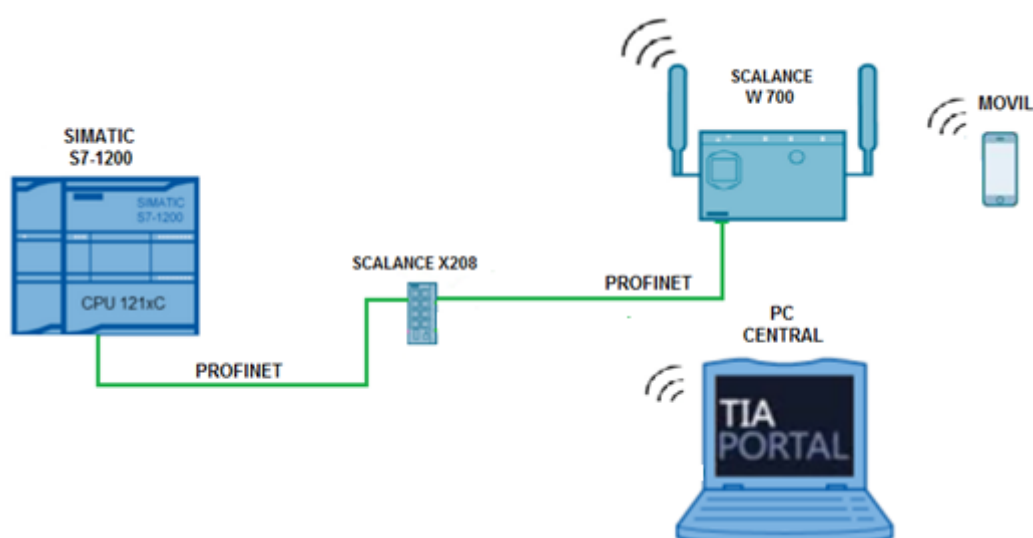
El sistema de entrenamiento en redes industriales dispone de una topología en estrella, como se indica en la Figura 38, debido que varios nodos están conectados a un switch central. Los mensajes de cada nodo individual pasan directamente al dispositivo central, que determinará, en su caso, hacia dónde debe encaminarlos.



**Figura 38.** Topología tipo estrella para la red

Cuando un host se conecta a un puerto del switch, el mismo crea una conexión dedicada. Esta conexión se considera como un dominio de colisiones individual, dado que el tráfico se mantiene separado de cualquier otro por lo tanto se eliminan las posibilidades de colisión. El switch que se instalará en el sistema de entrenamiento tiene el objetivo de reducir las colisiones y permiten una mejor utilización del ancho de banda en los segmentos de red, ya que ofrecen un ancho de banda dedicado para cada segmento de red.

Parte de la topología en estrella abarca también el segmento de red correspondiente a IWLAN como se muestra en la Figura 39. Por su característica inalámbrica se pueden integrar varios dispositivos a la red como Tablet o celulares que soporten protocolo de comunicación Wireless IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11) requisito necesario para su conexión.



**Figura 39.** Red IWLAN

#### 3.4.4.5. Protocolo de la Red

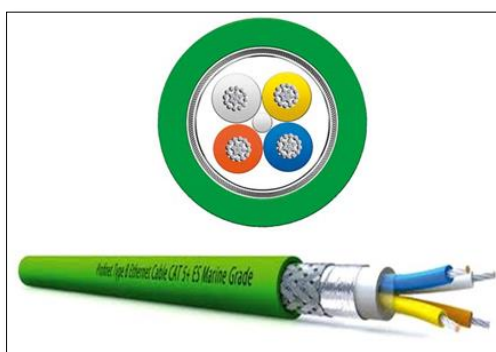
Se utilizará el protocolo TCP/IP ya que todos los equipos trabajan con el mismo protocolo de comunicación. Cuando se envía información a través de una Intranet, los datos se fragmentan en pequeños paquetes. Cabe recalcar que el protocolo de comunicación que utiliza Ethernet se mantiene vigente para la comunicación ProfiNet es decir, los paquetes llegan a su destino, se vuelven a fusionar en su forma original, el Protocolo de Control de Transmisión divide los datos en paquetes y los reagrupa cuando se reciben.

#### 3.4.4.6. Norma Utilizada

El cableado estructurado que puede ser aplicado en el diseño del sistema de entrenamiento en redes industriales puede basarse en la norma ISO IEC 11801, está

norma define varias clases de interconexión de cable de par trenzado como lo son: Clase A, Clase B que son especificaciones de la infraestructura del cableado para Profinet, no obstante, se recomienda el uso de cableado específico Profinet según IEC 61784 para una mayor integración con todas las clases de conexión.

Con la finalidad de obtener una conexión dedicada específica a Profinet se optó por utilizar en el diseño e implementación la norma IEC 61784, la cual consiste en utilizar un cable Industrial Ethernet de categoría 7 de 4 hilos, como se indica en la Figura 40, los mismos que serán conectados a un conector industrial RJ45 bajo el estándar IEC 60603-7-3.



**Figura 40.** Estructura cable Profinet CAT7 4 Hilos

**Fuente:** (SIEMENS, 2007)

A continuación se expone la tabla de conexión correspondiente a la norma de cableado Profinet IEC 61784.

**Tabla 21**  
**Norma de Cableado Profinet IEC 61784**

Señal	Función	Color de Cable	Pines de Conector RJ45
TD+	Transmisión de datos +	Amarillo	1
TD-	Transmisión de datos -	Naranja	2
RD+	Recepción de datos +	Blanco	3
RD-	Recepción de datos -	Azul	6

**Fuente:** (SIEMENS, 2007)

### 3.4.4.7. Direccionamiento

Según los requerimientos explicados anteriormente, la red del sistema de entrenamiento en redes industriales, debe abastecer por lo mínimo a 56 host. Las direcciones IP que se utilizaran para cada dispositivo de la red serán:

Dirección IP: 192.168.0.X

Máscara: 255.255.255.0

La red del sistema será de clase C, ya que debido a sus prestaciones cumplen con los requerimientos para el número de host a implementarse.

- Dirección de red: 3 octetos (24 bits)
- Dirección de host: 1 octeto (8 bits)
- Número de host disponibles:

$$\#host = 2^n$$

Donde: *n* es el número de bits disponibles para host

$$\#host = 2^8 = 256$$

### 3.4.4.8. Diseño Lógico

Para el direccionamiento se empleara una red tipo C, ya que este tipo de red es suficiente para el número de host que se conectarán.

**Tabla 22**  
**Direcciones IP para los Dispositivos del Sistema**

DISPOSITIVO	DIRECCION IP	MASCARA DE SUBRED
PLC Simatic S7- 1200	192.168.0.2	255.255.255.0
Panel táctil Simatic Basic Panel	192.168.0.3	255.255.255.0
Controlador LOGO! 8	192.168.0.4	255.255.255.0
Dispositivo GSM/GPRS	192.168.0.5	255.255.255.0
Dispositivo Scalance W-Pro	192.168.0.6	255.255.255.0
Dispositivo Scalance X208	192.168.0.7	255.255.255.0
Red Wi-Fi montada en el dispositivo Scalance W-Pro.	192.168.0.50 – 192.168.0.100	255.255.255.0
Computador	192.168.0.10	255.255.255.0

### 3.4.5. Diseño de la Red Modbus RTU

#### 3.4.5.1. Diseño Físico

En el diseño físico de la red se toma en cuenta los equipos disponibles y los medios de comunicación a utilizar.

Se dispone de dos dispositivos Siemens para el desarrollo de este tipo de red, el primer dispositivo es el PLC Simatic S7-1200 y el segundo dispositivo es un variador de frecuencia Sinamics V20. El uso del protocolo Modbus RTU en el presente sistema permite la comunicación entre dichos dispositivos, la característica del variador de frecuencia en cuanto a sistemas de comunicación es el poseer la capacidad de comunicación serial, mientras que la comunicación del PLC Simatic S7-1200 cuenta con un puerto Ethernet, debido a la incompatibilidad entre ambos puertos de comunicación se optará por acoplar un módulo de comunicación Modbus de tipo RS485.

Este tipo de conexión se la utiliza en base a la arquitectura maestro/esclavo, en el presente proyecto se definirá como esclavo al variador de frecuencia Sinamics V20 y maestro al PLC Simatic S7-1200.

#### 3.4.5.2. Requerimientos Técnicos

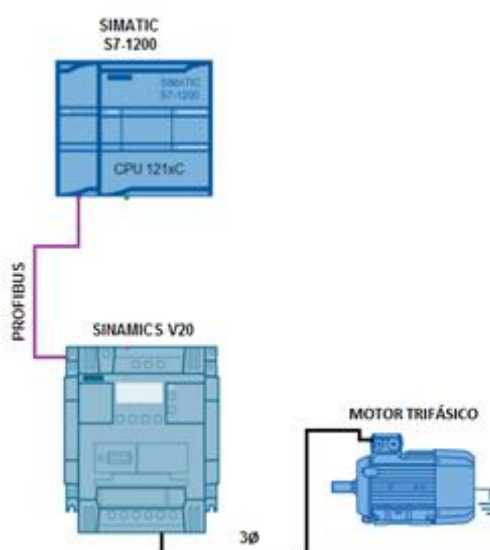
- **Alcance:** La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200m sin repetidores, cabe recalcar que el medio físico tendrá circuitos balanceados con la finalidad de reducir el ruido, la distancia que existe en el presente proyecto entre el PLC S7-1200 al variador de frecuencia se encuentra a un metro.
- **Determinismo:** La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios, para el sistema de entrenamiento, se configura la velocidad de transmisión a 9600 baudios en los dos dispositivos que se especificaron en el punto de diseño físico de la red Modbus, la velocidad escogida se acoge a uno de los estándares de comunicación serial.
- **Escalabilidad:** La estructura lógica es de tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones es de 63

esclavos más una estación maestra, en el presente proyecto únicamente se tiene un maestro y un esclavo, los intercambios de datos serán punto a punto siempre y cuando exista una demanda del maestro y una respuesta del esclavo.

- **Compatibilidad:** El protocolo Modbus permite una comunicación serial mediante el tipo RS232 o RS485, es un estándar de facto, la compatibilidad dependerá de las funciones que presente cada dispositivo en sus configuraciones de comunicación para ello se deberá definir valor de velocidad de transferencia y puertos de comunicación.
- **Estructura de la red:** La estructura de la red es maestro esclavo, el maestro es el PLC Simatic S7-1200, mientras que para el esclavo será el variador de frecuencia Sinamics V20.

#### 3.4.5.3. Topología de la Red

La red cuenta con una topología punto a punto, en este caso el protocolo de comunicación de la red Modbus RTU para el sistema de entrenamiento en redes industriales corresponde a la comunicación entre el PLC Simatic S7-1200 con el variador de frecuencia Sinamics V20 como se muestra en la Figura 41.



**Figura 41.** Comunicación Modbus RTU



#### 3.4.5.4. Protocolo

El área de aplicación de un sistema de buses de campo está claramente determinada por la elección de la tecnología de transmisión. Cuando se mezclan aplicaciones para automatización de procesos, los datos y la energía deben ser transmitidos en un cable común.

El módulo de comunicación RS 485, ese el dispositivo encargado de regular el protocolo dedicado a la interacción entre controlador Simatic S7-1200 y el Variador de frecuencia Sinamics V20. Su área de aplicación incluye todas las áreas en las que se requieren alta velocidad de transmisión y una instalación sencilla. Tiene la ventaja de que posibles ampliaciones no influyen en las estaciones que se encuentran ya en operación.

Las características de la transmisión por medio de RS-485 deben garantizar las siguientes características:

- Velocidad de transmisión de 9.6 Kbit/seg.
- Se seleccionará una para todos los dispositivos.
- Conexión máxima de 32 estaciones sin repetidor (127 con repetidor).

#### 3.4.5.5. Diseño Lógico

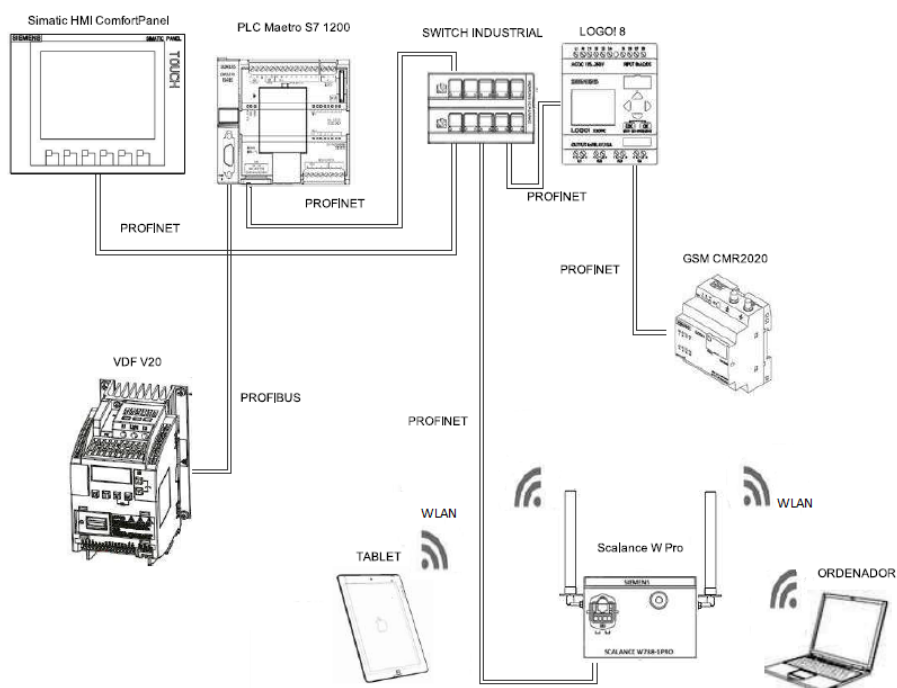
Para la comunicación entre los dispositivos establecidos se empleará una red de tipo Maestro Esclavo.

**Tabla 23**  
**Direccionamiento de la Red Modbus RTU**

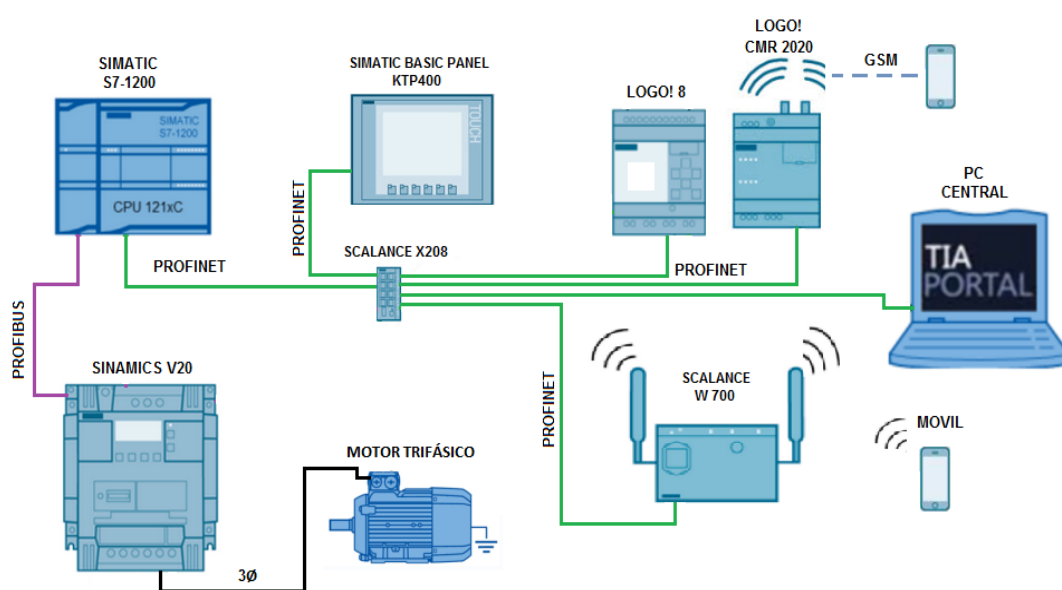
Dispositivo	Número de puerto	Conexión
PLC Sinamic S7-1200		Maestro
Módulo Modbus CM1241 (RS495)	269	
Variador de frecuencia	0	Esclavo

### 3.4.6. Resumen del Diseño General de la Red

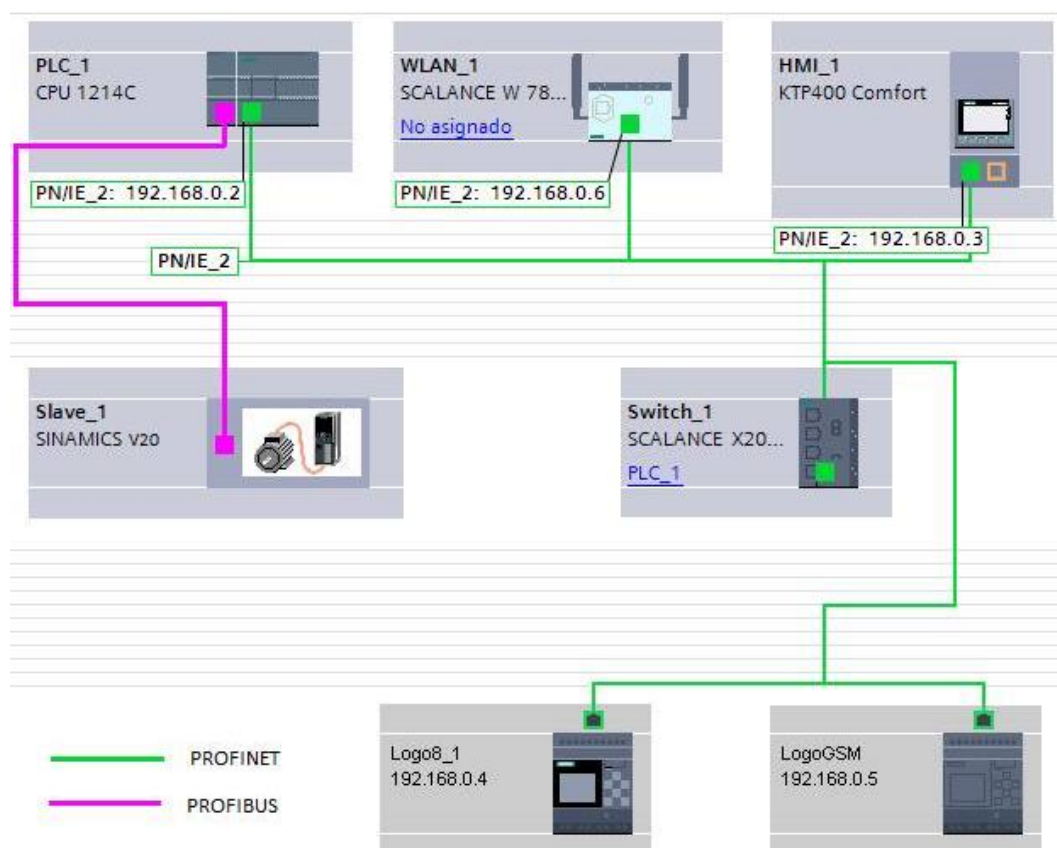
En esta sección se presenta de manera gráfica la incorporación de todas las redes en una sola red general (ver Figura 42, 43 y 44), cada red mantendrá sus características especificadas en las secciones anteriores.



**Figura 42.** Esquema general de la Red del Sistema



**Figura 43.** Esquema de Red en Formato SIEMENS



**Figura 44.** Resumen de la Red del Sistema

### 3.4.7. Diseño de Interfaz HMI

En el diseño de las interfaces HMI para el uso del Panel táctil Simatic HMI Comfort Panel se ha tomado en cuenta parámetros la norma ISA SP101 para la definición de las estrategias funcionales de las interfaces y considerando la estética de las mismas se seguirá parámetros de las recomendaciones que brinda la guía GEDIS.

#### 3.4.7.1. Propuesta de Diseño de las Interfaces

Las interfaces humano máquina que se visualizarán en el panel táctil deben permitir a la persona que lo use navegar por un entorno simple e intuitivo con el fin de realizar el control y supervisión del proceso de la práctica que se realice mediante el uso de indicadores visuales y auditivos que permitan conocer el estado actual del proceso así como posibles fallas que puedan presentarse.

### 3.4.7.2. Criterios para el Diseño de las HMI

Las interfaces humano máquina que se propone para el panel táctil tomará en cuenta parámetros estéticos como son la proporción, la simetría y el equilibrio con el objetivo de facilitar a la persona que lo use la visualización de los datos y establecer diferencias entre ellos.

Así como la realización de interfaces a prueba de fallas e intuitivas para el usuario. La interfaz contara con criterios tales como:

- **Visibilidad:** La información en la pantalla debe permitir la identificación de elementos gráficos tanto como el texto, con un tamaño adecuado para que el operario no confunda información.
- **Perceptibilidad:** La identificación del estado de la planta debe ser fácil de identificar para que el operario tome acciones.
- **Información:** La pantalla tiene elementos que permiten dar información clara e intuitiva sobre el estado del sistema.
- **Interactividad:** La interfaz facilita accionar comandos al operario.
- **Color:** Contribuye a dar significado y relevancia a los procesos que se quieran destacar.

## 3.5. Implementación del Sistema

Una vez conocidos los criterios técnicos de diseño necesarios, se procede con la etapa de implementación del sistema de entrenamiento en redes industriales, para ello es necesario definir los diagramas y planos de instalación.

### 3.5.1. Diagramas y planos de instalación

Con la finalidad de facilitar información detallada del sistema de entrenamiento en redes industriales se realizó planos eléctricos, mecánicos y conexiones de red, los mismos que se encuentran accesibles en el apartado de Anexo1.

### 3.5.2. Instalación e integración

En una instalación eléctrica, los tableros eléctricos son una parte fundamental en el montaje de los equipos y conexiones eléctricas. En tablero eléctrico del sistema de

entrenamiento se encuentran los dispositivos de seguridad, mecanismos de mando, señalización, controladores y dispositivos de comunicación industrial de dicha instalación.

Para la fabricación del tablero eléctrico se tuvo presente el cumplir con una serie de normas que permiten su funcionamiento de forma adecuada cuando el sistema se encuentre abastecido de energía eléctrica. El cumplimiento de estas normas garantiza la seguridad tanto de las instalaciones eléctricas como de los operarios que manipulen el sistema. (DANJOS, 2012)

El buen funcionamiento de una instalación eléctrica depende del cumplimiento de las normas y reglamentos que incluyen los conductores y aisladores los cuales integran las canalizaciones eléctricas para tener una óptima protección y no permitir un mal funcionamiento. Los circuitos derivados son igual de importantes para la distribución de energía después de las canalizaciones, así como su aplicación en los motores.

### **3.5.3. Implementación de la Estructura Metálica**

Conocidas las dimensiones físicas del sistema se procede con la elaboración de la estructura mecánica, el material utilizado en la construcción fue tol galvanizado (ver Figura 45 y 46), cabe recalcar que este material es el idóneo para este tipo de aplicaciones y cumple con las normas de diseño establecidas.



**Figura 45.** Visita Frontal de la Estructura Metálica



**Figura 46.** Vista Lateral de la Estructura Metálica

La Figura 47 muestra la estructura mecánica completamente terminada, en la cual se puede visualizar los acoples laterales que servirán como soporte para un monitor, teclado y CPU con los que contará el sistema de entrenamiento. La pintura de la carcasa tiene la característica de ser dieléctrica como dicta la norma IEC-61439, el color escogido fue de tonalidad beige metálico.



**Figura 47.** Estructura Metálica Implementada

La estructura dispone de cuatro ruedas como soporte, las mismas que facilitan el traslado del sistema, por seguridad cada rueda dispone de su propio método de frenado. Con la finalidad de aprovechar el espacio de la estructura, en la parte inferior del módulo se diseñó un gabinete con división donde se podrá almacenar, manuales de usuario, guías técnicas y demás documentos relacionados con el sistema de entrenamiento.

### 3.5.4. Distribución de los Elementos

De acuerdo a la Figura 20 se prosigue con la distribución física de los elementos, los elementos de protección, controladores y los módulos de comunicación serán fijados en Riel Din, los dispositivos de mando y señalización serán sujetos mediante arandelas de presión propias de cada dispositivo.



**Figura 48.** Distribución Física de los Elementos del Sistema

La Figura 49 muestra la ubicación con la mayoría de los elementos correctamente sujetos a las bandejas de la estructura metálica del sistema. Cabe resaltar que en el proceso de realización del proyecto existieron ciertas modificaciones de elementos a favor de lograr una mayor funcionalidad en el sistema de entrenamiento que se las podrá observar en el apartado referente a funcionamiento del sistema.



**Figura 49.** Distribución General de Elementos

### **3.5.5. Cableado y Etiquetado**

Continuado con la etapa de implementación del sistema, se procede a realizar la fase de cableado y etiquetados de los elementos disponibles en el sistema de entrenamiento, la norma utilizada en este proceso fue acorde a los parámetros del estándar internacional IEC 60439-1 con la finalidad de cumplir exigencias de seguridad y prestaciones técnicas necesarias para este tipo de instalaciones eléctricas.

El estándar internacional IEC 60439-1 tiene por objetivo fijar las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones eléctricas de Baja Tensión. Esencialmente, establece exigencias de seguridad, pero no garantiza necesariamente la eficiencia, la continuidad de servicio, la flexibilidad ni la facilidad de ampliación de las instalaciones. (International Electrotechnical Commission IEC, 2004)

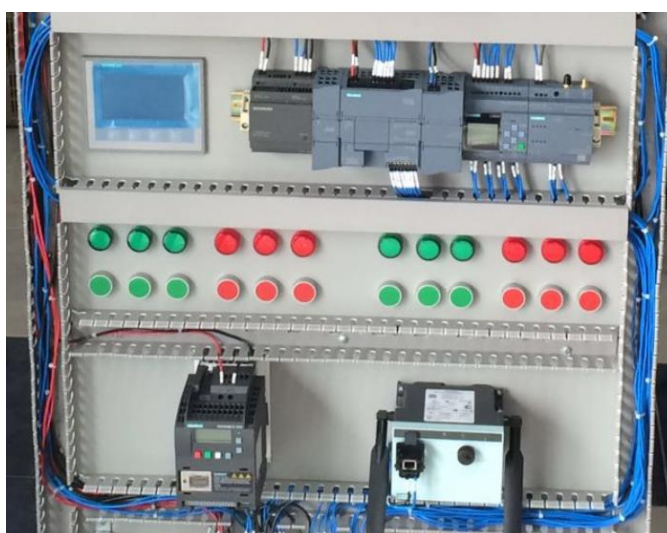
#### **3.5.5.1. Cableado Interno**

El cableado interno debe ejecutarse colocando los conductores en forma ordenada, no deben quedar apretados ni mezclados. Los conductores de cada circuito deben



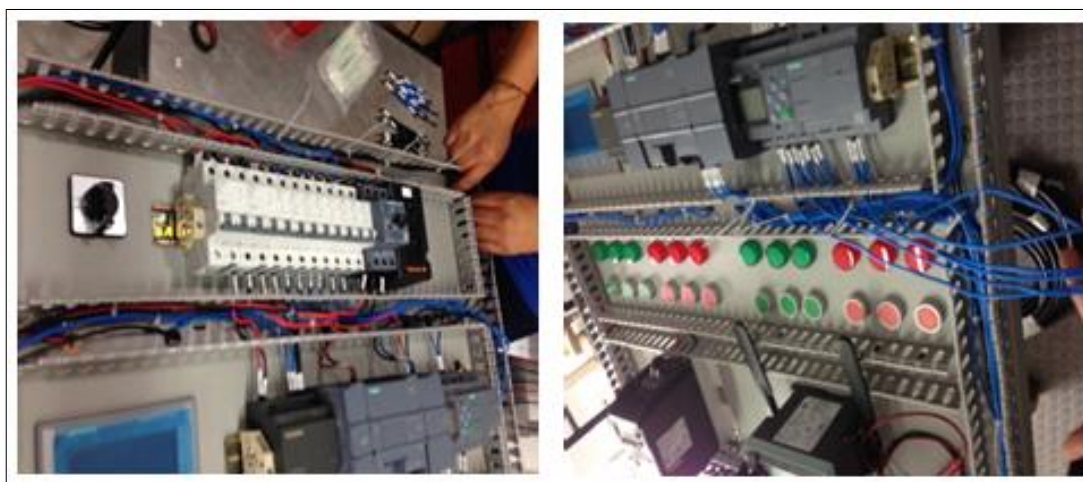
tomarse juntos, mediante amarras plásticas y podrán llevarse en forma vertical u horizontal en el interior de canaletas de PVC (METRO DE SANTIAGO, 2013)

La Figura 50 muestra la distribución de un segmento del cableado interno del sistema de entrenamiento en redes industriales.



**Figura 50.** Cableado Interno del Sistema de Entrenamiento

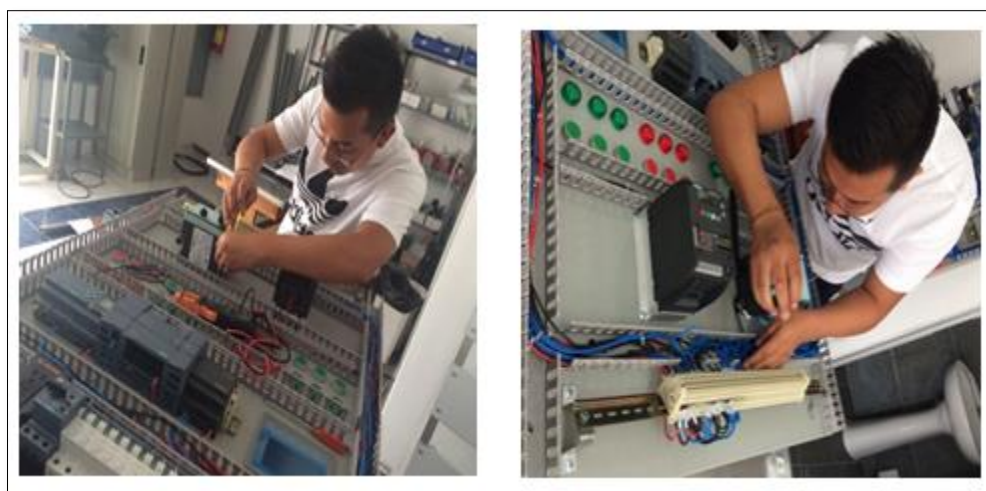
La alimentación a un disyuntor o contactor (ver Figura 51), deberá llegar a la parte superior del elemento o al polo fijo. Toda conexión de cable a un contactor se hará mediante terminal aislado prensado.



**Figura 51.** Cableado de Elementos de Protección y Control

### 3.5.5.2. Espacios Libres y Reservas

Se dejará un espacio de 30% de reserva para crecimiento futuro (regletas, contactores, interruptores), adicionalmente se dejarán como mínimo 25 cm entre tablero o plancha metálica que sostiene a los elementos y componentes del tablero en todas las direcciones, excepto hacia arriba, donde deberá considerarse un espacio libre de 50 cm. (METRO DE SANTIAGO, 2013)



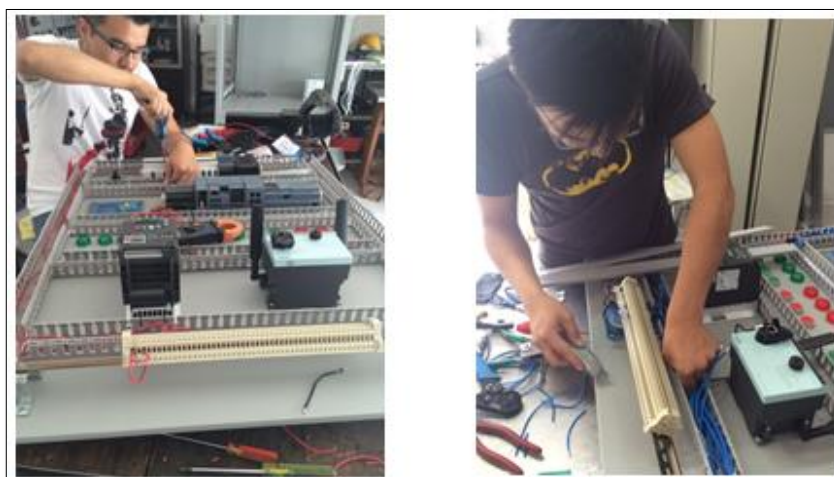
**Figura 52.** Cableado de módulo Scalance W-Pro - Cableado de Borneras de Distribución

Adicionalmente a los criterios expuestos, cabe resaltar que se debe respetar de manera correcta el código de colores de conductores de acuerdo al tipo de tensión que cada conductor. . Los colores del cableado interior del sistema de entrenamiento se exponen en la Tabla 24.

**Tabla 24**  
**Código de Colores de Conectores**

Color	Cableado
Verde	Puesta a Tierra
Rojo	Fase
Negro	Neutro
Azul	24 VDC
Negro	0 VDC

En la Figura 53, se puede observar dos de los diferentes colores de conductores utilizados en el cableado interno del sistema de entrenamiento.



**Figura 53.** Cableado Fuente LOGO! - Cableado a Borneras

### 3.5.6. Identificación de Elementos

Todos los elementos del sistema de entrenamiento deberán marcarse con la denominación descrita en los planos multifilares del proyecto, dentro del gabinete, de tal modo que se identifiquen claramente los elementos, como se indica en la Figura 54. Estas marcas podrán ser de un material plástico que se pegue junto al elemento y sin que se desprendan en el largo plazo o se descoloren.

Todos los cables que se utilicen para alambrados de circuitos de fuerza, señalización, control y comando deberán llevar marcas en ambos extremos, las marcas contendrán el número de circuito o de cable de control indicados en los diagramas multifilares o planos de control y serán instalados por cada fase o cable. (METRO DE SANTIAGO, 2013)



**Figura 54.** Corte de etiquetas para conductores - Etiquetado de conductores

La identificación de los elementos mando y señalización es un factor importante que se debe tener en cuenta en la etapa de implementación, las etiquetas deben ser claras, intuitivas y visibles para el usuario, en la Figura 55 se puede visualizar las etiquetas correspondientes a las entradas y salidas del controlador Simatic S7-1200.



**Figura 55.** Etiquetas de señalización - Etiquetas implementadas

### 3.5.7. Puesta a Tierra

El sistema de entrenamiento deberá estar provisto con una barra de cobre, para las conexiones de tierra, a esta barra de cobre se conectará el cable de tierra que provendrá de la puesta a tierra general de donde se pretenda conectar al sistema. Además, para la puesta a tierra de la estructura metálica del sistema, es necesario verificar que todos los equipos eléctricos tanto controladores como módulos de comunicación tengan conexión a este sistema de tierra común.

La puesta a tierra implementada en el sistema de entrenamiento se encuentra ubicada en el lado derecho de la bandeja superior de la estructura metálica como se muestra en la Figura 56.



**Figura 56.** Barra común de Puesta a Tierra



### 3.6. Puesta en Marcha del Sistema

La Figura 57 muestra el estado final de la fase de implementación del sistema de entrenamiento, el cual se encuentra totalmente operativo y cumple con los requerimientos técnicos establecidos.



**Figura 57.** Funcionamiento del Sistema de Entrenamiento

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

De acuerdo a uno de los objetivos planteados que pretende solventar el presente proyecto de investigación es el poder brindar ayuda al proceso de aprendizaje del estudiante logrando captar su interés en la asignatura de redes industriales pues se podrá realizar simulaciones de eventos usuales en procesos de la industria, para lo cual se exponen seis guías prácticas de laboratorio con su respectiva solución.

Las guías de prácticas consisten en la identificación, configuración, programación e integración en red de los diferentes equipos que posee el sistema de entrenamiento; a continuación se lista las guías prácticas a desarrollarse:

- **Guía N°1:** Comunicación Profinet.
- **Guía N°2:** Comunicación Modbus RTU.
- **Guía N°3:** Comunicación Maestro-Esclavo Profinet.
- **Guía N°4:** Comunicación móvil GSM.
- **Guía N°5:** Comunicación Wireless – Profinet
- **Guía N°6:** Integración de tecnologías de comunicación industrial.

#### **4. Guía de Prácticas**

##### **4.1. Descripción general de las Guías de Prácticas**

###### **4.1.1. Práctica 1: Comunicación Profinet**

Se utiliza el estándar de comunicación Profinet con el fin de lograr interacción entre los equipos PLC Siemens Simatic S7-1200 y Panel de Operación Táctil Simatic Basic Panel. Con la finalidad de cumplir los objetivos propuestos en esta práctica se debe realizar una aplicación que permita controlar el nivel de líquido en un tanque con valores preestablecidos, se dispondrá de un control y monitoreo local desde la pantalla táctil Simatic Basic Panel.

#### **4.1.2. Práctica 2:** Comunicación MODBUS RTU.

Se utiliza el estándar de comunicación ModBus con la finalidad de lograr interacción entre los equipos PLC Siemens Simatic S7-1200 y el Variador de frecuencia Sinamics V20. La aplicación industrial para esta práctica es el realizar un sistema de control de velocidad y sentido de giro de un molino de granos secos en una granja. Un operador maneja el sistema de control, dependiendo de la cantidad y el tipo de grano que se quiere procesar.

#### **4.1.3. Práctica 3:** Comunicación Maestro-Esclavo Profinet

Se utiliza el estándar de comunicación Profinet con la finalidad de lograr una comunicación Maestro-Esclavo entre los equipos PLC Siemens Simatic S7-1200 y Siemens LOGO! 8. La práctica que se propone tiene como objetivo simular un proceso industrial que permita el funcionamiento de dos motores sujetos a las señales de tres sensores de nivel. Las señales de entradas del PLC Siemens Simatic S7-1200 serán destinadas para la simulación de los sensores de nivel, mientras que las salidas del controlador LOGO!8 serán los contactos de funcionamiento para los dos motores propuestos.

#### **4.1.4. Práctica 4:** Comunicación móvil GSM.

Se integra tecnología GSM la cual permite la interacción mediante mensajes de texto desde teléfonos móviles hacia el controlador Siemens LOGO! 8. Con la finalidad de cumplir los objetivos propuestos de esta práctica se debe realizar una aplicación de control de nivel y temperatura de cuatro tanques en una planta industrial. Cuando las alarmas preestablecidas para el proceso entren en funcionamiento, el dispositivo de comunicación LOGO! CMR2020 enviará mensajes de texto con contenido de información correspondiente a la alarma activada.

#### **4.1.5. Práctica 5:** Comunicación Wireless – Profinet.

Se utiliza tecnología Wireless con la finalidad de lograr interacción inalámbrica entre los dispositivos PLC Siemens Simatic S7-1200 y dispositivos remotos como tablets o teléfonos inteligentes. Uno de los objetivos propuestos de esta práctica es realizar una aplicación de un sistema de alarmas contra incendios en una planta

industrial. El sistema debe ser monitoreado y controlado de manera remota a través de teléfonos inteligentes o tablets.

#### **4.1.6. Práctica 6:** Integración de tecnologías de comunicación industrial.

Se hará uso conjunto de las cuatro tecnologías de comunicación industrial que dispone el sistema de entrenamiento, con la finalidad de cumplir el objetivo propuesto en esta práctica se deberá realizar una aplicación que consiste en el control encendido/apagado, velocidad y sentido de giro de un motor trifásico; el mismo que se podrá monitorear de manera local y remota gracias a las tecnologías de comunicación con las que cuenta el sistema.

### **4.2. Diseño de las Guías Prácticas**

#### **4.2.1. Objetivos de las Guías Prácticas**

- Reforzar la parte teórica de la asignatura de redes industriales consolidando los conocimientos a través del desarrollo de prácticas de laboratorio.
- Incentivar la investigación, conocimiento y propiedades de los elementos/materiales con los que cuenta el sistema de entrenamiento, así como sus aplicaciones.
- Propiciar ejemplos prácticos relacionados con el sector industrial, con la finalidad de vincularse a la realidad tecnológica regional referente a comunicación industrial.

#### **4.2.2. Desarrollo de las Guías de Prácticas**

- Las prácticas desarrollarán los estudiantes después de haber revisado la guía y realizado el trabajo preparatorio.
- El trabajo preparatorio es individual o grupal, el mismo que será entregado antes de realizar la práctica.
- Se debe realizar un conversatorio del trabajo preparatorio por parte de los alumnos y el docente, el mismo que realizará aclaraciones de cualquier duda existente por parte de los estudiantes.
- Los integrantes del grupo deben conocer cuáles son los objetivos a alcanzarse antes de la ejecución de la práctica.



- Se realizará en grupo, no mayor a tres estudiantes.

#### **4.2.3. Ejecución de la Práctica**

- Las prácticas se llevarán a cabo por todos los integrantes del grupo sin excepción, anticipándose en disponer de todos los elementos requerimientos necesarios para ejecutar la práctica.

#### **4.2.4. Presentación**

- En la fecha prevista se expondrán los trabajos ejecutados, de manera aleatoria se solicitarán a los integrantes de cada grupo exponer una o más partes del trabajo preparatorio.
- Durante y después de la exposición se formularán preguntas por parte del profesor y el resto de estudiantes, las mismas que tendrán que ser respondidas por los integrantes del grupo.

#### **4.2.5. Evaluación**

- Dependiendo del esfuerzo realizado por cada grupo y de los logros de aprendizaje (innovación, metodología para alcanzar objetivos, exposición, respuestas a las preguntas planteadas, conclusiones, recomendaciones y presentación del informe), los integrantes serán evaluados objetivamente.

#### **4.2.6. Recomendaciones**

- Para la utilización de los equipos y/o materiales de laboratorio primero deberán recibir la explicación del funcionamiento y cuidado por parte del docente.
- El comportamiento disciplinario debe ser el correcto durante el desarrollo de la práctica.
- No utilizar equipos o materiales que no correspondan a la práctica que se encuentren realizando.
- Para la utilización de equipos y materiales de laboratorio siempre deben utilizar las normas de uso y conexión.
- El estudiante que no cumpla con las indicaciones expuestas por el instructor no se le permitirá ejecutar las prácticas.

- Revisar los equipos y accesorios entregados por parte del docente antes de ejecutar la práctica, porque si existiesen defectos o novedades serán responsables los integrantes del grupo.
- Sujetarse a las normas de seguridad e higiene estipuladas para el laboratorio.

#### **4.2.7. Presentación del informe**

Los informes constarán de las siguientes partes:

1. Tema
2. Objetivo(s)
3. Marco teórico
4. Equipos y Materiales.
5. Procedimiento de la práctica
6. Análisis de resultados
7. Preguntas
8. Conclusiones y recomendaciones
9. Bibliografía.
10. Anexos (Hoja de toma de datos, Diagramas, fotos, simulaciones, etc.)

El informe es una evidencia del aprendizaje, el cual deberá ser evaluado de acuerdo a una rúbrica del mismo.

### **4.3. Estructura de las Guías de Prácticas**

#### **4.3.1. GUÍA PRÁCTICA 1**

**TEMA:** Comunicación Profinet.

#### **OBJETIVOS**

##### **General**

- Configurar e implementar una comunicación Profinet entre el PLC Simatic S7-1200 y Panel de Operación, para simular procesos de producción industrial.

##### **Específicos**

- Simular un proceso industrial mediante comunicación Profinet entre el PLC Simatic S7-1200 y Basic Panel, para realizar el control de nivel de un tanque contenedor de líquido.
- Desarrollar un control y monitoreo local mediante la utilización de una interfaz humano máquina en la pantalla táctil Simatic Basic Panel KTP400 PN.

#### **MATERIALES Y EQUIPOS**

- Computador con Sistema Operativo Windows 7/8/8.1
- Software TIA PORTAL v13
- PLC Simatic S7-1200
- Switch Scalance X208
- Cable Ethernet Industrial RJ45
- Simatic Basic Panel 4"

#### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR**

Control de Nivel On-Off con histéresis de un tanque contenedor de agua.

##### **Secuencia de Operación:**

Se tiene una bomba que suministra agua a un tanque, en el tanque se tendrá dos sensores, uno que indique el nivel mínimo de agua en el tanque y otro que indica

cuando el tanque se ha llenado, el funcionamiento del sistema será de la siguiente manera:

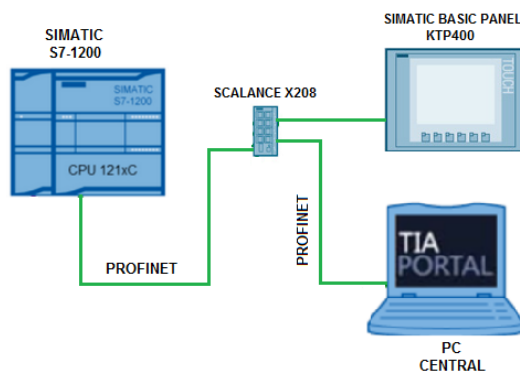
- Cuando el nivel de agua se encuentre en su límite inferior se debe activar la bomba para proveer de agua al tanque.
- Al momento de activarse el sensor superior del tanque se deberá desactivar la bomba.
- La altura total del tanque es de 25 metros, los sensores de nivel superior e inferior están ubicados a 5 y 20 metros respectivamente.
- La histéresis permitida será de 1 metro.
- El flujo de llenado (bombeo) será mayor que la de vaciado (llave); es decir el tanque nunca quedará vacío.
- La bomba y la válvula, tendrán además un control manual desde los pulsadores con los que cuenta el sistema de entrenamiento.

### INTERFAZ HUMANO MÁQUINA

- La interfaz de usuario deberá contar con botones de marcha y paro del proceso.
- Indicador del nivel actual en el tanque.
- Indicadores del estado de los sensores de nivel Máximo y Mínimo.
- Indicadores del estado actual de los actuadores (Bomba y válvula).
- Aplicar principio de diseño de la Guía GEDIS.

### PROCEDIMIENTO

1. En base a la Figura 58, conecte los dispositivos.



**Figura 58.** Conexión Profinet de la Práctica 1

2. Configurar los equipos PLC S7-1200 y Basic Panel en el software TIA Portal, además el Switch Scalance X-208 en el software Primary Setup Tool.
3. Asignar la siguientes direcciones IP y mascara de subred a los dispositivos

**Tabla 25**  
**Direcciones IP de los dispositivos de la Práctica 1**

DISPOSITIVO	DIRECCION IP	MASCARA DE SUBRED
PLC Simatic S7- 1200	192.168.0.5	255.255.255.0
Panel Táctil - Simatic Basic Panel	192.168.0.6	255.255.255.0
Computador	192.168.0.4	255.255.255.0

4. Desarrollar un interfaz HMI que cumpla con las características propuestas en la práctica, aplicando las respectivas normas de diseño. La Figura 59 muestra una propuesta de diseño HMI.



**Figura 59.** Diseño de la interfaz HMI de la Práctica 1

4. Desarrollar un programa en el PLC S7-1200 que cumpla con las especificaciones de funcionamiento.
5. Realizar la comunicación Profinet entre el PLC S7-1200 y la Pantalla Táctil.
6. Verificar la comunicación de los dispositivos.
7. Simular el funcionamiento del sistema.

### **PREGUNTAS**

- a) Explique detalladamente el protocolo de comunicación industrial utilizado en la práctica.
- b) Investigue 5 aplicaciones industriales que utilizan este protocolo de comunicación industrial.

- c) ¿Qué diferencias existen entre las redes de comunicación tradicional y las de comunicación industrial?
- d) ¿Cuáles son las nuevas tendencias en comunicaciones industriales?
- e) ¿Cuáles son los principales retos a los que se enfrentan las redes de comunicación industrial?
- f) Determine las principales características de los dispositivos utilizados en la práctica.

### **4.3.2. GUÍA PRÁCTICA 2**

**TEMA:** Comunicación Modbus RTU.

#### **OBJETIVOS**

##### **General**

- Configurar e implementar una comunicación Modbus RTU entre PLC Simatic S7-1200 y Variador de Frecuencia Sinamics V20 para realizar el control de velocidad de un motor trifásico.

##### **Específicos**

- Controlar la velocidad y el sentido de giro de un motor trifásico, mediante el PLC Simatic S7-1200 y el variador de frecuencia Sinamics V20.
- Configurar el variador de frecuencia Sinamics V20, con la finalidad de establecer al menos tres velocidades distintas del motor desde un interfaz HMI.

#### **MATERIALES Y EQUIPOS**

- Computador con Sistema Operativo Windows 7/8/8.1
- Switch Industrial Scalance X208
- Software TIA PORTAL V13
- PLC Simatic S7-1200
- Módulo de comunicación RS485
- Cable Profibus Industrial
- Simatic Basic Panel 4"
- Variador de frecuencia V20.
- Motor trifásico de 0.5 HP

#### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR**

- Realizar el control de velocidad de un motor trifásico mediante un variador de frecuencia.

### **Secuencia de Operación:**

Se tiene un molino de granos secos en una granja. Un operador maneja el sistema de marcha paro del molino y la velocidad dependiendo de la cantidad y el tipo de grano que se quiere procesar. El operador debe tener en cuenta los siguientes criterios para el accionamiento y la velocidad del molino.

- Para maíz seco Velocidad Alta
- Para Soya Velocidad Media
- Para cacao Velocidad Baja

Se requieren los siguientes selectores y pulsadores:

- Un selector para iniciar y desactivar el proceso (motor).
- Un Pulsador de Paro de Emergencia (Freno inmediato) del motor.
- Tres pulsadores para seleccionar las velocidades (frecuencia) de operación del motor. Las frecuencias serán 55Hz para velocidad alta, 35Hz para velocidad media y 10Hz para velocidad baja.
- Un pulsador para realizar el cambio de sentido de giro del motor.

Se debe utilizar las salidas del PLC Simatic S7-1200 para indicar el estado del proceso.

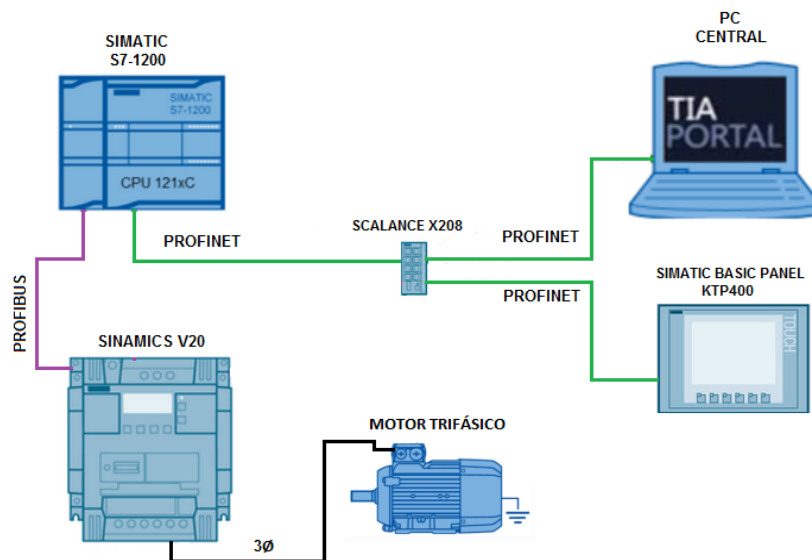
### **INTERFAZ HUMANO MÁQUINA**

- La interfaz de usuario deberá contar con indicadores del estado del motor.
- Indicadores de velocidad para cada tipo grano a procesar.
- Indicadores del sentido de giro del motor.
- Simulación en tiempo real del sistema.
- Indicador de velocidad y frecuencia de trabajo del molino.
- Aplicar principio de diseño de la Guía GEDIS.



## PROCEDIMIENTO

1. En base a la Figura 60, conecte los dispositivos.



**Figura 60.** Conexión de dispositivos de la Práctica 2

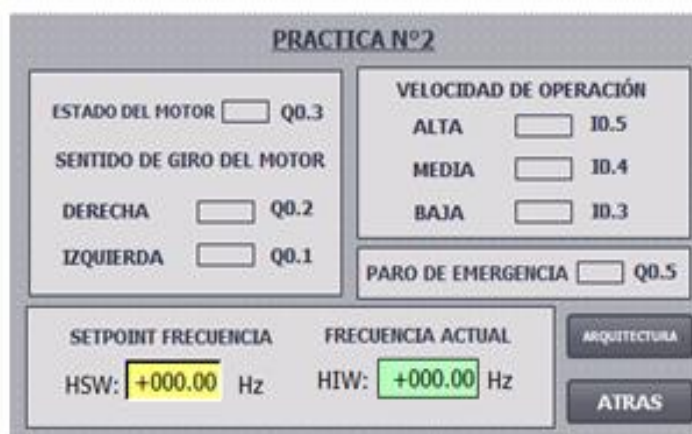
2. Configurar los equipos PLC S7-1200 y Basic Panel en el software TIA Portal, además el Switch Scalance X-208 en el software Primary Setup Tool.
3. Asignar las siguientes direcciones IP y máscara de subred a los dispositivos

**Tabla 26**

**Direcciones IP de los dispositivos de la Práctica 2**

DISPOSITIVO	DIRECCION IP	MASCARA DE SUBRED
PLC Simatic S7- 1200	192.168.0.5	255.255.255.0
Panel Táctil - Simatic Comfort Panel	192.168.0.6	255.255.255.0
Computador	192.168.0.4	255.255.255.0

4. Desarrollar un interfaz HMI que cumpla con las características propuestas en la práctica, aplicando las respectivas normas de diseño. . La Figura 61 muestra una propuesta de diseño HMI.



**Figura 61.** Diseño de interfaz HMI de la Práctica 2

5. Desarrollar un programa en el PLC S7-1200 que cumpla con las especificaciones de funcionamiento.
6. Realizar la comunicación Profinet entre el PLC S7-1200 y el Panel Táctil.
7. Configurar el Variador Sinamics V20 de tal manera que se pueda tener establecidas las tres frecuencias de operación que se necesitan en la simulación del proceso.
8. Realizar la comunicación Modbus RTU entre el PLC S7-1200 y el variador de frecuencia (utilizar las librerías correspondientes de TIA PORTAL).
9. Verificar la comunicación de los dispositivos.
10. Simular el funcionamiento del sistema.

### **PREGUNTAS**

- a) Explique detalladamente los protocolos de comunicación industrial utilizados en la práctica y sus funciones en la práctica.
- b) Investigue 3 tipos de comunicación para variadores de frecuencia.
- c) ¿Qué diferencias existen entre la red Profinet y Profibus?
- d) Investigue 3 maneras de comunicación industrial entre un PLC y Variador de frecuencia.
- e) ¿Cuáles son las características del protocolo Modbus RTU?
- f) Determine las principales características de los dispositivos utilizados en la práctica.

### **4.3.3. GUÍA PRÁCTICA 3**

**TEMA:** Comunicación Maestro-Esclavo Profinet.

#### **OBJETIVOS**

##### **General**

- Configurar e implementar una comunicación Profinet con configuración maestro-esclavo mediante el PLC Simatic S7-1200 y Siemens LOGO! 8 para simular un proceso industrial.

##### **Específicos**

- Establecer una comunicación Profinet, entre el PLC Simatic S7-1200 y LOGO!8 con la finalidad de interactuar con las entradas y salidas digitales de los mencionados controladores.
- Desarrollar un monitoreo local mediante los equipos de señalización del sistema de entrenamiento.

#### **MATERIALES Y EQUIPOS**

- Computador con Sistema Operativo Windows 7/8/8.1
- Software TIA PORTAL v13
- Software LOGO! Soft Comfort V8
- PLC Simatic S7-1200
- LOGO! 8 Siemens
- Switch Industrial Scalance X208
- Cable Ethernet Industrial RJ45

#### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR**

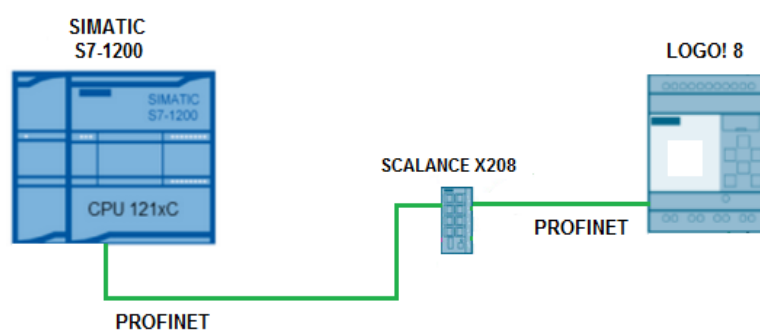
- Control de dos motores M1 y M2, sujetos a las señales discretas de tres sensores de nivel, los cuales dan un uno lógico cuando el nivel del líquido se halla por encima de la altura a la que están colocados.

### Secuencia de Operación:

- M1 funciona cuando el nivel del líquido se halla por debajo de h1 y se desactiva cuando ha llegado a h3.
- M2 funciona cuando el nivel del líquido se halla entre h1 y h2 o por sobre h3.
- Los sensores de nivel serán las entradas del PLC Simatic S7-1200 y sus salidas indicarán el estado de los sensores; además la pantalla integrada de LOGO! 8 también indicará el estado del proceso.
- Las salidas discretas del controlador LOGO! 8, serán los contactos de activación/desactivación de M1 y M2. El estado de los motores debe indicarse en la pantalla integrada del mismo controlador.

### PROCEDIMIENTO

1. En base a la Figura 62, conecte los dispositivos.



**Figura 62.** Conexión de dispositivos de la Práctica 3

2. Configurar el equipo PLC S7-1200 en el software TIA Portal, además el Switch Scalance X-208 en el software Primary Setup Tool.
3. Asignar las siguientes direcciones IP y máscara de subred a los dispositivos

**Tabla 27**

#### Direcciones IP de los dispositivos de la Práctica 3

DISPOSITIVO	DIRECCION IP	MASCARA DE SUBRED
PLC Simatic S7- 1200	192.168.0.5	255.255.255.0
LOGO! 8 Siemens	192.168.0.8	255.255.255.0
Computador	192.168.0.4	255.255.255.0

4. Configurar el controlador LOGO!8 en el software LOGO! Soft Comfort V8.0 y desarrollar un programa dedicado a la aplicación antes mencionada.
5. Desarrollar un programa en el PLC Simatic S7-1200 que cumpla con las especificaciones de funcionamiento antes mencionadas.
6. Verificar la comunicación de los dispositivos.
7. Simular el funcionamiento del sistema.

### **PREGUNTAS**

- a) Explique detalladamente el protocolo de comunicación industrial utilizado en la práctica.
- b) Investigue 5 aplicaciones industriales que utilizan este protocolo de comunicación industrial.
- c) ¿En qué consiste la comunicación S7?
- d) Determine las características de los bloques Get & Put de la comunicación S7
- e) Es aplicable la comunicación S7 a esta práctica, justifique su respuesta.

#### 4.3.4. GUÍA PRÁCTICA 4

**TEMA:** Comunicación móvil GSM.

#### **OBJETIVOS**

##### **General**

- Configurar e implementar una comunicación y control remoto por medio de tecnología móvil GSM utilizando el módulo LOGO! 8 y LOGO! CMR2020, para simulaciones de procesos industriales.

##### **Específicos**

- Configurar el módulo LOGO! CMR 2020 para obtener una comunicación con el módulo LOGO!8 y poder manejar de manera remota los parámetros del proceso industrial simulado.
- Enviar y recibir mensajes de texto cortos por medio de comunicación GSM para atender a las alarmas que se presenten en la simulación del proceso.

#### **MATERIALES Y EQUIPOS**

- Computador con Sistema Operativo Windows 7/8/8.1
- Software Primary Setup Tool
- LOGO! Soft Comfort V8.0
- Módulo Siemens LOGO! GSM – CMR2020
- Tarjeta SIM (Movistar)
- LOGO!8 Siemens

#### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR**

- Control de nivel y temperatura de cuatro tanques con diferentes líquidos que están siendo calentados en una planta de tratamientos químicos.

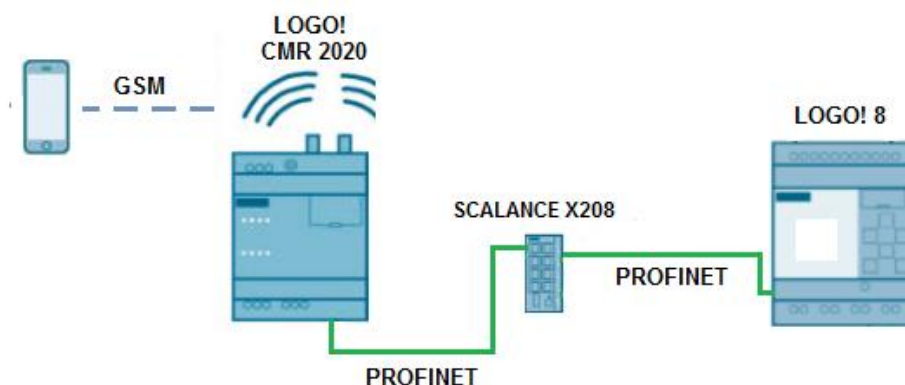
##### **Secuencia de Operación:**

- Se usan sensores de nivel para detectar cuando el nivel de líquido en los tanques A y B suba por encima de una marca determinada.

- Sensores de temperatura en los tanques C y D detectan cuando la temperatura en estos tanques cae por debajo de un límite predeterminado.
- Suponga que las salidas de los sensores de nivel líquido A y B son cero lógico cuando el nivel es satisfactorio y uno cuando el nivel es demasiado alto.
- Las salidas de los sensores de temperatura C y D son cero lógico cuando la temperatura es satisfactoria y uno cuando la temperatura es demasiado baja.
- Se activarán indicadores luminosos para cada sensor que se haya activado, adicionalmente se enviará un mensaje de texto con la alarma correspondiente activada.
- Los estados actuales del nivel de líquido y temperatura en los tanques se mostrará en la pantalla integrada de LOGO!8.

### PROCEDIMIENTO

1. En base a la Figura 63, conecte los dispositivos.



**Figura 63.** Conexión de los equipos de la Práctica 4

2. Configurar el Switch Scalance X-208 en el software Primary Setup Tool.
3. Asignar las siguientes direcciones IP y máscara de subred a los dispositivos

**Tabla 28**

**Direcciones**

#### IP de los dispositivos de la Práctica 4

DISPOSITIVO	DIRECCION IP	MASCARA DE SUBRED
Computador	192.168.0.4	255.255.255.0
LOGO!8	192.168.0.8	255.255.255.0
LOGO!CMR2020	192.168.0.3	255.255.255.0

4. Ingresar al explorador de internet y escribir la dirección IP que se asignó previamente al Módulo LOGO! CMR2020.
5. Al acceder a la página de Siemens correspondiente al Módulo LOGO! CMR2020, ingresar a la configuración del mismo, se pedirá un nombre de usuario el cual es *admin* y una contraseña que es *admin*.
6. Desarrollar un programa en el software LOGO! Soft Comfort V8.0 para el controlador LOGO!8, que cumpla con las condiciones del proceso planteado anteriormente.
7. Verificar la comunicación de los dispositivos LOGO!8 y LOGO! CMR2020.
8. Comprobar la disponibilidad de SMS en la tarjeta SIM de número: 09959627887.
9. Simular el funcionamiento del sistema.

### **PREGUNTAS**

- a) Explique detalladamente en que consiste la tecnología GSM
- b) Explique el modo de configuración del módulo LOGO! CMR2020
- c) Investigue 5 aplicaciones industriales que utilizan este tipo de comunicación.
- d) ¿Cuáles son las nuevas tendencias en comunicación industriales?
- e) ¿Cuáles son los principales retos a los que se enfrentan las redes de comunicación industrial?
- f) Determine las principales características de los dispositivos utilizados en la práctica



### 4.3.5. GUÍA PRÁCTICA 5

**TEMA:** Comunicación Wireless – Profinet.

#### **OBJETIVOS**

##### **General**

- Configurar e implementar una comunicación Wireless por medio del equipo Scalance W788-1Pro para poder monitorear y controlar de manera remota simulaciones de procesos industriales.

##### **Específicos**

- Configurar el dispositivo W788-1PRO mediante el servidor web del dispositivo SCALANCE de Siemens para así obtener una red Wireless propia del sistema de entrenamiento.
- Realizar una interfaz HMI para dispositivos móviles mediante el software mySCADA para monitorear y controlar la simulación del proceso industrial.

#### **MATERIALES Y EQUIPOS**

- Computador Sistema Operativo Windows 7/8/8.1
- Software TIA PORTAL v13
- Software Primary setup tool
- Software myPROJECT Designer
- Aplicación móvil mySCADA
- Tablet / Teléfonos Inteligentes
- Módulo Wireless Scalance W 788-1Pro
- PLC Simatic S7-1200
- Switch Industrial Scalance X208

#### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR**

- Control y monitoreo de un sistema de alarmas contra incendios de manera local y remota.

##### **Secuencia de Operación:**

- El fuego se detecta en dos lugares con detectores térmicos que tienen un contacto de conmutación.

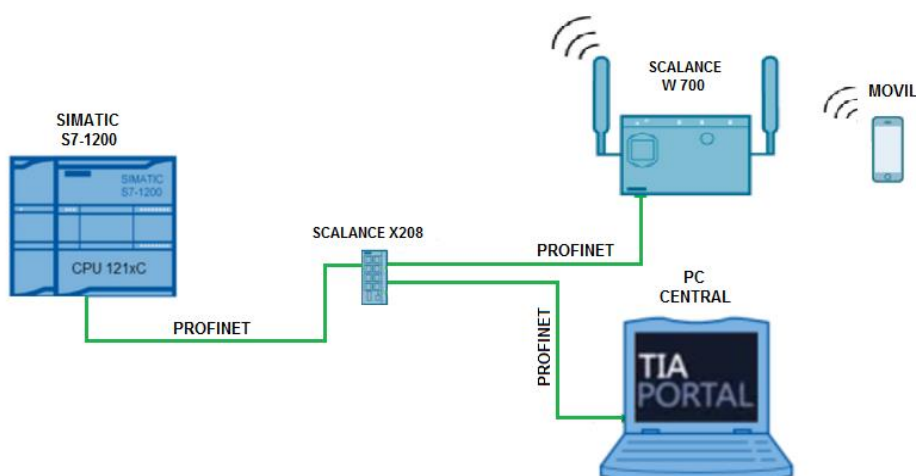
- Por cada detector existe una señal luminosa que indica cuál de los dos actuó. Esta luz al recibir la señal de falla se enciende en forma intermitente.
- La acción de cualquier de los detectores acciona una sirena que es común para todo el sistema.
- Existe un botón común de RECONOCIMIENTO, que cuando operó un detector, la luz que indicaba alarma en forma intermitente (1seg) pasa a un estado de encendido permanente, mientras que la sirena sigue sonando.
- Existe otro pulsador de SILENCIAR BOCINA, que silenciará la sirena, después de que se actuó sobre el botón anterior.
- Si el fuego cesa, la luz de alarma seguirá encendida, hasta cuando no se accione sobre un pulsador de REESTABLECIMIENTO.

### INTERFAZ HUMANO MAQUINA

- La interfaz de usuario deberá contar con botones de Reconocimiento, Silenciar y Restablecimiento del sistema.
- Ubicar un indicador de sirena y zona en la cual se activó las alarmas.
- Simulación en tiempo real del sistema.
- Aplicar principio de diseño de la Guía GEDIS.

### PROCEDIMIENTO

1. En base a la Figura 64, conectar los dispositivos.



**Figura 64.** Conexión de dispositivos de la Práctica 5

2. Asignar las siguientes direcciones IP y máscara de subred a los dispositivos

**Tabla 29**

**Direcciones IP de los dispositivos de la Práctica 5**

DISPOSITIVO	DIRECCION IP	MASCARA DE SUBRED
PLC Simatic S7- 1200	192.168.0.5	255.255.255.0
Computador	192.168.0.4	255.255.255.0
Scalance W788-1Pro	192.168.0.100	255.255.255.0

3. Configurar el equipo PLC S7-1200 en el software TIA Portal, además el Switch Scalance X-208 en el software Primary Setup Tool.
4. Ir al programa Primary Setup Tool y seleccionar el ícono “Buscar”: Seleccionar el dispositivo Scalance W788-1Pro.
5. Ingresar a las propiedades de Scalance W788-1Pro y configurar las opciones básicas de Red.
6. Ingresar al explorador de internet y escribir la dirección IP que se asignó previamente al dispositivo Scalance W788-1Pro.
7. Al acceder a la página de Siemens correspondiente al dispositivo Scalance W-Pro ingresar a la configuración del mismo, se pedirá un nombre de usuario el cual es *admin* y una contraseña que es *admin*.
8. Una vez en el sistema hacer click en Wizards/ Basic y configurar la dirección IP y la máscara de subred.
9. Guardar y aplicar las configuraciones realizadas en el software de Siemens para el dispositivo Scalance W788-1Pro.
10. Desarrollar un programa en el PLC Simatic S7-1200 que cumpla con las especificaciones de funcionamiento antes mencionadas.
11. Ingresar al software mySCADA, crear y configurar una interfaz HMI para que el usuario pueda controlar y manipular el proceso antes descrito. La Figura 65 muestra una opción de interfaz HMI para el proceso.



**Figura 65.** Diseño de la interfaz HMI de la práctica 5

12. Comprobar que los dispositivos móviles tengan acceso a la red inalámbrica levantada por medio del equipo Scalance W788-1Pro.
13. Simular el proceso de control que está planteado.

### PREGUNTAS

- a) ¿Qué pasa si se coloca una IP en el módulo Wireless y en la PC que no corresponde a la red?
- b) ¿Qué protocolo de comunicación utiliza IWLAN?
- c) Investigue aplicaciones en la industria que se use este tipo de comunicación.
- d) Determinar 5 diferencias entre la comunicación inalámbrica industrial respecto a la comunicación cableada.
- e) Detallar ventajas y desventajas del uso de una comunicación inalámbrica industrial.
- f) Explique detalladamente los dispositivos utilizados.

### **4.3.6 GUÍA PRÁCTICA 6**

**TEMA:** Integración de tecnologías de comunicación industrial.

#### **OBJETIVOS**

##### **General**

- Integrar todas las tecnológicas de comunicación industrial con las que cuenta el sistema de entrenamiento.

##### **Específicos**

- Realizar el control de velocidad y sentido de giro de un motor trifásico, mediante el PLC Simatic S7-1200 y el variador de frecuencia Sinamics V20, para simular un proceso industrial.
- Configurar los dispositivos de comunicación remota GSM y Wireless mediante el software de Siemens para poder enviar y recibir señales de lo que está sucediendo en el proceso.
- Realizar una aplicación demostrativa del sistema de entrenamiento en redes industriales.

#### **MATERIALES Y EQUIPOS**

- Computador con Sistema Operativo Windows 7/8/8.1
- Switch Industrial Scalance X208
- Software TIA PORTAL V13
- PLC Simatic S7-1200
- Módulo de comunicación RS485
- Cable Ethernet Industrial RJ45
- Cable Profibus Industrial
- Simatic Basic Panel 4"
- Variador de frecuencia V20.
- Motor trifásico de 0.5 HP
- Software Primary setup tool
- Software myPROJECT Desginer

- Aplicación móvil mySCADA
- Tablet / Teléfonos Inteligentes
- Módulo Wireless Scalance W 788-1Pro

### **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR**

- Realizar el control de velocidad local y remoto de un motor trifásico que es el encargado de mover un molino de granos secos.

#### **Secuencia de Operación:**

Se tiene molino de granos secos en una granja. Un operador maneja el sistema de marcha paro de la banda y la velocidad dependiendo de la cantidad y el tipo de grano que se quiere procesar. El operador debe tener en cuenta los siguientes criterios para el accionamiento y la velocidad de del molino.

- Para maíz seco Velocidad Alta
- Para Soya Velocidad Media
- Para cacao Velocidad Baja

Se requieren los siguientes selectores y pulsadores:

- Un selector para iniciar y apagar el proceso (motor).
- Un selector para realizar el cambio de giro del motor.
- Un Pulsador de Paro de Emergencia del motor (los pulsadores de emergencia pueden ser activados desde el PLC S7-1200, LOGO! 8 o de manera remota).
- Tres pulsadores para seleccionar las velocidades (frecuencia) de operación del motor. Las frecuencias serán 55Hz para velocidad alta, 35Hz para velocidad media y 10Hz para velocidad baja.

Utilizar las salidas del sistema de entrenamiento para indicar el estado del proceso.

Las señales de emergencia deben enviarse vía SMS al supervisor del proceso.

Las velocidades de operación y el estado del motor se deben indicar en la pantalla integrada del controlador LOGO8!.

### **INTERFAZ HUMANO MÁQUINA DEL MONITOREO LOCAL**

- La interfaz de usuario deberá contar con indicadores del estado del motor.
- Indicadores de velocidad para cada tipo grano a procesar.
- Indicadores del sentido de giro del motor.

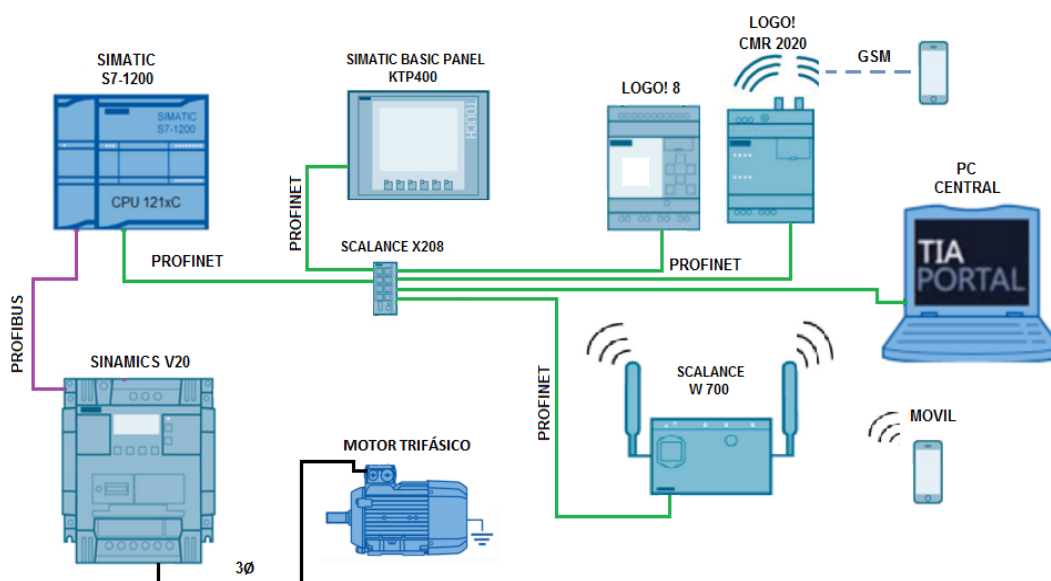
- Simulación en tiempo real del sistema.
- Indicador de velocidad y frecuencia de trabajo del molino.
- Aplicar principio de diseño de la Guía GEDIS.

### INTERFAZ HUMANO MÁQUINA DEL MONITOREO REMOTO

- La interfaz de usuario deberá contar con indicadores del estado del motor.
- Botones de selección de velocidad para cada tipo grano a procesar.
- Botón de Paro de Emergencia
- Indicador de velocidad y frecuencia de trabajo del molino.
- Simulación en tiempo real del sistema.
- Aplicar principio de diseño de la Guía GEDIS.

### PROCEDIMIENTO

1. En base a la Figura 66, conecte los dispositivos.



**Figura 66.** Conexión de los equipos de la Práctica 6

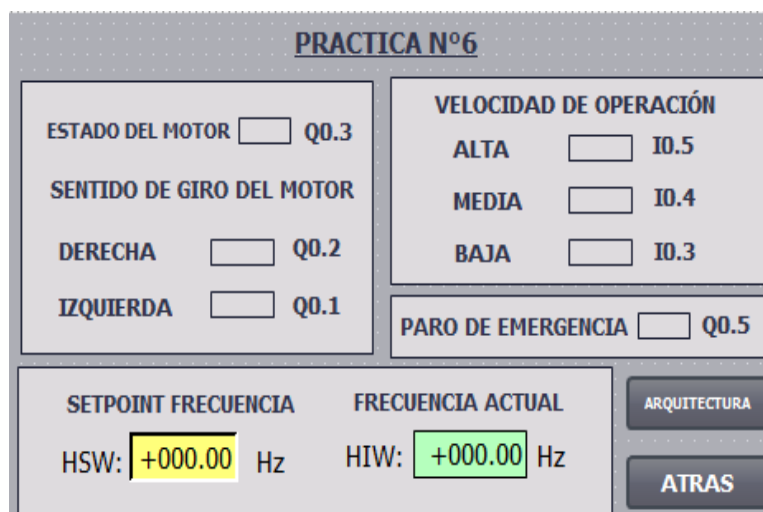
2. Configurar el equipo PLC S7-1200 y Panel Táctil en el software TIA Portal, además el Switch Scalance X-208 en el software Primary Setup Tool.
3. Asignar las siguientes direcciones IP y máscara de subred a los dispositivos

**Tabla 30****Direcciones IP de los dispositivos de la Práctica 6**

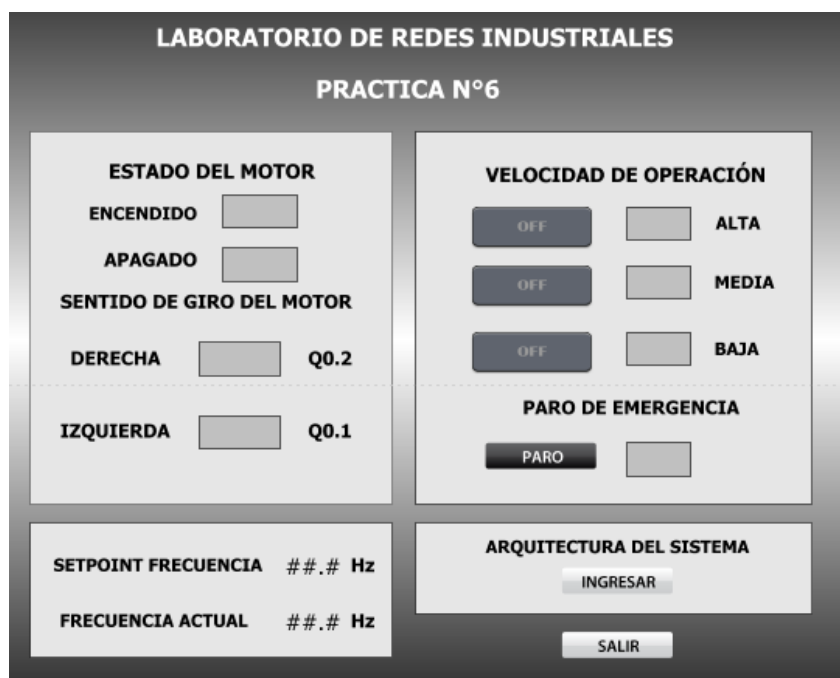
<b>DISPOSITIVO</b>	<b>DIRECCION IP</b>	<b>MASCARA DE SUBRED</b>
PLC Simatic S7- 1200	192.168.0.5	255.255.255.0
Panel Táctil - Simatic Comfort Panel	192.168.0.6	255.255.255.0
Computador	192.168.0.4	255.255.255.0
LOGO! 8 Siemens	192.168.0.3	255.255.255.0
Módulo CMR2020	192.168.0.7	255.255.255.0
Scalance W788-1Pro	192.168.0.100	255.255.255.0

4. Desarrollar un programa en el PLC S7-1200 que cumpla con las especificaciones de funcionamiento.
5. Configurar el controlador LOGO!8 en el software LOGO! Soft Comfort V8.0 y desarrollar un programa dedicado a la aplicación antes mencionada.
6. Ingresar a las propiedades de Scalance W788-1Pro y configurar las opciones básicas de Red (asignar dirección IP).
7. Ingresar al explorador de internet y escribir la dirección IP que se asignó previamente al dispositivo Scalance W788-1Pro y realizar su respectiva configuración.
8. Ingresar al explorador de internet y escribir la dirección IP que se asignó previamente al Módulo LOGO! CMR2020.
9. Al acceder a la página de Siemens correspondiente al Módulo LOGO! CMR2020, ingresar a la configuración del mismo, se pedirá un nombre de usuario el cual es *admin* y una contraseña que es *admin*.
10. Desarrollar un interfaz HMI para el control local (Panel Táctil) y remoto (dispositivo móvil) que cumpla con las características propuestas en la práctica, aplicando las respectivas normas de diseño. La Figura 67 muestra una opción de interfaz HMI para monitoreo Local, mientras que la Figura 68 indica una interfaz de monitoreo remoto.





**Figura 67.** Diseño de la interfaz HMI del panel táctil



**Figura 68.** Diseño de la interfaz HMI del control y monitoreo remoto

11. Realizar la comunicación Profinet entre el PLC S7-1200 y la Pantalla Táctil.
12. Realizar la comunicación Modbus RTU entre el PLC S7-1200 y el variador de frecuencia (utilizar las librerías correspondientes de TIA PORTAL).
13. Verificar la comunicación de los dispositivos.
14. Simular el funcionamiento del sistema.

**PREGUNTAS**

- a) Explique detalladamente los protocolos de comunicación industrial utilizados en la práctica y para que se los usaron.
- b) Explique las ventajas y desventajas de utilizar tecnología de comunicación inalámbrica y cableada.
- c) Explique las ventajas y desventajas de utilizar comunicación Wireless y GSM.
- d) Determine las principales características de los dispositivos utilizados en la práctica.

## **CAPÍTULO 5**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

En el presente capítulo se presenta los resultados obtenidos de acuerdo a las pruebas realizadas las cuales fueron enfocadas en el correcto funcionamiento de software y hardware del sistema, se evaluó las características de ergonomía, funcionalidad y desempeño en el proceso de aprendizaje del estudiante.

Adicionalmente se analizó las posibles averías, problemas técnicos que el sistema de entrenamiento pudiera presentar, se expone la solución preventiva o correctiva para cada posible problema con la finalidad de evitar averías o inconvenientes técnicos a futuro.

#### **5.1. Pruebas de Hardware**

Previo al desarrollo de las seis guías prácticas de laboratorio propuestas se realizó pruebas de funcionamiento eléctrico del sistema, las pruebas consistieron en verificar las conexiones y etiquetado de todos los equipos cumplan con el diseño de los planos eléctricos del sistema de entrenamiento, a continuación se realizó pruebas de funcionamiento eléctrico y mecánico de cada componente del sistema, llegando a la conclusión que todo el sistema, conexiones y elementos se encuentran operativos.

#### **5.2. Pruebas de Software**

Cinco de las seis guías de prácticas propuestas tienen como software de programación y configuración de dispositivos a TIA Portal V13, de acuerdo a las pruebas realizadas en cuanto al funcionamiento de este entorno de desarrollo se presenta que no es compatible con el sistema operativo Windows 10, el problema que existe en este caso es el no poder establecer comunicación con los dispositivos que se desea configurar o programar, por otro lado en los sistemas operativos Windows 7 y 8 en todas sus versiones, el software TIA Portal V13 no presenta ningún problema de compatibilidad.

Es necesario hacer hincapié que bajo los sistemas operativos Mac Os y Linux, TIA Portal V13 no es compatible, sin embargo se lo puede instalar a TIA Portal V13 dentro de una máquina virtual con un sistema operativo Windows compatible antes mencionado.

Respecto a la configuración de red entre los dispositivos del sistema de entrenamientos y el computador, no es necesario desactivar el antivirus ni los firewalls de Windows, previamente al desarrollo de cada práctica de laboratorio se recomienda revisar que todas las direcciones IP de los dispositivos y computador se encuentren bajo la misma red y los cables de comunicación estén correctamente conectados.

El siguiente software evaluado fue LOGO! Soft Comfort V8, este programa a diferencia de TIA Portal V13 no tiene problemas de compatibilidad con el sistema operativo Windows 10 y es totalmente operativo para los sistemas operativos Windows 7 y 8 en todas sus versiones. Adicionalmente este entorno de desarrollo pude ser instalado bajo los sistemas operativos Mac Os y Linux.

Dentro de los equipos de comunicación existen dos dispositivos que no requieren software dedicado a su configuración, dicho dispositivos son el módulo GSM, LOGO! CMR2020 y el módulo Wireless Scalance W-Pro, estos dispositivos serán configurados mediante su propia página web que tendrá acceso mediante cualquier tipo de navegador de internet, se recomienda revisar que las direcciones IP de las páginas web antes mencionadas estén bajo la misma red que las del computador que se utilizará para realizar la configuración de estos módulos de comunicación.

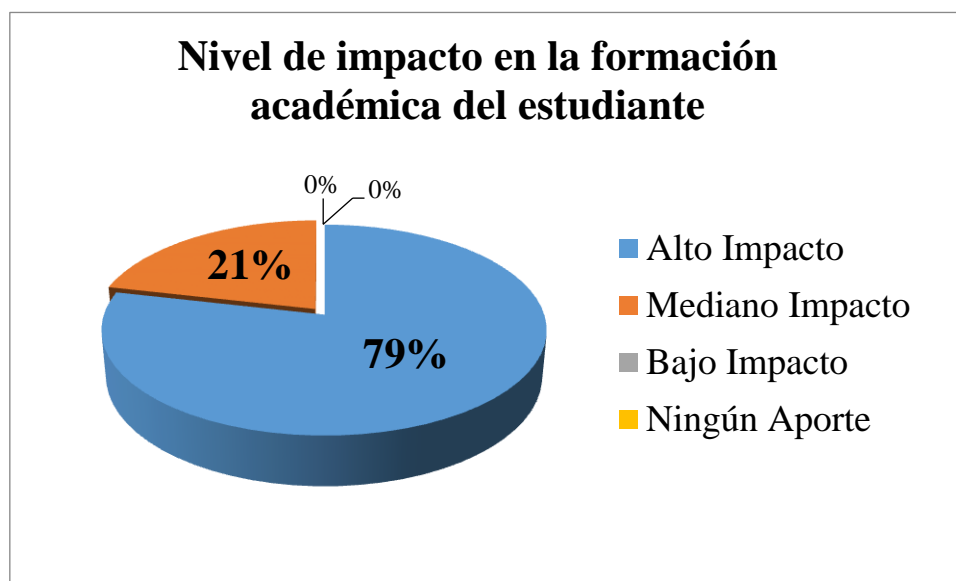
Analizadas las consideraciones expuestas, se realizó todas las configuraciones y programación de las seis prácticas de laboratorio desde el computador propio del sistema de entrenamiento logrando evidenciar que los softwares instalados se encuentran operativamente funcionando sin ningún tipo de anomalía.

### **5.3. Análisis de Funcionalidad del sistema**

Con la finalidad de obtener valoraciones referentes a la calidad de los servicios tecnológicos, ergonómicos, bondades académicas y la funcionalidad general con las

que cuenta el sistema de entrenamiento en redes industriales se realizó una encuesta (Ver Anexo 4) a los posibles usuarios potenciales del sistema como son los estudiantes de los últimos niveles de la carrera de electrónica en automatización y control.

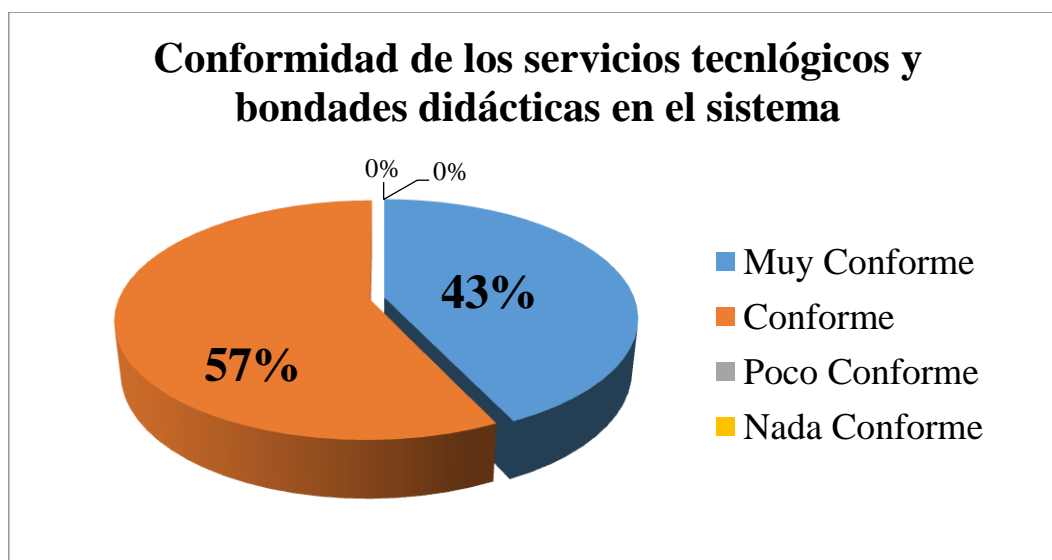
La primera pregunta de la encuesta hace referencia al nivel de impacto en la formación del estudiante, como se puede observar en la Figura 69, el 79% de los encuestados considera que el uso del sistema de entrenamiento tendrá un alto impacto en su proceso de aprendizaje, el resto de los encuestado considera un mediano impacto, mientras que las opciones de bajo impacto y ningún aporte han sido nulas, por lo tanto se concluye que el estudiante necesita reforzar el conocimiento teórico con lo práctico en el ámbito de redes industriales para mejorar sus competencias académicas.



**Figura 69.** Análisis porcentual de nivel de impacto en la formación académica del estudiante

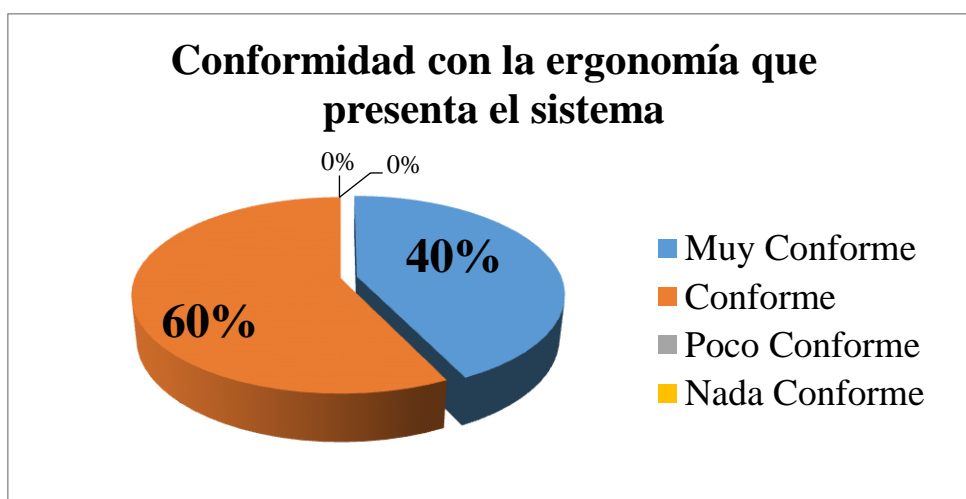
El uso de tecnología vanguardista en el sistema de entrenamiento fue un requerimiento específico en el diseño, complementado con las bondades didácticas que debe poseer como característica a favor del estudiante, de acuerdo a la segunda pregunta de la encuesta realizada el 43% de personas encuestadas se siente muy conforme con los servicios tecnológicos y bondades didácticas con las que cuenta el

sistema, el resto del personal encuestado atribuye que su criterio con lo expuesto es de conformidad buena como se muestra en la Figura 70, mientras que las opciones de poco conforme y nada conforme han sido nulas, por lo tanto se concluye que el sistema de entrenamiento cumple con las características de brindar conformidad referente a las bondades didácticas y servicios tecnológicos propuestos en el diseño del sistema.



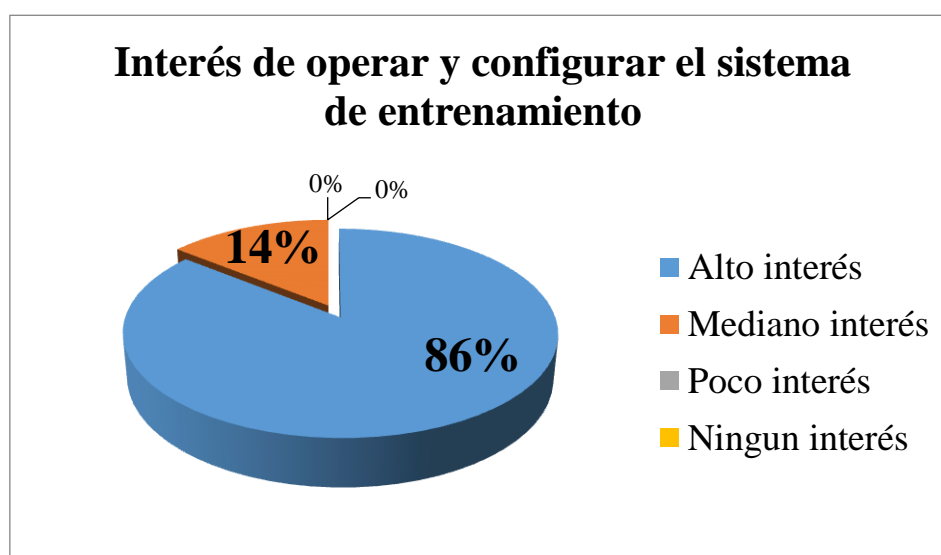
**Figura 70.** Análisis porcentual de conformidad de los servicios tecnológicos y bondades didácticas en el sistema de entrenamiento

Uno de los objetivos del sistema de entrenamiento es el llegar a poseer la característica de ser ergonómico para el usuario que opere al sistema, de acuerdo a la tercera pregunta de la encuesta realizada el 40% del personal encuestado se siente muy conforme con las dimensiones y distribución física del sistema de entrenamiento, el resto del personal encuestado atribuye que el sistema presenta una ergonomía conforme como se muestra en la Figura 71, por esta razón la prueba de ergonomía para el usuario principal del sistema cumple con lo requerido.



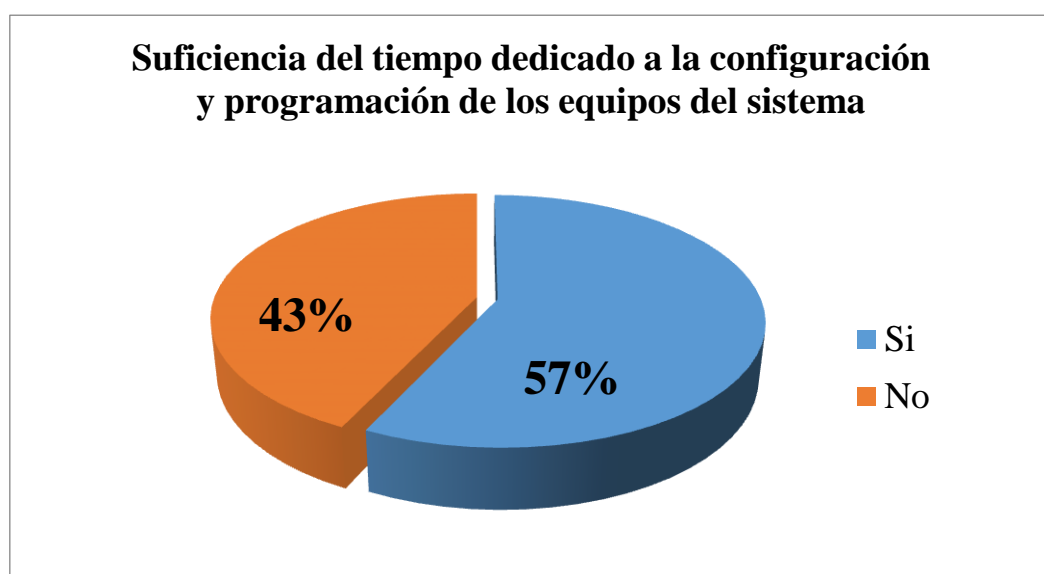
**Figura 71.** Análisis porcentual de conformidad con la ergonomía que presenta el sistema de entrenamiento

La cuarta pregunta de la encuesta realizada hace referencia al interés generado en los potenciales usuarios del sistema de entrenamiento, en la Figura 72 se muestra que el 86% del personal encuestado muestra un alto interés por utilizar el sistema de entrenamiento en redes industriales, adicionalmente se puede observar que no existen puntos en los parámetros de poco interés o ningún interés, por lo tanto se concluye que el sistema de entrenamiento es una herramienta de aprendizaje que genera alto interés de utilizarlo por parte de los estudiantes.



**Figura 72.** Análisis porcentual de interés por operar y configurar los equipos del sistema de entrenamiento

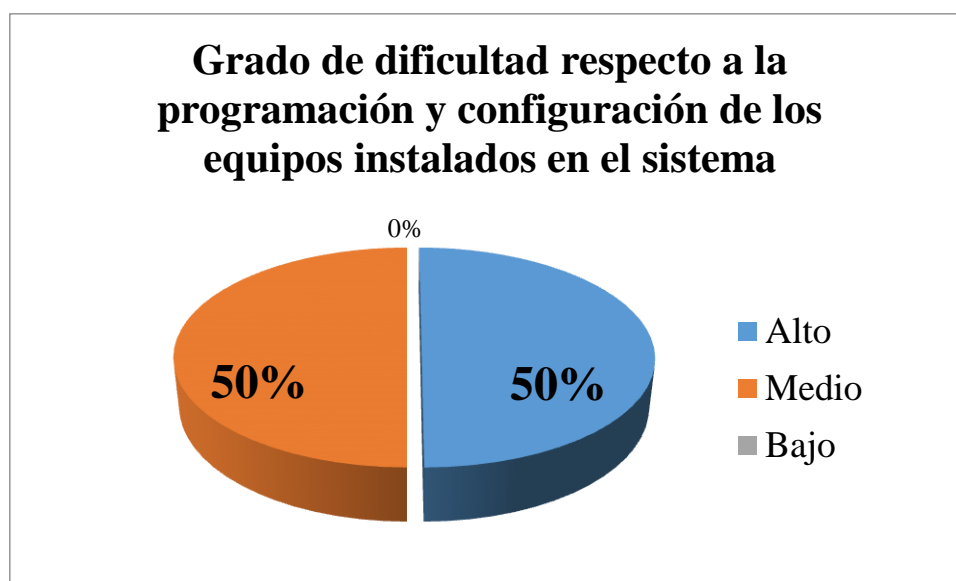
Haciendo referencia al análisis de los resultados obtenidos en la quinta pregunta cómo se observa en la Figura 73 se evidencia que el 57% del personal encuestado estima que el tiempo dedicado en las horas de laboratorio para conseguir solvencia en conocimientos respecto a la configuración y programación de los dispositivos instalados en el sistema es suficiente, por otro lado existe un número significativo del personal encuestado que considera que se debería dedicar más tiempo en las prácticas con el sistema, esto nos lleva a concluir que se debe realizar pruebas de diagnóstico referente al conocimiento de los servicios tecnológicos que presenta el sistema, con la finalidad de terminar el tiempo necesario para lograr el objetivo de dominar la configuración y programación de los dispositivos instalados en el sistema de entrenamiento.



**Figura 73.** Análisis porcentual de suficiencia del tiempo dedicado a la configuración y programación de los equipos del sistema

La última pregunta de la encuesta realizada hace referencia al criterio personal que estiman en cuán difícil resultará la programación y configuración de los equipos instalados en el sistema de entrenamiento, como se muestra la Figura 74, existe una igual de opiniones en los parámetros Alto y Medio mientras que el parámetro de dificultad baja no ha tenido puntos. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede definir que la dificultad de configuración y programación es media con influencia a alta dificultad.





**Figura 74.** Análisis porcentual del grado de dificultad respecto a la programación y configuración de los equipos instalados en el sistema

#### 5.4. Mantenimiento del sistema de entrenamiento

En el transcurso del desarrollo de las seis guías prácticas se evidencio una serie de posibles inconvenientes técnicos que pueden ser prevenidos o si llegasen a producirse se los pueda solventar, para ello se propone tomar en cuenta los siguientes tipos de mantenimientos que el sistema de entrenamiento requiere.

- **Mantenimiento Preventivo:** Tiene la finalidad de evitar que el equipo los elementos del sistema de entrenamiento fallen durante el periodo de su vida útil y la técnica de su aplicación se basa en experiencias de operación que determinan que el sistema de entrenamiento, después de pasar el periodo de puesta en servicio, reduzca sus posibilidades de falla.
- **Mantenimiento Predictivo:** Tiene la finalidad de anticiparse a que los elementos del sistema de entrenamiento fallen; la técnica de su aplicación se basa en la experiencia adquirida con resultados estadísticos, que determinan que elementos del sistema están más propensos a fallar cuando se encuentra en el periodo inicial de operación, a partir de su puesta en servicio y cuando se acerca al final de su vida útil.

- **Mantenimiento Correctivo:** Tiene la finalidad de reemplazar los elementos o equipos averiados del sistema de entrenamiento y que no pueden funcionar operativamente en el desarrollo de las prácticas de laboratorio, el reemplazo también se da cuando los equipos han cumplido las horas de trabajo para las que fueron fabricados.

Los planes de mantenimiento consisten en ejecutar el mantenimiento preventivo y correctivo a todos los equipos, accesorios y elementos inherentes al sistema de entrenamiento, de acuerdo a la planificación de mantenimiento correspondiente. La responsabilidad de implementar y dar continuidad a los planes de mantenimiento debe ser realizada por las personas encargadas del laboratorio de PLC de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Es conveniente utilizar un método o planificación que permita llevar a cabo de la mejor manera la gestión de mantenimiento, para ello se aplicará el método por fases denominado P.D.C.A., que se basa en la aplicación de un proceso de acción cíclica que consta de cuatro fases fundamentales:

- P: Plan, planificar
- D: Do, Ejecutar
- C: Check, Controlar
- A: Act, Actuar.

#### **5.4.1. Desarrollo de mantenimiento**

##### **5.4.1.1. Equipos objetos de mantenimiento**

1. Interruptores, pulsadores, luces piloto.
2. Elementos de protección para la alimentación del sistema, fusibles, termomagnéticos
3. Estructura del sistema
4. Cables conductores, motor trifásico
5. Dispositivos de comunicación, controladores, Panel Táctil, variador de frecuencia.
6. Accesorios complementarios, canaletas, contactores, borneras
7. Elementos de red, switch, cables de red.

#### **5.4.2. Observaciones generales**

Toda persona encargada del uso del laboratorio, así como cada operario del sistema deberán conocer las reglas necesarias para la conservación del mismo en buen estado.

Las reglas necesarias para tener en buen estado el proyecto desarrollado son las siguientes:

- Seguir un plan de mantenimiento preventivo, el cual consistirá en desarrollar una lista de los elementos que se deben incluir en cada inspección.
- Disponer de un conjunto de piezas y repuestos de reparación, para cumplir con el plan de mantenimiento correctivo propuesto para este proyecto.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

- Se diseñó e implementó un sistema de entrenamiento en redes industriales utilizando tecnología Siemens que permite la simulación de procesos industriales de manera didáctica con la finalidad de ayudar en el proceso de aprendizaje del estudiante en la asignatura de redes industriales de la carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control.
- De acuerdo a la encuesta realizada (Ver Anexo 4) se logró captar y fomentar el interés del estudiante en el área de redes industriales gracias a las prestaciones tecnológicas y bondades didácticas que posee el sistema de entrenamiento implementado.
- Se diseñó una guía de prácticas académicas orientada a procesos reales que evidencien la importancia del uso de comunicaciones industriales con el objetivo reforzar el conocimiento teórico con la capacitación práctica en el ámbito de redes industriales a fin de mejorar sus competencias académicas.
- La implementación del sistema de entrenamiento en redes industriales resultó un aporte didáctico al laboratorio de PLC's como una herramienta de aprendizaje que facilita la experiencia práctica en el ámbito de redes industriales al estudiante de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control.
- En el diseño de cada una de las guías prácticas se logró establecer las mejores características y funcionalidades para cada uno de los componentes de hardware y software con la finalidad de adiestrar al estudiante en la configuración y programación de los distintos dispositivos de control y comunicación que dispone el sistema de entrenamiento en redes industriales.

- Se logró integrar e implementar de manera efectiva todas las diferentes tecnologías de comunicación industrial con las que cuenta el sistema de entrenamiento tal como se muestra en el programa demostrativo o la Práctica 6 del presente sistema.
- De acuerdo a la encuesta realizada (Ver Anexo 4) el diseño de la estructura física y distribución de los distintos elementos que conforman el sistema de entrenamiento resultó favorable al requerimiento de ergonomía y prestaciones de movilidad.

## **6.2. Recomendaciones**

- Debido a que el sistema de entrenamiento en redes industriales puede funcionar reiterado número de veces al día, se recomienda realizar inspecciones en intervalos de tiempo regular, con la finalidad de poder reemplazar y mantener en buen estado la estructura, dispositivos y demás elementos del sistema.
- Se recomienda elaborar un plan de mantenimiento con la finalidad de verificar periódicamente el estado de los conductores, separación de los mismos, sujeción correcta de los tornillos de todo el sistema, estado de las conexiones de pulsador, interruptores, luces piloto, dispositivos de control, comunicación, conexión del motor y variador de frecuencia.
- Si algún elemento está muy desgastado debido al uso o cualquier otro factor, se debe reemplazar para evitar que se produzcan cortocircuito u otro fallo que pueden ocasionar daños al sistema.
- La limpieza de polvo y suciedad general en el sistema de entrenamiento se recomienda realizarla periódicamente para evitar que se acumule gran cantidad de polvo en cualquier parte del equipo, deben limpiarse con un cepillo, trapo o brochas secas, el polvo y la suciedad seca se pueden eliminar utilizando aire comprimido seco, esta limpieza es muy importante ya que el polvo no solo puede impedir un funcionamiento normal del equipo sino que puede causar

cortocircuitos cuando contiene partículas conductoras y se deposita entre puntos de diferente potencial.

- Los equipos del sistema poseen varias características adicionales que no se tomaron en cuenta en el diseño de las guías prácticas, por lo tanto se recomienda revisar las demás prestaciones tecnológicas, así el docente a futuro podría implementar en una nueva práctica, buscando con ello que el estudiante amplíe su conocimiento en el área de redes industriales.

## Bibliografía

- Anónimo. (s.f.). *CIM 2000 Mechatronics*. Sistema de Entrenamiento: Manual de Aprendizaje de la Estación Central de Control.
- Asterion Almadark. (31 de 05 de 2010). Obtenido de <http://asterion.almadark.com/2010/05/31/calibre-de-conductores-y-su-amperaje-maximo/>
- Automática, C. E. (2009). *Libro Blanco Del Control Automático*. Madrid: Grafo, S.A.
- Baumgartner, K. W. (1991). *CIM Consideraciones básicas*. Madrid: Siemens Aktiengesellschaft, Berlín y Munich & MARCOMBO, S.A.
- Cassiolato, C. (16 de 3 de 2012). *Redes Industriales - Parte 1*. (Technical Articles) Recuperado el 01 de 12 de 2015, de <http://www.smar.com/espanol/articulo-tecnico/redes-industriales-parte-1>
- Castillo, J. (01 de 12 de 2015). *Red industrial. Historia y niveles*. (Universidad Nacional Abierta y a Distancia) Recuperado el 01 de 12 de 2015, de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150513/Contenidolinea/leccin\\_9\\_red\\_industrial\\_historia\\_y\\_niveles.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/2150513/Contenidolinea/leccin_9_red_industrial_historia_y_niveles.html)
- CCM. (12 de 2015). *PROTOCOLOS*. Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/275-protocolos>
- CCM. (03 de 2016). *Estándar GSM (Sistema global del comunicaciones móviles)*. Obtenido de <http://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>
- Corrales, L. (2007). *Interfaces Comunicación Industrial 3*. Dpto. Automatización y Control Industrial.
- DANJOS. (2012). *TABLEROS DE CONTROL*. Obtenido de <http://danjos.com.mx/servicios.html#tres>
- DEGEM-SYSTEMS. (s.f.). *CIM 2000 Mechatronics*. Sistema de Entrenamiento: Manual de Aprendizaje de la Estación Central de Control.
- ECURED. (26 de 04 de 2016). *Estándares IEEE*. Obtenido de [[http://www.ecured.cu/Est%C3%A1ndares\\_IEEE\\_802.3 -- 26/04/2016](http://www.ecured.cu/Est%C3%A1ndares_IEEE_802.3--26/04/2016)]
- Eduardo, T. D. (2014). *CONSTRUCCION DE UN MODULO DE MONITOREO DE TEMPERATURA MEDIANTE ENLACE BLUETOOTH*.
- Fausto Orozco. (2015). *Dieño e implementación de un prototipo de control y comunicación por internet para reporte de procesos industriales para toma de decisiones a nivel gerencial*. Quito: Pontifica Universidad Católica del Ecuador.
- GALEON. (12 de 2015). *IEEE STANDARDS*. Obtenido de <http://ieeestandards.galeon.com/aficiones1573579.html>

- Gettyimages. (12 de 2015). *Best of news*. Obtenido de <http://www.gettyimages.com/detail/news-photo/an-operator-works-at-the-controls-of-a-transfer-drilling-news-photo/3239493>
- Giordan. (12 de 2015). *Sistemas - computador*. Obtenido de <http://giordan-giordangrado9sistemas.blogspot.com/2010/03/univac.html>
- Hoffman. (2009). *Normas globales para gabinetes en la industria eléctrica*. Obtenido de [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?rRID=245286&pRID=245285](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?rRID=245286&pRID=245285)
- INT TECHNICS. (2013). Obtenido de <http://plc-trade.com/es/mpn/3rv2021-4aa15/>
- International Electrotechnical Commission IEC. (04 de 2004). *INTERNATIONAL STANDAR IEC 60439-1*. Obtenido de [http://www.teias.gov.tr/IEC/iec60439-1%7Bed4.1%7Den\\_d.pdf](http://www.teias.gov.tr/IEC/iec60439-1%7Bed4.1%7Den_d.pdf)
- INTRODUCCION A LAS REDES DE COMUNICACIÓN. (s.f.). Recuperado el 02 de 12 de 2015, de <ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Redes%20Industriales/Redes/Conferencias/Capitulo%201.pdf>
- ITDURANGO. (2014). Apuntes de Redes de Computadoras. Durgando, México.
- Legrand. (2013). *TABLEROS A NORMA-TAN, IEC-61439*. Obtenido de [http://www.legrand.cl/archivos/cat\\_tan.pdf](http://www.legrand.cl/archivos/cat_tan.pdf)
- Meneses, P. B. (2015). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA DEL MEDIO DE COMUNICACIÓN ALÁMBRICO E INALÁMBRICO DEL PROTOCOLO MODBUS IMPLEMENTADO EN UN PROCESO MODULAR*.
- METRO DE SANTIAGO. (2013). *REGLAMENTO PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LOCALES COMERCIALES*. Obtenido de [http://www.metro.cl/files/REGLAMENTO\\_INSTALACIONES\\_ELECTRICAS\\_2013.pdf](http://www.metro.cl/files/REGLAMENTO_INSTALACIONES_ELECTRICAS_2013.pdf)
- Moncayo, D. E. (2008). Diseño e implementación de un sistema de entrenamiento PROFINET para el Laboratorio de PLCs y Robótica del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la ESPE. Sangolquí, Pichincha, Ecuador.
- Muñoz, C. (2012). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED INDUSTRIAL BASADO EN EL ESTÁNDAR ASi (ACTUATOR SENSOR INTERFACE) PARA EL SISTEMA DE ENVASADO DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL FIE*.
- National Electrical Manufacturers Association. (11 de 2004). *ANSI/IEC 60529-2005*. Obtenido de <https://www.nema.org/Standards/ComplimentaryDocuments/ANSI-IEC-60529.pdf>



- National Electrical Manufacturers Association. (2014). *NEMA 250-2014 Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum)*. Obtenido de <http://www.nema.org/news/Pages/NEMA-Publishes-NEMA-250-2014-Enclosures-for-Electrical-Equipment-1000-Volts-Maximum.aspx>
- Olmos, D., & Barros, F. (2008). *Redes de computadoras*. Santa María.
- Planken, S. (09 de 2014). *planken.org*. Obtenido de <http://planken.org/2014/09/siemens-tia-portal-v13-issues>
- Romero, E. (01 de 12 de 2015). *REDES DE COMUNICACIONES INDUSTRIALES*. Recuperado el 01 de 12 de 2015, de <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/RCI.html>
- Ruiz, F. M. (2008). *Configuración y puesta en marcha de una red de autómatas programables basada en PROFIBUS, MPI y GSM para el control y monitorización de módulos de fabricación flexible*.
- Sacón, G., & Villalva, D. (2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RED INDUSTRIAL BASADO EN EL ESTÁNDAR Asi (ACTUATOR SENSOR INTERFACE) PARA EL SISTEMA DE MEZCLADO DE LÍQUIDOS*. Recuperado el 02 de 12 de 2015, de <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/handle/123456789/2900/108T0063.pdf?sequence=1>
- Schneider. (2015). *Capítulo 9, Redes Industriales*. Recuperado el 02 de 12 de 2015, de <http://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos-servicios/automatizacion-control/guia-soluciones-aut/guia-soluciones-aut-capitulo9.pdf>
- Schneider. (2015). *Capítulo 9, Redes Industriales*. Recuperado el 02 de 12 de 2015, de <http://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos-servicios/automatizacion-control/guia-soluciones-aut/guia-soluciones-aut-capitulo9.pdf>
- SIEMENS. (2006). *Automatización y comunicación en todos los ámbitos de la empresa*.
- SIEMENS. (2006). *Generalidades Motores Trifásicos*. Obtenido de <http://www.jnvingenieros.com/Web/CATALOGOS/10.pdf>
- SIEMENS. (2006). *Infraestructura de red PROFINET*.
- SIEMENS. (2007). *PROFINET Cabling and Interconnection Technology*. Obtenido de [http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt\\_is/tuotteet/automaatiotekniikka/teollinen\\_tiedonsiirto/profinet/man\\_pncabling.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/teollinen_tiedonsiirto/profinet/man_pncabling.pdf)
- SIEMENS. (15 de 08 de 2008). Obtenido de <https://support.industry.siemens.com/cs/document/24030688/what-options->

do-i-have-to-insert-a-c-plug-or-what-is-the-purpose-of-a-c-plug?dti=0&lc=en-WW

- SIEMENS. (08 de 2014). *PROFINET*. Obtenido de [https://w3.siemens.com/mcms/automation/en/industrialcommunications/profinet/Documents/PROFINET\\_Brochure.pdf](https://w3.siemens.com/mcms/automation/en/industrialcommunications/profinet/Documents/PROFINET_Brochure.pdf)
- SIEMENS. (2015). *LOGO! Demo software, upgrades/updates, drivers*. Obtenido de <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/demo-software/pages/default.aspx>
- SIEMENS. (2016). *Industry Mall Catalog*. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/>
- SMAR Equipamentos Industriais. (2016). *Qué es Profibus?* Obtenido de <http://www.smar.com/espanol/profibus>
- SMC. (12 de 2015). *AUTOMATIZACIÓN*. Obtenido de <http://www.smctraining.com/webpage/indexpage/311/>
- UCO. (12 de 2015). *Industrial Ethernet*. Obtenido de [http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/pdf-master/05-protocolos\\_\(ETHERNET-MODBUS\).pdf](http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/pdf-master/05-protocolos_(ETHERNET-MODBUS).pdf)
- UNICAUCA. (12 de 2015). *INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE COMUNICACIÓN*. Obtenido de <ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Redes%20Industriales/Redes/Conferencias/Capitulo%201.pdf>.
- Universidad de Oviedo - ISA. (18 de 04 de 2006). *COMUNICACIÓN INDUSTRIALES*. Oviedo, España.
- Universidad de Oviedo - ISA. (2013). *REDES LOCALES EN ENTORNOS INDUSTRIALES*. Obtenido de <http://www.isa.uniovi.es/docencia/redes/Apuntes/tema9.pdf>.
- Villajulca, J. C. (2010). *Integración del modelo OSI y las redes industriales*. Obtenido de <http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/automatizacion/curso-supervision-procesos-por-computadora/item/268-integracion-del-modelo-osi-y-las-redes-industriales.html>
- webquestreator. (12 de 2015). *Topologías de Red*. Obtenido de <http://www.webquestcreator2.com/majwq/ver/ver/3072>
- Wonderware. (2007). *Application Server User Guide*. Lake Forest: Invensys Systems, Inc.
- Wonderware. (2007). *InTouch® HMI and ArchestrA®*. Lake Forest: Invensys Systems, Inc.



# **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

# **PLANOS ELÉCTRICOS Y DE LA ESTURCTURA MECÁNICA DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN REDES INDUSTRIALES**

## **ANEXO 2**

# **DESARROLLO DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

## **ANEXO 3**

# **MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN REDES INDUSTRIALES**

## **ANEXO 4**

# **ENCUESTA DE FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN REDES INDUSTRIALES**



## **ANEXO 5**

# **HOJA TÉCNICA PLC SIMATIC S7-1200 CPU 1214**

## **ANEXO 6**

# **HOJA TÉCNICA SIMATIC BASIC PANEL KTP400**

## **ANEXO 7**

# **HOJA TÉCNICA VARIADOR DE VELOCIDAD SINAMICS V20**

## **ANEXO 8**

# **HOJA TÉCNICA SCLANCE W788-1PRO**

## **ANEXO 9**

### **HOJA TÉCNICA SIEMENS LOGO! 8**

## **ANEXO 10**

# **HOJA TÉCNICA LOGO! CMR 2020**

## **ANEXO 11**

# **HOJA TÉCNICA MODULO DE COMUNICACIÓN CM1241 RS485**