



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TMPG, STDI Y UN
SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL Y
MONITOREO REMOTO DE CARGAS DE LA RED ELÉCTRICA
DEL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:
INGENIERA EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTORES: MARIA GABRIELA MANCHENO FALCONÍ
MAYRA ALICIA CUVI PAGUAY

TUTOR: MSC. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

Riobamba – Ecuador

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TMPG, STDI Y UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL Y MONITOREO REMOTO DE CARGAS, DE LA RED ELÉCTRICA DEL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL”, de responsabilidad de las señoritas MARÍA GABRIELA MANCHENO FALCONÍ y MAYRA ALICIA CUVI PAGUAY, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Miguel Tasambay Ph.D DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Jorge Luis Paucar DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Ing. Marco Viteri Barrera DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. Christiam Núñez Zavala MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotras, María Gabriela Mancheno Falconí, con cédula de identidad 060353985-9 y Mayra Alicia Cuvi Paguay, con cédula de identidad 060460142-7 declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 8 de Julio de 2016

María Gabriela Mancheno Falconí
ESTUDIANTE

Mayra Alicia Cuvi Paguay
ESTUDIANTE

Ing. Marco Viteri Barrera
**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Christiam Núñez Zavala
**MIEMBRO DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

DERECHOS DE AUTOR

Nosotras, **MARÍA GABRIELA MANCHENO FALCONÍ Y MAYRA ALICIA CUVI PAGUAY**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en este trabajo, y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**.

María Gabriela Mancheno Falconí
060353985-9

Mayra Alicia Cuvi Paguay
060460142-7

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios y a la Virgen Dolorosa, por bendecir mi vida día a día. A mis padres por su apoyo incondicional, a mi hermana por sus palabras de aliento y a todas las personas que de una u otra manera han sido parte de esta etapa maravillosa de mi vida.

María Gabriela

A Dios, por darme la oportunidad de alcanzar y culminar con éxito esta etapa importante de mi vida.

A mis padres, por su confianza y apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi trayectoria estudiantil. Y a todas las personas que me han acompañado y han brindado su ayuda en el desarrollo del presente trabajo.

Mayra

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestros agradecimientos a todas las personas que estuvieron a nuestro lado a lo largo de la carrera.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por su excelencia educativa, a los profesores de la Facultad de Informática y Electrónica por siempre estar dispuestos a compartir su sabiduría y ayuda.

A nuestros padres por su apoyo económico y moral que nos han inspirado fortaleza y ganas de seguir adelante en todo este camino.

Y para finalizar un agradecimiento especial a nuestro tutor y amigo Ing. Marco Viteri, por su acertada guía durante el desarrollo del presente proyecto.

Gaby y Mayra

TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
HOJA DE CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xix
RESUMEN	xxi
SUMARY.....	xxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	4
1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1 Instalaciones Eléctricas.....	4
1.1.1 <i>Introducción</i>	4
1.1.2 <i>Tipos de instalaciones eléctricas</i>	4
1.1.3 <i>Instalaciones Eléctricas Industriales</i>	5
1.1.4 <i>Descripción de elementos de una Instalación Eléctrica Industrial</i>	5
1.1.5 <i>Variables Eléctricas</i>	9
1.2 Tableros de Medición, Protección y Distribución.....	12
1.2.1 <i>Generalidades</i>	12
1.2.2 <i>Elementos</i>	14
1.2.2.1 <i>Breaker Eléctrico</i>	14
1.2.2.2 <i>Contactador Eléctrico</i>	14
1.2.2.3 <i>Relé Eléctrico</i>	15
1.2.2.4 <i>Botón de paro de emergencia</i>	15
1.3 Dimensionamiento de la Instalación Eléctrica	16
1.3.1 <i>Normas Eléctricas</i>	16
1.3.2 <i>Censo de Carga</i>	16
1.3.3 <i>Dimensionamiento de Conductores</i>	17
1.3.4 <i>Dimensionamiento de Protecciones</i>	19

1.3.5	<i>Conexión y Puesta a Tierra</i>	20
1.4	Mantenimiento Eléctrico	23
1.4.1	<i>Generalidades</i>	23
1.4.2	<i>Métodos de Mantenimiento Eléctrico</i>	23
1.5	Automatización Industrial	24
1.5.1	<i>Introducción</i>	24
1.5.2	<i>Definición</i>	25
1.5.3	<i>Objetivos de la automatización</i>	25
1.5.4	<i>Elementos de un sistema automatizado</i>	25
1.6	Sistemas De Control	26
1.6.1	<i>Definición</i>	26
1.6.2	<i>Tipos de Sistemas de Control</i>	27
1.6.3	<i>Tipos de Controladores</i>	28
1.6.7	<i>Control ON – OFF</i>	28
1.7	Controlador Lógico Programable (PLC)	29
1.7.1	<i>Definición de PLC</i>	29
1.7.2	<i>Funciones de un PLC</i>	29
1.7.3	<i>Arquitectura de un PLC</i>	30
1.7.4	<i>Selección del PLC</i>	32
1.7.5	<i>Lenguajes de programación del PLC</i>	33
1.7.6	<i>PLC xLogic Easy</i>	35
1.8	Redes y Protocolos de Comunicación Industrial	37
1.8.1	<i>Introducción</i>	37
1.8.2	<i>Tipos</i>	38
1.8.3	<i>Red GSM</i>	39
1.8.4	<i>Red Ethernet Inalámbrica</i>	39
1.8.5	<i>Protocolo MODBUS RS-485</i>	39
1.9	SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)	41
1.9.1	<i>Definición</i>	41
1.9.2	<i>Partes de un Sistema SCADA</i>	41
1.9.3	<i>Software de desarrollo de aplicaciones SCADA</i>	42
1.9.4	<i>LabVIEW</i>	43
1.10	Sensores	43
1.10.1	<i>Definición</i>	43
1.10.2	<i>Características de los Sensores</i>	44
1.10.3	<i>Tipos de Sensores</i>	44

1.10.4	<i>Sensor de Secuencia de Fase</i>	45
1.10.5	<i>Medidores Digitales de Variables Eléctricas</i>	45
1.10.6	<i>Coulómetro Siemens Sentron PAC 3100</i>	46
1.10.7	<i>Acondicionadores de Señal</i>	46
1.10.8	<i>Transformadores de Corriente</i>	46
1.11	Indicadores	47
1.11.1	<i>Definición</i>	47
1.11.2	<i>Tipos</i>	47
1.11.3	<i>Luces Piloto</i>	47
1.11.4	<i>Zumbador</i>	48
1.12	Circuitos Impresos	48
1.12.1	<i>Normas Básicas para el diseño de circuitos impresos</i>	48
1.12.2	<i>Software de Diseño de Circuitos impresos</i>	49
1.12.3	<i>Proteus-ARES</i>	49
CAPITULO II		50
2	MARCO METODOLÓGICO	50
2.1	Diseño de la Instalación Eléctrica	51
2.1.1	<i>Recopilación de Datos de Equipos Eléctricos</i>	51
2.1.2	<i>Censo de cargas</i>	51
2.1.3	<i>Estudio de Equilibrio de Cargas en la Red Eléctrica</i>	53
2.1.4	<i>Estudio de Ubicación de Equipos y Tableros</i>	54
2.1.5	<i>Dimensionamiento de Conductores</i>	56
2.1.6	<i>Dimensionamiento de Charolas</i>	68
2.1.7	<i>Dimensionamiento del Breaker General</i>	69
2.1.8	<i>Dimensionamiento de Contactores y Relés Eléctricos</i>	70
2.1.9	<i>Dimensionamiento de Puesta a Tierra</i>	74
2.1.10	<i>Diagrama Unifilar de la Instalación</i>	75
2.2	Diseño del TMPG y del STDI	75
2.2.1	<i>Seleccionamiento del Anaquel</i>	75
2.2.2	<i>Diseño de Ubicación de Elementos y Sensores</i>	76
2.3	Diseño Electrónico	77
2.3.1	<i>Diseño del Circuito del Sensor de Secuencia de Fase</i>	77
2.3.2	<i>Diseño del Circuito Impreso del Sensor</i>	78
2.4	Programación del PLC	79
2.4.1	<i>Entradas y Salidas</i>	79
2.4.2	<i>Configuración de comandos GSM</i>	80

2.4.3	<i>Configuración de Comunicación con Sistema SCADA</i>	81
2.4.4	<i>Configuración de Red WIFI</i>	81
2.5	Programación del Sistema SCADA	82
2.5.1	<i>Características de operación del SCADA</i>	82
2.5.2	<i>Configuración de LabView para comunicación RS-485</i>	83
2.6	Implementación del Circuito Electrónico	84
2.6.1	<i>Elaboración de Placa de Sensor de Secuencia de Fase</i>	84
2.6.2	<i>Conexión del Sensor de Secuencia de Fase a la Red Eléctrica</i>	84
2.6.3	<i>Conexión del Coulómetro a la Red Eléctrica y al Controlador</i>	85
2.7	Implementación del TMPG y del STDI	85
2.7.1	<i>Distribución de Riel DIN y Elementos</i>	85
2.7.2	<i>Disposición de Indicadores y Botón de Paro de Emergencia</i>	86
2.7.3	<i>Cableado de Potencia</i>	86
2.7.4	<i>Cableado de Dispositivos de Control</i>	87
2.8	Implementación de la Instalación Eléctrica	87
2.8.1	<i>Colocación de Charolas y Canaletas</i>	87
2.8.2	<i>Ubicación de Tableros</i>	88
2.8.3	<i>Cableado de la Red Eléctrica</i>	88
2.8.4	<i>Red de Puesta a Tierra</i>	89
2.9	Implementación del Sistema SCADA	89
2.9.1	<i>Ventana Principal</i>	89
2.9.2	<i>Autenticación de Usuario</i>	89
2.9.3	<i>Menú Principal Operador</i>	90
2.9.4	<i>Menú Principal Administrador</i>	90
2.9.5	<i>Ventana de Estado de Equipos para el Operador</i>	90
2.9.6	<i>Ventana de Control Principal de Equipos para el Administrador</i>	91
2.9.7	<i>Ventana de Monitoreo de Variables Eléctricas</i>	91
2.9.8	<i>Ventana de Reportes de Consumo</i>	91
2.9.9	<i>Ventana Emergente de Alarma de Fallos en el Sistema</i>	92
2.10	Implementación del Control GSM	92
2.10.1	<i>Encendido y Apagado de Equipos</i>	92
2.10.2	<i>Recepción de reportes de Alarma de Fallos en el Sistema</i>	93
CAPÍTULO III		94
3	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .94	
3.1	Análisis del Sistema Implementado	94
3.1.1	<i>Situación Real del Laboratorio antes de la Implementación del Sistema</i>	94

3.1.1.1	<i>Aparamenta Eléctrica</i>	94
3.1.1.2	<i>Monitoreo de Variables Eléctricas</i>	96
3.1.1.3	<i>Avisos Oportunos de Fallas en el Sistema</i>	99
3.1.2	<i>Influencia del Sistema Automatizado en la Seguridad Industrial de los Operadores</i> 99	
3.1.3	<i>Impacto del control y monitoreo de variables eléctricas en el funcionamiento y mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos</i>	102
3.1.4	<i>Importancia de la desconexión de las máquinas o paro de la producción al recibir una señal de alarma</i>	104
3.2	Análisis de Resultados Obtenidos	105
3.2.1	<i>¿Cuál es la situación real en la que se encuentra la distribución de energía en el Laboratorio de Producción Industrial de la Facultad de Ciencias?</i>	105
3.2.2	<i>¿Cómo influye el Sistema Automatizado en la seguridad industrial de los operadores?</i>	105
3.2.3	<i>¿Cuál es el impacto que producirá el adecuado control y monitoreo de variables eléctricas, en el funcionamiento y mantenimiento preventivo y correctivo de las diferentes máquinas del proceso de producción?</i>	105
3.2.4	<i>¿Cuál es la importancia de tomar decisiones de desconexión o paro de la producción remota, en el caso de recibir una señal de alerta generada por un cambio crítico en el rango de medidas de las variables eléctricas que se consideren como normales, de cada proceso presente en el laboratorio?</i>	106
	CONCLUSIONES	107
	RECOMENDACIONES	108
	BIBLIOGRAFÍA	109
	ANEXOS	113
	Anexo A: Plano de la Ubicación de Equipos Previo al Diseño	114
	Anexo B: Plano de la Ubicación de Equipos Posterior al Diseño	115
	Anexo C: Diagrama Unifilar de la Instalación	116
	Anexo D: Manual de Usuario del TMPG, STDI y del Sistema Automatizado	117
	1 Introducción	117
	2 Ficha técnica	117
	3 Instructivo	119
	4 Descripción del Sistema	119
	5 Operación del Sistema SCADA	120
	6 Añadir Contactos en el PLC	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Tabla de Datos MODBUS	40
Tabla 1-2	Censo de Cargas	52
Tabla 2-2	Valores considerados para el Equilibrio de Cargas	53
Tabla 3-2	Equilibrio de Cargas	54
Tabla 4-2	Corriente Total en las Líneas	70
Tabla 5-2	Entradas Digitales del PLC	79
Tabla 6-2	Salidas Digitales del PLC	79
Tabla 7-2	Bloques de Comunicación con Sistema SCADA	81
Tabla 1-3	Cuantificación de Elementos de la Aparata Eléctrica.....	96
Tabla 2-3	Muestras previas de Tiempo	97
Tabla 3-3	Tamaño de la muestra de pruebas convencionales	98
Tabla 4-3	Pruebas de acuerdo al tamaño de muestra calculado	98
Tabla 5-3	Descripción de Indicadores al Realizar Mediciones Manuales	99
Tabla 6-3	Niveles de Riesgo y Prioridades en Seguridad Industrial	99
Tabla 7-3	Niveles de Riesgo que existían en el Laboratorio	100
Tabla 8-3	Comparación de Normas con lo Implementado	101
Tabla 9-3	Muestras previas de Tiempo Método Automático	102
Tabla 10-3	Tamaño de la Muestra de Pruebas Método Automático.....	102
Tabla 11-3	Pruebas con el Método Automático y el tamaño de muestra calculado.....	103
Tabla 12-3	Probabilidad de daños en los equipos ante eventos inesperados	104
ANEXOS		
Tabla 1-D	Códigos para mensaje de texto.....	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Instalaciones Eléctricas.....	4
Figura 2-1	Acometida Eléctrica.....	6
Figura 3-1	Partes de un conductor.....	7
Figura 4-1	Ductos Eléctricos.....	7
Figura 5-1	Tubos Conduit.....	8
Figura 6-1	Charolas.....	8
Figura 7-1	Corriente alterna.....	10
Figura 8-1	Tablero Eléctrico.....	13
Figura 9-1	Breaker Eléctrico.....	14
Figura 10-1	Contactador Eléctrico.....	15
Figura 11-1	Relé Eléctrico.....	15
Figura 12-1	Botón de paro de emergencia de dos polos.....	15
Figura 13-1	Tabla para cálculo de conductores disensa.....	18
Figura 14-1	Tabla de Constantes máximas de proporcionalidad.....	19
Figura 15-1	Tabla para selección de breakers.....	20
Figura 16-1	Tabla de resistividad de suelos.....	22
Figura 17-1	Automatización Industrial.....	24
Figura 18-1	Elementos de un sistema automatizado.....	26
Figura 19-1	Gráfico de Sistema.....	26
Figura 20-1	Sistema de control de lazo abierto.....	27
Figura 21-1	Sistema de control de lazo cerrado.....	27
Figura 22-1	Control ON-OFF.....	28
Figura 23-1	Arquitectura de un PLC.....	30
Figura 24-1	PLC compacto.....	32
Figura 25-1	PLC modular.....	32
Figura 26-1	Ladder.....	33
Figura 27-1	Diagrama de funciones.....	34
Figura 28-1	Lista de instrucciones.....	34
Figura 29-1	GRAFSET.....	35
Figura 30-1	PLC EXM-12DC-DA-RT-GWIFI.....	35
Figura 31-1	Módulo de Expansión.....	36
Figura 32-1	Cable de Comunicación PRO-RS485.....	37
Figura 33-1	Pirámide CIM de Comunicación.....	38
Figura 34-1	Trama Genérica Según el Modo de Codificación Modbus.....	40

Figura 35-1	Sistema SCADA	41
Figura 36-1	Apariencia de LabVIEW.....	43
Figura 37-1	Sensores	44
Figura 38-1	Secuencia de Fase	45
Figura 39-1	Coulómetro Trifásico	46
Figura 40-1	Transformador de corriente.....	47
Figura 41-1	Luces Piloto	48
Figura 42-1	Zumbador	48
Figura 43-1	Apariencia de Proteus	49
Figura 1-2	Ubicación de Equipos previo al diseño	55
Figura 2-2	Ubicación de Equipos posterior al diseño	56
Figura 3-2	Dimensión de Charola	69
Figura 4-2	Diagrama Unifilar de la Instalación	75
Figura 5-2	TMPG & STDI	75
Figura 6-2	Diseño de Ubicación de Elementos.....	76
Figura 7-2	Diseño de Ubicación de Sensores, Indicadores y Botón de Paro.....	76
Figura 8-2	Diseño Final del Tablero.....	77
Figura 9-2	Diseño del Circuito del Sensor de Secuencia de Fase	77
Figura 10-2	Diseño del Circuito Impreso	78
Figura 11-2	Visualización 3D del Circuito.....	78
Figura 12-2	Configuración de Comandos GSM	80
Figura 13-2	Configuración de IP para la Comunicación.....	81
Figura 14-2	Configuración de parámetros de Comunicación WIFI.....	82
Figura 15-2	Creación y configuración de un I/O Server MODBUS	83
Figura 16-2	Variables MODBUS	84
Figura 17-2	Placa del Circuito de Secuencia de Fase	84
Figura 18-2	Conexión del Sensor de Secuencia de Fase.....	84
Figura 19-2	Conexión del Coulómetro a la Red y al Controlador	85
Figura 20-2	Distribución de Riel DIN y Elementos	85
Figura 21-2	Distribución de Indicadores	86
Figura 22-2	Distribución de Botón de Paro de Emergencia.....	86
Figura 23-2	Cableado de Potencia.....	86
Figura 24-2	Cableado de Control	87
Figura 25-2	Charola	87
Figura 26-2	Charola Colocada.....	87
Figura 27-2	Canaletas Individuales para cada Equipo	88
Figura 28-2	Tablero Empotrado en Pared.....	88

Figura 29-2	Cableado desde el Tablero hacia los Equipos	88
Figura 30-2	Instalación de la Varilla de Puesta a Tierra	89
Figura 31-2	Ventana Principal del SCADA	89
Figura 32-2	Ventana de Autenticación.....	89
Figura 33-2	Menú Principal del Operador	90
Figura 34-2	Menú Principal del Administrador.....	90
Figura 35-2	Ventana de Estado de Equipos para el Operador	90
Figura 36-2	Ventana de Control Principal de Equipos para el Administrador	91
Figura 37-2	Ventana de Monitoreo de Variables Eléctricas	91
Figura 38-2	Sistema de Generación de Reportes de Consumo	91
Figura 39-2	Reportes Almacenados en Excel	92
Figura 40-2	Ventana de Alarmas.....	92
Figura 41-2	Comandos SMS para Encendido y Apagado.....	92
Figura 1-3	Ausencia de Breaker General.....	95
Figura 2-3	Cables Aéreos Suelos	95
Figura 3-3	Distribución de Voltaje Bifásico sin Canaletas	95
ANEXOS		
Figura 1-A	Plano de Ubicación de Equipos previo al Diseño.....	114
Figura 1-B	Plano de Ubicación de Equipos posterior al Diseño.....	115
Figura 1-C	Plano del Diagrama Unifilar	116
Figura 1-D	Instalación paso 1	120
Figura 2-D	Instalación paso 2	121
Figura 3-D	Instalación paso 3	121
Figura 4-D	Instalación paso 4	121
Figura 5-D	Instalación paso 5	122
Figura 6-D	Instalación paso 6	122
Figura 7-D	Página de Inicio	123
Figura 8-D	Control de Acceso.....	123
Figura 9-D	Acceso para Administrador.....	123
Figura 10-D	Acceso para Operador.....	124
Figura 11-D	Menú para Administrador	124
Figura 12-D	Control de encendido y apagado del administrador	125
Figura 13-D	Monitoreo de Variables Eléctricas Administrador	125
Figura 14-D	Generación de reportes de consumo.....	126
Figura 15-D	Menú del operador.....	126
Figura 16-D	Estado de los equipos.....	127
Figura 17-D	Alarmas en la Red.....	127

Figura 18-D	Instalador para programar el PLC	129
Figura 19-D	Inicio de Instalación.....	129
Figura 20-D	Proceso de Instalación	130
Figura 21-D	Icono.....	130
Figura 22-D	Apariencia de eSms Config.....	130
Figura 23-D	Comunicación del PLC con la computadora	131
Figura 24-D	Procedimiento para adquisición del programa	131
Figura 25-D	Adquisición del programa completa	132
Figura 26-D	Modificar contactos	132
Figura 27-D	Añadir el contacto para el control	133
Figura 28-D	Envío de programa hacia PLC	133
Figura 29-D	Carga de Programa Exitosa.....	134

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2	Etapas del Diseño e Implementación del Sistema	50
Gráfico 1-3	Comparación entre Situación Real e Ideal de la Aparamenta Eléctrica.....	96
Grafico 2-3	Comparación del Nivel de Riesgo.....	100
Grafico 3-3	Comparación de Tiempos de Toma de Datos de las Variables Eléctricas	103
Grafico 4-3	Probabilidad de daños Estado Actual y Estado Anterior	104

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Interfaz Humano Máquina
V	Voltios
A	Amperios
VAC	Voltaje Corriente Alterna
VDC	Voltaje Corriente Directa
KV	Kilo Voltios
KW	Kilo Watts
PVC	Tubo Conduit de Plástico Rígido
AWG	American Wire Gauge
CPU	Unidad Central de Procesamiento
PID	Proporcional, Integral, Derivativo
LD	Diagrama de Contactos
FBD	Diagrama de Funciones
IL	Lista de Instrucciones
SFC	Gráfico Secuencial de Funciones
NO	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado
E/S	Entradas y Salidas
CIM	Manufactura Integrada por Computador
GSM	Sistema Global de Comunicaciones Móviles
GPRS	Servicio General de Paquetes Vía Radio
TTL	Lógica Transistor – Transistor
SIM	Módulo de Identificación del Abonado
IP	Protocolo de Internet
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
MTU	Unidad Terminal Maestra (MTU)
RTU	Unidad Remota de Telemetría (RTU)
IDE	Ambiente de Desarrollo Integrado
VI	Instrumentos Virtuales
3D	Tres Dimensiones

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1	Resistencia de un conductor eléctrico	11
Ecuación 2-1	Ley de Ohm	11
Ecuación 3-1	Potencia Eléctrica	12
Ecuación 4-1	Caída de Tensión para circuito Monofásica	18
Ecuación 5-1	Caída de Tensión para circuito Bifásico.....	18
Ecuación 6-1	Caída de Tensión para circuito Trifásico	19
Ecuación 7-1	Caída de Tensión en Tanto por ciento	20
Ecuación 8-1	Corriente de protección.....	22
Ecuación 9-1	Cálculo de resistencia para conductor enterrado	22
Ecuación 10-1	Cálculo de resistencia para placa de cobre	22
Ecuación 11-1	Cálculo de resistencia para una sola varilla.....	22
Ecuación 12-1	Cálculo de resistencia para malla	22
Ecuación 1-3	Tamaño de la muestra poblacional	97

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A	Plano de la Ubicación de Equipos Previo al Diseño.....	114
Anexo B	Plano de la Ubicación de Equipos Posterior al Diseño.....	115
Anexo C	Diagrama Unifilar de la Instalación	116
Anexo D	Manual de Usuario del TMPG, STDI y del Sistema Automatizado	117

RESUMEN

Se diseñó e implementó el Tablero de Medición y Protección General (TMPG), Sub-tablero de Distribución Interna (STDI) y un Sistema Automatizado para el control y monitoreo remoto de cargas, de la red eléctrica del Laboratorio de Producción Industrial de la Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Para las fases de diseño e implementación del sistema se tomó como base las etapas del método científico. El sistema se encuentra formado por la red eléctrica, un tablero que cuenta con un breaker general, un sensor de secuencia de fase que permite el funcionamiento del sistema únicamente cuando la secuencia es la correcta (RST); además de un medidor de energía que se encarga de la recolección de información de las variables eléctricas y el envío de las mismas a un Controlador Lógico Programable (PLC) que a su vez la transmite en tiempo real, empleando un protocolo de comunicación de red inalámbrica, hacia la computadora central, habilitando así el control ON/OFF de los equipos. La interfaz humano máquina (HMI), desarrollada en el software LabVIEW, contiene el control absoluto del tablero, elabora reportes de consumo, permite la visualización de variables eléctricas y genera mensajes de alarmas frente a fallos inesperados en el sistema. Adicionalmente se tiene la generación de alarmas y el control de los equipos mediante mensajes de texto. Se realizó un estudio y se comparó el Sistema Eléctrico y la Automatización realizada con el estado anterior del laboratorio, teniendo como resultados la ausencia de elementos principales de una instalación eléctrica óptima, y basándonos en el Reglamento Ecuatoriano de Seguridad del Trabajo contra Riesgos en Instalaciones de Energía Eléctrica se pudo concluir que se tenía un nivel de riesgo máximo y una prioridad de intervención crítica de grado I, además se tenía ausencia de alarmas y monitoreo de variables eléctricas. Con el sistema implementado se logró mejorar la eficiencia en un 100% en los tiempos de recolección de datos y generación de alarmas para evitar daños graves en los equipos del Laboratorio de Producción Industrial. Se recomienda al personal responsable del Laboratorio de Producción Industrial que no se manipule directamente el tablero físico sino únicamente a través de la computadora central para salvaguardar su integridad física.

PALABRAS CLAVE: <INGENIERÍA ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES>, <SISTEMA ELÉCTRICO>, <DISTRIBUCIÓN, CONTROL Y MONITOREO GENERAL>, <SENSOR DE SECUENCIA DE FASE>, <SOFTWARE (LabVIEW)> <MEDIDOR DE ENERGÍA>, <REPORTES DE CONSUMO>, <AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO>

SUMMARY

The Panel of Measuring and General Protection(TMGP) was designed and implemented, as well as the Sub Board of Internal Distribution (STID) and an automated system for the remote control and monitoring of loads from the electric network of the Industrial Production Laboratory, Science Faculty, at Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. For the design phases and system implementation the basis phases of the scientific method was taken into account. The design is formed by the electric network, a board which has a general breaker, a sequence phase sensor, that enables the system operation, but only when the sequence is correct (RST); in addition to a power meter which is responsible for electrical variables collecting information and sending them to a Programmable Logic Controller (PLC) which transmits in real time, using a wireless network communication protocol to the central computer enabling the control ON/OFF of the equipment. The human machine interface (HMI) developed in the LabView software contains the absolute control of the board, produces consumer reports, allows the visualization of electrical variables and generates alarm messages from unexpected system failures. Additionally, there is the generation of alarms and the control of the equipment by using text messages. A study was carried out and the electrical system and automation were compared with the previous state of the laboratory, with the results the lack of main elements of an optimal electrical installation and based in the Ecuadorian Regulations Work Safety against the risks in installations of Electric Energy, it was concluded that, there was a level of maximum risk and a priority of critical intervention of level I, besides the absence of alarms and monitoring of electrical variables. With the implemented system the efficiency achieved a 100% at the times of data collection and generation of alarms to avoid serious damage to the Laboratory Industrial Production equipment. It is recommended that the personnel, responsible for the Laboratory of Industrial Production should not manipulate the physical board directly, but only through the mainframe to safeguard their physical integrity.

KEYWORDS: <ELECTRONICS ENGINEERING CONTROL AND INDUSTRIAL NETWORK>, <ELECTRIC SYSTEM>, <DISTRIBUTION, CONTROL AND GENERAL MONITORING>, <SEQUENCE BREAKER SENSOR>, <SOFTWARE (LabVIEW)> <POWER METER>, <CONSUMER REPORTS>, <AUTOMATION OF THE ELECTRICAL SYSTEM>

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Se dice que las instalaciones eléctricas industriales forman el sistema nervioso de toda industria dado a su alto grado de relevancia para el funcionamiento correcto de la misma. Un diseño inapropiado que permita la existencia de fallas o un escaso mantenimiento pueden traer consecuencias que van desde el paro en la producción de la empresa, accidentes y riesgos laborales elevados y daños materiales relativamente graves capaces de generar pérdidas cuantiosas a la industria y a sus procesos de producción.

Es por estas razones que las instalaciones eléctricas industriales se encuentran estrictamente reguladas bajo normas y reglas creadas para minimizar los inconvenientes y lograr el funcionamiento óptimo de los procesos de producción.

Para alcanzar el diseño adecuado de una instalación, que cumpla con todos los requerimientos y necesidades, es primordial realizar un previo estudio y censo de cargas que nos indiquen las condiciones nominales de trabajo, los valores precisos de los dispositivos de protección, las necesidades de una correcta instalación de puesta a tierra, así como las oportunidades de expansión del sistema conectado a la instalación.

Otro de los aspectos relevantes en una industria es el monitoreo del correcto funcionamiento de las máquinas automatizadas que forman parte de todos los procesos de producción, es por esto que con el avance de la tecnología y la instalación de una apropiada red de comunicación se facilita a los operadores la detección pronta y oportuna de las anomalías presentadas en el sistema a través de interfaces que permiten la interacción remota y la pronta reacción ante sucesos inesperados brindando así seguridad en un alto grado a la integridad de los operadores, que representan un elemento fundamental en toda producción industrial.

Las condiciones de las instalaciones eléctricas en el laboratorio de Producción Industrial no eran las adecuadas para todas las máquinas y procesos que allí se realizan, contando con una distribución de energía improvisada y con el escaso mantenimiento de la instalación, dado que las personas que allí trabajan, al desconocer el procedimiento para la revisión del correcto funcionamiento de un equipo, no realizaban la lectura de datos de las variables eléctricas periódicamente, sino cuando se producían daños en las máquinas resultando tardía la toma de decisiones y poniendo en peligro a las personas que están en contacto con ellas; otro aspecto importante que se consideró es que los procesos de producción, que a diario se realizan, llenan

el ambiente de humedad y altas temperaturas, condiciones que exigían protecciones y monitoreo que ayuden a evitar accidentes.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la situación real en la que se encuentra la distribución de energía en el Laboratorio de Producción Industrial de la Facultad de Ciencias?

¿Cómo influye el Sistema Automatizado en la seguridad industrial de los operadores?

¿Cuál es el impacto que producirá el adecuado control y monitoreo de variables eléctricas, en el funcionamiento y mantenimiento preventivo y correctivo de las diferentes máquinas del proceso de producción?

¿Cuál es la importancia de tomar decisiones de desconexión o paro de la producción remota, en el caso de recibir una señal de alerta generada por un cambio crítico en el rango de medidas de las variables eléctricas que se consideren como normales, de cada proceso presente en el laboratorio?

JUSTIFICACIÓN

Las razones por las que se realizó este proyecto estuvieron enfocadas a cubrir completamente una de las necesidades que tenía el Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, diseñando e implementando una Instalación Eléctrica óptima con sus respectivos tableros de Medición, Protección y de Distribución Interna. Se logró la correcta distribución de energía eléctrica a todas las maquinarias y componentes presentes en dicho lugar, garantizando una producción sin fallos y sobretodo ofreciendo un alto nivel de seguridad laboral para los operadores y estudiantes que allí ingresan. En términos generales los tableros que se diseñaron e implementaron garantizan protección contra sobre corrientes, sobre voltajes y cortocircuitos que podrían ocurrir en dicho laboratorio.

En el laboratorio se manejan máquinas trifásicas, al implementarse un controlador de secuencia de fase se realiza la supervisión y el control de imprevistos en la alimentación de la maquinaria y dispositivos, previniendo así graves daños en los mismos.

Con el monitoreo y control remoto de cargas se tiene un método de supervisión moderno y absoluto de todos los procesos, el mismo que se lo realizó mediante la obtención de datos a través de un PLC el cual es el encargado de realizar el envío de la información necesaria a los

responsables de lugar, dando a conocer el estado actual del proceso ya sea a través del SCADA ejecutándose en la computadora central o dando avisos mediante mensajes de texto, los mismos que permiten la interacción de los operadores con el sistema y facilitan la toma de decisiones ante dichas eventualidades.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar e Implementar de TMPG, STDI y un Sistema Automatizado de control y monitoreo remoto de cargas, de la red eléctrica del Laboratorio de Producción Industrial.

Objetivos Específicos:

- Realizar una auditoría de cargas para determinar valores reales de las variables eléctricas, generadas por las maquinas existentes en el laboratorio de Procesos Industriales.
- Diseñar la puesta a tierra del Tablero de Distribución Interna.
- Realizar el Diseño de Ubicación de Equipos para facilitar y optimizar la distribución de energía a cada estación del Proceso Industrial.
- Diseñar e implementar el Tablero de Distribución trifásico a 220 VAC y dimensionar tomas individuales hacia cada estación que conforma el laboratorio.
- Implementar sistemas de monitoreo remoto de las variables eléctricas de las cargas, mediante GSM y a través de un sistema SCADA incluyendo control de acceso.
- Configurar el sistema automático para generar reportes mensuales del consumo y censo de carga.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Instalaciones Eléctricas

1.1.1 Introducción

La electricidad se ha convertido en un recurso imprescindible y de consumo esencial para las actividades que se desarrollan a diario, teniendo como principales características la versatilidad y la controlabilidad.

Se define como instalación eléctrica a todos aquellos elementos encargados del transporte y distribución de energía eléctrica desde el suministro hasta los equipos que se conectan a ésta.

Las instalaciones eléctricas tienen diversos grados de complejidad, los mismos que dependen de la función que realicen y su ubicación. Es por esto que una instalación eléctrica debe ser confiable, eficiente, flexible, bien diseñada y también debe contar con las protecciones apropiadas para así garantizar el correcto funcionamiento de los equipos que a éstas estén conectados.



Figura 1-1 Instalaciones Eléctricas

Fuente: <http://cimever.mx/>

1.1.2 Tipos de instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas de acuerdo a su potencial instalado se clasifican en tres grupos:

- De alta y media tensión

La diferencia de potencial entre sus conductores supera los 1000 Voltios (1 KV)

- De baja tensión

La diferencia de potencial entre sus conductores no supera los 1000 Voltios pero es superior a 24 Voltios.

- De muy baja tensión

La diferencia de potencial entre sus conductores no supera los 24 Voltios.

Las instalaciones eléctricas de acuerdo a su ubicación se clasifican en tres grupos principales:

- Residenciales: instalaciones en casas y habitaciones.
- Comerciales: de potencia comprendida entre una instalación industrial y una residencial.
- Industriales: son de mayor potencia, abarcan la alimentación de maquinaria y equipos involucrados en procesos industriales.

1.1.3 Instalaciones Eléctricas Industriales

Las instalaciones eléctricas industriales son el conjunto formado por varios elementos y equipos que cumplen funciones de recepción, conducción, control, medición, protección y distribución de la energía eléctrica para su debida utilización. (Ventura Nava, 2011 pág. 3)

Una instalación eléctrica industrial comprende un rango de potencia requerida más elevado. El correcto funcionamiento y protección de los equipos dependen totalmente del correcto diseño y eficiencia que brinde la instalación.

Las instalaciones eléctricas industriales, por su tamaño y complejidad, son en ocasiones tan importantes como los sistemas eléctricos de potencia. (Enríquez Harper, 2003 pág. 17).

1.1.4 Descripción de elementos de una Instalación Eléctrica Industrial

Acometida

La acometida se entiende como la unión que existe entre la red eléctrica de suministro hacia el punto de alimentación para el usuario. La acometida puede estar instalada por vía aérea, subterránea o mixta.

Debe tomarse en cuenta que la acometida debe ser instalada con el propósito de tener la menor distancia de punto a punto.

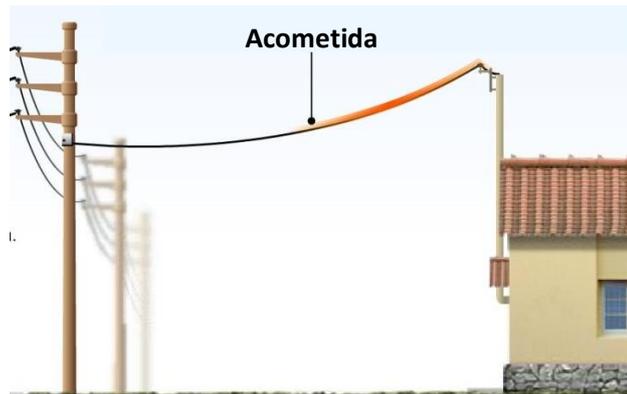


Figura 2-1 Acometida Eléctrica

Fuente: <http://tecnologias.ieshernanperezdelpulgar.eu/>

Protecciones

Son dispositivos que resguardan tanto a la instalación eléctrica y a sus elementos como a las máquinas y personas.

Estos dispositivos son los encargados de interrumpir el paso de corriente eléctrica en caso de presentarse una falla en el sistema, teniendo una gran importancia la selección y el dimensionamiento de los mismos para obtener el funcionamiento óptimo.

Las principales fallas en el sistema eléctrico son las de sobrecarga y las de cortocircuitos. Se da una falla de sobrecarga cuando un equipo excede su capacidad nominal o un conductor excede su capacidad de conducción por un periodo extendido de tiempo. Se da una falla de cortocircuito cuando la corriente pasa eventualmente de una fase a otra, debido principalmente a problemas de aislamiento de los conductores.

Conductores

Un conductor es un cuerpo capaz de transmitir energía eléctrica de un punto a otro. Los materiales más comunes para la fabricación de un conductor eléctrico son el cobre y el aluminio debido a su alta conductividad y a su bajo costo.

Un conductor se identifica principalmente por su calibre ya que de éste depende su capacidad en cuanto a corriente y resistencia eléctrica.

Un conductor o cable eléctrico está compuesto generalmente por tres elementos: alma, aislante y cubierta.

El alma es el elemento conductor encargado de transportar toda la corriente de consumo, el aislante que envuelve al conductor y evita que la corriente circule hacia el exterior y la cubierta

que sirve para proteger a todo el cable de daños mecánicos o de factores externos propios del ambiente donde estén instalados.

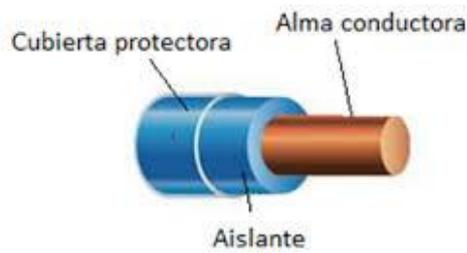


Figura 3-1 Partes de un conductor

Fuente: <http://faradayos.blogspot.com/>

Canalizaciones

Las canalizaciones eléctricas son elementos que sirven para soportar y llevar los conductores a los diferentes puntos de la instalación eléctrica. Su principal función es dar resguardo y protección a los conductores a la vez que crear un camino seguro para la instalación de los mismos.

De acuerdo a las necesidades y a la forma la clasificación más común es la siguiente (Procables, 2014):

- Ductos:

Empleados en instalaciones eléctricas visibles, son fáciles de cablear, son empleados para circuitos alimentadores o de distribución, necesitan mayor mantenimiento.



Figura 4-1 Ductos Eléctricos

Fuente: <http://faradayos.blogspot.com>

- Tubos Conduit:

Se pueden instalar en exteriores o interiores, comúnmente son de acero, aluminio o aleaciones y se clasifican en tubo conduit metálico rígido de pared gruesa, tubo conduit metálico de pared delgada, tubo conduit flexible, tubo conduit de plástico rígido (PVC), etc.



Figura 5-1 Tubos Conduit

Fuente: <http://www.construdata.com/>

- Charolas:

Son empleadas en instalaciones eléctricas visibles, son segmentos prefabricados en forma recta que se unen para formar un sistema de canalización de conductores. Según su forma y número de conductores a soportar se clasifican en: charolas de fondo ventilado, charolas de fondo sólido, charolas tipo escalera, charolas tipo malla y charolas tipo canal. (Scribd, 2012)

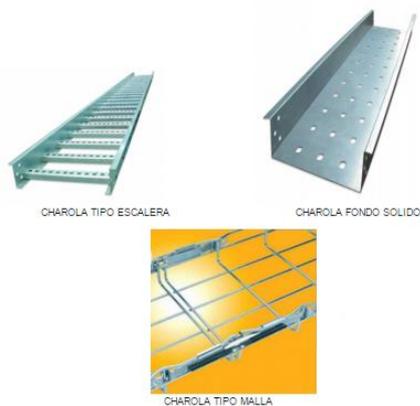


Figura 6-1 Charolas

Fuente: <http://fischerventas.com.mx/>

Tableros

Dentro de una instalación eléctrica un tablero garantiza que la misma sea segura, ordenada y confiable. Un tablero es un gabinete metálico que contiene los elementos de protección, interruptores y elementos de control. En una instalación se pueden encontrar dos tableros principales:

- Tablero General

Se coloca después del transformador y cuenta con el interruptor principal que controla el paso de energía eléctrica a toda la instalación. A la salida del interruptor principal se conectan barras que realizan la distribución ordenada de la energía eléctrica.

- **Tablero de Distribución**

En este tablero se ubican todos los dispositivos encargados de la correcta alimentación de las máquinas y equipos conectados en el sistema.

Equipos de Medición

Son equipos encargados de proporcionar datos de consumo de energía, voltajes, corrientes los mismos que van instalados en el tablero de protección y medición general en un lugar visible y alejados de factores externos.

Puntos de consumo

Son todos los equipos, máquinas o cargas que se conectan al sistema, tienen valores nominales de funcionamiento y un consumo específico de energía eléctrica durante su puesta en marcha.

1.1.5 Variables Eléctricas

Se describen las principales variables eléctricas, sus definiciones, analogías y unidades. (Condumex, 2009 págs. 19-36)

Voltaje

El voltaje o fuerza electromotriz es conocido como la diferencia de carga eléctrica que existe entre dos puntos, esto significa que para mantener dicha diferencia el número de electrones de un punto es diferente al número de electrones en otro punto.

La unidad de medida es el *voltio*, se representa por el símbolo *V* y el aparato empleado para medirlo es el *voltímetro*.

Corriente directa y corriente alterna

En un circuito eléctrico constantemente alimentado por una fuente de voltaje existen cargas que fluyen de un polo a otro, este flujo se conoce como corriente eléctrica siendo éste continuo y controlado.

La unidad de medida de la intensidad de corriente eléctrica es el *amperio*, se representa por el símbolo *A* y el aparato empleado para medirla es el *amperímetro*.

La corriente eléctrica generalmente se clasifica en dos tipos:

- Corriente directa (dc)

Cuando los electrones fluyen en una sola dirección debido a que la polaridad del voltaje es la misma se tiene una corriente directa o corriente continua.

- Corriente alterna (ac)

Cuando tenemos una fuente de corriente alterna se produce un voltaje variable que va creciendo desde cero hasta un valor máximo positivo, luego decrece hasta cero y aumenta hasta llegar a un valor máximo negativo todo esto en un periodo. La corriente alterna cambia de polaridad periódicamente.

La corriente alterna se genera a partir de la inducción electromagnética, ya que una variación en el campo magnético genera una variación en el campo eléctrico. La forma de onda característica obtenida es una *sinusoidal*, en la que podemos identificar las siguientes características:

- Amplitud: es el valor máximo de voltaje o corriente de la onda, siendo un valor positivo o negativo.
- Ciclo: un ciclo es una repetición completa de la forma de onda.
- Frecuencia: es el número de ciclos que se tiene de la onda en una unidad de tiempo. Se tiene una mayor frecuencia cuando mayor sea el número de ciclos por segundo.
- Fase: indica el estado actual de un ciclo, siendo ésta la fracción de periodo transcurrido desde un punto de referencia tomado.

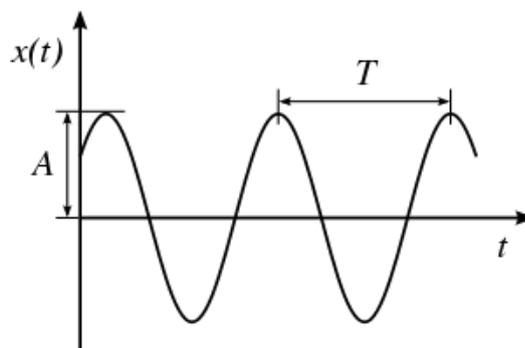


Figura 7-1 Corriente alterna

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/>

Resistencia

Para que exista el flujo de electrones el material que los transporta debe proporcionar un fácil desplazamiento de los mismos. La oposición que presenta un material a este flujo se denomina resistencia eléctrica. De acuerdo a la resistencia eléctrica los materiales se clasifican en conductores, semiconductores y aislantes.

La unidad de medida es el *ohmio*, se representa por el símbolo Ω y el aparato empleado para medirlo es el *ohmetro*.

Existen varios factores que afectan a la resistencia de un material como son: el tipo del metal, la longitud del alambre, el área de sección transversal de un conductor y la temperatura del metal; factores que se deben tomar en cuenta al momento de realizar cálculos.

La resistencia de un conductor eléctrico se la puede calcular empleando la ecuación 1.1

Ecuación 1-1 Resistencia de un conductor eléctrico

$$R_{cc} = \rho \frac{L}{A}$$

Donde:

L = longitud del conductor

A = área de la sección transversal del conductor

ρ = resistividad volumétrica del material del conductor

Relación entre el voltaje, la corriente y la resistencia

Los electrones fluyen a través del circuito debido a la fuente de voltaje que alimenta el mismo y lo harán conforme a la resistencia lo permita. Esta relación entre el voltaje, la corriente y la resistencia se describe en la ley de Ohm, que enuncia que la intensidad de corriente en un circuito eléctrico es directamente proporcional al voltaje que lo alimente e inversamente proporcional a la resistencia.

Ecuación 2-1 Ley de Ohm

$$I = \frac{V}{R}$$

En donde:

I = intensidad del flujo de electrones, o corriente de electrones.

V = voltaje

R = Es la resistencia del circuito

Potencia

La potencia eléctrica es el porcentaje de energía eléctrica que se convierte en otra forma de energía. Es el producto de la multiplicación del voltaje por la corriente del circuito.

La unidad de medida de la potencia es el *watt*, se representa por el símbolo W .

Ecuación 3-1 Potencia Eléctrica

$$P = I * V$$

En donde:

P = potencia en watts

I = corriente eléctrica

V = voltaje

Energía

La energía es la potencia consumida por el circuito eléctrico en un lapso de tiempo. La unidad de medida de la energía es el *watt-hora* o el *kilowatt-hora*, y el aparato empleado para medirla es el *watthorímetro*.

1.2 Tableros de Medición, Protección y Distribución

1.2.1 Generalidades

Su importancia data desde principios de siglo, hasta la actualidad aún se considera como un componente de mucha importancia para todo sistema eléctrico, sin importar su tipo, tamaño o nivel de tensión; siendo imposible su funcionamiento sin la utilización e implementación de algún tipo de tablero. En el interior de los tableros se encuentran equipos de medición, control, maniobra y sobre todo de protección de las cargas eléctricas.

La forma y el tamaño son muy variados, dependiendo a las necesidades y funciones que deban de desarrollar de acuerdo a exigencias de consumidores como industrias, domicilios, instituciones educativas, etc.



Figura 8-1 Tablero Eléctrico

Fuente: <http://www.induware.net/>

Características:

Las características generales más relevantes que definen a un tablero eléctrico se lo mencionan a continuación:

- Seguridad de quien lo opera
- Continuidad del servicio
- Funcionalidad eléctrica y Mecánica
- Solidez estructural
- Intercambiabilidad de sus componentes
- Terminación Superficial
- Grado de protección Mecánica (Farina, 2011 pág. 1)

Clasificación, componentes, montaje y ubicación:

La clasificación común que se puede realizar a los tableros es de acuerdo a sus funciones, así podemos mencionar: distribución, medición control, comando, protección y especiales. Se debe aclarar que un mismo tablero puede realizar más de una función a la vez, por lo que la clasificación no es exclusiva.

Los elementos que conforman un tablero pueden ser variados, los mismos que son orientados por las funciones que realizarán en el sistema eléctrico. Sobre la placa de montaje se colocarán estos elementos con ayuda de pernos, tornillos o en su mayoría a través de rieles DIN, estos últimos agilitan su montaje y desmontaje.

Su ubicación en áreas determinadas, puede realizarse de la siguiente manera: empotradas sobre paredes o pisos, esta varía de acuerdo a los factores ambientales a los que estaría expuesto, de

cualquier forma que se realice, se debe de tener las precauciones necesarias para fijarlas de forma rígida, segura, visible y de fácil acceso para su manipulación y mantenimiento.

1.2.2 Elementos

1.2.2.1 Breaker Eléctrico

También conocido como interruptor automático, es un aparato mecánico con la peculiaridad de abrir y proteger cualquier circuito eléctrico cuando la intensidad de corriente que circule por él sea anormal, es decir sean corrientes defectuosas por sobrecargas o cortocircuitos.

Su principal función es de proteger equipos que se encuentren conectados al circuito eléctrico de posibles daños.



Figura 9-1 Breaker Eléctrico

Fuente: <https://sites.google.com/site/elecbasicauis/>

Partes: El breaker posee dos partes constitutivas conectadas en serie por las cuales la corriente fluye y se dirige hacia la carga y son: una lámina bimetálica y un electroimán.

Tipos de Breaker:

- Breaker magneto-térmico
- Breaker magnético
- Breaker térmico
- Guardamotor. (Clubensayos, 2013)

1.2.2.2 Contactor Eléctrico

Es un dispositivo de mando que puede ser accionado a una distancia, es utilizado principalmente en aplicaciones de automatismos. Además es capaz de brindar seguridad al operario gracias a que realiza maniobras en puntos lejanos.

Sus principales elementos constitutivos son:

- La bobina que es un electroimán que realiza la apertura o cierre de los contactos.
- Los contactos que hacen la función de interruptores de la corriente eléctrica.

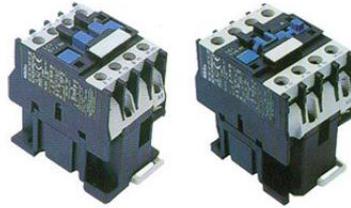


Figura 10-1 Contactor Eléctrico

Fuente: <http://www.automatizando.com.co/>

1.2.2.3 Relé Eléctrico

Al igual que los contactores eléctricos, también pueden ser accionados desde diferentes distancias gracias al electroimán que tiene incorporado en su interior. Cuando la bobina recibe una excitación eléctrica en sus extremos acciona o cierra el contacto, a diferencia del contactor, los relés son usados para comandar potencias pequeñas, soportan cargas pequeñas en sus contactos.

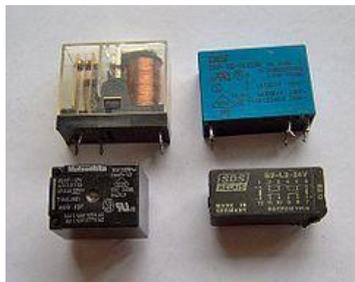


Figura 11-1 Relé Eléctrico

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

1.2.2.4 Botón de paro de emergencia

Es un elemento muy importante de seguridad, para procesos peligrosos, maquinarias en movimiento, etc. Permite que el operador pueda parar el proceso o la máquina cuando ocurre algún problema o sufra algún accidente.



Figura 12-1 Botón de paro de emergencia de dos polos

Fuente: <https://espanol.grainger.com>

1.3 Dimensionamiento de la Instalación Eléctrica

1.3.1 Normas Eléctricas

Las normas que rigen a los sistemas eléctricos pueden ser propias de cada país o región, su función primordial es la seguridad de las personas, minimizando riesgos. Es el encargado de regular y supervisar condiciones de diseño, construcción y mantenimiento de los sistemas eléctricos.

Entre las más comunes normas para las instalaciones eléctricas que se aplican en Ecuador tenemos:

- La NEC, Norma Ecuatoriana de la Construcción
- La IEEE, Institute of Electrical and Electronic Engineers.

1.3.2 Censo de Carga

El censo de carga se define como la recopilación de información eléctrica (voltaje, corriente, potencia, etc.) de los aparatos que consumen energía eléctrica de un lugar específico y que ayudan a visualizar la situación real de consumo. Esta recopilación puede realizarse de formas diferentes:

- A través de placas técnicas que poseen los equipos en su parte posterior.
- En caso de no poseer la placa técnica, a través de medición de tensión y corriente en línea y de cada fase.
- O por tablas que ya están establecidas para cada equipo eléctrico.

Objetivos:

El censo de carga nos permite:

- Realizar correctos diseños de las instalaciones de acuerdo al consumo de cada equipo que se conectará a él.
- Establecer medidas correctivas para disminuir el consumo de la energía.
- Cambiar equipos obsoletos o partes de él, que estén consumiendo la energía eléctrica de manera elevada de lo normal.

Un dato importante que no puede ser pasado por alto, se debe de ser cuidadoso cuando se realiza el censo de carga de equipos ya que los datos técnicos de la placa pueden no ser las reales, debido a que el equipo pudo sufrir cambios de partes o dispositivos adicionales, por lo que se recomienda que se tome las medidas de tensión y corriente en línea.

1.3.3 Dimensionamiento de Conductores

Aspectos a considerar en el dimensionamiento:

- La transmisión eficiente de la energía eléctrica depende de la sección transversal del conductor.
- Parte de la energía eléctrica es disipada en forma de calor debido a la resistencia eléctrica del conductor.
- Un sobredimensionamiento a pesar que reduce notablemente la pérdida de energía, puede producir costos elevados en cuanto a la adquisición de accesorios y del mismo conductor.
- La caída de tensión del conductor debe estar dentro de valores permisibles.

Valores permisibles en caída de tensión:

- **Para iluminación:** en general hasta 4%, distribuidos de la siguiente manera 2% en el alimentador y 2% en el circuito, considerando como mínimo calibre de conductor #14 AWG
- **Para fuerza motriz y/o calefacción:** hasta 5%, 4% en el alimentador y 1% en los ramales, considerando como mínimo calibre de conductor #10 AWG
- **Clientes especiales:** que reciben la energía a tensión diferente de las normales de utilización. Hasta 4%. (Ande, 2012 pág. 23)

“Existen varios sistemas para establecer el calibre de los conductores, y de entre ellos el sistema americano AWG (American Wire Gage) es el más popular y conocido en nuestro medio.” (disensa, 2012 pág. 1)

Calibre AW G ó MCM	Sección mm ²	FORMACION No. de Hilos por diámetro en mm.	DIAMETRO EXTERIOR Mm	PESO TOTAL Kg/Km	Semiduro		Suave	(*) CAPACIDAD Corriente Amp.
					TENSION DE RUPTURA Kg.	RESISTENCIA C. C. a 20 °C OHMS/Km.	RESISTENCIA C. C. a 20 °C OHMS/Km.	
14	2.08	1 x 1,63	1.63	18,50	76.00	8.490	8.280	35
12	3.31	1 x 2,05	2.05	29,40	119.00	5.330	5.210	45
10	5.26	1 x 2,59	2.59	46.77	187.00	3.360	3.280	68
8	8.37	1 x 3,26	3.26	74.38	292.00	2.110	2.060	92
6	13.30	1 x 4,12	4.12	118.20	461.00	1.340	1.297	125
14	2.08	7 x 0,62	1.86	18.89	69.00	8.603	8.390	35
12	3.31	7 x 0,78	2.34	30.57	110.00	5.412	5.290	45
10	5.26	7 x 0,98	2.94	47.76	175.00	3.401	3.320	68
8	8.37	7 x 1,23	3.69	75,90	276.00	2.151	2.100	95
6	13.30	7 x 1,55	4.65	121.00	432.00	1.354	1.322	129
4	21.15	7 x 1,96	5.88	192.00	682.00	0.851	0.832	170
2	33.62	7 x 2,47	7.41	305.00	1069.00	0.536	0.519	230
1	42.36	7 x 2,78	8.34	385.00	1330.00	0.428	0.412	275
1/0	53.49	7 x 3,12	9.36	485.00	1681.00	0.337	0.329	310
2/0	67.43	7 x 3,50	10.50	611.00	2103.00	0.267	0.261	360
1/0	53.49	19 x 1,89	9.45	481.00	1722.00	0.337	0.329	319
2/0	67.43	19 x 2,12	10.60	610.00	2149.00	0.267	0.261	371
3/0	85.01	19 x 2,39	11.95	711.00	2715.00	0.212	0.207	427
4/0	107.20	19 x 2,68	13.40	972.00	3395.00	0.168	0.164	500
250	127.00	37 x 2,09	14.63	1150.00	4067.00	0.1420	0.1390	540
300	152.00	37 x 2,29	16.03	1380.00	4883.00	0.1180	0.1160	605
350	177.00	37 x 2,47	17.29	1610.00	5648.00	0.1020	0.0991	670
400	203.00	37 x 2,64	18.48	1840.00	6416.00	0.0887	0.0868	730
500	253.00	37 x 2,95	20.65	2300.00	7944.00	0.0712	0.0694	840
600	304.00	37 x 3,23	22.61	2760.00	9553.00	0.0592	0.0578	945
650	329.00	37 x 3,37	23.59	2990.00	10340.00	0.0563	0.0530	985
700	355.00	37 x 3,49	24.43	3220.00	11155.00	0.0501	0.0496	1040

Figura 13-1 Tabla para cálculo de conductores disensa.

Fuente: http://disensa.com/main/images/pdf/electro_cables.pdf

Para dimensionar los conductores se lo realiza por la caída de voltaje y de acuerdo a su tipo de instalación.

Ecuación 4-1 Caída de Tensión para circuito Monofásica

$$\Delta V = 2 * I * Re * L$$

Ecuación 5-1 Caída de Tensión para circuito Bifásico

$$\Delta V = I * Re * L$$

Ecuación 6-1 Caída de Tensión para circuito Trifásico

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * Re * L$$

Dónde:

I = Corriente de consumo de la carga

Re = Resistencia específica del conductor

L = Distancia desde la fuente hasta la carga

Si la variación de voltaje sobrepasa el porcentaje permitido, de acuerdo a los valores máximos permisibles, se tomará el calibre superior y así sucesivamente hasta llegar al porcentaje adecuado.

Para el cálculo de la caída de voltaje en porcentaje se lo realiza de la siguiente manera:

Ecuación 7-1 Caída de Tensión en Tanto por ciento

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta carga * 100\%}{V_{carga}}$$

1.3.4 Dimensionamiento de Protecciones

Después de realizar el censo de carga del sistema eléctrico, recoger datos de placa y de conocer la corriente nominal de funcionamiento del equipo, para el dimensionamiento de protecciones, en general, se considera esta corriente como base para la selección de sus protecciones.

Consideración:

En protecciones para motores la corriente de arranque es muy importante para su dimensionamiento y considerarse una constante de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente y la de plena carga del motor.

MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA		MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA	
Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de plena carga	Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y de la de plena carga
De 0,75 kW a 1,5 kW	2,5	De 0,75 kW a 1,5 kW	4,5
De 1,5 kW a 5,0 kW	2,0	De 1,5 kW a 5,0 kW	3,0
De más de 5,0 kW	1,5	De 5,0 kW a 15,0 kW	2,0
		De más de 15,0 kW	1,5

Figura 14-1 Tabla de Constantes máximas de proporcionalidad

Fuente: <http://www.tuveras.com/reglamentos/rebtic/itc-bt-47.htm>

En general para dimensionamiento de breakers de protección para sistemas eléctricos, se debe de calcular una corriente de protección.

Ecuación 8-1 Corriente de protección.

$$I_p = 1,25 * I_{nominal}$$

MONOPOLAR POLO x AMPERIOS	BIPOLAR POLO x AMPERIOS	TRIPOLAR POLO x AMPERIOS
1x15	2x15	3x15
1x20	2x20	3x20
1x30	2x30	3x30
1x40	2x40	3x40
1x50	2x50	3x50
1x60	2x60	3x60
	2x70	3x70
		3x100

Figura 15-1 Tabla para selección de breakers

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/17919/>

Cuando los breakers tripolares sobrepasan de los 100^a reciben el nombre de totalizadores. Los valores comerciales son: 3x125 A, 3x150 A, 3x175 A, 3x200 A, 3x225 A, 3x250 A, etc. (slideplayer, 2014 pág. 3)

1.3.5 Conexión y Puesta a Tierra

Introducción:

Es una conexión eléctrica mediante el cual se conecta el sistema eléctrico o equipos a la Tierra o a una masa grande conductora, la misma que se encargará de disipar la corriente que reciba, brindando seguridad a los usuarios.

Cualquier tipo de sistema eléctrico puede generar desvíos de la corriente debido a fallas en su aislamiento y a su contacto con las partes metálicas de los equipos. Es por esto que todo accesorio metálico que forme parte del sistema debe de poseer su respectiva conexión a Tierra y así minimizar riesgos de que los seres vivos se electrocuten y sufran daños e incluso la muerte.

Existen dos tipos de conexiones a tierra:

- **Conexión de sistema eléctrico a Tierra:** Se deberá conecta el neutro de las instalaciones a Tierra si el sistema de distribución también tiene su neutro a Tierra.

- **Conexión de equipos a Tierra:** Los equipos deberán estar conectados a Tierra si su sistema de distribución no tiene conexión a Tierra.

Consideraciones para el dimensionamiento:

Para el dimensionamiento de la Puesta a Tierra primero se debe de considerar los siguientes aspectos:

- La resistividad del suelo de acuerdo a sus características
- Que el valor de resistencia del sistema de puesta a Tierra no supere los valores permisibles
- Aplicar las ecuaciones correctas para el cálculo de la resistencia en cada tipo de puesta a tierra.

Tipos de Puesta a Tierra:

- Conductor Enterrado
- Placa de cobre
- Una Varilla de cobre
- Malla de puesta a Tierra

Valores máximos permisibles de resistencia del sistema de puesta a Tierra

- | | |
|------------------------------|-------------|
| • Residencial | 25 Ω |
| • Subestación Eléctrica | 5 Ω |
| • Quirófanos | 2 Ω |
| • Instalaciones Electrónicas | 5 Ω |

Clasificación estimada del suelo de acuerdo a su Resistividad

Naturaleza terreno	Resistividad en $\Omega \cdot m$
Terrenos pantanosos	± 3 a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silíce	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5000
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1500 a 10000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Figura 16 -1 Tabla de resistividad de suelos

Fuente: <http://www.redalyc.org/pdf/849/84917316001.pdf>

Ecuaciones:

Ecuación 9-1 Cálculo de resistencia para conductor enterrado

$$R = \frac{2 * \rho}{L}$$

Ecuación 10-1 Cálculo de resistencia para placa de cobre

$$R = \frac{0,8 * \rho}{L}$$

Ecuación 11-1 Cálculo de resistencia para una sola varilla

$$R = \frac{0,8 * \rho}{L}$$

Ecuación 12-1 Cálculo de resistencia para malla

$$R = \frac{\rho}{4 * r} + \frac{\rho}{L}$$

Dónde:

ρ Resistividad del suelo

L Longitud total del conductor; mas varillas en caso de la malla

r Radio de la circunferencia

1.4 Mantenimiento Eléctrico

1.4.1 Generalidades

Un correcto mantenimiento de las instalaciones eléctricas tiene como principal objetivo reducir tiempos de revisión sobre los equipos e instalaciones, logrando un servicio continuo de energía y funcionalidad del equipo.

El mantenimiento eléctrico debe ser realizado por personal calificado, que posea conocimientos y facultades para intervenir en el sistema eléctrico.

Ventajas:

- Mejora rendimiento y productividad de los equipos
- Reduce el consumo de energía
- Evita paros indeseados en la producción
- Mitiga elevados costos generados por reparaciones imprevistas
- Brinda seguridad y protección a los operarios

A modo general el mantenimiento consiste en la rigurosa revisión de la acometida, conductores, equilibrio de fases, red de puesta a tierra, canaletas, protecciones, accionadores, equipos y accesorios.

1.4.2 Métodos de Mantenimiento Eléctrico

Toda planta de producción debe formular un adecuado plan de mantenimiento a su sistema eléctrico y elementos que lo conforman. De acuerdo a la frecuencia de realización del mantenimiento este puede ser semanal, mensual y anual. Por la complejidad y el enfoque con el que se realice el mantenimiento se puede diferenciar dentro de los siguientes tipos:

- **Mantenimiento Rutinario**

Es un conjunto de tareas sencillas que se pueden realizar diariamente, en las cual se incluye recolección de datos, recorrido por la planta y percepción visual del normal funcionamiento.

- **Mantenimiento Programado**

Es en el que se planifica previamente las actividades de reparación y cambios a realizarse en el sistema.

- **Mantenimiento Preventivo**

Es en el que se establece qué elementos son propensos a generar fallas y necesiten una pronta intervención ahorrando tiempo y dinero, anticipando errores a futuro.

- **Mantenimiento Correctivo**

Es en el que se soluciona y corrige defectos y fallas presentes en el sistema, con el objetivo de eliminar completamente problemas y obtener un óptimo funcionamiento.

- **Mantenimiento Predictivo**

Luego del estudio y recolección de información del sistema, se estructura un procedimiento que sirva para anticipar errores y tomar inmediatas decisiones de corrección.

1.5 Automatización Industrial

1.5.1 Introducción

En 1750 con la Revolución Industrial se dio un gran paso en la historia de la tecnología debido a que las máquinas comenzaron a reemplazar procesos que eran peligrosos o necesitaban mucho más que la simple mano de obra humana.

Estas máquinas denominadas autómatas se crearon para imitar movimientos humanos y con el paso de los años y los avances de la electricidad y la electrónica se han ido perfeccionando mejorando así los procesos en los que intervengan.

Un factor trascendente para optar por la automatización es la globalización de los mercados, por lo que se genera una constante competencia y mayores exigencias, por ejemplo si una industria no opta por automatizar sus procesos y elige hacerlos todos de la forma convencional, empleando mano de obra, esa empresa está destinada al fracaso debido a las cuantiosas pérdidas y a los tiempos de altos tiempos de producción comparados con industrias que realizan la misma actividad con sus procesos modernos y automatizados.

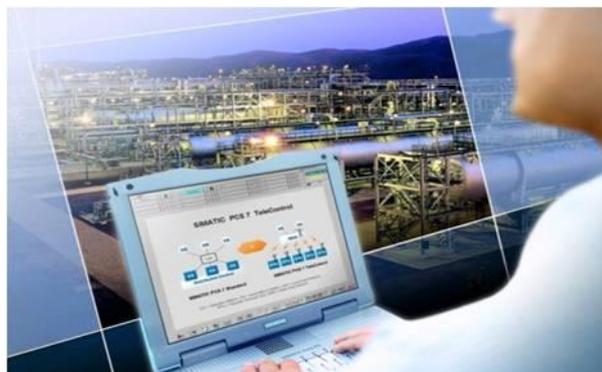


Figura 17-1 Automatización Industrial

Fuente: <http://sieii-equipoforza2.blogspot.com/>

1.5.2 Definición

Un automatismo es la realización de varias tareas o procesos en los cuales no existe la intervención manual de un operador, sino solo su supervisión a través del mismo sistema computarizado; es por esto que se puede definir como automatización a la aplicación de automatismos para realizar un proceso.

Automatización Industrial es la facultad de autonomía o acción de operar por sí solo que poseen los procesos industriales y donde las actividades de producción son realizadas a través de acciones autónomas, con una mínima o ninguna intervención humana y una máxima intervención de inteligencia artificial, lograda con la programación de diversos procesadores. (Herrera Quiroz, 2004).

1.5.3 Objetivos de la automatización

La automatización se ha vuelto indispensable en los procesos industriales, podemos mencionar como principales objetivos los siguientes:

- Realizar tareas complejas y riesgosas para un operador humano
- Reducir tiempos de producción
- Aumentar la rentabilidad del proceso
- Asegurar un óptimo funcionamiento del proceso
- Reducir las pérdidas
- Minimizar los daños en las maquinaria
- Prevenir y corregir errores con antelación

1.5.4 Elementos de un sistema automatizado

Se logra la automatización gracias a la unión de diversas tecnologías que se complementan para lograr el fin deseado.

Desde un punto de vista estructural, en un sistema automatizado se distinguen claramente dos partes (Orozco Gutiérrez, et al., 2008, pág. 9):

- Parte Operativa: Formada por el conjunto de dispositivos, máquinas y subprocesos diseñados para realizar determinadas funciones de producción y corresponden en su gran mayoría a elementos de potencia y actuadores.

- Parte de Control: Formada por los elementos de procesamiento y mando, interfaz de comunicación y de interacción con el operario.

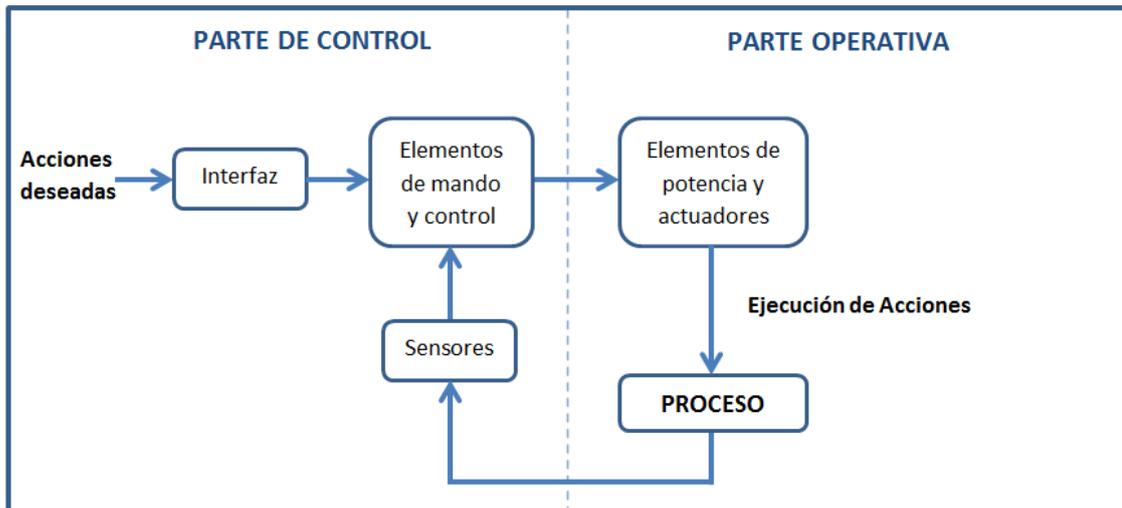


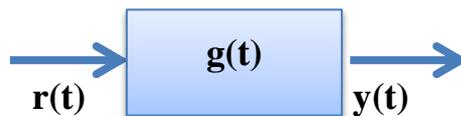
Figura 18-1 Elementos de un sistema automatizado

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

1.6 Sistemas De Control

1.6.1 Definición

Se denomina como un sistema de control al conjunto de dispositivos o elementos de igual o diferente característica, que al interactuar entre sí pueden controlar sus propias acciones, logrando cumplir un determinado objetivo.



$r(t)$ = Entrada

$g(t)$ = Sistema

$y(t)$ = Salida

Figura 19-1 Gráfico de Sistema

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Todo sistema de control se caracteriza principalmente por:

- Estabilidad ante perturbaciones, es decir que es capaz de entrar a un nuevo estado de equilibrio.

- Exactitud de las variables controladas, mantenerlas dentro de un rango de valores permisibles según la variable de referencia.
- Velocidad de respuesta, premura por adaptarse a nuevas condiciones de estabilidad.

1.6.2 Tipos de Sistemas de Control

Los sistemas de control pueden ser:

Sistema de Control de Lazo Abierto:

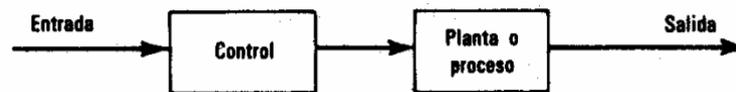


Figura 20-1 Sistema de control de lazo abierto

Fuente: <http://materias.fi.uba.ar/6653/material/02Introduccion.pdf>

Son aquellos sistemas en los que la variable de entrada tiene una condición fija, razón por la cual, no depende del resultado de la salida del sistema.

Características:

- La salida no se compara con la entrada de referencia
- A cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija
- La precisión del sistema depende de la calibración
- No realiza la tarea deseada ante la presencia de perturbaciones. (Ogata, 1998 pág. 7)

Sistema de Control de Lazo Cerrado:

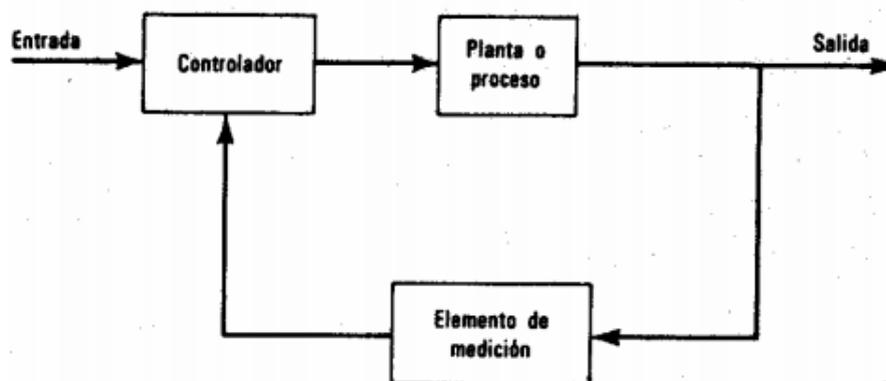


Figura 21-1 Sistema de control de lazo cerrado

Fuente: <http://materias.fi.uba.ar/6653/material/02Introduccion.pdf>

Son llamados también sistemas retroalimentados, es el sistema cuya señal de referencia se encuentra constantemente en comparación con la salida del sistema generando errores, los mismos que influyen en las acciones del controlador.

Características:

- Relativamente insensible a perturbaciones externas y a variaciones internas.
- Control retroalimentado.
- Diferencia entre referencia y salida es medio de control. (Ogata, 1998 págs. 6-7)

1.6.3 Tipos de Controladores

En general los controladores en los sistemas de control tienen la función de detectar y corregir la diferencia entre la salida del sistema y un valor de referencia (error). Existen 5 tipos:

- Control ON-OFF
- Control Proporcional
- Control Proporcional – Integral
- Control Proporcional – Derivativo
- Control PID

1.6.7 Control ON – OFF

Es el más simple de los controles, el cual consiste en un accionamiento de encendido o apagado, es decir es únicamente de dos posiciones. La señal de salida del sistema solo puede tomar dos posiciones fijas, los cuales generaran una señal de todo o nada.

Si la señal es positiva se activará el estado de ON y si es negativa la señal su estado cambiará a OFF.

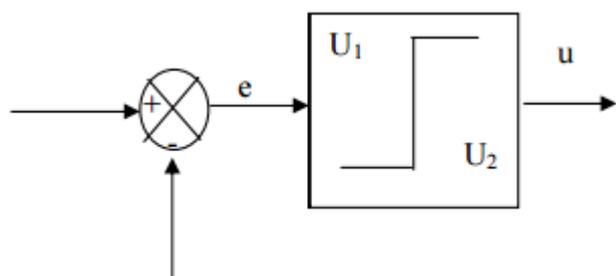


Figura 22-1 Control ON-OFF

Fuente: <http://catarina.udlap.mx/>

Características:

- Dependiendo del signo de error se realizará el control
- De construcción simple y de amplio uso en procesos de poca precisión
- No recomendable para procesos críticos o de alto riesgo debido a que no tiene la capacidad de generar un valor exacto en la variable controlada.

1.7 Controlador Lógico Programable (PLC)

1.7.1 Definición de PLC

Las siglas PLC provienen de Controlador Lógico Programable. Un PLC es un dispositivo electrónico de control y maniobra, empleado en la automatización industrial, que permite manejar de manera centralizada y compacta todas las acciones y decisiones que se tomen dentro de un proceso.

Los PLC se crearon para reemplazar a la lógica cableada y a sus antiguos elementos de control sobretodo dentro de las plantas industriales. El uso de un PLC dentro de un proceso industrial tiene grandes ventajas como son la reducción de tableros que contengan dispositivos de control de tiempo, conteo y de decisiones lógicas; versatilidad para realizar cualquier función debido a su estructura modular; la oportunidad de controlar varias máquinas a la vez y la necesidad de poco o ningún mantenimiento por el hecho de ser programable en un lenguaje sencillo que a su vez brinda la posibilidad de realizar cambios para añadir o quitar instrucciones sin ningún costo.

Un PLC o Autómata Programable cuenta con las herramientas necesarias, tanto de software como de hardware, para controlar dispositivos externos, recibir señales de sensores y tomar decisiones de acuerdo al programa que el usuario elabore según el esquema del proceso a controlar. (FI-UNLP, 2013)

1.7.2 Funciones de un PLC

Un PLC es un elemento de control y maniobra que interviene en un proceso, como funciones se puede mencionar:

- La ejecución constante del programa diseñado y permitir su modificación de acuerdo a las exigencias del proceso, garantizando la confiabilidad.

- La recolección, almacenamiento y manipulación de datos provenientes del proceso controlado y sus elementos, principalmente sensores.
- La toma de decisiones y el mando de acciones a ejecutarse siguiendo las instrucciones del programa diseñado previamente.
- La mediación del dialogo entre el operador y las máquinas, ya que un PLC es capaz de recibir instrucciones y a su vez de entregar informes y estados del proceso.
- Permitir la creación de redes de comunicación industriales que faciliten la interconectividad de los procesos, permitiendo el intercambio de información y la toma de decisiones en tiempo real.

1.7.3 Arquitectura de un PLC

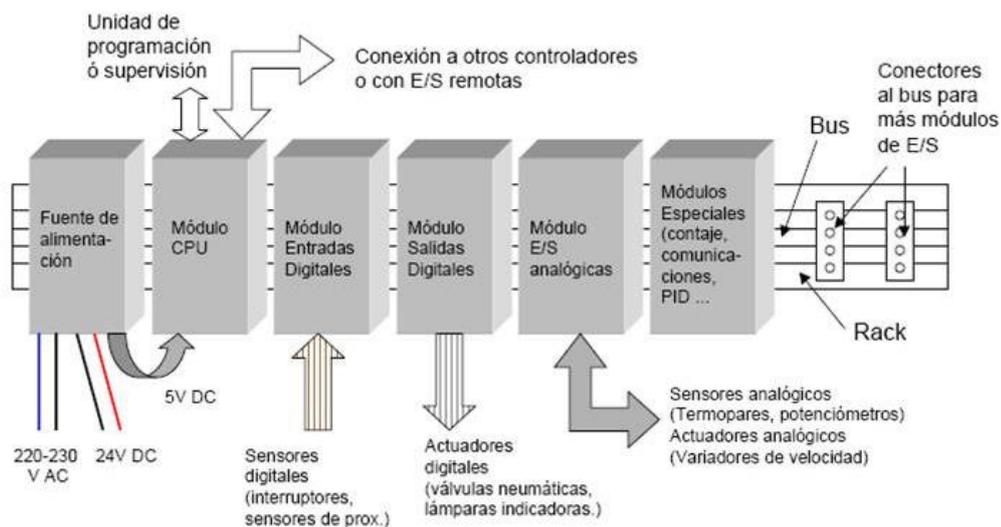


Figura 23-1 Arquitectura de un PLC

Fuente: <https://davidrojasticsplc.wordpress.com/>

En un PLC se puede reconocer los siguientes componentes:

- Fuente de Alimentación

Es la tensión aplicada al PLC que permite el encendido del mismo y la obtención de los voltajes necesarios para el funcionamiento de los diversos circuitos electrónicos internos. Existen PLC que requieren fuentes de alimentación de Corriente Continua y aquellos que trabajan con una fuente de Corriente Alterna.

- CPU (Unidad central de procesamiento)

El CPU es el cerebro del PLC procesa información y realiza cálculos. A esta unidad llega la lectura de las entradas obtenidas, se procesan de acuerdo al programa almacenado en memoria y se envía respuestas e instrucciones a las salidas.

- Módulos de entrada

Su principal función es recoger la información de los elementos de lectura del proceso y transformarlos a un lenguaje apropiado y entendible para el CPU. Las entradas obtenidas pueden ser digitales y analógicas.

- Módulos de salida

Su principal función es transformar y amplificar la información enviada por el PLC para activar los actuadores conectados a sus terminales. Según la corriente de activación necesaria las salidas pueden ser por transistor o por relé.

- Módulos de comunicaciones

Facilitan la comunicación del PLC con un ordenador y la creación de redes entre autómatas y equipos que intervienen en el proceso. Entre estos módulos tenemos: RS-232, RS-485, Ethernet, GSM, entre otros.

- Módulos especiales

De acuerdo a la disponibilidad del fabricante del PLC se pueden contar con módulos especiales que sirven para el rápido y fácil acoplamiento de otros elementos al sistema o para ampliar las funciones del CPU del PLC, por ejemplo termocuplas, termoresistencias, módulos PID, entre otros.

De acuerdo a la distribución de estos componentes los PLC se clasifican en dos grupos: Compactos y Modulares.

Un PLC compacto es aquel que posee su fuente de alimentación, CPU, módulos de E/S en un solo módulo principal.



Figura 24-1 PLC compacto

Fuente: <https://industrial.omron.es/>

Un PLC modular es aquel en el que el controlador total está integrado por un grupo de módulos, cada uno con su función específica. Este tipo de PLC presenta como principal ventaja la posibilidad de ampliación de acuerdo a las especificaciones requeridas.



Figura 25-1 PLC modular

Fuente: <http://www.directindustry.es/>

1.7.4 Selección del PLC

Para la correcta selección del PLC que formará parte del proceso se deben tener en cuenta varios parámetros, de los cuales depende la eficiencia en los resultados del control y que se eviten problemas a futuro.

Como aspectos importantes a considerar se pueden mencionar:

- Dimensión y complejidad del proceso
- Extensión del programa a diseñar
- Número de entradas y salidas
- Oportunidad de adaptarse a cambios en el proceso
- Funciones especiales necesarias
- Protocolos de comunicación a emplear
- Mantenimiento

- Costo
- Asistencia técnica

1.7.5 Lenguajes de programación del PLC

El lenguaje de programación es la interfaz que permite al usuario guardar en la memoria del PLC el conjunto de instrucciones que describen la filosofía de control del proceso, las mismas que se ejecutan de forma autónoma y están relacionadas principalmente con las entradas existentes en el PLC provenientes de los dispositivos que conforman todo el sistema.

El lenguaje de programación del PLC depende del fabricante, en todos los casos los controladores tienen su propia interfaz de programación y configuración.

Los lenguajes de programación normalizados y reconocidos mundialmente son los siguientes:

- LD – diagrama de contactos

Ladder o escalera, por su traducción al español, es una forma gráfica de representar lo que el PLC debe ejecutar, este lenguaje se caracteriza por el uso de esquemas de contactos eléctricos, es decir que las variables lógicas son representadas por la bobina de un relé y los contactos que se relacionan con ésta. La bobina dentro del Ladder representa memorias y salidas, mientras que los contactos pueden ser normalmente abiertos o normalmente cerrados.

Para simbolizar la operación lógica OR los contactos se conectan en paralelo y para la operación lógica AND éstos se conectan en serie.

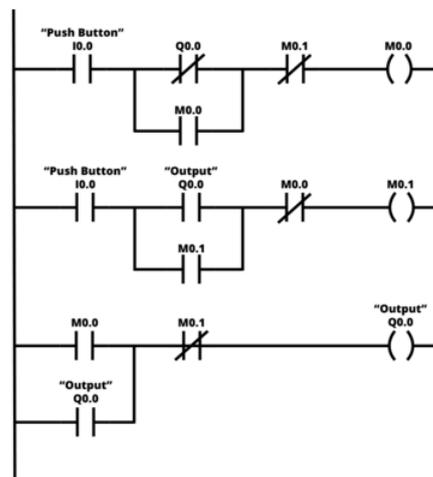


Figura 26-1 Ladder

Fuente: <http://www.plcademy.com/>

- FBD – diagrama de funciones

La programación mediante diagramas de funciones es una forma gráfica en la que la relación entre variables se realiza mediante bloques que simbolizan a las compuertas lógicas, está basado en los principios de la Electrónica Digital, y el programa que se guardará en memoria del PLC está formado por la interconexión de dichas compuertas siguiendo la lógica de control que se desee lograr.

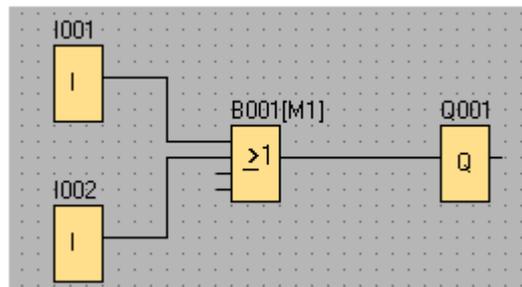


Figura 27-1 Diagrama de funciones

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

- IL – lista de instrucciones

La programación mediante lista de instrucciones está basada netamente en el Algebra de Boole. Son líneas de programa que contienen las instrucciones de control en lenguaje máquina relacionando las variables declaradas a través de las operaciones booleanas OR, AND, XOR, etc.

```

000:  L   IO.1
001:  S   MO.0
002:  S   QO.0
003:  L   MO.1
004:  R   MO.0
005:  R   QO.0
006:  TR1
    *S:  MO.0
    *STP:
    *IW:  KW10
    *EQ:  QO.1
007:  TR2
    *S:  MO.0
    *STP:
    *IW:  KW20
    *EQ:  QO.2
008:  TR3
    *S:  MO.0
    *STP:
    *IW:  KW30
    *EQ:  QO.3
009:  TR4
    *S:  MO.0
    *STP:
    *IW:  KW40

```

Figura 28-1 Lista de instrucciones

Fuente: <http://www.autoware.com/>

- SFC – gráfico secuencial de funciones

El gráfico secuencial de funciones conocido también como GRAFCET es una representación gráfica de bloques interconectados entre sí formando una secuencia similar a un diagrama de flujo. Su principal objetivo es facilitar la visualización y el comportamiento de las variables de acuerdo a la lógica secuencial de programación. Un GRAFCET se compone de etapas, transiciones y acciones.

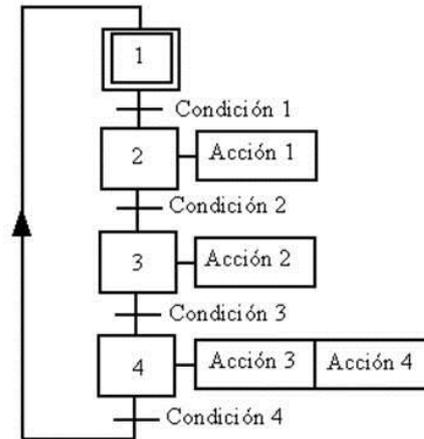


Figura 29-1 GRAFCET

Fuente: <http://datateca.unad.edu.co/>

1.7.6 PLC xLogic Easy

La marca xLogic Easy PLC es la que se ha escogido para realizar el presente proyecto de titulación debido a sus altas prestaciones para el fin deseado además de sus bajos costos y facilidad de adquirir elementos adicionales y módulos de expansión.

EXM-12DC-DA-RT-GWIFI es un PLC especialmente diseñado para sistemas GSM/GPRS y WIFI inalámbrico, para mediciones remotas, registro de datos, control y diagnóstico mediante llamadas o mensajes de texto cortos SMS. (xLogic, 2011)



Figura 30-1 PLC EXM-12DC-DA-RT-GWIFI

Fuente: <http://www.xlogic-plc.com/>

Características del PLC EXM-12DC-DA-RT-GWIFI

- Alimentación (DC12/24V)
- Entradas Digitales (DC12/24V, AC110/240V) y Analógicas (DC0...10V, 0/4...20mA)
- Puerto de programación y expansión para función del PLC como Maestro o Esclavo.
- 8 módulos de expansión permitidos.
- Display 4*16 LCD en donde se visualiza: CPU run/stop, nivel de señal GSM, estado de la conexión GPRS y todos los parámetros configurados por el usuario que se desee mostrar como estado de entradas, salidas, contadores, etc.
- Protocolo MODBUS para comunicación y TCP-IP interface.
- Protocolo RS-232
- Salidas por relé (AC250V 10A NO) y transistor (PNP 0,3A)

Para los fines deseados se emplean módulos de expansión ELC-E-8DC-DA-R, los mismos que proveen 4 salidas de relé que soportan un voltaje de AC 250 V y una corriente de 3 a 10 A.



Figura 31-1 Módulo de Expansión

Fuente: <http://www.xlogic-plc.com/>

Debido al uso de módulos de expansión, la conexión de dispositivos periféricos que intercambien información con el PLC mediante MODBUS se debe realizar empleando un conversor RS485 – TTL, cuya función radica en convertir al puerto de programación del PLC en un puerto RS485 facilitando la comunicación.



Figura 32-1 Cable de Comunicación PRO-RS485

Fuente: <http://www.audon.co.uk/>

1.8 Redes y Protocolos de Comunicación Industrial

1.8.1 Introducción

En un proceso, el intercambio de información es un aspecto muy relevante, ya que el envío y recepción de datos permite el monitoreo, control y acción en tiempo real dentro de los equipos que conforman el proceso.

Una red industrial es un conjunto de nodos interconectados entre sí, entre los cuales se transmite información, la cual está disponible en cada uno de los dispositivos de red, los elementos que conforman una red industrial son los controladores, dispositivos de entrada y salida, sensores y transductores, computadoras industriales, módulos de control y las interfaces con el operador. Los nodos se identifican dentro de la red porque poseen una dirección propia.

Los nodos se encuentran conectados entre sí mediante cables y módulos que facilitan la comunicación pero para que exista una integración entre los dispositivos y las señales que éstos envían sean interpretadas se necesita de un protocolo de comunicación, siendo éste un conjunto de reglas que permiten la transferencia de datos entre los dispositivos de una red.

Para tener una idea de la comunicación dentro de los elementos de un proceso interconectados entre sí, tenemos la pirámide CIM, Computer integrated manufacturing o en español Manufactura Integrada por Computador, que representa un proceso completamente automatizado, en el cual los dispositivos que lo conforman se encuentran interconectados mediante una red y se comunican entre ellos mediante un protocolo, que viene a ser como su idioma.

La pirámide se divide en 4 niveles cada uno con su función y componentes específicos como se puede observar en la Figura 1.30



Figura 33-1 Pirámide CIM de Comunicación

Fuente: <http://www.infopl.net/>

1.8.2 Tipos

Según su ubicación en la pirámide de comunicación y tamaño las redes industriales son identificadas dentro de tres grupos:

- **Red de Planta:** Se denomina así a la interconexión de máquinas y equipos que conforman el proceso con el nivel de gestión, enlazando así las funciones de planificación con las de control de las operaciones del proceso. Se maneja grandes cantidades de información que se transmite a largas distancias.
- **Red de Célula:** Se denomina así a la interconexión de los equipos y dispositivos que intervienen en el proceso entre sí. Una red de célula puede estar compuesta de robots industriales, PLC y maquinas automatizadas. El objetivo de esta red es facilitar el envío y recepción de información corta, respetando prioridades y con respuestas inmediatas ante eventualidades, es decir que se maneja un alto nivel de fiabilidad.
- **Bus de Campo:** Es la red industrial más común en la cual se tiene una comunicación bidireccional entre los dispositivos de campo, sensores, actuadores y dispositivos de control. El bus de campo reemplaza a la conexión punto a punto, presentando numerosas ventajas, como la economía, eficiencia, y facilidad de instalación.

El tipo de protocolo de comunicación industrial empleado en el área de control de los procesos depende mucho del propietario de la tecnología de red, no se ha logrado aún la universalización de un protocolo en específico, por esto entre los protocolos más comunes podemos mencionar:

- ✓ HART
- ✓ Profibus

- ✓ Fieldbus Foundation
- ✓ DeviceNet
- ✓ Modbus
- ✓ Ethernet Industrial

1.8.3 Red GSM

La red GSM o por sus siglas Sistema Global de Comunicaciones Móviles, permite la transmisión digital de voz o datos. El principio de funcionamiento de este sistema radica en la identificación de cada usuario mediante un SIM, módulo de identificación del abonado, el cual permite el intercambio de información con la estación base y demás usuarios.

El uso de las redes de telefonía móvil dentro de la industria es una alternativa económica y muy útil, manteniendo una comunicación permanente entre las máquinas y equipos con la central de control y los operadores, brindando también una transferencia segura de datos ya que se utiliza una codificación y un firewall específico.

Para recibir información del proceso ya sea estado o alarmas, realizar control y mando de instrucciones, el uso de SMS, Short Message Service o en español Servicio de Mensajes Cortos, es la opción más rápida, económica y eficiente, la misma que depende de la configuración previa que se realice al autómata para el correcto y deseado manejo de los comandos.

1.8.4 Red Ethernet Inalámbrica

Las comunicaciones inalámbricas se han ido convirtiendo en uno de los componentes más necesarios en las instalaciones de industria, debido a que facilita la interconexión de equipos a distancia y elimina el cableado, además de brindar una elevada velocidad de transferencia de información en tiempo real.

La red WIFI industrial soporta varios protocolos de comunicación lo que facilita la compatibilidad entre dispositivos y computadoras, cada dispositivo dentro de la red tiene su identificación mediante su dirección IP y dependiendo del protocolo empleado se configura la velocidad de transmisión de datos, tiempos de respuesta y bits de datos, paridad y parada.

1.8.5 Protocolo MODBUS RS-485

Es uno de los protocolos de comunicación de amplio uso, aplicado en procesos industriales para el control y la supervisión de los equipos que lo conforman, permitiendo la interconexión de estaciones logrando un control centralizado

De acuerdo a la configuración, los niveles de señales eléctricas, velocidad de transmisión y distancias permisibles el protocolo MODBUS se puede identificar como:

- RS-232
- RS-422
- RS-485

Los modos de transmisión de datos MODBUS dependen de la codificación de la información transmitida. Se tienen dos modos:

- Modo RTU: Derivado de la arquitectura Maestro/Esclavo, es un protocolo de nivel serial, la transmisión de datos se realiza en código binario, sus mensajes son cortos permitiendo así el envío de varias tramas en el mismo paquete.
- Modo ASCII: El mensaje enviado es monitoreable en todas sus etapas debido a la representación del mismo en caracteres ASCII, los mensajes son codificados mediante caracteres hexadecimales ubicados en el inicio y fin de la trama.

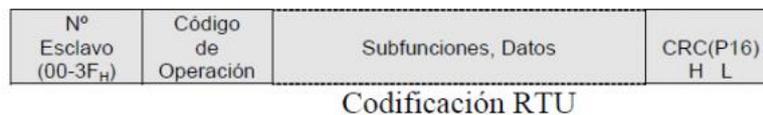
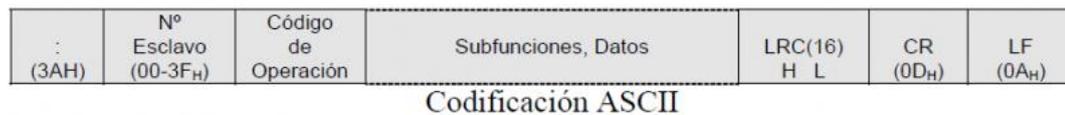


Figura 34-1 Trama Genérica Según el Modo de Codificación Modbus

Fuente: <http://uhu.es/>

En el protocolo MODBUS, para almacenar la información de los esclavos que conforman la red se usan tablas de datos, las mismas que proporcionan una dirección específica de acuerdo al tipo de dato que se vaya a almacenar.

Las tablas de datos que usa en MODBUS son cuatro:

Tabla 1-1: Tabla de Datos MODBUS

Código de Función	Tipo de Datos	Dirección MODBUS	Nombre de la Tabla de Datos
01	Digitales	1 – 9999	Output Coils → Lectura

05			Output Coils → Escritura
02	Digitales	10001 – 19999	Input Contact → Lectura
04	Analógicos	30000 – 39999	Input Registers → Lectura
03	Analógicos	40001 – 49999	Holding Registers → Lectura/Escritura

Realizado por: Mancheno - Cuvi
Fuente: <http://datateca.unad.edu.co/>

1.9 SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)

1.9.1 Definición

Es un software instalado en un ordenador que permite monitorear y controlar un proceso industrial mediante la adquisición de las variables que lo componen.

Con toda la información obtenida se toman decisiones sobre los actuadores y elementos con el fin de mantener al proceso operando según los requerimientos deseados, caso contrario se envían señales de alarma que permiten la rápida reacción ante errores y fallas, logrando así eficiencia, confiabilidad y optimización de tiempos.



Figura 35-1 Sistema SCADA

Fuente: <http://www.automazioneindustrialeferrazza.it/es/>

1.9.2 Partes de un Sistema SCADA

Las partes que conforman un sistema SCADA se describen a continuación:

- Interfaz Humano – Máquina

Es lo que presenta los datos del proceso al operador, a través del cual se realiza el control y monitoreo de las variables del sistema.

- **Unidad Remota de Telemetría (RTU)**
Es uno o varios dispositivos que forman parte del proceso que reciben y agrupan la información para enviarla a la Unidad Terminal Maestra, además cuentan con entradas y salidas, para recibir datos desde los dispositivos de campo y activar o desactivar actuadores.

- **Unidad Terminal Maestra (MTU)**
Es el computador principal del sistema en el cual se encuentra instalado el programa que sirve para la supervisión, la recolección de la información y la Interfaz Hombre Máquina incluyendo la gestión de alarmas.

- **Red de Comunicación**
Es el medio por el cual se realiza el intercambio de información entre todos los elementos que conforman el sistema SCADA, manejando un protocolo que habilite el transporte de datos en forma bidireccional.

- **Instrumentación de Campo**
Son todos los dispositivos, sensores, transductores y actuadores que conforman el proceso y que para su correcto funcionamiento envían y receptan información, de forma bilateral hacia la interfaz Humano – Máquina, pasando por las unidades.

1.9.3 Software de desarrollo de aplicaciones SCADA

Para crear una aplicación SCADA es necesario contar con un IDE, Ambiente de Desarrollo Integrado, que nos brinde los servicios y herramientas necesarias para lograr el diseño del aspecto de la Interfaz, las funciones de control, el manejo de eventos, la gestión de alarmas, el almacenamiento de históricos y las operaciones y procesamiento de los datos que se adquieran del proceso.

Existen varios software libres y propietarios que nos ayudan con la creación de un SCADA entre ellos podemos mencionar.

- FreeSCADA
- Scada Factory Talk View SE
- Wonderware Intouch
- Lookout
- LabVIEW
- WizFactory, entre otros.

1.9.4 LabVIEW

LabVIEW es una herramienta poderosa de National Instruments que ofrece un IDE completo para la creación de sistemas SCADA. LabVIEW ofrece la fácil integración con hardware y software que maximiza la operatividad del sistema que allí se diseñe.

LabVIEW ofrece un entorno de programación amigable y gráfico y a la vez lo combina con instrucciones de lenguajes de programación tradicionales, sin afectar su facilidad de uso.

Los programas creados en LabVIEW se denominan VIs o Instrumentos Virtuales los cuales constan de dos ventanas, el Panel Frontal, donde se diseña el aspecto que tendrá la Interfaz, y el Diagrama de Bloques en donde se encuentra el programa en sí, se realiza la interconexión, configuración y operaciones entre elementos.

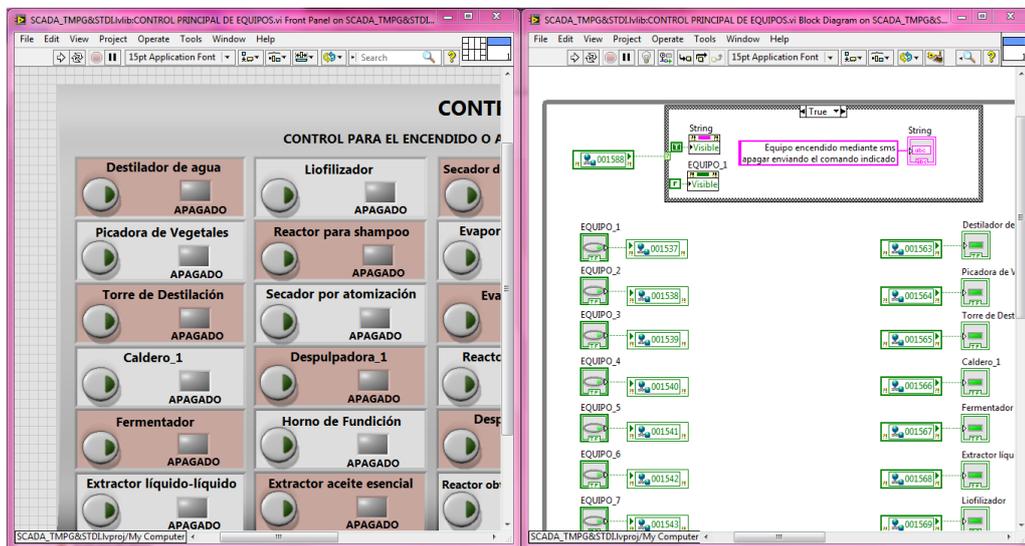


Figura 36-1 Apariencia de LabVIEW

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

1.10 Sensores

1.10.1 Definición

Los sensores tienen un gran uso en los procesos de las industrias, son los encargados de obtener y generar la información necesaria para tomar decisiones. En un sistema de control los sensores son los dispositivos que cierran el lazo de control, donde el controlador tomará las acciones necesarias.

En general, los sensores son los elementos que se encargan de transformar las magnitudes físicas del medio en señales eléctricas que son de fácil manipulación y transmisión en dispositivos electrónicos.



Figura 37-1 Sensores

Fuente: <http://skillten.com/cursos/sens001/vari0s/introduccion.pdf>

1.10.2 Características de los Sensores

Las características generales de los sensores pueden agruparse en dos grupos que son:

- Características estáticas
- Características dinámicas

Características estáticas: Comportamiento del sensor en régimen permanente.

- Rango de medida
- Resolución
- Precisión
- Repetibilidad
- Linealidad
- Sensibilidad
- Ruido

Características dinámicas: Comportamiento del sensor en régimen transitorio.

- Velocidad de respuesta
- Respuesta en frecuencia
- Estabilidad (Vasquez págs. 1-2)

1.10.3 Tipos de Sensores

A los sensores se los puede clasificar de dos formas: por el parámetro físico que miden y por su tipo de salida

Por el parámetro físico: Los sensores pueden ser de tipo:

- Posición lineal o angular
- Desplazamiento y deformación
- Velocidad lineal o angular
- Aceleración

- Fuerza y par
- Presión
- Caudal
- Temperatura
- Presencia
- Táctiles
- Visión Artificial

Por su salida:

- Analógicos
- Digitales

1.10.4 Sensor de Secuencia de Fase

Si el sistema es trifásico es imprescindible conocer si la secuencia de fase es positiva o negativa, esto es importante para la conexión de algunos motores en los que se debe de respetar su sentido de giro para evitar daños.

Hoy en día existen equipos especializados en indicar cuál es la secuencia de fase del sistema trifásico o en su defecto se puede utilizar diferentes métodos para lograr este objetivo.



Figura 38-1 Secuencia de Fase

Fuente: <http://www.electric1.es/>

1.10.5 Medidores Digitales de Variables Eléctricas

Es un instrumento utilizado para medir el consumo de la energía eléctrica, su funcionamiento consiste en recolectar información de las variables eléctricas medibles como voltaje, corriente, potencia de la línea y convertirlas en pulsos que podrán ser visualizados en algún tipo de indicador.

1.10.6 Coulómetro Siemens Sentron PAC 3100

Es un instrumento multifunción que permite la medición y visualización de parámetros de la red eléctrica, puede conectarse en redes monofásica y trifásica. Además de detectar valores energéticos de consumo, corriente y tensión, permite medir la potencia activa, reactiva y aparente. Incluye una interfaz RS485 con protocolo de comunicación Modbus RTU.



Figura 39-1 Sentron Pac 3100
Fuente: <http://www.pce-iberica.es>

1.10.7 Acondicionadores de Señal

Se denomina acondicionadores de señal a los dispositivos que transforman una señal a otra de fácil lectura permite su procesamiento mediante medidores u otros aparatos. En general las principales funciones de los acondicionadores son:

- Amplificación
- Filtrado
- Linealización
- Modulación
- Excitación

1.10.8 Transformadores de Corriente

Los transformadores de corriente son instrumentos que son utilizados para tomar muestras de la corriente de la línea y transformarlos a valores medibles y seguros para los instrumentos de medida. Su función principal es de proteger al equipo o instrumento al existir cortocircuitos en las líneas.



Figura 40-1 Transformador de corriente

Fuente: http://es.made-in-china.com/co_ceaelectric/

1.11 Indicadores

1.11.1 Definición

Se puede decir que se denomina de esta manera a cualquier instrumento o dispositivo utilizado para indicar o mostrar algo permitiendo comprender y describir la funcionalidad de un sistema o alguna otra actividad.

1.11.2 Tipos

Los indicadores pueden ser los siguientes:

- Indicadores de Control
- Indicadores de parámetros físicos (velocidad, temperatura, sonido, etc.)
- Indicadores de nivel
- Indicadores Luminosos

1.11.3 Luces Piloto

Las luces piloto son indicadores del tipo luminoso, existen gran variedad en el mercado pero su uso depende cada aplicación en la que se requiera. Por lo general los más utilizados son:

- Rojo: Indica el paro de cualquier proceso o maquinaria ya sea por motivos de peligro o mantenimiento.
- Verde: Indica que el equipo o proceso se encuentran en marcha y en funcionamiento.



Figura 41-1 Luces Piloto

Fuente: <http://www.induelectro.cl/>

1.11.4 Zumbador

Convierte la señal eléctrica en una señal acústica, es utilizado como señal de alarma.



Figura 42-1 Zumbador

Fuente: <https://adajusa.es/zumbadores>

1.12 Circuitos Impresos

1.12.1 Normas Básicas para el diseño de circuitos impresos

Antes de empezar con el diseño de placas se debe de tener en cuenta algunas de las recomendaciones para lograr un buen funcionamiento y son las siguientes:

- Las pistas no deberán tener curvaturas de 90°, en caso de serlo se deberá de suavizarlas, y su anchura dependerá a la intensidad de corriente que por ahí circule.
- La distancia entre pistas y puntos de suelda dependerá de la tensión eléctrica entre ellas.
- Los componentes en la placa deberán ser dispuestos de forma paralela a los bordes de la placa.
- Entre puntos de soldaduras de entrada y salida y el borde de la placa no deberá de existir pistas.
- No debe de cruzar pistas por en medio de los puntos de suelda de los elementos.

1.12.2 Software de Diseño de Circuitos impresos

El diseño de circuitos impresos se lo realiza con la ayuda de softwares, algunos de ellos pueden generar diseños automáticos a partir de la simulación del circuito deseado. Entre los principales softwares existentes tenemos:

- OrCAD
- Proteus
- EasyEDA
- Kicad
- Livewire
- PCBWiz
- Eagle, etc.

1.12.3 Proteus-ARES

Este programa está conformado por dos paquetes que son:

- **Isis:** Aquí se realiza el diseño de circuitos con todos los elementos que se encuentran disponibles en el mercado, además posee un simulador en el que se puede comprobar la funcionalidad del diseño.
- **Ares:** Este paquete permite ubicar los componentes desde el Isis hacia una placa virtual, es decir es un enrutador de pistas facilitando la impresión del circuito en papel.

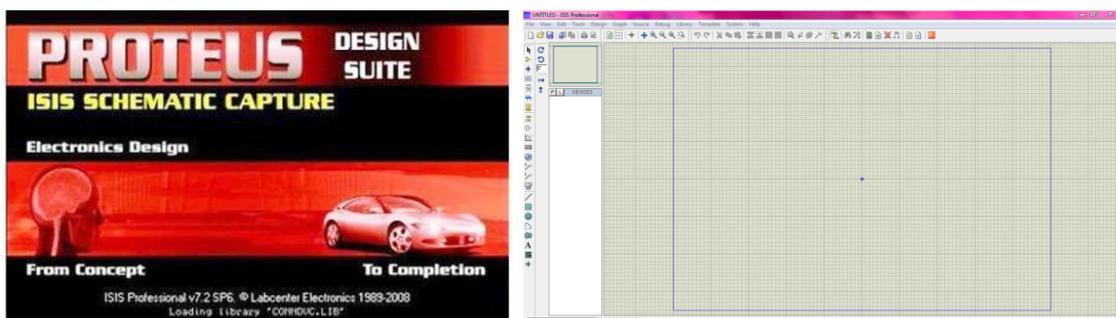


Figura 43-1 Apariencia de Proteus

Fuente: <http://www.engineersgarage.com/>

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se realiza la descripción detallada de los pasos seguidos para el diseño y la implementación de los tableros, incluyendo cálculos de los elementos de la instalación eléctrica, programación del controlador e integración con el dispositivo de medida y sensores, así como el desarrollo del sistema SCADA y la unificación de todo en la red de comunicación.

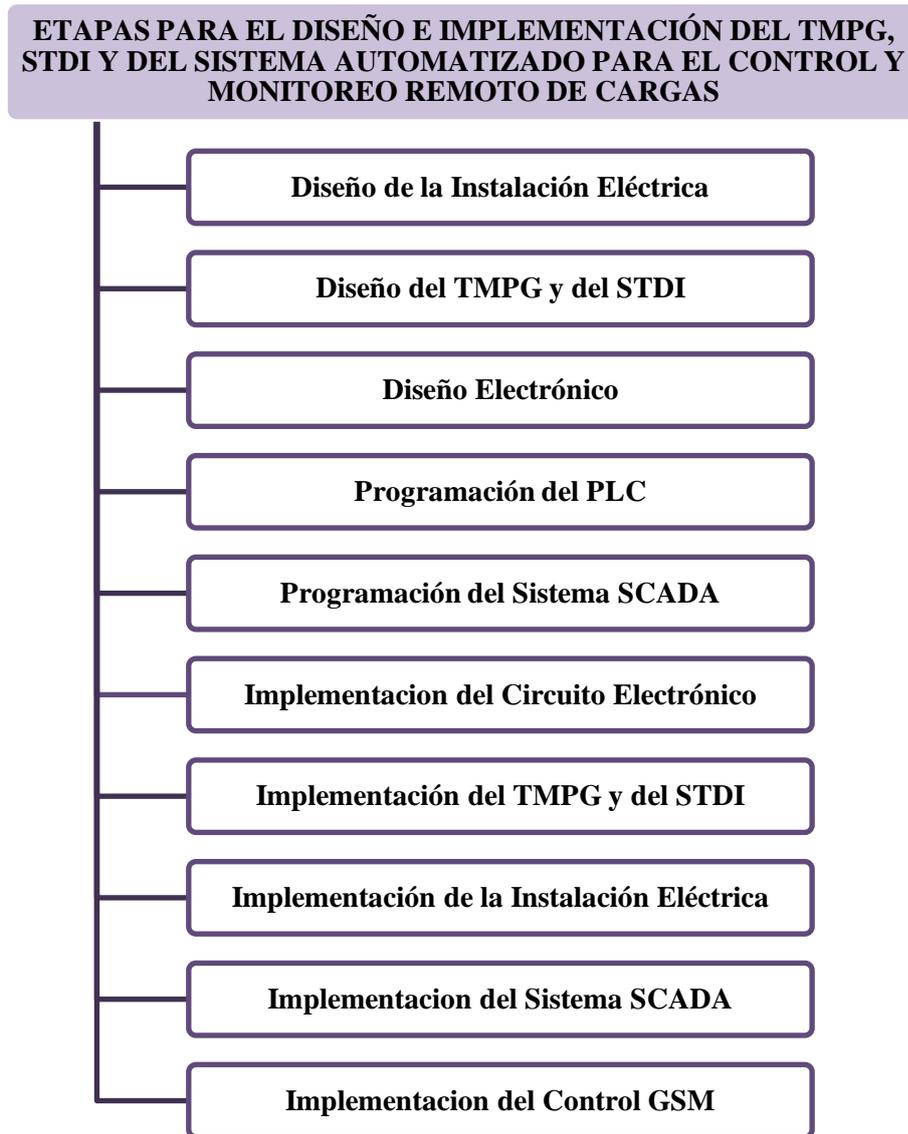


Grafico 1-2 Etapas del Diseño e Implementación del Sistema

Realizado por: Mancheno – Cuvi, 2016

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Para el diseño e implementación de todas las partes del sistema nos hemos basado en el método heurístico, el mismo que se basa en la evaluación de la problemática y de los errores y fallas encontradas, para posteriormente plantear soluciones con el fin de lograr condiciones ideales de operación.

2.1 Diseño de la Instalación Eléctrica

2.1.1 Recopilación de Datos de Equipos Eléctricos

Previo al diseño de la instalación se realizó un estudio de las cargas presentes en el Laboratorio de Producción Industrial. Se averiguó las características de funcionamiento, el producto que elabora cada máquina, la frecuencia y tiempo de uso de cada una, se tomaron datos de placa de los equipos y empleando instrumentos de medición se recopiló datos reales de las variables eléctricas de cada uno.

2.1.2 Censo de cargas

Con los datos recopilados de los equipos presentes en el laboratorio se realizó su clasificación en una tabla denominada Censo de Cargas.

Tabla 1-2: Censo de Cargas

NOMBRE EQUIPO	CARGA PRINCIPAL	VOLTAJE	fp	POTENCIA	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE MEDIDA CONSIDERADA PARA DISEÑO
Reactor para yogurt	Niquelina	220			6,0 A	6,17 A
	Motor	110		0,047 KW - (1/16) hp		
Destilador de agua	Niquelina	220			13,0 A	15,0 A
Extractor liquido-liquido	Bomba	110		0,37 KW - (1/2) hp	10,5 A	9,8 A
	Motor	110				
Liofilizador	Motor	110			12,0 A	11,23 A
	Niquelina	110				
Horno de fundición	Soplador	110			1,0 A	0,91 A
Reactor semiautomatico para shampo	Motor	110		0,057 KW - (1/13) hp	1,0 A	0,59 A
Turbo mezclador automático	Motor	110			3,0 A	3,9 A
Despulpadora 2	Motor	110		0,75 KW - 1hp	13,5 A	6,75 A
Reactor, obtencion de biodiesel	Motor	110			6,0 A	6,0 A
4 congeladoras	Congelador	110		0,105 KW - 0,14 hp	4 * 2 A	8,0 A
Extractor de aceite esencial eléctrico	Bomba	110		0,37 KW - (1/2) hp	2,5 A	2,6 A
Secador por atomización	Soplador	220		0,200 KW - 0,27 hp	1,5 A	13,5 A
	Compresor	110			5,0 A	
	Niquelina	220			6,0 A	
	Bomba	220		0,015 KW - 0,02 hp	1,0 A	
Picadora vegetales	Motor	110		1,5 KW - 2 hp	27,6 A	13,8 A
Molino micronizador	Motor	220			6,0 A	6,12 A
Descascarador de cebada y trigo	Motor	110		0,75 KW- 1 hp	13,5	6,75 A
Secador de lecho fluidizado	Soplador	110			5,0 A	5,0 A
Evaporador pequeño	Motor	220	0,69	0,25 KW - (1/3) hp	1,44 A	3,5 A
Evaporador 2, lafet	Motor	220	0,7	0,37 KW - (1/2) hp	2,1 A	2,1 A
Evaporador, serpentín horizontal	Motor	220	0,81	0,37 KW - (1/2) hp	1,9 A	1,9 A
Despulpadora 1	Motor	220	0,76	1,5KW - 2 hp	6,47 A	15,0 A
Licuada industrial	Motor	110		1,10 Kw - 1,48 hp	18,60 A	9,3 A
Torre de destilación de alcohol	Niquelina	220			25 A	25,0 A
Caldera (azul)	Bomba	110		0,37 KW - (1/2) hp	2,5 A	2,5 A
Caldero (plomo)	Bomba	110		0,37 KW - (1/2) hp	5,5 A	5,5 A
Fermentador obtención de alcohol	Motor	220	0,85	0,37 KW - (1/2) hp	3,2 A	3,2 A

Realizado por: Mancheno - Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.1.3 Estudio de Equilibrio de Cargas en la Red Eléctrica

Para realizar el estudio del Equilibrio de Cargas en la Red Eléctrica se tomó como punto de partida que todas las máquinas cambiarían su alimentación a 220 V y que en el laboratorio se dispone de las tres fases de la salida del transformador.

A continuación en la Tabla 2-2 se detalla los valores de variables eléctricas y el código que se ha dado a cada equipo para realizar la distribución homogénea de potencias en cada par de conductores de la red eléctrica trifásica.

Tabla 2-2: Valores considerados para el Equilibrio de Cargas

CÓDIGO DE EQUIPO	NOMBRE EQUIPO	CORRIENTE	fp	VOLTAJE	POTENCIA (W)	POTENCIA (KW)
1	Reactor para yogurth	6,17	1	220	1357,4	1,3574
2	Destilador de agua	15	1	220	3300	3,3000
3	Extractor liquido-liquido	9,8	1	220	2156	2,1560
4	Liofilizador	11,23	1	220	2470,6	2,4706
5	Horno de fundición	0,91	1	220	200,2	0,2002
6	Reactor semiautomatico para shampoo	0,59	1	220	129,8	0,1298
7	Turbo mezclador automático	3,9	1	220	858	0,8580
8	Despulpadora 2	6,75	1	220	1485	1,4850
9	Reactor, obtencion de biodiesel	6	1	220	1320	1,3200
10	4 congeladoras	8	1	220	1760	1,7600
11	Extractor de aceite esencial eléctrico	2,6	1	220	572	0,5720
12	Secador por atomización	13,5	1	220	2970	2,9700
13	Picadora vegetales	13,8	1	220	3036	3,0360
14	Molino micronizador	6,12	1	220	1346,4	1,3464
15	Descascarador de cebada y trigo	6,75	1	220	1485	1,4850
16	Secador de lecho fluidizado	5	1	220	1100	1,1000
17	Evaporador pequeño	3,5	0,69	220	531,3	0,5313
18	Evaporador 2	2,1	0,7	220	323,4	0,3234
19	Evaporador, serpentín horizontal	1,9	0,81	220	338,58	0,3386
20	Despulpadora 1	15	0,76	220	2508	2,5080
21	Licadora industrial	9,3	1	220	2046	2,0460
22	Torre de destilación de alcohol	25	1	220	5500	5,5000
23	Caldera (azul)	2,5	1	220	550	0,5500
24	Caldero (plomo)	5,5	1	220	1210	1,2100
25	Fermentador obtención de alcohol	3,2	0,85	220	598,4	0,5984

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Para lograr el equilibrio de cargas consideramos tres pares de conductores conformados de la siguiente manera:

- R – S

- S – T
- R – T

Por lo tanto y luego del análisis y distribución de las cargas en las fases correspondientes la conexión de la alimentación de los equipos se la realizo como se muestra en la Tabla 3-2

Tabla 3-2: Equilibrio de Cargas

CÓDIGO DE EQUIPO	Potencia (KW) R – S	CÓDIGO DE EQUIPO	Potencia (KW) R – T	CÓDIGO DE EQUIPO	Potencia (KW) S – T
2	3,3	3	2,156	1	1,3574
13	3,036	4	2,4706	7	0,858
22	5,5	5	0,2002	8	1,485
23	0,55	6	0,1298	9	1,32
25	0,5984	11	0,572	10	1,76
		12	2,97	14	1,3464
		16	1,1	15	1,485
		17	0,5313	19	0,33858
		18	0,3234	21	2,046
		20	2,508	24	1,21
POTENCIA TOTAL	12,9844 KW		12,9613KW		13,20638 KW

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.1.4 Estudio de Ubicación de Equipos y Tableros

La correcta ubicación de equipos depende de la comodidad de los operadores y de la manera en que una máquina se relaciona con otra para obtener el producto deseado.

La ubicación inicial de los equipos es como se muestra a continuación en la Figura 1-2

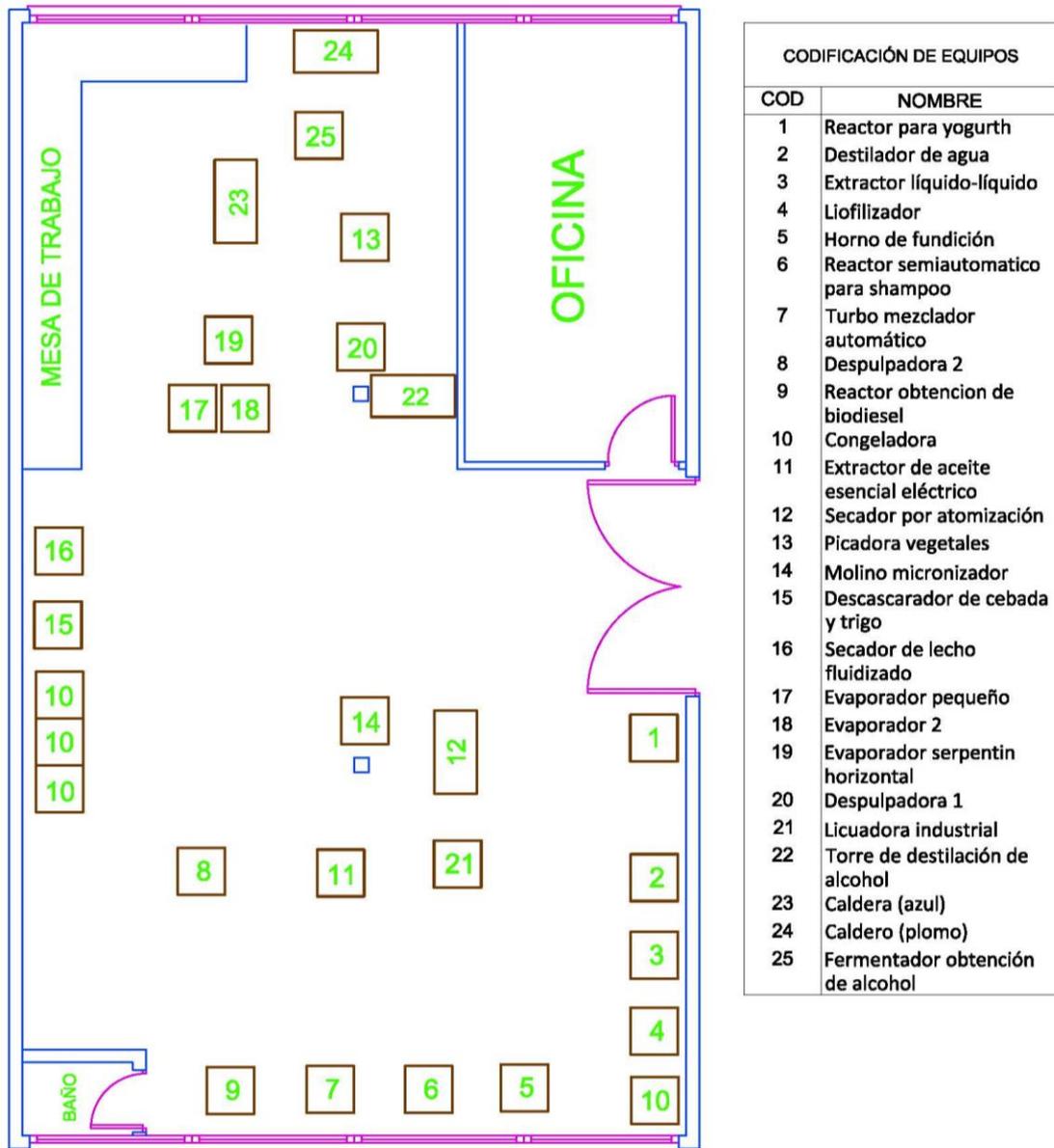


Figura 1-2 Ubicación de Equipos previo al diseño

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

La ubicación de los tableros se realizó en un lugar de fácil acceso y manipulación, ya sea para control, mantenimiento o para deshabilitar todo el Sistema al presionar el botón de paro de emergencia ante cualquier eventualidad.

La ubicación luego del Diseño es la que se muestra a continuación en la Figura 2-2

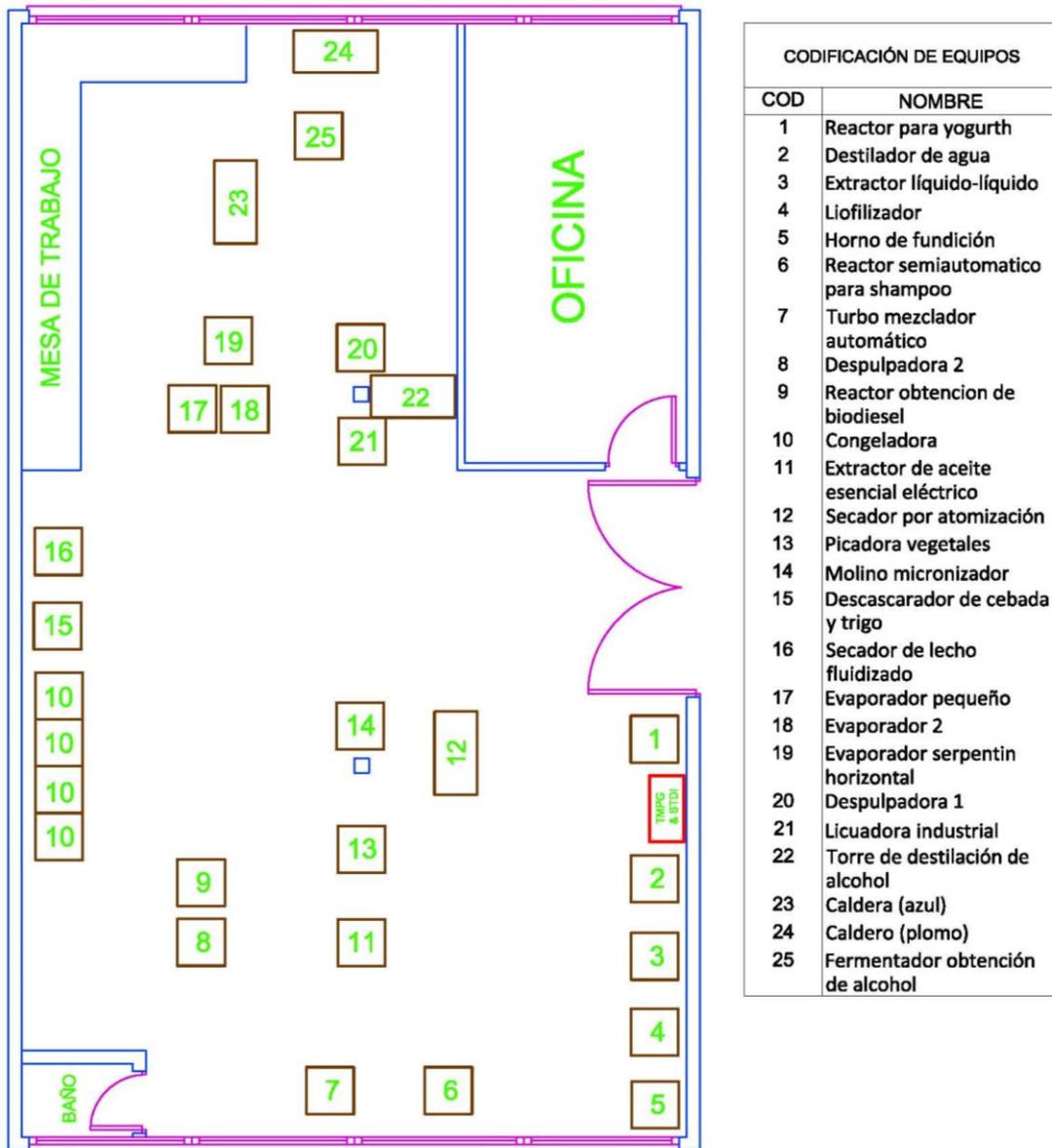


Figura 2-2 Ubicación de Equipos posterior al diseño

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.1.5 Dimensionamiento de Conductores

El correcto dimensionamiento de los conductores se logrará aplicando la Ecuación 5-1 para el cálculo de caída de tensión en un circuito bifásico, considerando como norma el 1% de pérdida en el ramal desde el STDI hasta el punto de consumo. Además se considera como voltaje de alimentación de:

$$V = 220 \text{ VAC}$$

Equipo 1 Reactor para yogurt

$$\Delta V_1 = I_1 * Re * L_1$$

$I_1 = 6,17 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #18 AWG

$$R_{\#18 AWG} = 21,75 \Omega/Km$$

$$L_1 = 0,00438 Km$$

$$\Delta V_1 = 0,59$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_1(\%) = 0,27 \%$$

$$0,27 \% < 1\%$$

En este equipo las cargas principales son la niquelina y el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 2 Destilador de Agua

$$\Delta V_2 = I_2 * Re * L_2$$

$I_2 = 15,0 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #14 AWG

$$R_{\#14 AWG} = 8,58 \Omega/Km$$

$$L_2 = 0,00326 Km$$

$$\Delta V_2 = 0,42$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_2(\%) = 0,19 \%$$

$$0,19 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es la niquelina, considerando el tiempo de utilización el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 3 Extractor liquido-liquido

$$\Delta V_3 = I_3 * Re * L_3$$

$I_3 = 9,8 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #14 AWG

$$R_{\#14 AWG} = 8,58 \Omega/Km$$

$$L_3 = 0,00452 Km$$

$$\Delta V_3 = 0,38$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_3(\%) = 0,17 \%$$

$$0,17 \% < 1\%$$

En este equipo las cargas principales son la niquelina y el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 4 Liofilizador

$$\Delta V_4 = I_4 * R_e * L_4$$

$I_4 = 11,23 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #14 AWG

$$R_{\#14 AWG} = 8,58 \Omega / Km$$

$$L_4 = 0,00552 Km$$

$$\Delta V_4 = 0,53$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_4(\%) = 0,24 \%$$

$$0,24 \% < 1\%$$

En este equipo las cargas principales son la niquelina y el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 5 Horno de Fundición

$$\Delta V_5 = I_5 * R_e * L_5$$

$I_5 = 0,91 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #20 AWG

$$R_{\#20 AWG} = 34,30 \Omega / Km$$

$$L_5 = 0,00612 Km$$

$$\Delta V_5 = 0,19$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_4(\%) = 0,086 \%$$

$$0,086 \% < 1\%$$

Equipo 6 Reactor semiautomático para shampoo

$$\Delta V_6 = I_6 * R_e * L_6$$

$I_6 = 0,59 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #20 AWG

$$R_{\#20 AWG} = 34,30 \Omega / Km$$

$$L_6 = 0,00952 Km$$

$$\Delta V_6 = 0,19$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_6(\%) = 0,086 \%$$

$$0,086 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 7 Turbo mezclador automático

$$\Delta V_7 = I_7 * R_e * L_7$$

$I_7 = 3,9 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #20 AWG

$$R_{\#20 AWG} = 34,30 \Omega / Km$$

$$L_7 = 0,01177 Km$$

$$\Delta V_7 = 1,57$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_7(\%) = 0,71 \%$$

$$0,71 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 8 Despulpadora 2

$$\Delta V_8 = I_8 * R_e * L_8$$

$I_8 = 6,75 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #16 AWG

$$R_{\#16 AWG} = 13,62 \Omega / Km$$

$$L_8 = 0,02008 Km$$

$$\Delta V_8 = 1,80$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_8(\%) = 0,82 \%$$

$$0,82 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 9 Reactor, obtención de biodiesel

$$\Delta V_9 = I_9 * R_e * L_9$$

$I_9 = 6,0 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #16 AWG

$$R_{\#16 AWG} = 13,62 \Omega / Km$$

$$L_9 = 0,02008 Km$$

$$\Delta V_9 = 1,64$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_9(\%) = 0,75 \%$$

$$0,75 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 10 4 Congeladoras

$$\Delta V_{10} = I_{10} * Re * L_{10}$$

$I_{10} = 8,0 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #16 AWG

$$R_{\#16 AWG} = 13,62 \Omega / Km$$

$$L_{10} = 0,02213 Km$$

$$\Delta V_{10} = 2,41$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{10}(\%) = 1,09 \%$$

$$1,09 \% > 1\%$$

En este equipo el porcentaje de caída de tensión supera el límite de 1%, por lo que el calibre del conductor debe ser #14 AWG.

$$\Delta V_{10} = I_{10} * Re * L_{10}$$

$I_{10} = 8,0 A \rightarrow$ De acuerdo al cálculo anterior corresponde un conductor #14 AWG

$$R_{\#14 AWG} = 8,58 \Omega / Km$$

$$L_{10} = 0,02213 Km$$

$$\Delta V_{10} = 1,52$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{10}(\%) = 0,69 \%$$

$$0,69 \% < 1\%$$

Equipo 11 Extractor de aceite esencial eléctrico

$$\Delta V_{11} = I_{11} * Re * L_{11}$$

$I_{11} = 2,6 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #20 AWG

$$R_{\#20 AWG} = 30,34 \Omega / Km$$

$$L_{11} = 0,02653 Km$$

$$\Delta V_{11} = 2,09$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{11}(\%) = 0,95 \%$$

$$0,95 \% < 1\%$$

Equipo 12 Secador por atomización

$$\Delta V_{12} = I_{12} * Re * L_{12}$$

$I_{12} = 13,5 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #14 AWG

$$R_{\#14 AWG} = 8,58 \Omega / Km$$

$$L_{12} = 0,02653 Km$$

$$\Delta V_{12} = 3,07$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{12}(\%) = 1,40 \%$$

$$1,40 \% > 1\%$$

En este equipo el porcentaje de caída de tensión supera el límite de 1%, por lo que el calibre del conductor debe ser #12 AWG.

$$\Delta V_{12} = I_{12} * Re * L_{12}$$

$I_{12} = 13,5 A \rightarrow$ De acuerdo al cálculo anterior corresponde un conductor #12 AWG

$$R_{\#12 AWG} = 5,39 \Omega / Km$$

$$L_{12} = 0,02653 Km$$

$$\Delta V_{12} = 1,93$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{12}(\%) = 0,88 \%$$

$$0,88 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es la niquelina, considerando el tiempo de utilización el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 13 Picadora de vegetales

$$\Delta V_{13} = I_{13} * Re * L_{13}$$

$I_{13} = 13,8 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #14 AWG

$$R_{\#14 AWG} = 8,58 \Omega / Km$$

$$L_{13} = 0,02653 Km$$

$$\Delta V_{13} = 3,14$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{13}(\%) = 1,43 \%$$

$$1,43 \% > 1\%$$

En este equipo el porcentaje de caída de tensión supera el límite de 1%, por lo que el calibre del conductor debe ser #12 AWG.

$$\Delta V_{13} = I_{13} * Re * L_{13}$$

$I_{13} = 13,8 A \rightarrow$ De acuerdo al cálculo anterior corresponde un conductor #12 AWG

$$R_{\#12 AWG} = 5,39 \Omega / Km$$

$$L_{13} = 0,02653 Km$$

$$\Delta V_{13} = 1,97$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{13}(\%) = 0,90 \%$$

$$0,90 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 14 Molino Micronizador

$$\Delta V_{14} = I_{14} * Re * L_{14}$$

$I_{14} = 6,12 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #14 AWG

$$R_{\#14 AWG} = 8,58 \Omega / Km$$

$$L_{14} = 0,02653 Km$$

$$\Delta V_{14} = 1,39$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{14}(\%) = 0,63 \%$$

$$0,63 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 15 Descascarador de Cebada y Trigo

$$\Delta V_{15} = I_{15} * Re * L_{15}$$

$I_{15} = 6,75 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #14 AWG

$$R_{\#14 AWG} = 8,58 \Omega / Km$$

$$L_{15} = 0,02748 Km$$

$$\Delta V_{15} = 1,59$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{15}(\%) = 0,72 \%$$

$$0,72 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 16 Secador de Lecho Fluidizado

$$\Delta V_{16} = I_{16} * Re * L_{16}$$

$I_{16} = 5 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #16 AWG

$$R_{\#16 AWG} = 13,62 \Omega / Km$$

$$L_{16} = 0,02748 Km$$

$$\Delta V_{16} = 1,87$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{16}(\%) = 0,85 \%$$

$$0,85 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor del soplador, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 17 Evaporador Pequeño

$$\Delta V_{17} = I_{17} * Re * L_{17}$$

$I_{17} = 3,5 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #18 AWG

$$R_{\#18 AWG} = 21,75 \Omega / Km$$

$$L_{17} = 0,02988 Km$$

$$\Delta V_{17} = 2,27$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{17}(\%) = 1,03 \%$$

$$1,03 \% > 1\%$$

En este equipo el porcentaje de caída de tensión supera el límite de 1%, por lo que el calibre del conductor debe ser #16 AWG

$$\Delta V_{17} = I_{17} * Re * L_{17}$$

$I_{17} = 3,5 A \rightarrow$ De acuerdo al cálculo anterior corresponde un conductor #16 AWG

$$R_{\#16 AWG} = 13,62 \Omega / Km$$

$$L_{18} = 0,02988 Km$$

$$\Delta V_{17} = 1,42$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{17}(\%) = 0,72 \%$$

$$0,72 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 18 Evaporador 2

$$\Delta V_{18} = I_{18} * Re * L_{18}$$

$I_{18} = 2,1 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #18 AWG

$$R_{\#18 AWG} = 21,75 \Omega / Km$$

$$L_{18} = 0,02988 Km$$

$$\Delta V_{18} = 1,36$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{18}(\%) = 0,62 \%$$

$$0,62 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 19 Evaporador Serpentin Horizontal

$$\Delta V_{19} = I_{19} * Re * L_{19}$$

$I_{19} = 1,9 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #18 AWG

$$R_{\#19 AWG} = 21,75 \Omega / Km$$

$$L_{19} = 0,02988 Km$$

$$\Delta V_{19} = 1,23$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{19}(\%) = 0,56 \%$$

$$0,56 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 20 Despulpadora 1

$$\Delta V_{20} = I_{20} * Re * L_{20}$$

$I_{20} = 15 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #14 AWG

$$R_{\#14 AWG} = 8,58 \Omega / Km$$

$$L_{20} = 0,02988 Km$$

$$\Delta V_{20} = 3,85$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{20}(\%) = 1,75 \%$$

$$1,75 \% > 1\%$$

En este equipo el porcentaje de caída de tensión supera el límite de 1%, por lo que el calibre del conductor debe ser #12 AWG.

$$\Delta V_{20} = I_{20} * Re * L_{20}$$

$I_{20} = 15 A \rightarrow$ De acuerdo al cálculo anterior corresponde un conductor #12 AWG

$$R_{\#12 AWG} = 5,39 \Omega/Km$$

$$L_{20} = 0,02988 Km$$

$$\Delta V_{20} = 2,42$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{20}(\%) = 1,1 \%$$

$$1,1 \% > 1\%$$

En este equipo el porcentaje de caída de tensión supera el límite de 1%, por lo que el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

$$\Delta V_{20} = I_{20} * Re * L_{20}$$

$I_{20} = 15 A \rightarrow$ De acuerdo al cálculo anterior corresponde un conductor #10 AWG

$$R_{\#10 AWG} = 3,39 \Omega/Km$$

$$L_{20} = 0,02988 Km$$

$$\Delta V_{20} = 1,52$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{20}(\%) = 0,69 \%$$

$$0,69 \% < 1\%$$

En este equipo de acuerdo al resultado calculado y a que la carga principal es el motor, el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 21 Licuadora Industrial

$$\Delta V_{21} = I_{21} * Re * L_{21}$$

$I_{21} = 9,3 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #14 AWG

$$R_{\#14 AWG} = 8,58 \Omega/Km$$

$$L_{21} = 0,02988 Km$$

$$\Delta V_{21} = 2,38$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{21}(\%) = 1,1 \%$$

$$1,1 \% > 1\%$$

En este equipo el porcentaje de caída de tensión supera el límite de 1%, por lo que el calibre del conductor debe ser #12 AWG.

$$\Delta V_{21} = I_{21} * Re * L_{21}$$

$I_{21} = 9,3 A \rightarrow$ De acuerdo al cálculo anterior corresponde un conductor #12 AWG

$$R_{\#12 AWG} = 5,39 \Omega / Km$$

$$L_{20} = 0,02988 Km$$

$$\Delta V_{21} = 1,5$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{20}(\%) = 0,68 \%$$

$$0,68 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 22 Torre de Destilación de Alcohol

$$\Delta V_{22} = I_{22} * Re * L_{22}$$

$I_{22} = 25 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #10 AWG

$$R_{\#10 AWG} = 3,39 \Omega / Km$$

$$L_{22} = 0,02988 Km$$

$$\Delta V_{22} = 2,15$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{22}(\%) = 0,97 \%$$

$$0,97 \% < 1\%$$

En este equipo de acuerdo al resultado calculado y a que la carga principal es la niquelina, el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 23 Caldera Azul

$$\Delta V_{23} = I_{23} * Re * L_{23}$$

$I_{23} = 2,5 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #18 AWG

$$R_{\#18 AWG} = 21,75 \Omega / Km$$

$$L_{23} = 0,03359 Km$$

$$\Delta V_{23} = 1,82$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{23}(\%) = 0,83 \%$$

$$0,83 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor de la bomba, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 24 Caldera Ploma

$$\Delta V_{24} = I_{24} * Re * L_{24}$$

$I_{24} = 5,5 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #18 AWG

$$R_{\#18 AWG} = 21,75 \Omega / Km$$

$$L_{24} = 0,03589 Km$$

$$\Delta V_{24} = 4,24$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{24}(\%) = 1,95 \%$$

$$1,95 \% > 1\%$$

En este equipo el porcentaje de caída de tensión supera el límite de 1%, por lo que el calibre del conductor debe ser #16 AWG.

$$\Delta V_{24} = I_{24} * Re * L_{24}$$

$I_{24} = 5,5 A \rightarrow$ De acuerdo al cálculo anterior corresponde un conductor #16 AWG

$$R_{\#16 AWG} = 13,62 \Omega / Km$$

$$L_{24} = 0,03589 Km$$

$$\Delta V_{24} = 2,68$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{24}(\%) = 1,22 \%$$

$$1,22 \% > 1\%$$

En este equipo el porcentaje de caída de tensión supera el límite de 1%, por lo que el calibre del conductor debe ser #14 AWG.

$$\Delta V_{24} = I_{24} * Re * L_{24}$$

$I_{24} = 5,5 A \rightarrow$ De acuerdo al cálculo anterior corresponde un conductor #14 AWG

$$R_{\#14 AWG} = 8,58 \Omega / Km$$

$$L_{24} = 0,03589 Km$$

$$\Delta V_{24} = 1,69$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{24}(\%) = 0,76 \%$$

$$0,76 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor de la bomba, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

Equipo 25 Fermentador Obtención de Alcohol

$$\Delta V_{25} = I_{25} * R_e * L_{25}$$

$I_{25} = 3,2 A \rightarrow$ De acuerdo a la Figura 12 – 1 corresponde un conductor #18 AWG

$$R_{\#18 AWG} = 21,75 \Omega / Km$$

$$L_{25} = 0,03589 Km$$

$$\Delta V_{25} = 2,5$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{25}(\%) = 1,14 \%$$

$$1,14 \% > 1\%$$

En este equipo el porcentaje de caída de tensión supera el límite de 1%, por lo que el calibre del conductor debe ser #16 AWG

$$\Delta V_{25} = I_{25} * R_e * L_{25}$$

$I_{25} = 3,2 A \rightarrow$ De acuerdo al cálculo anterior corresponde un conductor #16 AWG

$$R_{\#16 AWG} = 13,62 \Omega / Km$$

$$L_{25} = 0,03589 Km$$

$$\Delta V_{25} = 1,56$$

Empleando la Ecuación 7 – 1

$$\Delta V_{25}(\%) = 0,71 \%$$

$$0,71 \% < 1\%$$

En este equipo la carga principal es el motor, por norma el calibre del conductor debe ser #10 AWG.

2.1.6 Dimensionamiento de Charolas

Para el dimensionamiento de las charolas se debe considerar la sección del conductor, como el mayor número de conductor que emplearemos en el desarrollo de la red son de calibre #10, se considerará los datos de este conductor.

Datos:

- Según los datos de la Figura 12-1 el diámetro exterior aproximado que corresponde al conductor #10 es de **4,11 mm**
- El total de equipos que se conectan a la red bifásica son **25**
- Por cada equipo se empleará 2 conductores, además de 1 conductor para Neutro y otro para Tierra

Número Total de Conductores:

$$NT_{conductores} = 25 \times 2 + 1 + 1$$

$$NT_{conductores} = 52$$

Área aproximada del conductor:

$$A_{conductor} = \pi \times d^2 / 4$$

$$A_{conductor} = \pi \times 4,11^2 / 4$$

$$A_{conductor} = 13,27 \text{ mm}^2$$

Área Total del conjunto de conductores:

$$A_{Total} = 52 \times 13,27 \text{ mm}^2$$

$$A_{Total} = 690,04 \text{ mm}^2$$

Dimensiones de la Charola

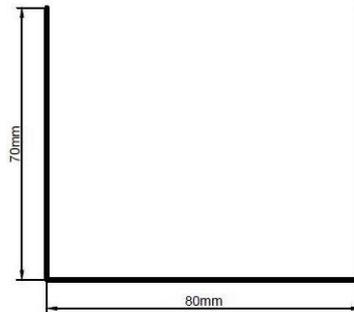


Figura 3-2 Dimensión de Charola

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Área de Charola en mm^2

$$A = 70 \times 80 \text{ mm}^2$$

$$A = 5600 \text{ mm}^2$$

Se considera que los conductores deben tener un mínimo rozamiento entre sí, además es importante estimar un crecimiento futuro de la instalación eléctrica. Se ha utilizado un aproximado de 30% de la charola, quedando el espacio restante para usos posteriores.

2.1.7 Dimensionamiento del Breaker General

El Tablero de Medición y Protección General, consta con un Breaker principal que protege a todos los equipos del laboratorio de fallas inesperadas en la Red Eléctrica como son sobrecargas y cortocircuitos. De acuerdo a las mediciones realizadas y luego de equilibrar las cargas se obtuvo los valores de corriente que se muestran en la Tabla 4-2

Tabla 4-2: Corriente Total en las Líneas

Circuito	Código de Equipo	Corriente (Amperios)		
		R	S	T
R – S	2	15	15	
	13	13,8	13,8	
	22	25	25	
	23	2,5	2,5	
	25	3,2	3,2	
R – T	3		9,8	9,8
	4		11,23	11,23
	5		0,91	0,91
	6		0,59	0,59
	11		3,5	3,5
	12		13,5	13,5
	16		5	5
	17		3,5	3,5
	18		2,1	2,1
	20		15	15
S – T	1	6,17		6,17
	7	3,9		3,9
	8	6,75		6,75
	9	6		6
	10	8		8
	14	6,12		6,12
	15	6,75		6,75
	19	1,9		1,9
	21	9,3		9,3
	24	5,5		5,5
Corriente Total		119,89 A	124,63 A	125,52 A

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

De los datos obtenidos se instaló un Breaker Tripolar con una capacidad de corriente de 150 A.

2.1.8 Dimensionamiento de Contactores y Relés Eléctricos

Para el dimensionamiento de protecciones se examina las corrientes de los equipos de la red empleando la Ecuación 8-1.

Equipo 1 Reactor para yogurt

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 6,17 A$$

$$I_p = 7,71 A$$

Equipo 2 Destilador de agua

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 15 A$$

$$I_p = 18,75 A$$

Equipo 3 Extractor liquido-liquido

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 9,8 A$$

$$I_p = 12,25 A$$

Equipo 4 Liofilizador

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 13,23 A$$

$$I_p = 16,54 A$$

Equipo 5 Horno de fundición

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 0,91 A$$

$$I_p = 1,14 A$$

Equipo 6 Reactor semiautomático para shampoo

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 0,59 A$$

$$I_p = 0,74 A$$

Equipo 7 Turbo mezclador automático

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 3,9 A$$

$$I_p = 4,88 A$$

Equipo 8 Despulpadora 2

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 6,75 A$$

$$I_p = 8,44 A$$

Equipo 9 Reactor, obtención de biodiesel

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 6 A$$

$$I_p = 7,5 A$$

Equipo 10 4 Congeladoras

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 8 A$$

$$I_p = 10 A$$

Equipo 11 Extractor de aceite esencial eléctrico

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 2,6 A$$

$$I_p = 3,25 A$$

Equipo 12 Secador por atomización

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 13,5 A$$

$$I_p = 16,88 A$$

Equipo 13 Picadora de vegetales

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 13,8 A$$

$$I_p = 17,25 A$$

Equipo 14 Molino Micronizador

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 6,12 A$$

$$I_p = 7,65 A$$

Equipo 15 Descascarador de Cebada y Trigo

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 6,75 A$$

$$I_p = 8,44 A$$

Equipo 16 Secador de Lecho Fluidizado

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 5 A$$

$$I_p = 6,25 A$$

Equipo 17 Evaporador Pequeño

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 3,5 A$$

$$I_p = 4,38 A$$

Equipo 18 Evaporador 2

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 2,1 A$$

$$I_p = 2,63 A$$

Equipo 19 Evaporador Serpentin Horizontal

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 1,9 A$$

$$I_p = 2,38 A$$

Equipo 20 Despulpadora 1

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 15 A$$

$$I_p = 18,75 A$$

Equipo 21 Licuadora Industrial

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 9,3 A$$

$$I_p = 11,63 A$$

Equipo 22 Torre de Destilación de Alcohol

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 25 A$$

$$I_p = 30,1 A$$

Equipo 23 Caldera Azul

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 2,5 A$$

$$I_p = 3,13 A$$

Equipo 24 Caldera Ploma

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 5,5 A$$

$$I_p = 6,88 A$$

Equipo 25 Fermentador Obtención de Alcohol

$$I_p = 1,25 * I_N$$

$$I_N = 3,2 A$$

$$I_p = 8,44 A$$

Para el seleccionamiento del contactor eléctrico se ha considerado que la mayor parte de equipos utilizan motores en sus procesos, por lo que se estima un valor agregado a la corriente para el arranque. Además se tomó en cuenta los tiempos prolongados de uso, por lo que se ha planteado los siguientes criterios de dimensionamiento:

- De 0,74 A – 5 A → Relé Eléctrico de 10 A.
- De 5,1 A – 30,1 → Contactor Eléctrico de 30 A.

2.1.9 Dimensionamiento de Puesta a Tierra

Para el dimensionamiento de la puesta a Tierra del sistema, se aplicó la Ecuación 11-1 para el cálculo de resistencia para una sola varilla. Además se considera como norma un valor máximo de 5Ω para Instalación Eléctrica – Electrónica.

$$R = \frac{0,8 * \rho}{L}$$

$\rho = 10 \rightarrow$ Tomado de la Figura 15 – 1, resistividad para suelo de humus

$L = 2m \rightarrow$ Longitud de la varilla copperweld

$$R = \frac{0,8 * (10)}{2}$$

$$R = 4 \Omega$$

De acuerdo al cálculo realizado, se concluye que la selección de la varilla de puesta a tierra si cumple los parámetros correspondientes.

2.1.10 Diagrama Unifilar de la Instalación

Luego de identificar los elementos de la instalación, dimensionar conductores, protecciones y contactores, balancear cargas e identificar los contactos del PLC y de los contactores que controlarán cada máquina se realizó el diseño del diagrama unifilar que describe la interconexión de los elementos de los tableros con los equipos.

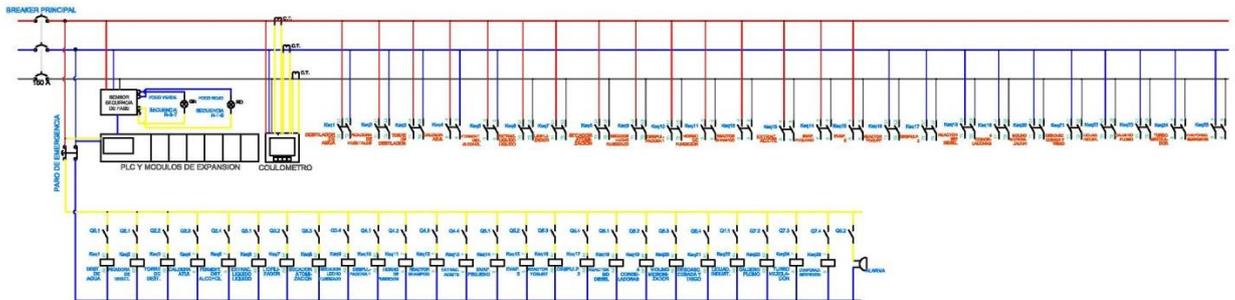


Figura 4-2 Diagrama Unifilar de la Instalación

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.2 Diseño del TMPG y del STDI

2.2.1 Selección del Anaqueel

El tamaño del anaquel fue seleccionado acorde a la disposición y al número de dispositivos que se conectaron a la red, por estas razones se estimó que el adecuado era el de las siguientes medidas: Alto: 80 cm Ancho: 60 cm Profundidad: 25 cm

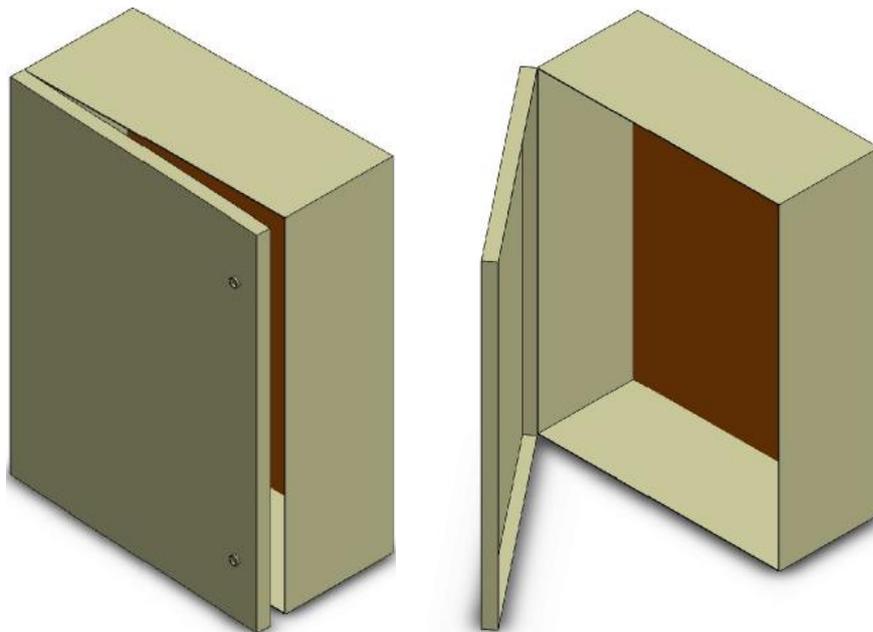


Figura 5-2 TMPG & STDI

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.2.2 *Diseño de Ubicación de Elementos y Sensores*

Considerando el tamaño de los elementos y el cableado que tienen entre ellos se realizó el diseño de ubicación empleando un software de diseño y ensamblaje en 3D, se incluyó el breaker principal, transformadores de corriente para el acondicionamiento de señal, PLC y módulos de expansión, contactores y relés.

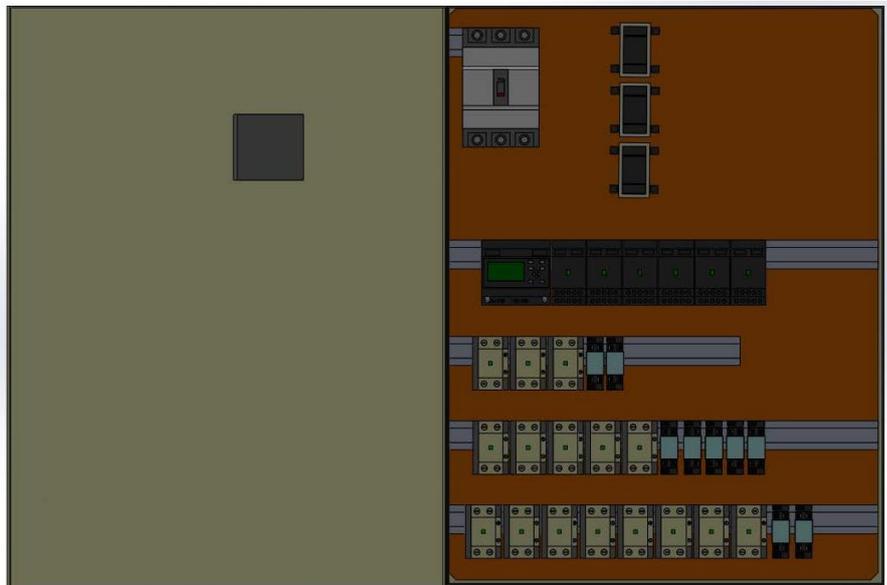


Figura 6-2 Diseño de Ubicación de Elementos

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

En la tapa del tablero se dispuso la ubicación del Coulómetro, Indicadores del sensor de secuencia de fase, indicador visual y auditivo de alarma y el botón de paro de emergencia.

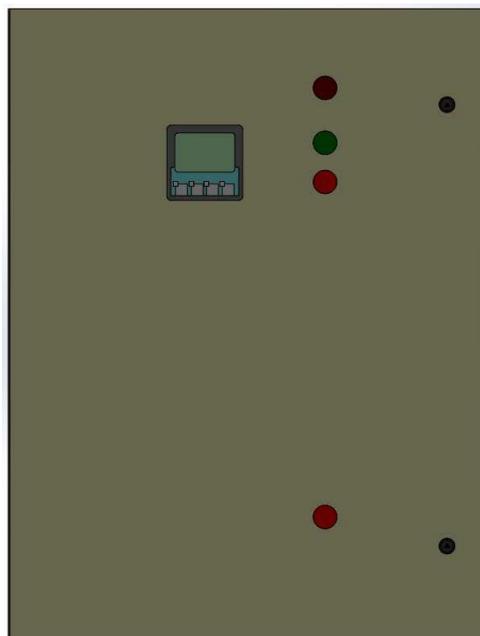


Figura 7-2 Diseño de Ubicación de Sensores, Indicadores y Botón de Paro

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Por lo tanto el diseño final del tablero es el siguiente:

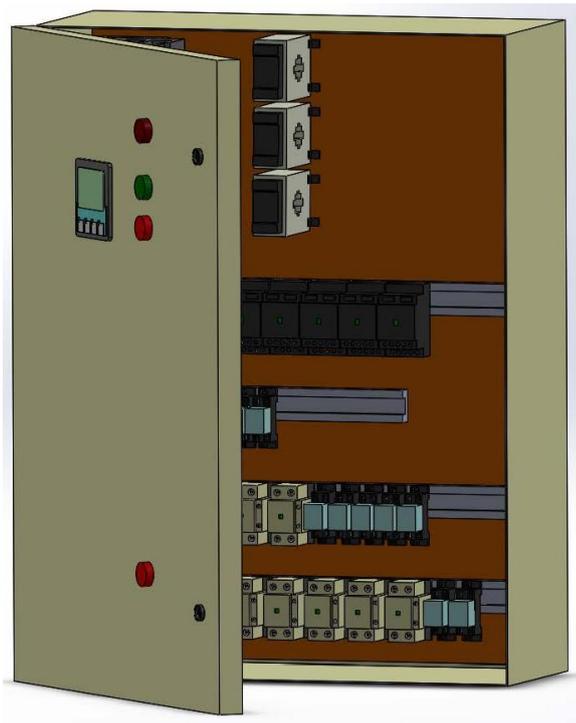


Figura 8-2 Diseño Final del Tablero
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.3 Diseño Electrónico

2.3.1 Diseño del Circuito del Sensor de Secuencia de Fase

Se diseñó un circuito para detectar si la fase de entrada Trifásica posee secuencia RST o RTS.

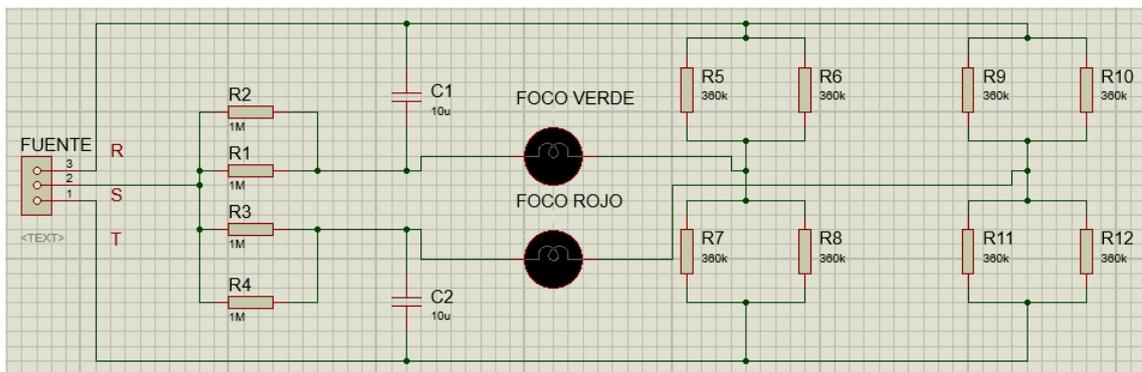


Figura 9-2 Diseño del Circuito del Sensor de Secuencia de Fase
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

El encendido de los focos (indicadores), depende de la diferencia de tensión entre dos puntos es decir entre dos fases en el instante t , este fenómeno se logra con la implementación de capacitores. En este circuito se pueden describir cuatro comportamientos:

- Si la red eléctrica tiene secuencia RST, la diferencia resultante es VR-VS generando un voltaje capaz de encender únicamente el FOCO VERDE.
- Si la red eléctrica tiene secuencia RTS, la diferencia resultante es VR-VT logrando encender el FOCO ROJO.
- Si existe la ausencia de alguna de las 3 fases de la red, no existen voltajes diferenciales, el resultado será el encendido de ambos indicadores.
- Finalmente, si dos de las fases están ausentes o no exista tensión en la red no se enciende ningún indicador.

En resumen, todo el funcionamiento del circuito está basado en voltajes diferenciales.

2.3.2 Diseño del Circuito Impreso del Sensor

Para el diseño del circuito impreso se siguió las normas respectivas empleando el software ARES, en el que se realizó la ubicación más adecuada de los elementos, así como la selección de pistas de cobre del ancho apropiado para que el dispositivo soporte el tiempo permanente de funcionamiento y las corrientes que por éste circulan.

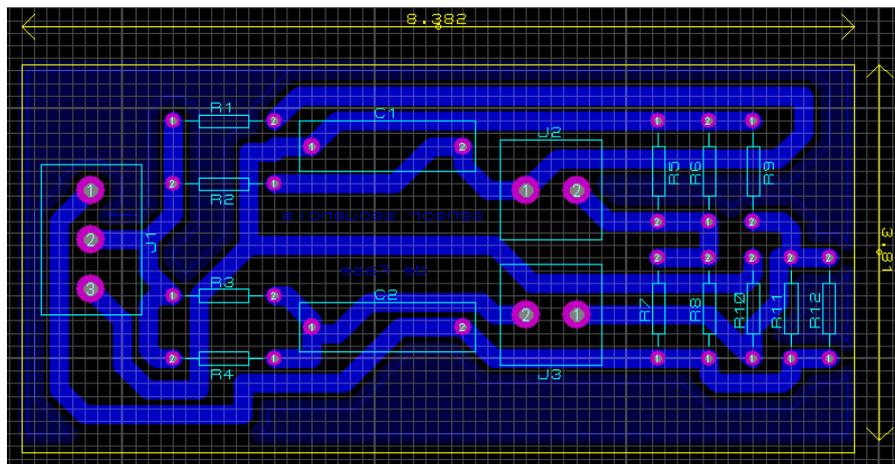


Figura 10-2 Diseño del Circuito Impreso

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

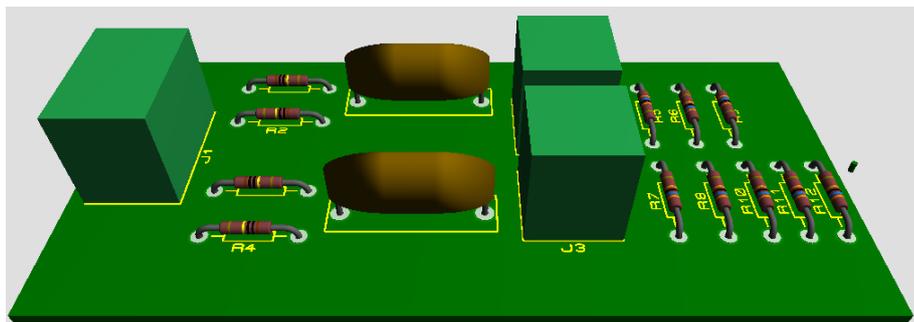


Figura 11-2 Visualización 3D del Circuito

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.4 Programación del PLC

2.4.1 Entradas y Salidas

Para la programación del PLC se cuentan con entradas digitales provenientes del sensor de secuencia de fase que sirven como restricción para el funcionamiento deseado, además se tiene como entrada la señal del botón de paro de emergencia, lo que servirá para enviar alertas en caso de su accionamiento.

Tabla 5-2: Entradas Digitales del PLC

Nombre del Bloque	Descripción
I005	Señal de lámpara verde del sensor de secuencia de fase
I006	Señal de lámpara roja del sensor de secuencia de fase
I007	Señal de estado del botón de paro de emergencia

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

También se tiene las salidas hacia los contactores que activan los equipos del laboratorio ordenados de la siguiente manera.

Tabla 6-2: Salidas Digitales del PLC

Ubicación física	Nombre del Bloque	Descripción	
CPU	Q1	Q001	Equipo_1:Destilador de agua
	Q2	Q021	Indicador Visual y Auditivo de Alarma
EXT.1 (2)	Q1	Q022	Equipo_2: Picadora vegetales
	Q2	Q023	Equipo_3: Torre de destilación de alcohol
	Q3	Q024	Equipo_4: Caldero (azul)
	Q4	Q031	Equipo_5: Fermentador obtención de alcohol
EXT.2 (3)	Q1	Q032	Equipo_6:Extractor liquido-liquido
	Q2	Q033	Equipo_7: Liofilizador
	Q3	Q034	Equipo_8: Reactor semiautomático para shampo
	Q4	Q041	Equipo_9: Secador por atomización
EXT.3 (4)	Q1	Q042	Equipo10: Despulpadora 1
	Q2	Q043	Equipo11: Horno de fundición
	Q3	Q044	Equipo12: Extractor de aceite esencial eléctrico
	Q4	Q051	Equipo13: Secador de lecho fluidizado
EXT.4 (5)	Q1	Q052	Equipo14: Evaporador pequeño
	Q2	Q053	Equipo15: Evaporador 2

	Q3	Q054	Equipo16: Reactor para yogurt
	Q4	Q061	Equipo17: Despulpadora 2 motor negro
EXT.5 (6)	Q1	Q062	Equipo18: Reactor obtención de biodiesel
	Q2	Q063	Equipo19: 4 congeladoras
	Q3	Q064	Equipo20: Molino micronizador
	Q4	Q071	Equipo21: Descascarador de cebada y trigo
EXT.6 (7)	Q1	Q072	Equipo22: Licuadora industrial
	Q2	Q073	Equipo23: Caldero (plomo)
	Q3	Q074	Equipo24: Turbo mezclador automático
	Q4	Q001	Equipo25: Evaporador serpentín horizontal

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.4.2 Configuración de comandos GSM

Para la activación y desactivación de los equipos mediante comandos GSM, a través de un mensaje de texto corto, se realizó la configuración de los bloques específicos en el software eSms config propio del PLC.

Este bloque nos proporciona un directorio telefónico, en el cual se registran hasta 5 de los usuarios que estén habilitados para acceder al control de encendido y apagado de los equipos. La diferenciación entre las máquinas se realiza a través de su propio comando de encendido y apagado, por ejemplo para encender el Equipo_1, el comando de encendido es on#destilador y el comando de apagado es off#destilador.

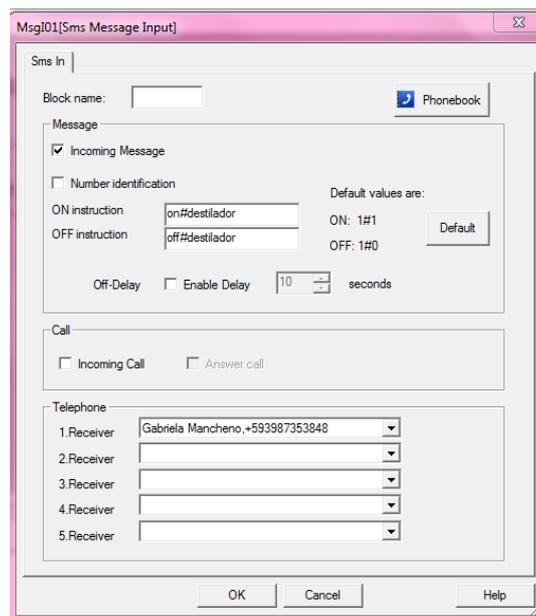


Figura 12-2 Configuración de Comandos GSM

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.4.3 Configuración de Comunicación con Sistema SCADA

Para la comunicación con el sistema SCADA, se emplearon los bloques de estados denominados Flags, las mismas que tienen direcciones MODBUS propias para la lectura y escritura de información, pudiendo ésta ser digital o analógica.

Por ejemplo para el Equipo_1 la Flag encargada de su cambio de estado es la F1, con su dirección 001537, y la Flag encargada del monitoreo del mismo equipo es F27 con su dirección 001563.

Tabla 7-2: Bloques de Comunicación con Sistema SCADA

Bloque cambio de estado	Nombre Flag	Dirección Modbus	Descripción	Bloque Monitoreo	Dirección Modbus
F1	Equipo_1	001537	Destilador de agua	F27	001563

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.4.4 Configuración de Red WIFI

La conexión mediante WIFI hacia el PLC se realizó luego de la configuración de su IP propia dentro de la red WIFI existente en el laboratorio y de otras características que facilitan la comunicación, como el puerto, la velocidad de transmisión, el canal, el modo de encriptación, algoritmo, además del nombre y del password.

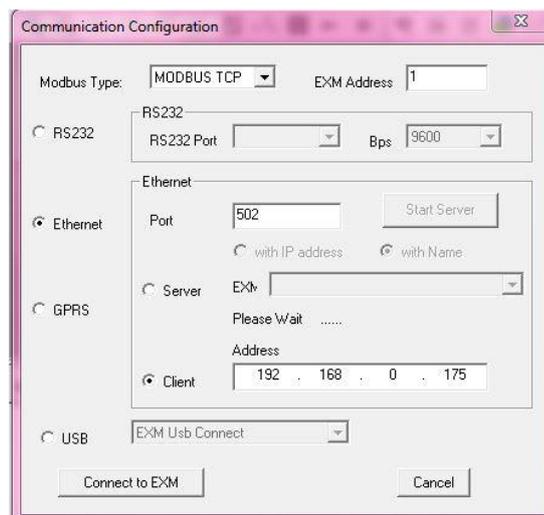


Figura 13-2 Configuración de IP para la Comunicación

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

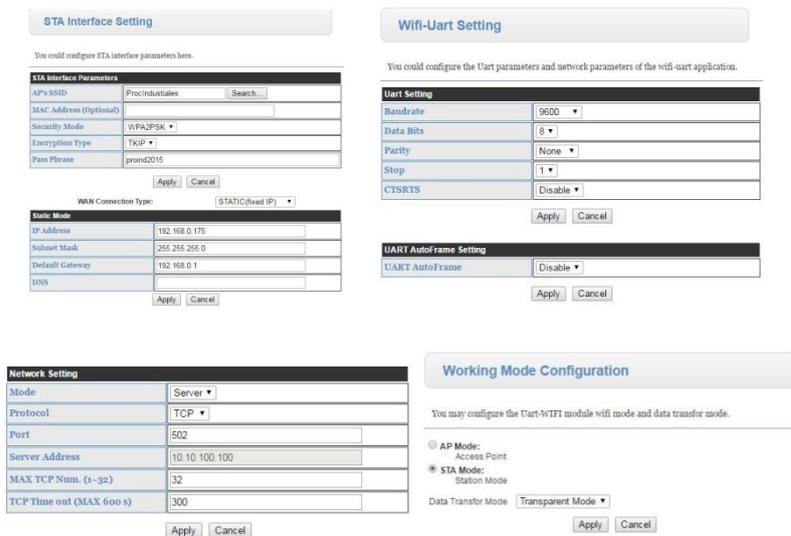


Figura 14-2 Configuración de parámetros de Comunicación WIFI
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.5 Programación del Sistema SCADA

2.5.1 Características de operación del SCADA

El sistema SCADA cuenta con comunicación WIFI mediante protocolo MODBUS, entre el computador principal y el PLC, a través del router instalado en el laboratorio. El HMI del sistema SCADA, realizado en LabView, cuenta con una serie de VIs amigables con el usuario que facilitan la visualización de variables eléctricas y la interacción con los equipos que conforman el laboratorio.

Se cuenta con una ventana principal de Inicio, a modo de carátula, la misma que permite la autenticación de usuarios con su respectiva contraseña los mismos que son: el ADMINISTRADOR y el OPERADOR, respetando la jerarquía que existe ente ellos.

El ADMINISTRADOR accede a un menú donde tiene tres opciones:

- **Ventana de Control Principal de los Equipos:** en donde se realiza el encendido y apagado, además del monitoreo del estado de cada equipo.
- **Ventana de Visualización de Variables Eléctricas:** en donde se realiza el monitoreo de las variables eléctricas del sistema, como voltajes, corrientes y potencias, facilitando así la detección de anomalías y el mantenimiento del sistema.
- **Ventana de Generación de Reportes de Consumo:** en donde se puede visualizar y generar un documento que indique el consumo mensual de energía de todos los equipos, pudiendo así determinar si el éste es el correcto y cómo varía de acuerdo al uso de las máquinas.

El OPERADOR accede a un menú donde tiene dos opciones:

- **Ventana de Estado de Equipos:** en donde puede monitorear qué equipos están encendido o apagados pero sin tomar ninguna acción sobre éstos.
- **Ventana de Generación de Reportes de Consumo:** al igual que el ADMINISTRADOR puede generar un documento en donde se detalle el consumo mensual existente en el laboratorio.

Para ambos usuarios se cuenta con una:

Ventana Emergente de Alarma de Fallos en el Sistema: que se desplegará en el instante que se detecte anomalías en las variables eléctricas del sistema, en la secuencia de fase censada o si se ha presionado el botón físico de paro de emergencia.

Los usuarios pueden cerrar su cuenta volviendo así a la ventana de inicio.

2.5.2 Configuración de LabView para comunicación RS-485

Para lograr la comunicación y el intercambio de información se realizó un nuevo proyecto de LabView y posterior a eso se creó un I/O Server de tipo MODBUS.

Para la configuración del Modbus I/O Server se considera el tipo de comunicación, en este caso al ser WIFI, se selecciona un Modbus Ethernet, además se configura la dirección física del PLC, los tiempos de espera y respuesta y la dirección IP a través de la cual se realizará el intercambio de datos.

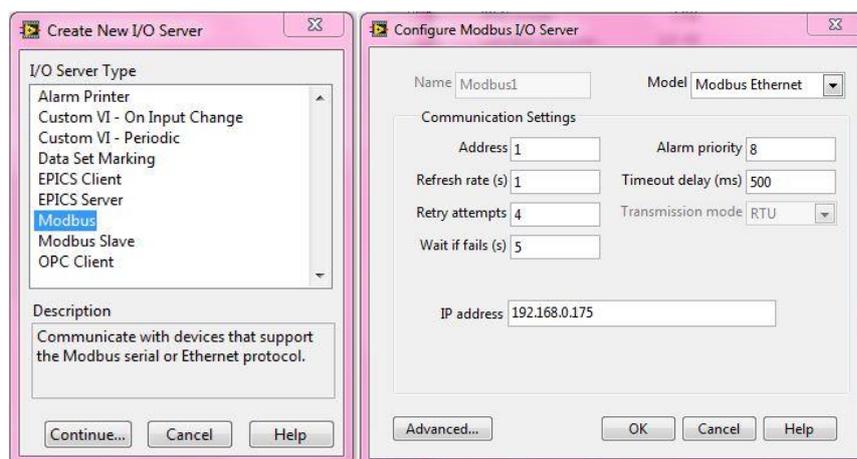


Figura 15-2 Creación y configuración de un I/O Server Modbus
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Siguiendo la tabla de direcciones Modbus y de acuerdo al tipo de dato, se crean las variables que servirán para el almacenamiento y posterior visualización de información en los respectivos VIs donde sean requeridas.

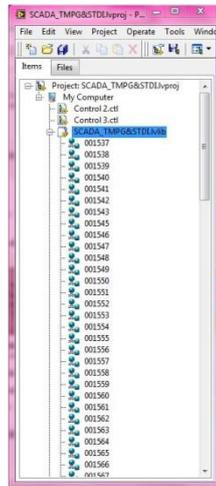


Figura 16-2 Variables MODBUS
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.6 Implementación del Circuito Electrónico

2.6.1 Elaboración de Placa de Sensor de Secuencia de Fase



Figura 17-2 Placa del Circuito de Secuencia de Fase
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.6.2 Conexión del Sensor de Secuencia de Fase a la Red Eléctrica

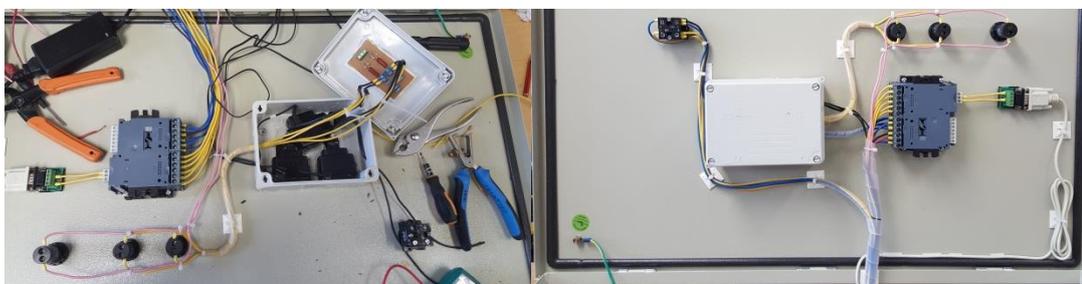


Figura 18-2 Conexión del Sensor de Secuencia de Fase
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.6.3 *Conexión del Coulómetro a la Red Eléctrica y al Controlador*

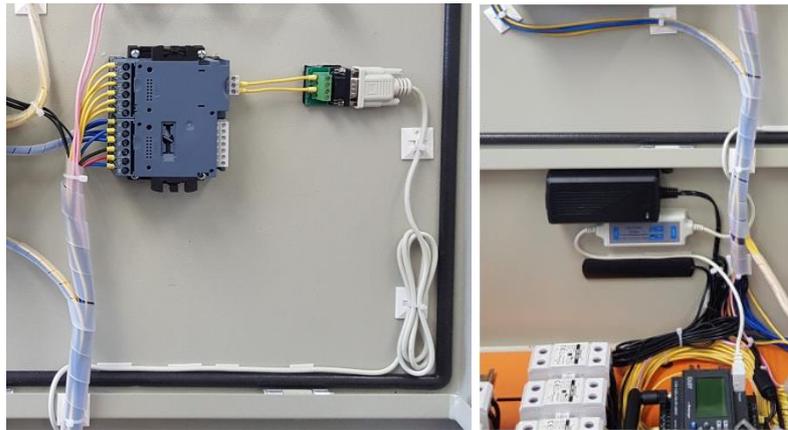


Figura 19-2 Conexión del Coulómetro a la Red y al Controlador
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.7 Implementación del TMPG y del STDI

2.7.1 *Distribución de Riel DIN y Elementos*



Figura 20-2 Distribución de Riel DIN y Elementos
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.7.2 Disposición de Indicadores y Botón de Paro de Emergencia



Figura 21-2 Distribución de Indicadores
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

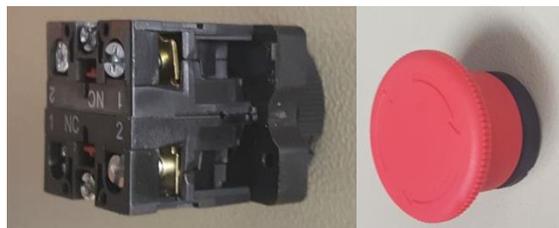


Figura 22-2 Distribución de Botón de Paro de Emergencia
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.7.3 Cableado de Potencia

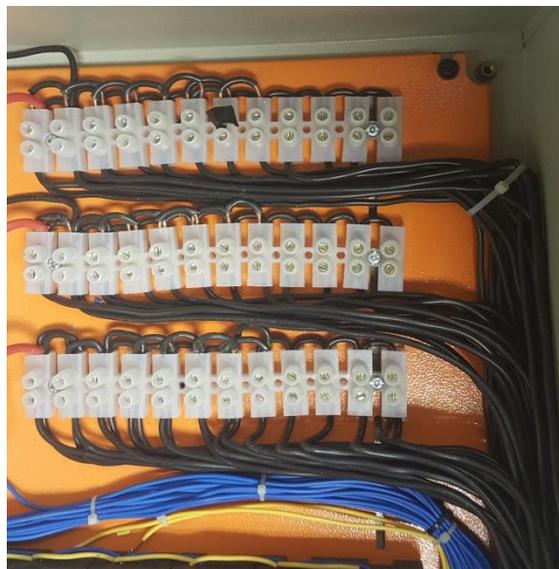


Figura 23-2 Cableado de Potencia
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.7.4 *Cableado de Dispositivos de Control*

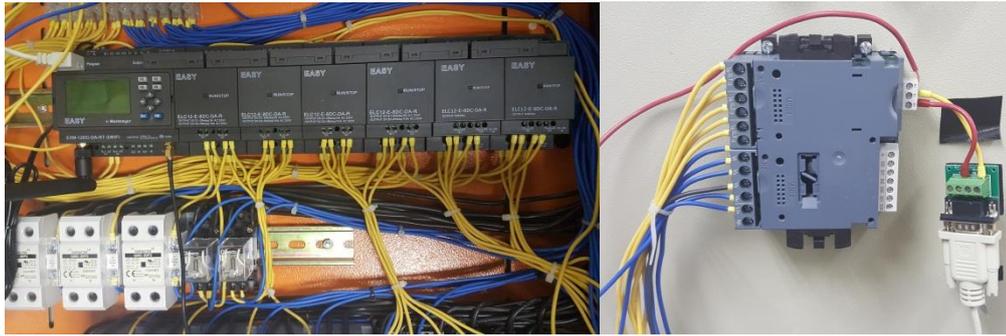


Figura 24-2 Cableado de Control

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.8 Implementación de la Instalación Eléctrica

2.8.1 *Colocación de Charolas y Canaletas*



Figura 25-2 Charola

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016



Figura 26-2 Charola Colocada

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016



Figura 27-2 Canaletas Individuales para cada Equipo
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.8.2 Ubicación de Tableros



Figura 28-2 Tablero Empotrado en Pared
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.8.3 Cableado de la Red Eléctrica



Figura 29-2 Cableado desde el Tablero hacia los Equipos
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.8.4 Red de Puesta a Tierra



Figura 30-2 Instalación de la Varilla de Puesta a Tierra

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.9 Implementación del Sistema SCADA

2.9.1 Ventana Principal



Figura 31-2 Ventana Principal del SCADA

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.9.2 Autenticación de Usuario

Control de acceso al sistema

Nombre de usuario

Contraseña

Figura 32-2 Ventana de Autenticación

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.9.3 Menú Principal Operador



Figura 33-2 Menú Principal del Operador
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.9.4 Menú Principal Administrador



Figura 34-2 Menú Principal del Administrador
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.9.5 Ventana de Estado de Equipos para el Operador



Figura 35-2 Ventana de Estado de Equipos para el Operador
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.9.6 Ventana de Control Principal de Equipos para el Administrador

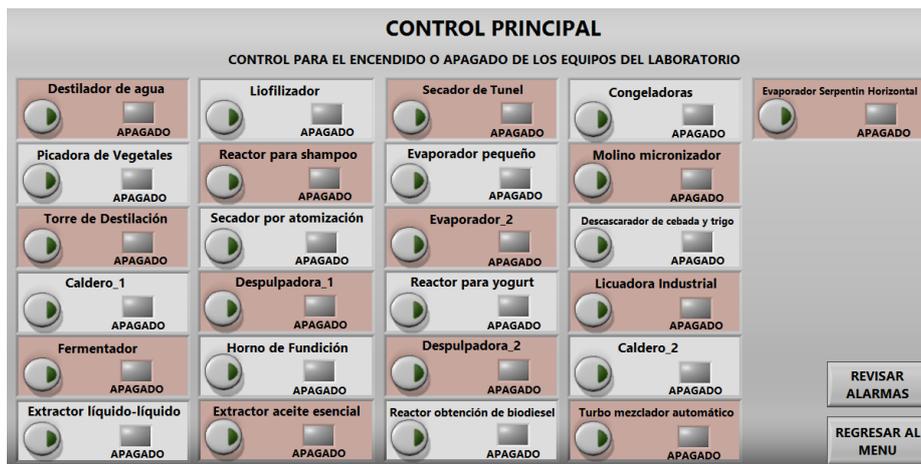


Figura 36-2 Ventana de Control Principal de Equipos para el Administrador
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.9.7 Ventana de Monitoreo de Variables Eléctricas

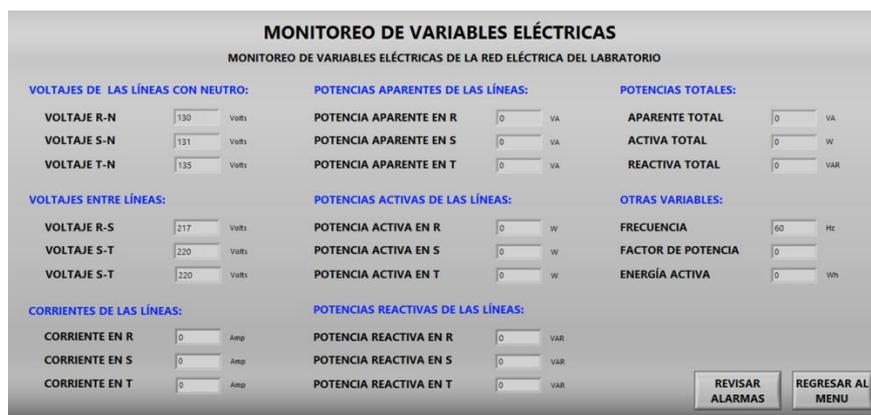


Figura 37-2 Ventana de Monitoreo de Variables Eléctricas
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.9.8 Ventana de Reportes de Consumo

SISTEMA DE GENERACIÓN DE REPORTES DE CONSUMO DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO					Reporte Mensual						
Fecha y Hora	Voltaje [V]	Corriente [A]			Consumo [kWh]	Fecha y Hora	Corriente [A]			Consumo [kWh]	
		R	S	T			R	S	T		
20/05/2016 9:00:00	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000	24/05/2016 9:00:00	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000
20/05/2016 9:00:01	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000	17/05/2016 9:00:00	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000
20/05/2016 9:00:02	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000	18/05/2016 9:00:00	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000
20/05/2016 9:00:03	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000	19/05/2016 9:00:00	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000
20/05/2016 9:00:04	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000	20/05/2016 9:00:00	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000
20/05/2016 9:00:05	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000						
20/05/2016 9:00:06	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000						
20/05/2016 9:00:07	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000						
20/05/2016 9:00:08	220.000000	2.000000	3.000000	1.000000	5.000000						

Promedio Voltaje
220.000000 V

Promedio Consumo de Corriente
R 2.000000 A
S 3.000000 A
T 1.000000 A

Promedio Consumo
5.000000 kWh

Imprimir Valores Actuales

REGRESAR AL MENU

Figura 38-2 Sistema de Generación de Reportes de Consumo
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

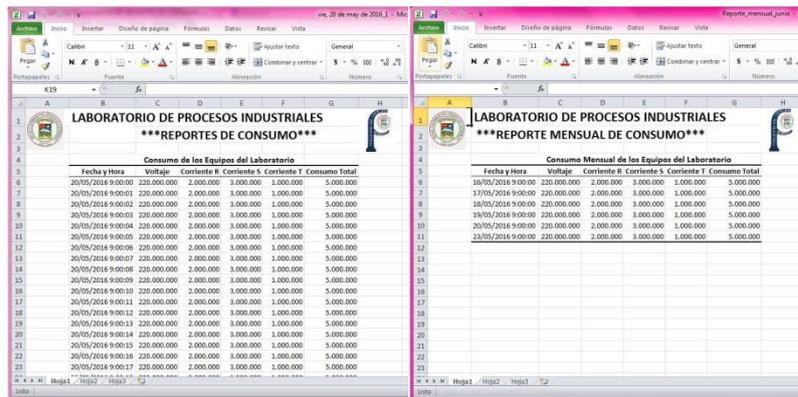


Figura 39-2 Reportes Almacenados en Excel
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.9.9 Ventana Emergente de Alarma de Fallos en el Sistema

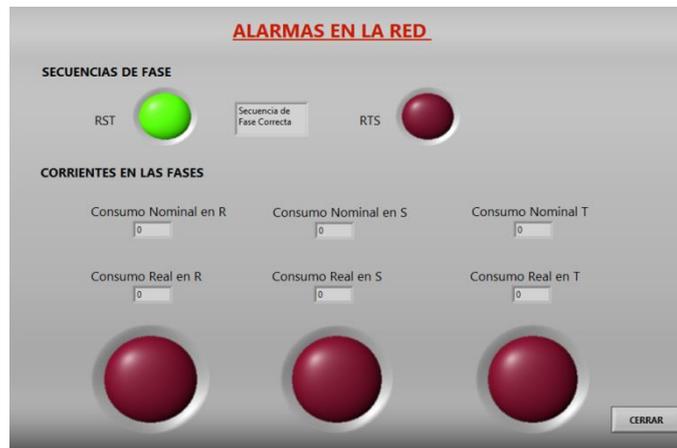


Figura 40-2 Ventana de Alarmas
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.10 Implementación del Control GSM

2.10.1 Encendido y Apagado de Equipos



Figura 41-2 Comandos SMS para Encendido y Apagado
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

2.10.2 Recepción de reportes de Alarma de Fallos en el Sistema

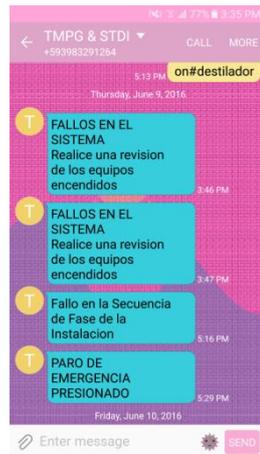


Figura 42-2 Recepción de SMS de Alarma
Fuente: Mancheno – Cuví, 2016

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Análisis del Sistema Implementado

En este capítulo se realizará el análisis de los resultados obtenidos posteriores a la implementación del sistema, basándonos en los resultados de las pruebas de campo, para realizar la correcta comparación con la situación anterior y comprobación de que se ha logrado la mejora de la Instalación Eléctrica del Laboratorio brindando una infraestructura eléctrica óptima, seguridad a los operadores, facilidad de monitoreo y mantenimiento de equipos y prevención de daños mediante alarmas oportunas.

3.1.1 *Situación Real del Laboratorio antes de la Implementación del Sistema*

3.1.1.1 *Aparamenta Eléctrica*

Se entiende como aparamenta eléctrica a todo el conjunto de aparatos de control, maniobra, regulación y medida que forman parte de la instalación eléctrica y facilitan la correcta distribución de energía desde los tableros hasta el punto de consumo, dentro de este grupo también se encuentran las canalizaciones eléctricas.

En el Laboratorio, previo al diseño e implementación del sistema, se tomó como referencia los siguientes elementos como indicadores:

- Instrumento de Medición
No se contaba con ningún instrumento que realice la lectura automática de las variables eléctricas.
- Sistema de Puesta a Tierra
No existía un sistema de Puesta a Tierra.
- Breaker General
No existía una acometida de potencia específica para los equipos, no se contaba con un breaker general ya que la instalación de fuerza era improvisada, conectada directamente al interior de la caja térmica presente en el laboratorio.



Figura 1-3 Ausencia de Breaker General

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

- Tomas Bifásicas

Se contaba con dos tomas bifásicas.

- Charolas

No se contaba con charolas para la colocación de conductores y distribución de energía, se constató de la presencia de cables sueltos aéreos.



Figura 2-3 Cables Aéreos Suelos

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

- Canaletas

Se notó la ausencia de canaletas para la distribución individual de voltaje bifásico hacia las máquinas.



Figura 3-3 Distribución de Voltaje Bifásico sin Canaletas

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Con esta información y analizando los requerimientos se puede realizar las siguientes comparaciones cuantitativas entre la situación real del laboratorio y la situación ideal.

Tabla 1-3: Cuantificación de Elementos de la Aparata Eléctrica

Elementos	Situación Real	Situación Ideal
Instrumento de Medición	0 unidades	1 unidad
Sistema de Puesta a Tierra	0 unidades	1 unidad
Breaker General	0 unidades	1 unidad
Tomas Bifásicas	2 unidades	25 unidades
Charolas	0 metros	33 metros
Canaletas	1 unidad	25 unidades

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Los datos recogidos en la Tabla 1-3, pueden ser visualizados gráficamente como se muestra en el Gráfico 1-3

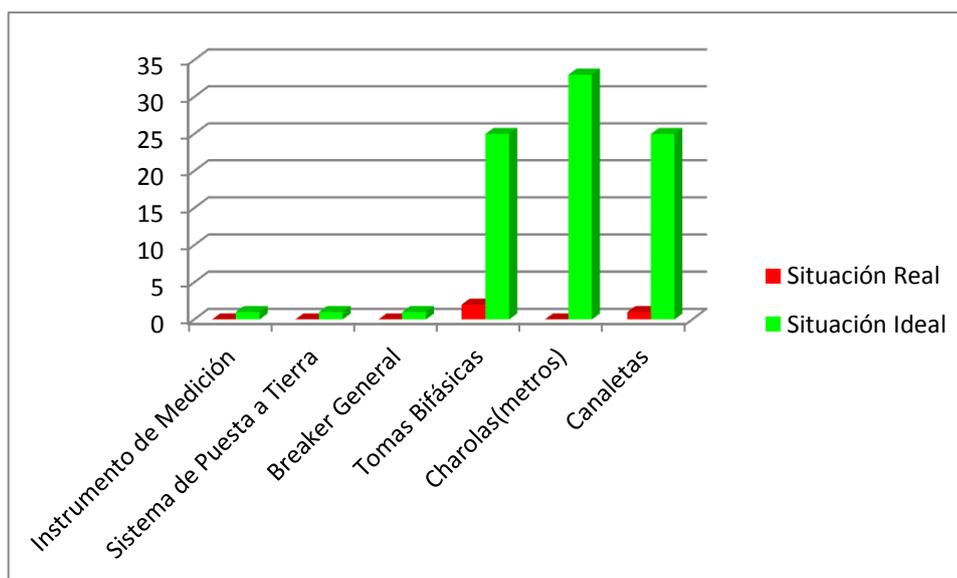


Gráfico 1-3 Comparación entre Situación Real e Ideal de la Aparata Eléctrica

Realizado por: Mancheno – Cuvi, 2016
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

3.1.1.2 Monitoreo de Variables Eléctricas

El monitoreo de las Variables Eléctricas tienen como finalidad determinar la eficiencia del sistema. Un proceso de monitoreo diario, semanal y mensual de la energía permite la fácil identificación de cambios o variaciones inesperadas en la eficiencia de la operación de cada una de las cargas conectadas a la red eléctrica. Un monitoreo en tiempo real permite registrar

subidas inesperadas en el consumo y alarma a los operadores que algo no marcha bien en los procesos de producción.

En el laboratorio no existía ningún instrumento de monitoreo continuo de las variables eléctricas, lo que hacía imposible detectar cambios en el consumo y llevar un historial de los datos adquiridos.

De acuerdo a la información recolectada acerca del método que se empleaba para realizar mediciones y mantenimiento en un equipo defectuoso, se constató que se lo realizaba con el empleo de un multímetro y un amperímetro convencional.

Se realizaron pruebas de campo para determinar el tiempo que toma realizar mediciones empleando el método anterior.

Para calcular el tamaño de la muestra se empleará la distribución T Student ya que se considera un tamaño de muestra menor a 45, la Ecuación 1.3 es la que se emplea para calcular la estimación de una muestra poblacional:

Ecuación 1-3 Tamaño de la muestra poblacional

$$n = \frac{t_{\alpha/2} * S^2}{E^2}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

$t_{\alpha/2}$ = Valor crítico de la distribución T Student

S^2 = Valor de la varianza de la muestra previa

E^2 = Error máximo esperado.

Como muestras previas se recolectaron los siguientes valores que describen el tiempo que tomaba realizar manualmente las mediciones de las variables eléctricas de algunos equipos del laboratorio, empleando un voltímetro y una pinza amperimétrica.

Tabla 2-3: Muestras previas de Tiempo

Código de Equipo	Tiempo en segundos
2	61,58
8	61,43
10	61,03
16	60,76
20	60,07

21	61,02
22	61,22

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Con los datos recolectados como muestras previas, empleamos herramientas estadísticas para llegar al número exacto de pruebas que se deberán hacer para tener resultados confiables para llegar a una conclusión.

Se considera un error de 1, y un nivel de confianza del 1%.

Tabla 3-3: Tamaño de la muestra de pruebas convencionales

Media	61,02
Varianza	0,249
Error	1
Confianza	0,01
T	7,453318505
Muestras	13,81

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

De acuerdo a la Tabla 3-3 se obtiene un tamaño de muestra de 13,81, por ende se realizaron 14 pruebas de recolección de datos de forma manual.

Tabla 4-3: Pruebas de acuerdo al tamaño de muestra calculado

Código de Equipo	Tiempo en segundos
1	61,42
2	61,06
3	60,89
4	61,18
5	61,03
7	60,07
9	60,76
11	60,02
13	61,35
15	60,94
17	61,21
19	60,11
21	60,48
23	60,95

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Además del tiempo previamente analizado se tiene una serie de indicadores que se han identificado cuando se realizaba mediciones directas con instrumentos.

Tabla 5-3: Descripción de Indicadores al Realizar Mediciones Manuales

Riesgos	Riesgo Eléctrico por manipulación
Recursos	Personal que realice rondas continuas de medición
	Disponibilidad de instrumentos de medición
Desventajas	Tarea monótona
	Imprecisión por error Humano
	Alto grado de Error
	Baja Confiabilidad

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

3.1.1.3 Avisos Oportunos de Fallas en el Sistema

No existía ninguna forma de determinar que se encontraba un fallo en el sistema, como una sobrecorriente, un consumo excesivo, un desbalanceo excesivo en las fases o una variación en la secuencia de fase de la alimentación general trifásica.

De acuerdo al personal que labora a diario en el laboratorio, tomaban en cuenta la falla en alguna máquina cuando ésta dejaba de funcionar por completo.

3.1.2 Influencia del Sistema Automatizado en la Seguridad Industrial de los Operadores

El Sistema Automatizado, fue realizado posterior a un estudio en el que se analizaban las falencias y necesidades que presentaba el laboratorio en cuanto al Sistema Eléctrico y sus elementos.

Se realizó dicho estudio basándonos en indicadores que miden el nivel de riesgo y la prioridad de intervención de acuerdo a la seguridad industrial la instalación, los mismos que se detallan a continuación en la Tabla 7-3

Tabla 6-3: Niveles de Riesgo y Prioridades en Seguridad Industrial

Prioridad de Intervención	Nivel de Riesgo	Significado
I	4000 – 600	Situación Crítica. Se requiere corrección urgente
II	500 – 150	Corregir y adoptar medidas de control

III	120 – 40	Mejorar si es posible. Justificar intervención y rentabilidad.
IV	20	No intervenir, a menos que un análisis más profundo lo justifique.

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

De acuerdo a los indicadores se realizó la evaluación de los elementos de aparamenta eléctrica necesarios en el laboratorio cuya ausencia o escasez representaban un nivel de riesgo para la Seguridad Industrial de los operadores, como se muestra en la Tabla 7-3.

Tabla 7-3: Niveles de Riesgo que existían en el Laboratorio

Elementos	Situación Real	Nivel de Riesgo	Prioridad
Instrumento de Medición	0 unidades	4000	I
Sistema de Puesta a Tierra	0 unidades	4000	I
Breaker General	0 unidades	4000	I
Tomas Bifásicas	2 unidades	3000	I
Charolas	0 metros	4000	I
Canaletas	1 unidad	3800	I

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Datos que se pueden visualizar de forma gráfica de la siguiente manera.

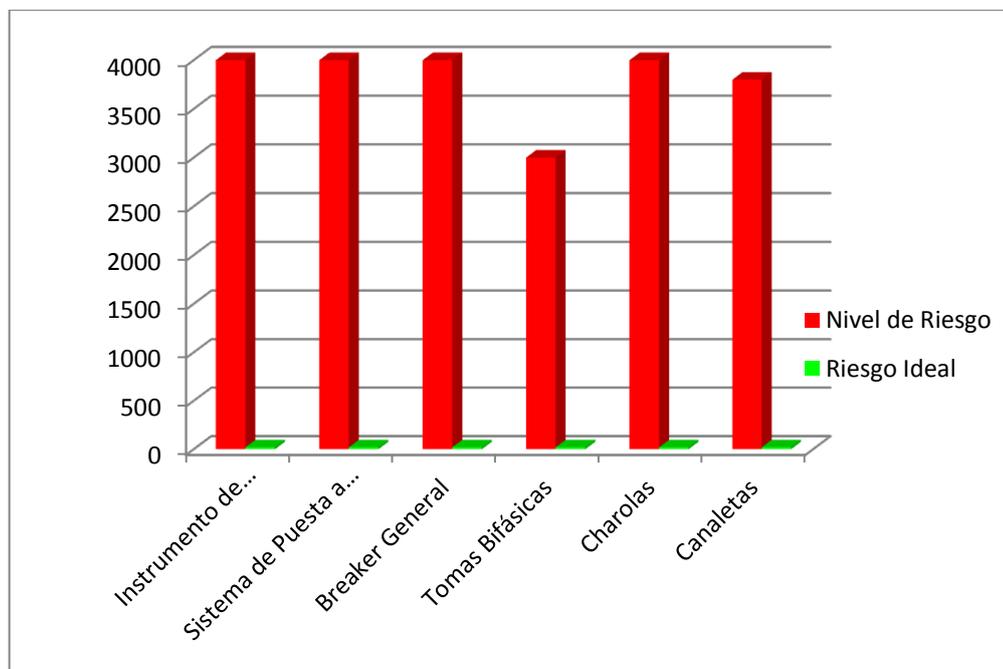


Gráfico 2-3 Comparación del Nivel de Riesgo

Realizado por: Mancheno – Cuvi, 2016
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Posterior al análisis y basándonos en el Reglamento de Seguridad del Trabajo Contra Riesgos en Instalaciones de Energía Eléctrica exponemos el cumplimiento de los siguientes requerimientos (Ministro de Trabajo y Recursos Humanos, 1998):

Tabla 8-3: Comparación de Normas con lo Implementado

Norma	Implementación en el laboratorio
Las instalaciones deben ser planificadas y ejecutadas con material adecuado y aislamiento apropiado	Censo de cargas previo Diseño mediante normas y cálculos Materiales de buena calidad
Solidez mecánica y correcto aislamiento en caso de deterioro por factores externos.	Tablero y charolas aterrizadas
Puesta a tierra (aterrizaje) de las estructuras metálicas y masas; conexiones equipotenciales	Varilla de Puesta a Tierra. Conexión a Tierra de manera individual a cada equipo.
Aparatos y circuitos identificados con etiquetas o rótulos	Circuitos de entrada y salida del TMPG y STDI rotulados. Diagrama unifilar detallado.
El conductor neutro y los conductores de puesta a tierra, deben diferenciarse claramente de los otros conductores.	Conductor neutro blanco Conductor puesta a tierra verde
En el origen de toda instalación se colocará un dispositivo que permita separarla de su fuente de energía.	Breaker principal trifásico
Todo aparato que se utilice para cortar la corriente eléctrica, debe hacerlo simultáneamente en todos los conductores activos en una sola maniobra.	Paro de emergencia para la interrupción de la alimentación general de las máquinas
La sección de los conductores para las conexiones equipotenciales, deben determinarse en función de la intensidad y para prevenir su deterioro por sobrecalentamiento, así como todo riesgo de incendio proveniente de ese sobrecalentamiento.	Cálculo del calibre del conductor considerando corrientes nominales y de arranque.

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

3.1.3 Impacto del control y monitoreo de variables eléctricas en el funcionamiento y mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos

El monitoreo se realiza en tiempo real a través del HMI del sistema SCADA, teniendo acceso permanente a la información de toda la red eléctrica y del estado de los equipos, detectando de manera automática cambios en el comportamiento de las variables eléctricas como corrientes, voltajes de alimentación, consumos, generando además de manera automática alertas de alarma que pueden prevenir daños en las máquinas.

Se realizaron pruebas de campo para determinar el tiempo que toma realizar mediciones empleando el método automático a través de la ventana denominada MONITOREO DE VARIABLES ELÉCTRICAS.

Para calcular el tamaño de la muestra se empleará la Ecuación 1.3 ya que se considera un tamaño de muestra menor a 45.

Como muestras previas se recolectaron los siguientes valores que describen el tiempo que tomaba abrir la ventana específica y visualizar el dato.

Tabla 9-3: Muestras previas de Tiempo Método Automático

Tiempo en segundos
10,13
9,85
8,85
9,75
9,45
10,11
9,01

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Con los datos recolectados como muestras previas, empleamos herramientas estadísticas para llegar al número exacto de pruebas que se deberán hacer para tener resultados confiables para llegar a una conclusión.

Se considera un error de 1, y un nivel de confianza del 1%.

Tabla 10-3: Tamaño de la muestra de pruebas método automático

Media	9,61
Varianza	0,260
Error	1
Confianza	0,01
T	7,453318505
Muestras	14,43

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

De acuerdo a la Tabla 10-3 se obtiene un tamaño de muestra de 14,43, por ende se realizaron 14 pruebas de recolección de datos de las variables eléctricas de los equipos de manera automática empleando el sistema automatizado.

Tabla 11-3: Pruebas con el Método Automático y el tamaño de muestra calculado

Tiempo en segundos
9,45
10,04
9,54
8,97
9,32
9,23
10,12
9,15
8,98
9,77
10,08
9,26
9,89
9,04

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Con los datos de las pruebas obtenidos en la Tabla 4-3 y con los de la Tabla 11-3 se realiza una comparación expuesta de forma gráfica a continuación.

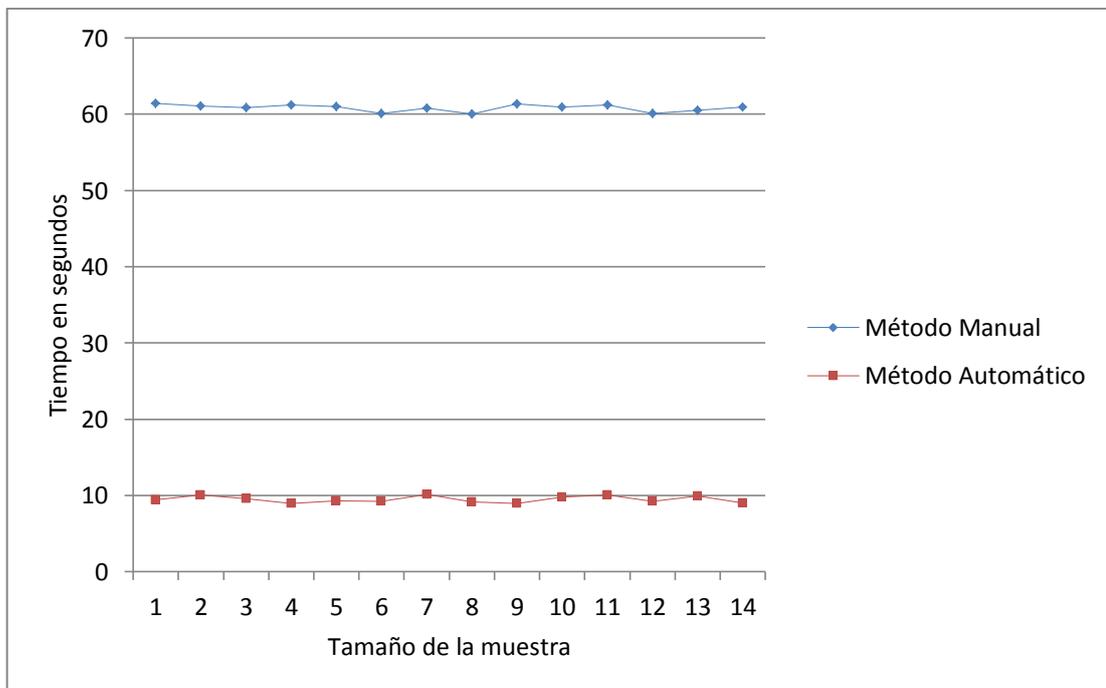


Gráfico 3-3 Comparación de Tiempos de Toma de Datos de las Variables Eléctricas

Realizado por: Mancheno – Cuvi, 2016
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

3.1.4 Importancia de la desconexión de las máquinas o paro de la producción al recibir una señal de alarma

El Sistema en su estado previo a la Automatización no contaba con un censado constante de las variables eléctricas de los equipos y por ende ningún controlador que detecte anomalías en la red eléctrica.

Las anomalías que pueden presentarse pueden causar daños en los componentes de cada una de las máquinas, se realizó un comparativo entre indicadores de probabilidad de daño que en el pasado podía ocurrir en el caso de que uno de los eventos indicados suceda, y la probabilidad de daño que existe si éstos ocurren posterior a la instalación del sistema automático de monitoreo y generación de alarmas.

Tabla 12-3: Probabilidad de daños en los equipos ante eventos inesperados

Eventos inesperados	Probabilidad de generar daños significativos	
	Estado Anterior	Estado Actual
Sobrecorriente	90%	2%
Ausencia de Fase	60%	0%
Fallo en la Secuencia de Fases	75%	0%
Corrientes parásitas sin aterrizar	85%	1%
Desequilibrio de fases cuando exista gran demanda de energía	95%	5%

Realizado por: Mancheno – Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

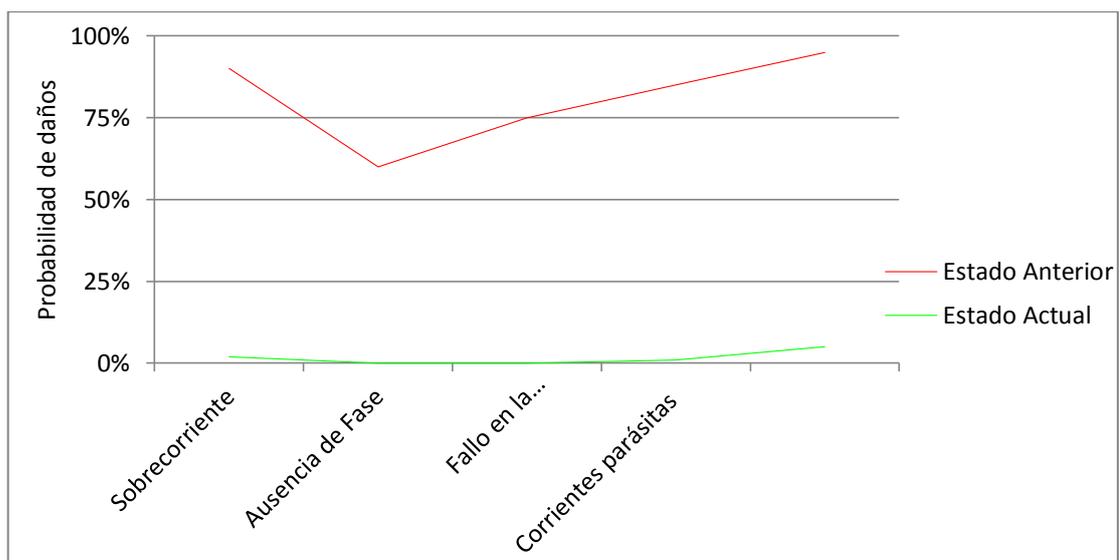


Grafico 4-3 Probabilidad de daños Estado Actual y Estado Anterior

Realizado por: Mancheno – Cuvi, 2016
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

3.2 Análisis de Resultados Obtenidos

3.2.1 ¿Cuál es la situación real en la que se encuentra la distribución de energía en el Laboratorio de Producción Industrial de la Facultad de Ciencias?

Para identificar la situación real que se tenía en el laboratorio se realizó la comprobación de la existencia de elementos que tienen gran relevancia en una Instalación Eléctrica Industrial ideal.

Comenzando por la aparamenta eléctrica, de acuerdo al análisis realizado con los indicadores presentados en la Tabla 1-3 y su posterior visualización en el Gráfico 1-3, se pudo comprobar que la situación en la que se encontraba la distribución de energía hacia cada una de las máquinas era incorrecta, en su mayor parte ineficiente e insegura para las personas que a diario manipulan los equipos.

Una tarea muy relevante dentro de un proceso es el monitoreo, en nuestro caso el monitoreo de las variables eléctricas de todo el sistema, el mismo que se lo realizaba esporádicamente, de forma manual y empleando instrumentos de medición convencionales; se realizaron pruebas de campo y se comprobó que los tiempos para obtener una sola lectura en un específico instante de tiempo son elevados como se muestra en la Tabla 4-3, además que se determinaron indicadores que demuestran que realizar esta tarea de forma manual no es nada eficiente.

En lo que respecta a avisos oportunos de anomalías en el sistema, se comprobó que no existía nada que notifique falencias, sino hasta que la máquina se averiaba.

3.2.2 ¿Cómo influye el Sistema Automatizado en la seguridad industrial de los operadores?

Se llegó a comprobar que la ausencia de los elementos óptimos dentro de la instalación eléctrica representaban niveles de riesgo en sus más altos rangos, Tabla 6-3 y Tabla 7-3, afirmando también que la mejora de todo el sistema eléctrico, con la implementación de los tableros tenía una prioridad ejecución I, lo que significa que el trabajo era completamente necesario al estar frente a una situación crítica.

En la Tabla 8-3 se realizó la comprobación que la totalidad del Sistema instalado se apega al Reglamento de Seguridad del Trabajo Contra Riesgos en Instalaciones de Energía Eléctrica.

3.2.3 ¿Cuál es el impacto que producirá el adecuado control y monitoreo de variables eléctricas, en el funcionamiento y mantenimiento preventivo y correctivo de las diferentes máquinas del proceso de producción?

Al monitorear y controlar en tiempo real tenemos datos confiables que detectan de forma inmediata algún cambio o anomalía. Realizando pruebas de campo se tomaron 14 muestras del

tiempo en segundos que toma abrir en el HMI del SCADA, la ventana de monitoreo, y tener disponible todos los datos de variables eléctricas.

Se realizó una comparación de tiempos entre el método manual de toma de datos y el método automático obteniendo de forma gráfica el resultado que se visualiza en el Gráfico 3-3, en donde claramente distingue que la diferencia de tiempos es considerable.

Otro aspecto que resalta es que si se realiza la medición de forma manual, se obtiene un solo dato de ese instante de tiempo, en cambio el sistema automático refresca sus lecturas cada 100ms, lo que permite reaccionar rápido ante eventualidades.

La adquisición de datos y el almacenamiento de los mismos como históricos, en la función de generación de reportes de consumo, permite emplear dichos datos para su respectiva revisión y determinar si la instalación necesita mantenimiento o si alguna anomalía es constante y se requiere corregirla de forma oportuna.

3.2.4 ¿Cuál es la importancia de tomar decisiones de desconexión o paro de la producción remota, en el caso de recibir una señal de alerta generada por un cambio crítico en el rango de medidas de las variables eléctricas que se consideren como normales, de cada proceso presente en el laboratorio?

La importancia de la toma de decisiones de paro y desconexión cuando se recibe una señal de alarma se concluye al revisar la Tabla 12-3 y el Gráfico 4-3. Se tiene una serie de eventualidades que por diferentes factores pueden presentarse cuando se trabaja con un equipo conectado a la red eléctrica, sobre todo cuando éste es parte de un proceso de producción. El sistema automatizado tiene restricciones de continuar con la alimentación hacia las máquinas si se detecta un cambio en la secuencia de fases o la pérdida de una de ellas. Como se visualiza en la tabla, cuando se tiene uno de éstos inconvenientes, las probabilidades de que el equipo sufra daños considerables son bastante altas, es por esto que se implementó un sistema de alarmas, se instaló un botón de para de emergencia y se colocó restricciones que tratan de impedir que ocurran daños.

Con la comparación entre el estado anterior y el actual se observa claramente que con el sistema automatizado las probabilidades de experimentar daños en las máquinas son muy pequeñas.

CONCLUSIONES

- Con el sistema implementado se logró mejorar la eficiencia en un 100% en los tiempos de recolección de datos y generación de alarmas para evitar daños graves en los equipos.
- Luego de un estudio de la situación del laboratorio, se determinó la presencia de deficiencias y peligro para las personas que allí laboran, por ello se diseñó una instalación eléctrica con sus debidas protecciones y accesorios, para brindar seguridad a los operadores y a la vez permite el correcto funcionamiento de los equipos conectados a él.
- Con la auditoría de cargas realizadas se pudo establecer la magnitud del sistema a implementarse, dando como resultado un número determinado de accesorios y características eléctricas de los mismos.
- El balanceo de las cargas del laboratorio de Ciencias permite que la distribución sea uniforme en las tres fases que ingresan al laboratorio, a pesar de la naturaleza variante del sistema, se buscó acercarlo al equilibrio ideal en donde debería circular la misma cantidad de corriente en las tres líneas requeridas para el sistema.
- El sistema automático de monitoreo de las variables eléctricas brinda una pronta toma de decisiones ante eventualidades que pongan en riesgo la integridad física del operador y funcionalidad del equipo.
- La implementación de la interfaz HMI en la computadora central, permite que el monitoreo del sistema se realice en tiempo real, además del control del encendido o apagado de los equipos.
- La implementación del sistema automatizado para el control y monitoreo de variables eléctricas permite a los usuarios el uso de tecnologías modernas e interfaces amigables, que facilitan la comprensión del sistema y ayudan a la toma de decisiones.

RECOMENDACIONES

- Se debe de revisar constantemente el sistema de alarmas del programa para evitar daños en los equipos y pérdidas de productos primarios en los procesos debido a paradas inesperadas de los equipos.
- No abrir el tablero implementado, no necesita hacerlo para su manipulación, todo el proceso se lo realiza externamente a través del programa o del celular.
- Si se requiere revisar las conexiones físicas del tablero hágalo con la ayuda del diagrama unifilar del sistema.
- No ignorar los avisos de alarmas que se generen, ya que hacerlo significaría poner en riesgo el equipo y la seguridad del operario.
- Si tiene alguna duda sobre los datos que se obtiene en el programa sobre las variables eléctricas proceda a verificarlas en el propio tablero manipulando el medidor de energía ubicado en la parte frontal del tablero.
- El botón de paro de emergencia deberá ser presionado cuando algún estudiante o docente sufra algún daño, este cortará el suministro de energía de todo el sistema implementado.
- Respetar las tomas individuales, debido a que cada uno de ellos se encuentran dimensionados específicamente para cada equipo.
- Por seguridad activar la alimentación de las tomas únicamente cuando se la requiera usar.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDE SAN MIGUEL, Pablo. *Electrotecnia: Instalaciones Eléctricas y Automáticas.* Madrid-España : Paraninfo, 2010. pp. 30-50

ECUADOR, ANDE. *Reglamento para Instalaciones BT.* [En línea] Ande, 15 de Enero de 2012.

[Consulta: 04 de Abril de 2016.]

<http://www.ande.gov.py/documentos/REGLAMENTOPARAINSTALACIONES-BT.pdf>.

CALLONI, Juan Carlos y RODRÍGUEZ, Pedro. *Curso Básico de Instalaciones Eléctricas.* 1era Ed. Buenos Aires-Argentina : Alsina, 2002. pp.150

CLUBENSAYOS. *Breaker.* [En línea] Clubensayos, 01 de Noviembre de 2013.

[Consulta: 31 de 03 de 2016.]

<https://www.clubensayos.com/Filosof%C3%ADa/Breaker/1207824.html>.

MÉXICO, CONDUMEX, S.A. *Manual de Instalaciones Eléctricas en baja tensión.* [En línea] Besten, 2009.

[Consulta: 1 de Abril de 2016.]

<http://besten.com.mx/Manuales/Manual-de-Instalaciones-Elctricas-en-BT-2009.pdf>.

CREUS, Antonio. *Instrumentación Industrial.* 8va Ed. Barcelona-España : Marcombo, 2011. pp. 235-314

ECUADOR, DISENSA. *Cables.* [En línea] Ecuador: disensa, 7 de Septiembre de 2012.

[Consulta: 04 de Abril de 2016.]

http://disensa.com/main/images/pdf/electro_cables.pdf.

DORF, Richard y BISHOP, Robert. *Sistemas Modernos de Control.* 10ma Ed. Madrid-España : Pearson Prentice Hall, 2005. pp. 30-188

ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales.* Mexico : Limusa, 1981. pp. 25-60

ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Proteccion de Instalaciones Eléctricas Industriales y Comerciales*. 2da ed. México-México DF : LIMUSA, 2003. pp. 17-30.

FARINA, Alberto Luis. *Tableros Eléctricos*. [En línea] Argentina: Cadime, Abril de 2011. [Consulta: 30 de Marzo de 2016.]
http://www.cadime.org.ar/revista/pdf/Farina___Tableros_Elctricos_AE140.pdf.

ARGENTINA-FI-UNLP. *Historia de los PLC's*. [En línea] ing.unlp, 12 de Junio de 2013. [Consulta: 07 de Abril de 2016.]
<http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/ApuntePLC.pdf>.

GUERRERO, Vicente. *Comunicaciones Industriales*. México : Alfaomega, 2010. pp.35-70

HERRERA QUIROZ, Juan. *Control Industrial Hacia un Concepto Nuevo de la Automatización*. [En línea] Marzo de 2004. pp.53 [Consulta: 05 de Abril de 2016.]
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=81>.

LAGUNAS MARQUÉS, Angel. *Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión Comerciales e Industriales: Cálculos Eléctricos y Esquemas Unifilares*. Madrid-España : Thomson - Paraninfo, 1997. pp. 41-45

LEÓN BLASCO, María. *Instalaciones de Distribución*. Barcelona-España : Marcombo S.A, 2010. pp. 10-25

MANDADO PÉREZ, Enrique, y otros. *Autómatas Programables y Sistemas de Automatización*. 1era Ed. Madrid-España : Editex, 2009. pp. 205-257

MARTÍN CASTILLO, Juan Carlos y GARCÍA GARCÍA, María Pilar. *Automatismos Industriales*. 1era Ed. Madrid-España : Editex, 2009. pp. 286-312

ECUADOR, MINISTRO DE TRABAJO Y RECURSOS HUMANOS. *Reglamento de Seguridad del Trabajo Contra Riesgos en Instalaciones de Energía Eléctrica*. [En línea] 22 de Enero de 1998.

[Consulta: 05 de Junio de 2016.]

<http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/Reglamento-de-Seguridad-del-Trabajo-contra-Riesgos-en-Instalaciones-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrica.pdf>.

OGATA, Katshuiko. 1998. *Ingeniería de Control Moderna*. 3era Ed. Naucalpan de Juárez - Mexico : Hispanoamericana, S.A., 1998, pp. 6-7.

OROZCO GUTIÉRREZ, Álvaro Ángel, y otros. *Automatismos Industriales*. [En línea] cosas libres, 2008.

[Consulta: 6 de Abril de 2016.]

<http://www.cosaslibres.com/libros/leer-online/?title=automatismos+industriales&pdf=http%3A%2F%2Funaduni.wikispaces.com%2Ffile%2Fview%2FAutomatismosIndustriales1.pdf>.

COLOMBIA, PROCABLES. *Tuberías y Canalización*. [En línea] Procables, 28 de Mayo de 2014.

[Consulta: 31 de Marzo de 2016.]

<http://procables.com.mx/productos/tuberias-y-canalizacion.html>.

PUIGDEMOND, José María. *Fundamentos de Electrotecnia: Instalaciones*. Barcelona-España : AFHA, 1972. pp.45-85

SCRIBD. *Tema 5 selección de métodos de soporte tipo charolas, ductos y canalizaciones*. [En línea] Scribd, 2012.

[Consulta: 03 de Abril de 2016.]

<https://www.scribd.com/doc/111856305/TEMA-5-SELECCION-DE-METODOS-DE-SOPORTE-TIPO-CHAROLAS-DUCTOS-Y-CANALIZACIONES>.

SLIDEPLAYER. *slideplayer*. [En línea] slideplayer, 11 de Octubre de 2014.

[Consulta: 05 de Abril de 2016.]

<http://slideplayer.es/slide/17919/>.

VASQUEZ. *Sensores*. [En línea] Artemisa.

[Consulta: 11 de Abril de 2016.]

<http://artemisa.unicauca.edu.co/~gavasquez/res/Sensores.pdf>.

VENTURA NAVA, Isaías Cecilio. *Manual Técnico de Instalaciones Eléctricas Industriales.*

[En línea] Scribd, Agosto de 2011.

[Consulta: 30 de Marzo de 2016.]

[https://www.scribd.com/doc/50241896/MANUAL-TECNICO-INSTALACIONES-ELECTRICAS-INDUSTRIALES.](https://www.scribd.com/doc/50241896/MANUAL-TECNICO-INSTALACIONES-ELECTRICAS-INDUSTRIALES)

CHINA, XLOGIC. *EXM WIFI&GSM CPUs.* [En línea] xLogic-plc, 2011.

[Consulta: 19 de Abril de 2016.]

[http://www.xlogic-plc.com/about_te.php?id=236.](http://www.xlogic-plc.com/about_te.php?id=236)

ANEXOS

Anexo A: Plano de la Ubicación de Equipos Previo al Diseño

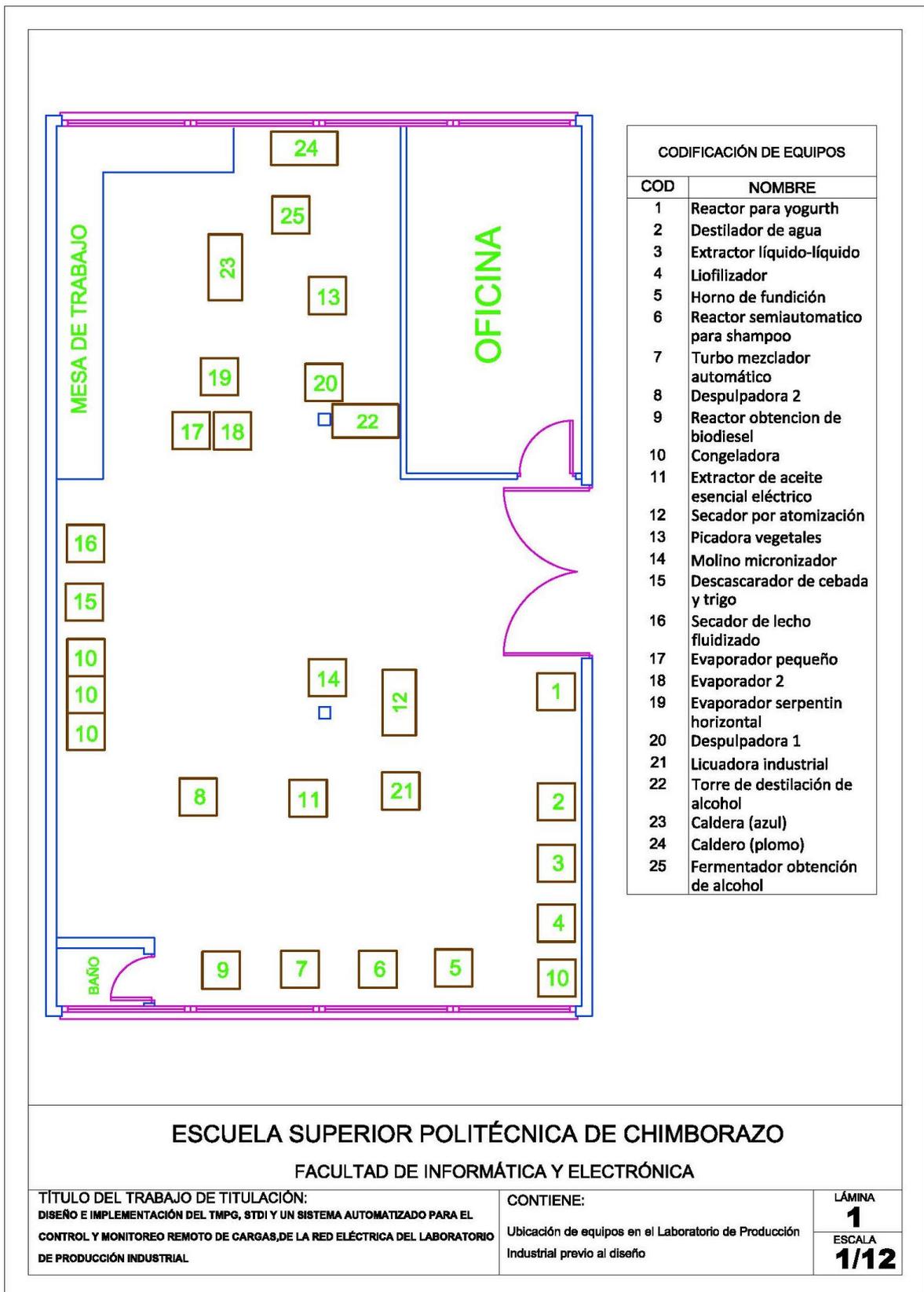


Figura 1-A Plano de Ubicación de Equipos previo al Diseño

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Anexo B: Plano de la Ubicación de Equipos Posterior al Diseño

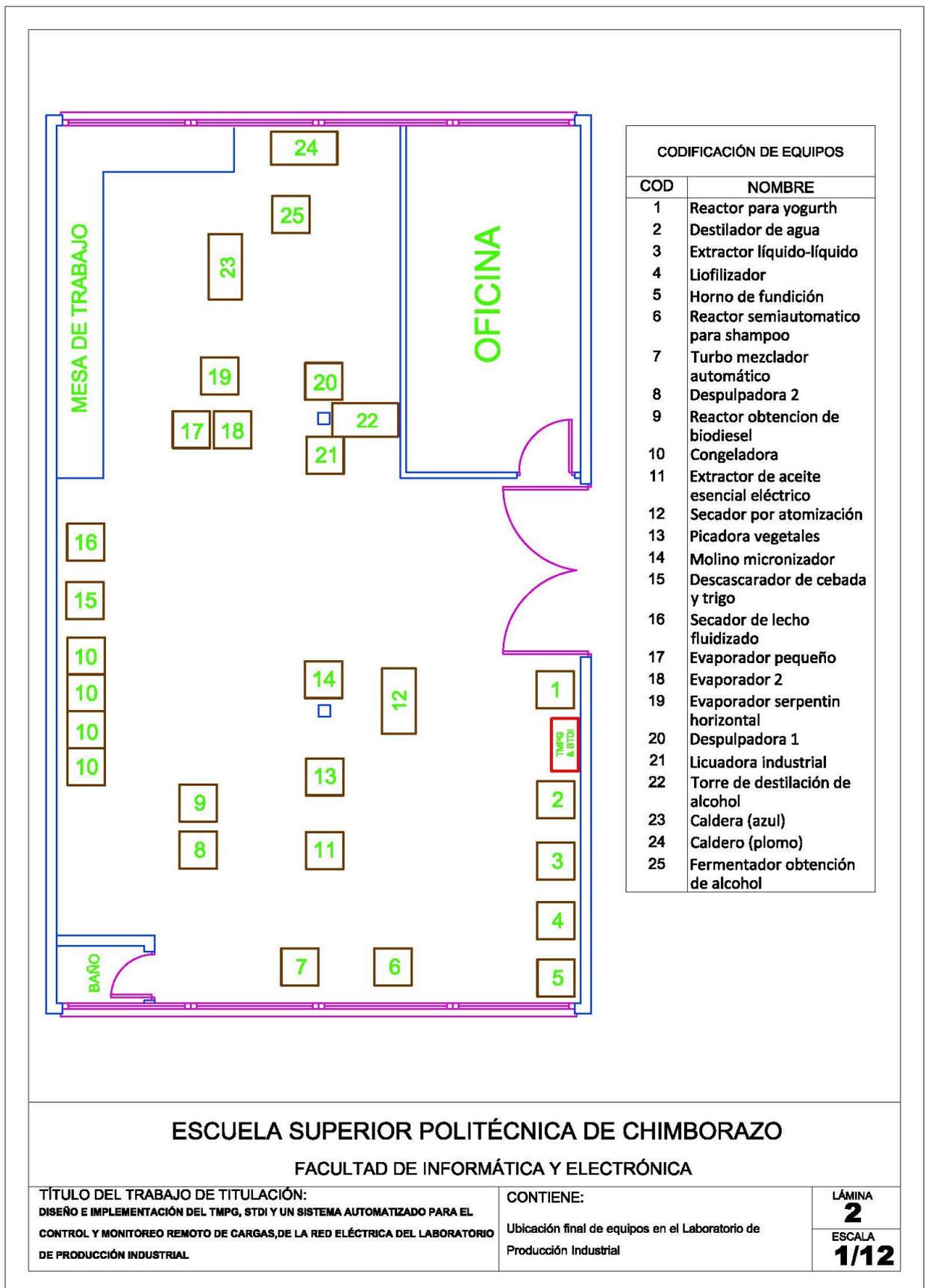
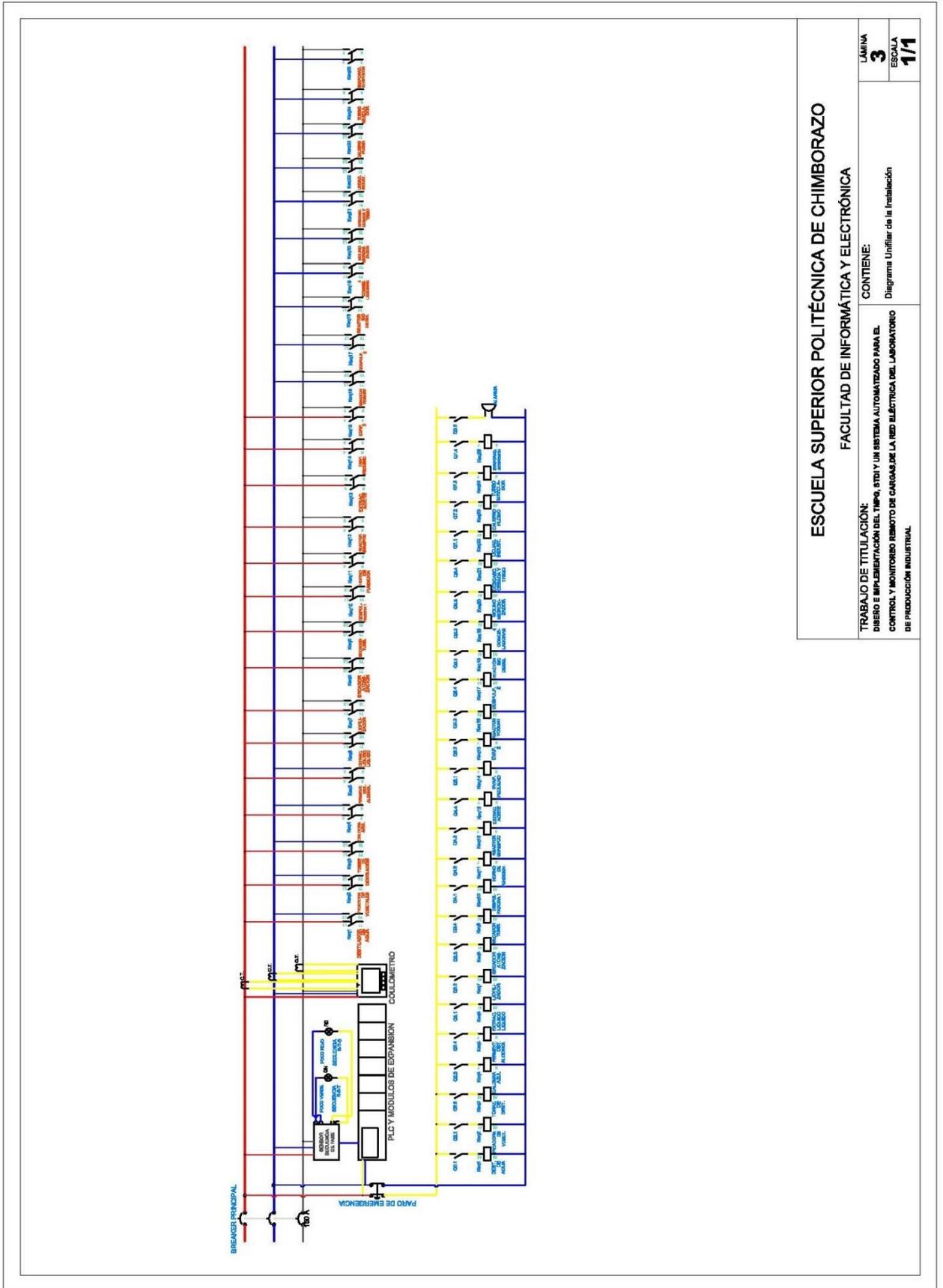


Figura 1-B Plano de Ubicación de Equipos posterior al Diseño

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Anexo C: Diagrama Unifilar de la Instalación



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CONTIENE:

TRABAJO DE TITULACIÓN:
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TIPOA, STDI Y UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL Y MONITOREO REMOTO DE CARGAS DE LA RED ELÉCTRICA DEL LABORATORIO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL.

LÍMINA

3

ESCALA

1/1

Figura 1-C Plano del Diagrama Unifilar

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Anexo D: Manual de Usuario del TMPG, STDI y del Sistema Automatizado

1 Introducción

Se dice que las instalaciones eléctricas industriales forman el sistema nervioso de toda industria dado a su alto grado de relevancia para el funcionamiento correcto de la misma. Un diseño inapropiado que permita la existencia de fallas o un escaso mantenimiento pueden traer consecuencias que van desde el paro en la producción de la empresa, accidentes y riesgos laborales elevados y daños materiales relativamente graves capaces de generar pérdidas cuantiosas a la industria y a sus procesos de producción.

Es por estas razones que las instalaciones eléctricas industriales se encuentran estrictamente reguladas bajo normas y reglas creadas para minimizar los inconvenientes y lograr el funcionamiento óptimo de los procesos de producción.

Para alcanzar el diseño adecuado de una instalación, que cumpla con todos los requerimientos y necesidades, es primordial realizar un previo estudio y censo de cargas que nos indiquen las condiciones nominales de trabajo, los valores precisos de los dispositivos de protección, las necesidades de una correcta instalación de puesta a tierra, así como las oportunidades de expansión del sistema conectado a la instalación.

Otro de los aspectos relevantes en una industria es el monitoreo del correcto funcionamiento de las máquinas automatizadas que forman parte de todos los procesos de producción, es por esto que con el avance de la tecnología y la instalación de una apropiada red de comunicación se facilita a los operadores la detección pronta y oportuna de las anomalías presentadas en el sistema a través de interfaces que permiten la interacción remota y la pronta reacción ante sucesos inesperados brindando así seguridad en un alto grado a la integridad de los operadores, que representan un elemento fundamental en toda producción industrial.

Las condiciones de las instalaciones eléctricas en el laboratorio de Producción Industrial no eran las adecuadas para todas las máquinas y procesos que allí se realizan, contando con una distribución de energía improvisada y con el escaso mantenimiento de la instalación, se consideró que los procesos de producción, que a diario se realizan, llenan el ambiente de humedad y altas temperaturas, condiciones que exigían protecciones y monitoreo que ayuden a evitar accidentes.

2 Ficha técnica

DATOS GENERALES			
NOMBRE	TMPG & STDI Y SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE CARGAS	CÓDIGO	S/C
MARCA	S/N	NUMERO DE SERIE	S/N
LOCALIZACIÓN	Laboratorio PROCESOS INDUSTRIALES-ESPOCH		

FABRICANTE	SUMINISTRADOR
NOMBRES: Gabriela Mancheno – Mayra Cuvi DIRECCIÓN: Riobamba TELEFONO: 0987353848 - 0995943766 PERSONA DE CONTACTO: S/C	NOMBRES: Gabriela Mancheno – Mayra Cuvi DIRECCIÓN: Riobamba TELEFONO: 0987353848 - 0995943766 PERSONA DE CONTACTO: S/C
ACCESORIOS SI <input type="radio"/> NO <input checked="" type="radio"/>	SERVICIO TÉCNICO (NECESIDAD)
	NOMBRES: Gabriela Mancheno – Mayra Cuvi DIRECCIÓN: Riobamba TELEFONO: 0987353848 - 0995943766 PERSONA DE CONTACTO: S/C

CARACTERISTICAS TÉCNICAS
<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje: 220 V • Corriente: hasta 150 A
CONDICIONES ESPECIALES DE UTILIZACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • No se permite la manipulación Física del tablero para el encendido o apagado de los equipos • Utilice el programa de la computadora central para el encendido o apagado de los equipos, además para el monitoreo de variables y fallas en la red eléctrica • Puede también utilizar el celular para el encendido o apagado de los equipos con los comandos apropiados.

OPERACIONES DE CONTROL			
<input checked="" type="radio"/> ON – OFF	<input type="radio"/> INTERNA	CODIGO:	
	<input checked="" type="radio"/> EXTERNA	ENTIDAD EXTERNA:	Programa / Celular
<input checked="" type="radio"/> MONITOREO	<input type="radio"/> INTERNA	CODIGO:	
	<input checked="" type="radio"/> EXTERNA	ENTIDAD EXTERNA:	Programa

3 Instructivo

Objeto

Describir los pasos para facilitar el uso del TMPG & STDI Y DEL SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE CARGAS DE LA RED ELECTRICA por parte del personal encargado para maximizar su operación y evitar fallas en el sistema eléctrico.

Alcance

Aplica para el manejo del TMPG & STDI Y DEL SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE CARGAS DE LA RED ELECTRICA, que se encuentra en el Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba.

Responsabilidad

El encargado del laboratorio y Técnico Docente son los responsables de:

- Monitorear las variables eléctricas de las cargas, a través del sistema SCADA implementado en la computadora central.
- Tomar decisiones de desconexión del sistema al recibir notificaciones de alarmas en el sistema SCADA y en el celular, para evitar daños en los equipos conectados.
- Acceder a los reportes mensuales de consumo de energía del sistema eléctrico.

Referencias

Manual de Operación de Laboratorio de Procesos Industriales de la ESPOCH.

4 Descripción del Sistema

Instalación Eléctrica

Se ha proporcionado derivaciones para tomas de 220 en el laboratorio, para un correcto diseño se ha realizado el balanceo de cargas en las tres líneas Trifásicas. En total se ha diseñado 25 tomas bifásicas.

Sistema de Puesta a Tierra

Por seguridad de los estudiantes y docentes se implementó de un sistema de puesta a Tierra de la red Eléctrica el cual se encuentra ubicado en la parte exterior del laboratorio brindando seguridad y protección ante fallas eléctricas.

Tableros TMPG & STDI

Aquí se encuentran el control y monitoreo de la red eléctrica, se implementó para un total de 25 equipos del laboratorio. El control y monitoreo se encuentra implementado a través de un medidor de energía que se encarga de recolectar información de la red y enviarla hacia al PLC, el cual recoge la información y la reenvía hacia la computadora central. Además posee un sensor de secuencia de fase que informa si la red que ingresa desde el poste tiene secuencia RST para no causar daños en los motores de los equipos.

Monitoreo y Control Central

El programa instalado en la computadora central del laboratorio se encarga del control del encendido o apagado de cada una de las líneas de alimentación de los equipos conectados, recibe la información enviada por el PLC y genera reportes de consumo mensuales. Cuando detecte algún error o fallo en el sistema envía alarmas al tablero.

5 Operación del Sistema SCADA

Encendido/ Apagado del Tablero

- Para el encendido no necesita abrir el tablero
- Todos los encendidos de los tomas se realiza en la computadora central del laboratorio
- Se puede también encender o apagar a través de mensajes de texto desde el celular del docente encargado del laboratorio

Procedimiento para la instalación del programa

Para la instalación del programa se debe seguir los siguientes pasos:

- Ingrese a la carpeta **TMPG & STDI** e ingrese a la carpeta **INSTALADOR** → **volumen** → **setup**

 bin	15/06/2016 16:16	Carpeta de archivos	
 license	15/06/2016 16:16	Carpeta de archivos	
 supportfiles	15/06/2016 16:18	Carpeta de archivos	
 nidist.id	15/06/2016 16:18	Archivo ID	1 KB
 setup	24/07/2012 10:58	Aplicación	1.391 KB
 setup	15/06/2016 16:18	Opciones de confi...	15 KB

Figura 1-D Instalación paso 1

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

- Al ejecutarse el **setup**, se abrirá el asistente de instalación



Figura 2-D Instalación paso 2

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

- Por default el programa se instalará en la ruta predeterminada y presione <<NEXT>>

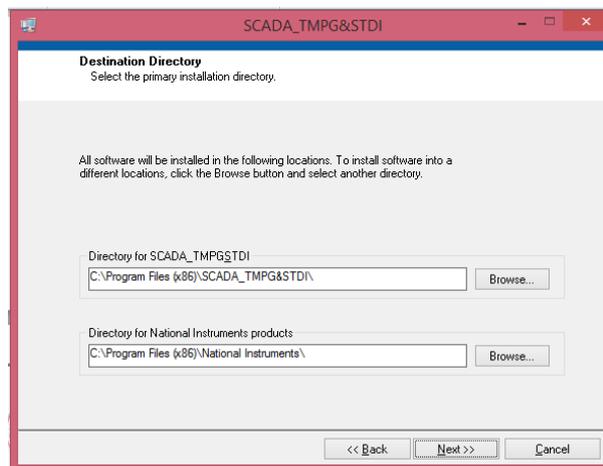


Figura 3-D Instalación paso 3

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

- Presione <<NEXT>>

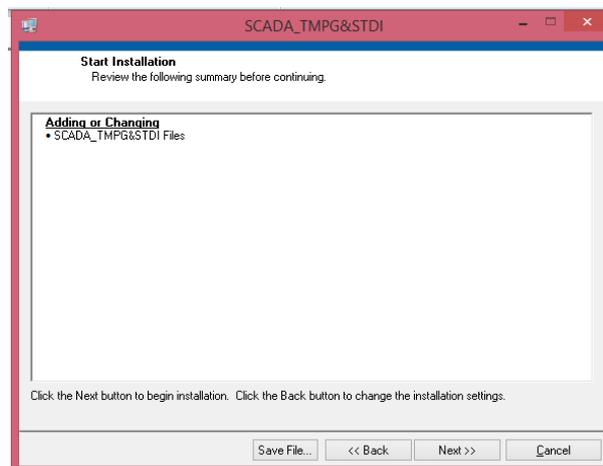


Figura 4-D Instalación paso 4

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

- La instalación iniciará

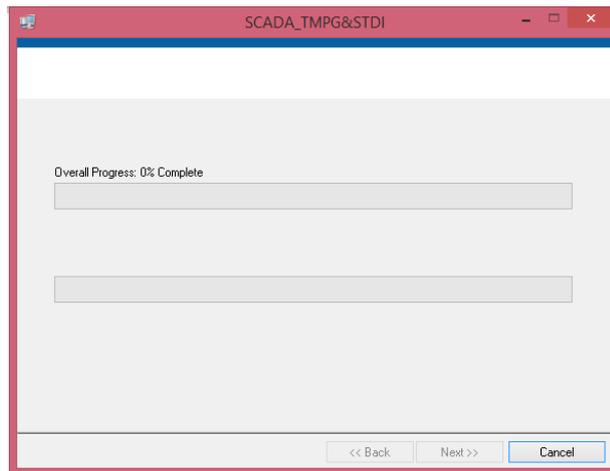


Figura 5-D Instalación paso 5

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

- Cuando finalice la instalación presionar en <<**Finish**>>

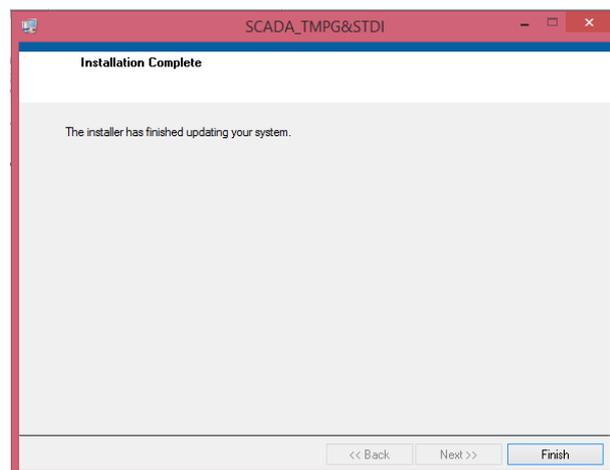


Figura 6-D Instalación paso 6

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

- Buscar en **TODOS LOS PROGRAMAS** el programa con el siguiente nombre: **TMPG & STDI** y empezar a usar.

Manipulación del programa

Para iniciar presionar el botón **INICIAR SESIÓN** de la página de inicio



Figura 7-D Página de Inicio

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Acceder al sistema registrándose en la ventana de **CONTROL DE ACCESO AL SISTEMA**



Figura 8-D Control de Acceso

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Si desea acceder al control total del sistema ingrese con el siguiente usuario

Nombre de Usuario: administrador

Contraseña: admin



Figura 9-D Acceso para Administrador

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Si únicamente desea visualizar los equipos encendidos y parámetros de la red Eléctrica ingrese con el siguiente usuario

Nombre de Usuario: operador

Contraseña: oper



Figura 10-D Acceso para Operador

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

ACCESO COMO ADMINISTRADOR:

Si accede como **ADMINISTRADOR** se despliega la siguiente ventana



Figura 11-D Menú para Administrador

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Al presionar **CONTROL PRINCIPAL DE LOS EQUIPOS** accede al panel en el que puede encender o apagar cada uno de los tomas de los equipos

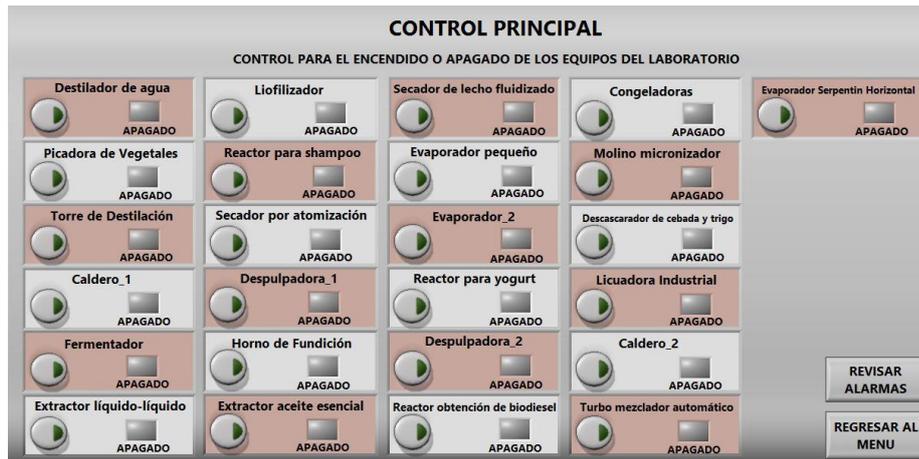


Figura 12-D Control de encendido y apagado del administrador
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Para revisar el monitoreo de las variables eléctricas de la red del laboratorio presione **MONITOREO DE VARIABLES ELÉCTRICAS**

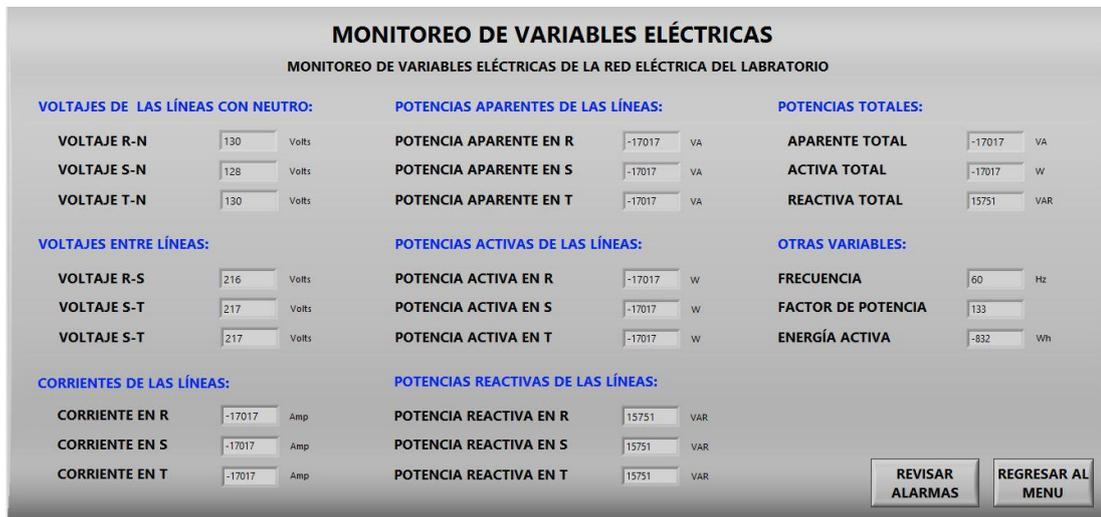


Figura 13-D Monitoreo de Variables Eléctricas Administrador
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Los reportes de consumo se pueden visualizar al presionar **GENERAR REPORTES DE CONSUMO**

Cuando presione **ESTADO DE EQUIPOS** solo se visualizar cuáles son los equipos que están encendidos, no se podrá controlar el encendido o apagado de ningún equipo.



Figura 16-D Estado de los equipos

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Al presionar el botón **REPORTES DE CONSUMO** el operador tendrá acceso a las mismas opciones que el administrador.

Nota: Al presionar en el botón **REVISAR ALARMAS** en las ventanas lo contienen, podrá acceder al panel **ALARMAS EN LA RED**.

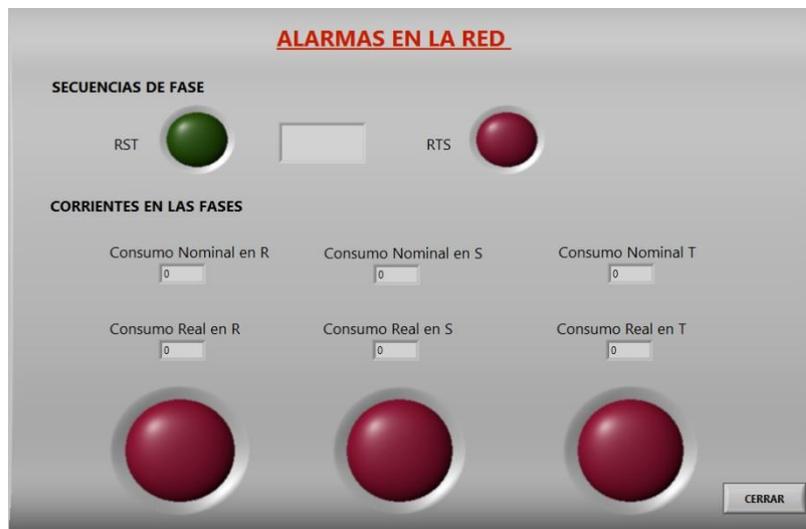


Figura 17-D Alarmas en la Red

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Esta ventana genera alarmas de fallos en el sistema, de sobrecorrientes que pueden generar daños en los equipos conectados.

NO OLVIDE: Por seguridad realizar revisiones constantes de este panel.

Control por Celular

Por medio de este dispositivo se puede activar o desactivar las líneas de alimentación de los equipos, para ello es necesario revisar previamente la siguiente tabla:

Tabla 1-D: Códigos para mensaje de texto

Descripción	Mensaje Encendido	Mensaje Apagado
Destilador de agua	on#destilador	off#destilador
Picadora vegetales	on#picadora	off#picadora
Torre de destilación de alcohol	on#torre	off#torre
Caldero (azul)	on#caldero1	off#caldero1
Fermentador obtención de alcohol	on#fermentador	off#fermentador
Extractor liquido-liquido	on#extractor	off#extractor
Liofilizador	on#liofilizador	off#liofilizador
Reactor semiautomático para shampo	on#shampoo	off#shampoo
Secador por atomización	on#atomizacion	off#atomizacion
Despulpadora 1 motor azul (equipo de elaboración de pulpa de frutas)	on#despulpadora1	off#despulpadora1
Horno de fundición	on#fundicion	off#fundicion
Extractor de aceite esencial eléctrico	on#aceite	off#aceite
Secador de Túnel	on#secador	off#secador
Evaporador pequeño	on#evaporador1	off#evaporador1
Evaporador 2, lafet	on#evaporador2	off#evaporador2
Reactor para yogurth	on#yogurth	off#yogurth
Despulpadora 2 motor negro	on#despulpadora2	off#despulpadora2
Reactor, obtención de biodiesel	on#biodiesel	off#biodiesel
4 congeladoras	on#congeladoras	off#congeladoras
Molino micronizador	on#molino	off#molino
Descascarador de cebada y trigo	on#descascarador	off#descascarador
Licuada industrial	on#licuadora	off#licuadora
Caldero (plomo)	on#caldero2	off#caldero2
Turbo mezclador automático	on#mezclador	off#mezclador
Evaporador, serpentín horizontal	on#serpentin	off#serpentin

Realizado por: Mancheno - Cuvi
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Para lograr el óptimo funcionamiento se debe de realizar el envío del mensaje de texto al número: **0983291264** con los comandos que se mencionan en la tabla superior.

Alarmas

El sistema cuenta con alarmas auditivas y visuales.

Alarmas de secuencia de fase:

- Si la secuencia de fase, es decir RST el sistema funcionará con normalidad, además se encenderá únicamente el **FOCO VERDE** en el tablero. Este aviso también se podrá visualizar en el panel **ALARMAS DE LA RED**:
- Si la secuencia de la red se encuentra cambiada, es decir RST el sistema se bloqueara automáticamente y dejará de funcionar hasta que el daño sea reparado. En este caso la alarma en el tablero se encenderá el **FOCO ROJO**, como en el caso anterior también podrá ser visualizado en el programa de la computadora central.
- Si se encienden ambos indicadores en el tablero significa que una de las 3 fases de la red no se encuentran alimentando al tablero.

Alarmas de consumo de corriente:

Cuando algún equipo que se encuentra conectado a la red genera una sobrecorriente en su funcionamiento, de manera inmediata se activara una alarma sonora y auditiva en el tablero, se deberá revisar el programa revisar los equipos conectados para evitar daños en el equipo.

6 Añadir Contactos en el PLC

Como número predeterminado al cual se encuentra vinculado el PLC es del Docente Encargado del Laboratorio, en caso de requerir hacer cambios del número de contacto o añadir un nuevo contacto se debe realizar el siguiente procedimiento.

Instalación del programador del PLC

Buscar en la carpeta **SISTEMA_ELECTRICO** → **INSTALADOR PLC** → **eSms Config-Setup**. Seguir los pasos del asistente de instalación.

 eSms Config-Setup 29/03/2016 10:20 Aplicación 14.964 KB

Figura 18-D Instalador para programar el PLC

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Seleccione el Idioma del programa

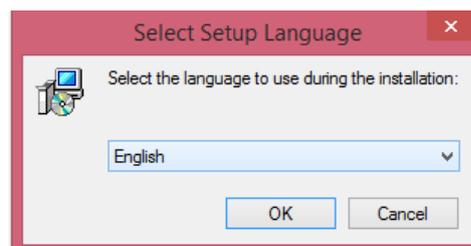


Figura 19-D Inicio de Instalación

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Continúe y Finalice la instalación

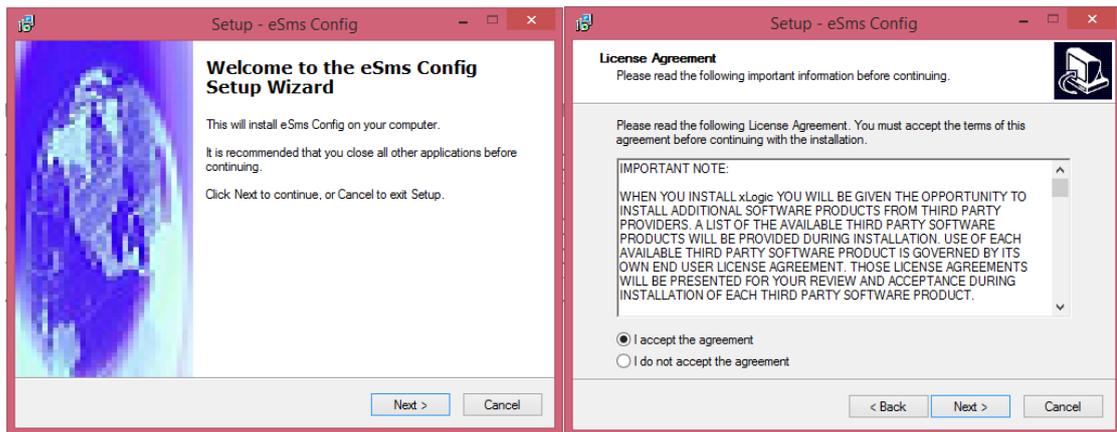


Figura 20-D Proceso de Instalación

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Se creará un icono de acceso en el escritorio de la siguiente apariencia



Figura 21-D Icono

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Obtención del programa desde el PLC

Se realizará la descarga del archivo programado en el PLC, para lograr esto deberá ejecutar **eSms Config**.

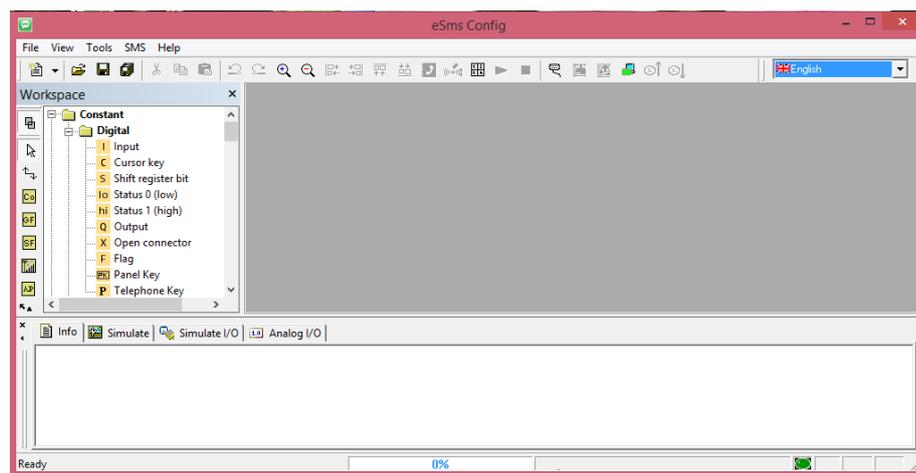


Figura 22-D Apariencia de eSms Config

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Dar un click en el icono  Se abrirá la ventana para la comunicación de la computadora con el PLC. Seleccione el tipo de comunica en este caso **Ethernet**, además la dirección del IP al cual deberá conectarse es **192.168.0.175** como se muestra a continuación.

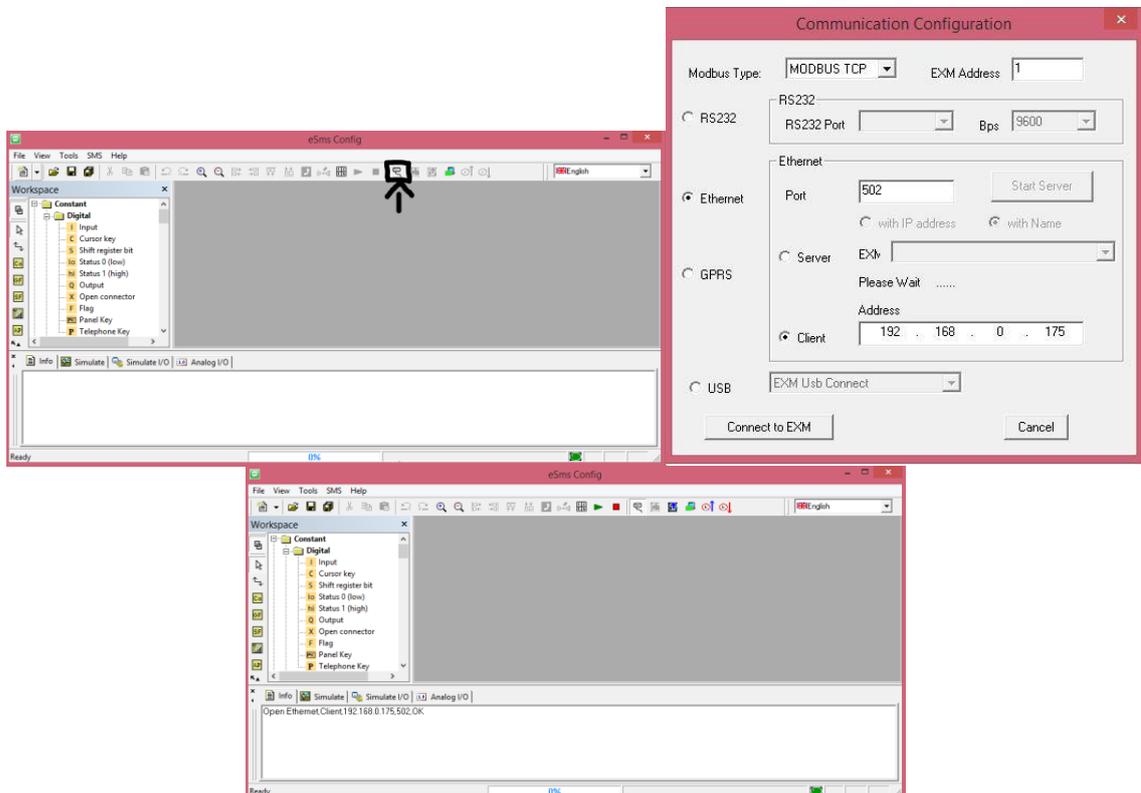


Figura 23-D Comunicación del PLC con la computadora

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

A continuación realice la adquisición del programa para la modificación de la agenda de contactos

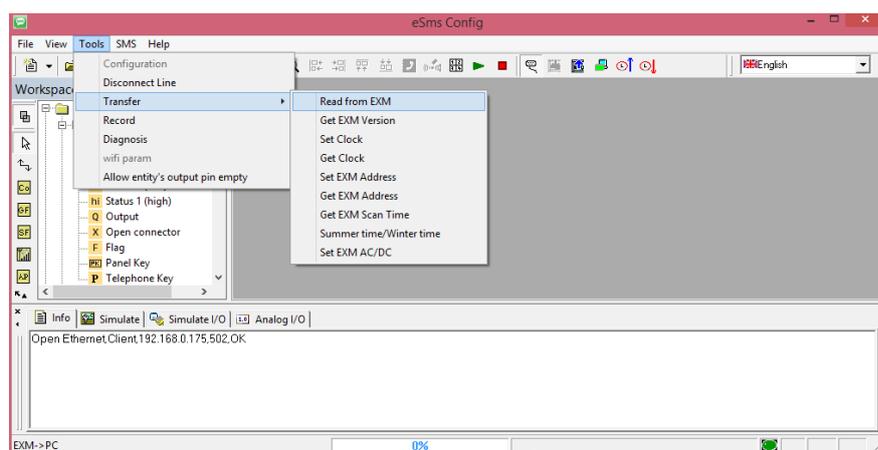


Figura 24-D Procedimiento para adquisición del programa.

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

La adquisición del programa empezará, espere a que se complete al 100%

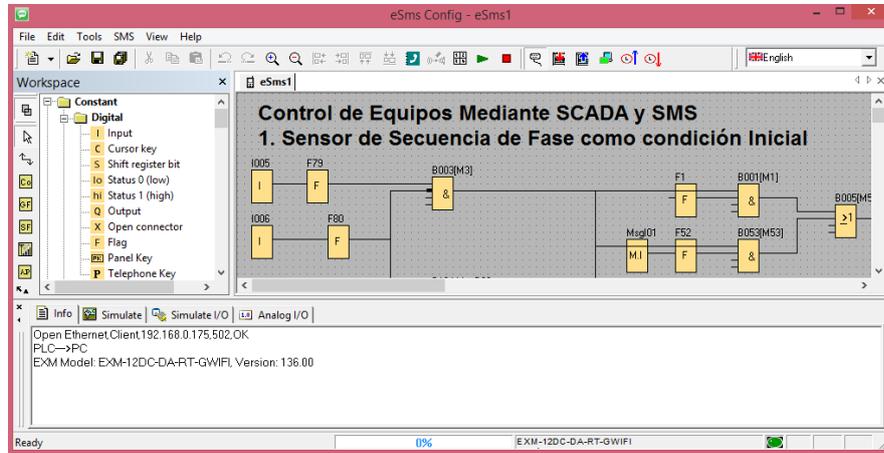
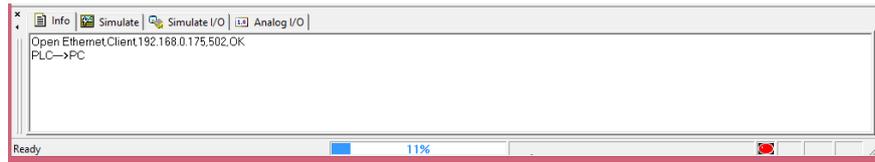


Figura 25-D Adquisición del programa completa

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016



Presione  en la barra de herramientas y en la ventana que se despliega escriba el nombre y el número del nuevo contacto a continuación presione **Add → OK**

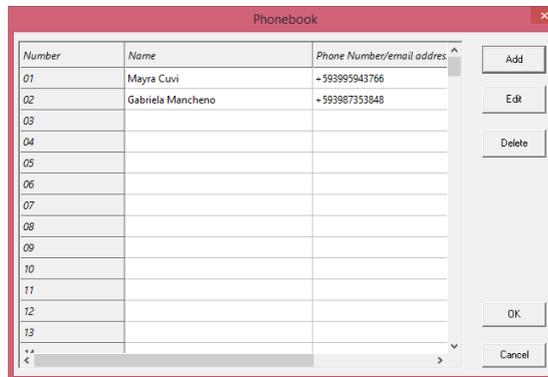


Figura 26-D Modificar contactos

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

En todos los bloques que se muestran a continuación presione doble click y proceda a añadir al nuevo contacto que acaba de registrar en el paso anterior. No olvide de realizar este cambio en todos los bloques similares que encuentre en todo el programa. En ambos casos añada el contacto en **RECEIVER** y presione **OK**.

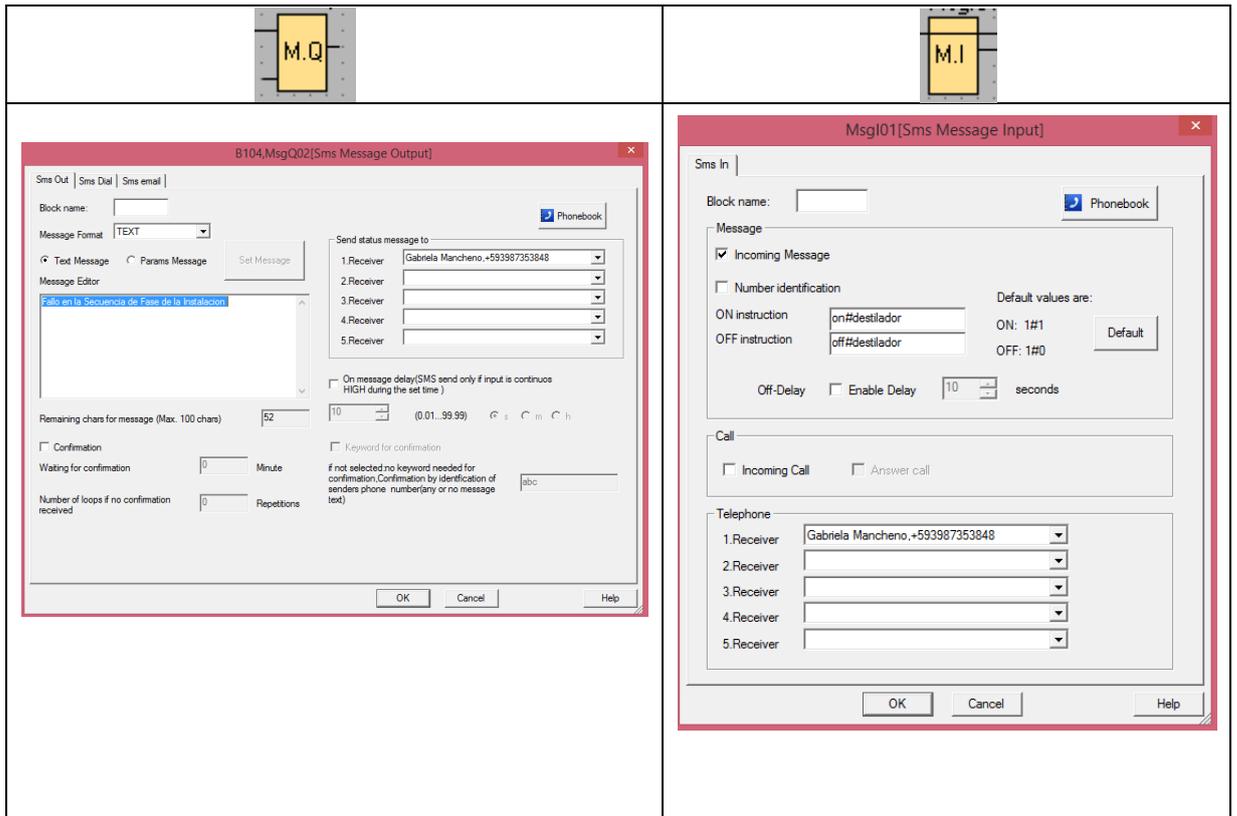


Figura 27-D Añadir el contacto para el control

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

Deberá enviar el programa de nuevo hacia el PLC, para ello deberá hacerlo de la siguiente manera y cuando concluya la transferencia cierre el programa y estará listo para usarlo. En caso de que presente un fallo en la comunicación vuelva a conectarse con el procedimiento descrito anteriormente.

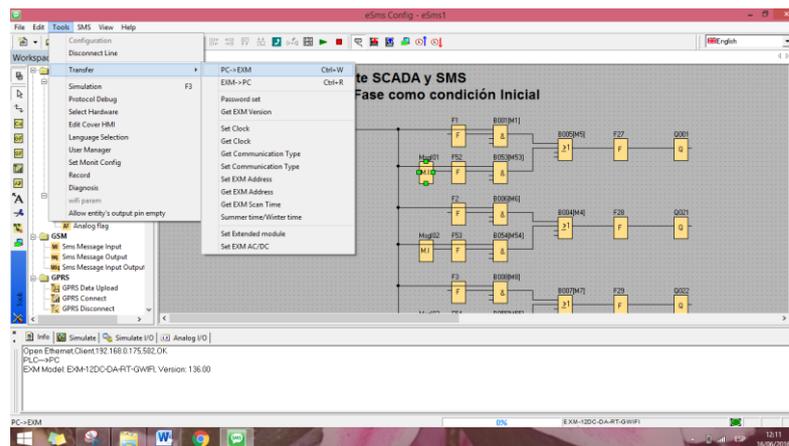


Figura 28-D Envío de programa hacia PLC

Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016

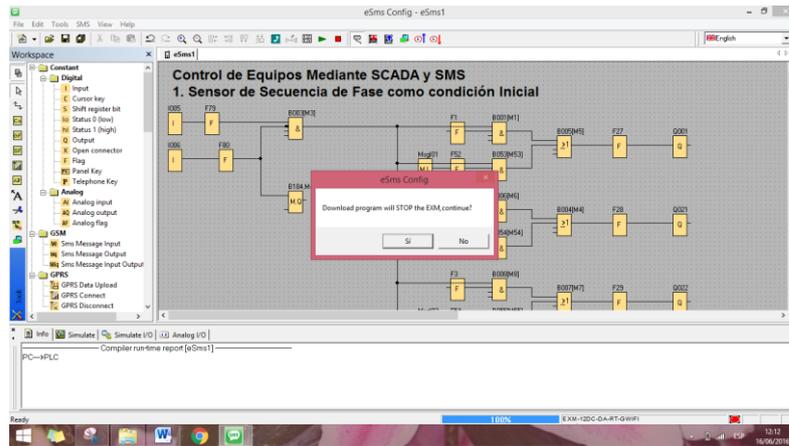


Figura 29-D Carga de Programa Exitosa
Fuente: Mancheno – Cuvi, 2016