



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
SEDE LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE CONTROL LOCAL CON INTERFAZ GRAFICA (HMI),
PARA EL PROCESO DE PRECALENTADO DE AGUA DEL
CALDERO DE LA EMPRESA TEIMSA.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO
ELECTROMECÁNICO**

MAYORGA BACCA GALO MAURICIO

MERA PULLES LUIS FERNANDO

Latacunga, Marzo 2010

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICADO

ING. FRANKLIN SILVA (DIRECTOR)
ING. FREDDY SALAZAR (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL LOCAL CON INTERFAZ GRAFICA (HMI), PARA EL PROCESO DE PRECALENTADO DE AGUA DEL CALDERO DE LA EMPRESA TEIMSA.” realizado por los señores: MAYORGA BACCA GALO MAURICIO y MERA PULLES LUIS FERNANDO ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en forma portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: GALO MAURICIO MAYORGA BACCA y LUIS FERNANDO MERA PULLES que lo entregue al ING. JIMENEZ MARIO, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, 25 de marzo del 2010

Ing. Franklin Silva
DIRECTOR

Ing. Freddy Salazar
CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, MAYORGA BACCA GALO MAURICIO
MERA PULLES LUIS FERNANDO

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL LOCAL CON INTERFAZ GRAFICA (HMI), PARA EL PROCESO DE PRECALENTADO DE AGUA DEL CALDERO DE LA EMPRESA TEIMSA.” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 25 de marzo del 2010

MAYORGA BACCA GALO MAURICIO
CI: No.- 1803862968

MERA PULLES LUIS FERNANDO
CI: No.- 1002821856

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la oportunidad de existir en este mundo, en segundo lugar a la Escuela Superior Politécnica del Ejército sede Latacunga y de una manera muy especial a todos los maestros de la facultad de Electromecánica por habernos impartido todos sus conocimientos.

Galo Mauricio Mayorga Bacca

A mi papá y a mi mamá por todos los esfuerzos realizados para darme los estudios y estar siempre pendientes de mi superación, a la ESPE-L especialmente a los ingenieros de la carrera de Electromecánica por brindarme sus conocimientos.

Luis Fernando Mera Pulles

DEDICATORIA

A mis padres por ser el apoyo económico incondicional durante toda mi vida estudiantil, a mis abuelos por haberme guiado por el camino correcto, a mi enamorada y a mi hermana por ser mis mejores amigas y haber estado a mi lado en los malos y buenos momentos de mi vida y a todos los integrantes de mi familia que contribuyeron e impulsaron en mi formación.

Galo Mauricio Mayorga Bacca

Este Proyecto se lo dedico a Dios, a mis Padres, Luis y Mercedes por ser un apoyo incondicional y una inspiración de mis sueños, a mis hermas y a mi novia por creer en mí y siempre estar en las buenas y en las malas y a toda mi familia por darme ese impulso de seguir día a día.

Luis Fernando Mera Pulles

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, MAYORGA BACCA GALO MAURICIO
MERA PULLES LUIS FERNANDO

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL LOCAL CON INTERFAZ GRAFICA (HMI), PARA EL PROCESO DE PRECALENTADO DE AGUA DEL CALDERO DE LA EMPRESA TEIMSA.” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 25 de marzo del 2010

MAYORGA BACCA GALO MAURICIO
CI: No.- 1803862968

MERA PULLES LUIS FERNANDO
CI: No.- 1002821856

INDICE GENERAL

| TITULO | PAG |
|---|----------|
| CAPITULO I | 1 |
| FUNDAMENTO TEÓRICO | 1 |
| 1.1 INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES | 1 |
| 1.1.1 CONCEPTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA | 1 |
| 1.1.2 OBJETIVOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA | 2 |
| 1.1.3 PLANEACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL..... | 2 |
| 1.1.4 GUÍA PARA LA PLANEACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL | 3 |
| 1.1.5 CLASIFICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS | 3 |
| 1.1.6 VIDA DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA..... | 4 |
| 1.2 PROGRAMADORES LOGICOS CONTROLABLES | 5 |
| 1.2.1 INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1.2.2 PLC EN COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS DE CONTROL | 7 |
| 1.2.3 ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES Y ANALÓGICAS | 7 |
| 1.2.4 CAPACIDADES E/S EN LOS PLC MODULARES | 8 |
| 1.2.5 PROGRAMACIÓN | 9 |
| 1.2.6 COMUNICACIONES..... | 10 |
| 1.2.7 EJEMPLOS DE APLICACIONES GENERALES | 12 |
| 1.3 INTERFAZ HUMANO MAQUINA | 13 |
| 1.3.1 INTRODUCCIÓN | 13 |
| 1.3.2 TIPOS DE HMI | 13 |
| 1.3.3 FUNCIONES DE UN SOFTWARE HMI..... | 14 |
| 1.3.3.1 Monitoreo | 14 |
| 1.3.3.2 Supervisión | 14 |
| 1.3.3.3 Alarmas..... | 14 |
| 1.3.3.4 Control..... | 14 |
| 1.3.3.5 Históricos | 14 |
| 1.3.4 TAREAS DE UN SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL | 15 |
| 1.3.5 TIPOS DE SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA PC | 15 |
| 1.3.6 COMO FACILITAN LAS TAREAS DE DISEÑO LOS PAQUETES ORIENTADOS HMI..... | 15 |
| 1.3.7 ESTRUCTURA GENERAL DEL SOFTWARE HMI | 16 |
| 1.3.8 LAS FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS BLOQUES SON:..... | 17 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 1.4 | SENSORES Y ACTUADORES | 19 |
| 1.4.1 | INTRODUCCIÓN | 19 |
| 1.4.2 | EFFECTOS FÍSICOS UTILIZABLES EN TRANSDUCTORES | 20 |
| 1.4.2.1 | Generación de Tensión o Intensidad | 20 |
| 1.4.2.2 | Variación de la Resistencia | 21 |
| 1.4.2.3 | Variación de la Capacidad | 21 |
| 1.4.2.4 | Variación de la Inductancia | 21 |
| 1.4.3 | CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES | 21 |
| 1.4.3.1 | Según requieran Alimentación Externa | 22 |
| 1.4.3.2 | Transductores Moduladores o Pasivos | 22 |
| 1.4.3.2.1 | Transductores Resistivos | 22 |
| 1.4.3.2.2 | Transductores Capacitivos | 23 |
| 1.4.3.3 | Sensores Primarios de Temperatura, Bimetales | 24 |
| 1.4.3.4 | Sensores Primarios de Nivel | 25 |
| 1.4.3.5 | Detectores de proximidad | 25 |
| 1.4.3.6 | Transductores de Temperatura | 25 |
| 1.4.3.6.1 | Termoresistencias RTDs | 26 |
| 1.5 | BOMBAS | 27 |
| 1.5.1 | INTRODUCCION | 27 |
| 1.5.2 | CLASIFICACION DE LAS BOMBAS | 27 |
| 1.5.2.1 | De émbolo alternativo. | 27 |
| 1.5.2.2 | De émbolo rotativo. | 28 |
| 1.5.2.3 | Rotodinámicas. | 28 |
| 1.5.2.3.1 | Bomba Centrífuga | 29 |
| 1.6 | CALDERAS DE VAPOR | 30 |
| 1.6.1 | TIPOS DE CALDERA | 32 |
| 1.6.1.1 | Acuotubulares: | 32 |
| 1.6.1.2 | Pirotubulares: | 32 |
| 1.6.2 | EFICIENCIA ENERGETICA EN CALDERA DE VAPOR..... | 32 |
| 1.6.2.1 | Control Automático..... | 33 |
| 1.6.2.1.1 | Seguridad de los sistemas de control | 33 |
| 1.6.2.1.2 | Características lógicas del circuito | 33 |
| 1.6.2.1.3 | Control electrónico de la caldera: | 34 |
| 1.6.2.2 | Inspección Y Reparación De Purgadores De Vapor | 34 |
| 1.6.2.3 | Aislamiento De La Distribución De Vapor Y Líneas De Retorno Del Condensado | 34 |
| 1.6.2.4 | Economizadores De Agua De Alimentación Para Recuperación Del Excedente De Calor | 35 |
| 1.6.2.5 | Mejora De La Eficiencia En La Combustión De La Caldera | 35 |
| 1.6.2.6 | Limpieza De Las Superficies De Transferencia De Calor De La Caldera | 36 |
| 1.6.2.7 | Retorno Del Condensado A La Caldera | 36 |

| | |
|--|-----------|
| CAPITULO II | 38 |
| DISEÑO | 38 |
| 2.1 DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA Y SISTEMA DE CONTROL | 38 |
| 2.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA..... | 38 |
| 2.2.1 <i>DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES</i> | 39 |
| 2.2.1.1 Dimensionamiento del guardamotor | 39 |
| 2.2.1.2 Dimensionamiento del interruptor electromagnético (breaker)..... | 40 |
| 2.2.2 <i>DIMENSIONAMIENTO DEL CONTACTOR</i> | 42 |
| 2.2.3 <i>DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES</i> | 44 |
| 2.2.3.1 Conductor para el circuito de fuerza | 45 |
| 2.2.3.2 Conductor para el circuito de control..... | 45 |
| 2.2.3.3 Conductor para instrumentación | 45 |
| 2.2.4 <i>SELECCIÓN DE LA VÁLVULA A UTILIZAR</i> | 46 |
| 2.2.4.1 Electroválvulas | 46 |
| 2.2.5 <i>DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE EXTERNA DE 24 VDC</i> | 47 |
| 2.3 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL | 49 |
| 2.3.1 <i>SELECCIÓN DE LOS TRANSDUCTORES</i> | 49 |
| 2.3.1.1 Sensor de Temperatura | 49 |
| 2.3.1.2 Sensor de Nivel..... | 50 |
| 2.3.2 <i>SELECCIÓN DE LA HMI</i> | 52 |
| 2.3.2.1 HMI local | 52 |
| 2.3.2.2 HMI remota | 53 |
| 2.3.3 <i>HARDWARE DE CONTROL</i> | 53 |
| 2.3.4 <i>DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL HARDWARE DE CONTROL</i> | 54 |
| 2.3.4.1 Descripción del controlador lógico programable | 54 |
| 2.3.4.2 PLC Simatic S7-200 CPU 224XP | 55 |
| 2.3.4.3 Cable multimaestro USB/PPI S7-200..... | 56 |
| 2.3.4.4 Módulo de entradas analógicas para RTD | 57 |
| 2.3.4.5 Visualizador de textos OP320 – S..... | 59 |
| 2.4 DIAGRAMA DEL PROCESO | 59 |
| 2.5 DISEÑO DEL TABLERO DE MANDO | 61 |
| 2.6 DISEÑO DEL PROGRAMA DEL PLC | 62 |
| 2.6.1 <i>PROGRAMA PRINCIPAL</i> | 62 |
| 2.6.1.1 Adquisición y procesamiento de datos | 62 |
| 2.6.1.2 Ejecución del lazo de control On/Off del proceso de precalentado del agua del caldero..... | 63 |
| 2.6.1.3 Tiempo de procesamiento..... | 65 |
| 2.6.1.4 Manejo de alarmas..... | 65 |
| 2.6.2 <i>PROGRAMA PRINCIPAL</i> | 66 |
| 2.6.2.1 Subrutina0..... | 70 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.6.2.2 | Subrutina1..... | 71 |
| 2.6.2.3 | Subrutina2..... | 72 |
| 2.6.2.4 | Subrutina3..... | 73 |
| 2.6.2.5 | Subrutina4..... | 74 |
| 2.6.2.6 | Subrutina5..... | 75 |
| 2.7 | DESARROLLO DE LA HMI GRAFICA EN EXCEL | 75 |
| 2.7.1 | <i>SOFTWARE MICROSOFT EXCEL PARA INTERFAZ GRAFICA CON COMPUTADORA.....</i> | 75 |
| 2.7.1.1 | Requerimientos del Sistema | 76 |
| 2.7.2 | <i>DISEÑO GRÁFICO DE APLICACION.....</i> | 76 |
| 2.8 | DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA PARA VISUALIZACION | 77 |
| 2.8.1 | <i>LÓGICA DE MANEJO DE LAS PANTALLAS DE LA HMI.....</i> | 77 |
| 2.8.2 | <i>ESTRUCTURA DE PANTALLAS.....</i> | 79 |
| 2.8.2.1 | Pantalla de presentación..... | 79 |
| 2.8.2.2 | Pantalla de visualización de temperaturas..... | 79 |
| 2.8.2.3 | Pantallas visualización de eventos..... | 80 |
| 2.9 | DISEÑO DE LA HMI LOCAL PARA EL TABLERO DE CONTROL. | 81 |
| 2.9.1 | <i>SOFTWARE PARA LA CONFIGURACIÓN DE LA OP320-S</i> | 82 |
| 2.9.2 | <i>PROGRAMACION DEL PANEL VIEW OP320-S.....</i> | 82 |
| 2.9.2.1 | Selección del modelo de la OP | 82 |
| 2.9.2.2 | Selección del PLC..... | 83 |
| 2.9.2.3 | Selección de parámetros para el panel view OP320-s..... | 84 |
| 2.9.2.4 | Pantalla de programación | 84 |
| 2.9.2.4.1 | Barra principal | 85 |
| 2.9.2.4.2 | Barra de herramientas..... | 85 |
| 2.9.2.4.3 | Barra de funciones | 86 |
| 2.9.2.4.4 | Área de screen | 87 |
| 2.9.2.4.5 | Atributos de screen..... | 88 |
| 2.9.2.4.6 | Área de trabajo..... | 88 |
| CAPITULO III..... | | 89 |
| CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION | | 89 |
| 3.1 | ADQUISICIÓN DE LOS EQUIPOS..... | 89 |
| 3.2 | CONSTRUCCIÓN DE CABLES PARA COMUNICACIÓN..... | 89 |
| 3.2.1 | <i>CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTENSIÓN PARA EL CABLE PPI</i> | 89 |
| 3.2.2 | <i>CONSTRUCCIÓN DEL CABLE PARA LA PROGRAMACION DE LA PANTALLA OP320-S.</i> | 90 |
| 3.2.3 | <i>CONSTRUCCIÓN DEL CABLE PARA LA COMUNICACION DE LA PANTALLA OP320-S CON EL PLC S7-200.</i> | 91 |
| 3.3 | MONTAJE E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS | 93 |

| | | |
|---|---|------------|
| 3.3.1 | RECOMENDACIONES PARA EL MONTAJE | 94 |
| 3.3.2 | MONTAJE DEL TABLERO DE MANDO..... | 94 |
| 3.3.3 | MONTAJE DE LOS EQUIPOS DE FUERZA Y CONTROL EN EL TABLERO DE MANDO..... | 95 |
| 3.3.4 | MONTAJE DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS EN LA PLANTA | 97 |
| 3.4 | UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL PANEL FRONTAL DEL TABLERO..... | 98 |
| 3.5 | CABLEADO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL..... | 99 |
| CAPÍTULO IV | | 101 |
| PRUEBAS | | 101 |
| 4.1 | PRUEBAS DE LOS SENSORES..... | 101 |
| 4.1.1 | PRUEBAS DE CONTROL DE NIVEL..... | 101 |
| 4.1.2 | PRUEBAS DE ADQUISICIÓN DE VALORES DE TEMPERATURA..... | 102 |
| 4.2 | PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL..... | 103 |
| 4.3 | PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACIÓN | 104 |
| 4.4 | PRUEBAS DE COMUNICACIÓN ENTRE LOS MÓDULOS Y EL PLC | 106 |
| 4.5 | PRUEBAS DE LAS ALARMAS..... | 106 |
| 4.5.1 | ALARMA DE LA TEMPERATURA DE CALDERO | 106 |
| 4.5.2 | ALARMA DE LA TEMPERATURA DEL TANQUE DE PRECALENTADO | 107 |
| 4.5.3 | ALARMA DE LA FALLA DEL TERMICO DE LA BOMBA 1..... | 108 |
| 4.5.4 | ALARMA DE LA FALLA DEL TERMICO DE LA BOMBA 2..... | 108 |
| 4.5.5 | ALARMA DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA 1..... | 109 |
| 4.5.6 | ALARMA DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA 2..... | 109 |
| 4.5.7 | ALARMA DE NIVEL BAJO DE AGUA EN EL TANQUE DE PRECALENTADO. | 110 |
| 4.6 | ANALISIS TECNICO-ECONOMICO. | 110 |
| CAPITULO V | | 112 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 112 |
| 5.1 | CONCLUSIONES..... | 112 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES | 113 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 115 |
| ANEXOS | | |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: PLC SIEMENS S7-200 TIPO 224XP | 6 |
| FIGURA 2: MÓDULOS DE EXPANSIÓN DEL PLC S7-200 | 9 |
| FIGURA 3: PROGRAMACIÓN PARA EL PLC S7-200 | 10 |
| FIGURA 4: COMUNICACIÓN ETHERNET, PROFIBUS, PROFINET ETC | 11 |
| FIGURA 5: COMUNICACIÓN DEL PLC S7-200 | 12 |
| FIGURA 6: DIAGRAMA DE UN HMI | 13 |
| FIGURA 7: ESTRUCTURA DE UN HMI | 16 |
| FIGURA 8: BLOQUES EN CADENA | 18 |
| FIGURA 9: SISTEMA HMI/SCADA ⁷ | 18 |
| FIGURA 10: POTENCIÓMETRO..... | 22 |
| FIGURA 11: TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO..... | 23 |
| FIGURA 12: MEDIDOR DE NIVEL..... | 23 |
| FIGURA 13: BIMETAL | 24 |
| FIGURA 14: SENSORES PRIMARIOS DE NIVEL..... | 25 |
| FIGURA 15: TERMORESISTENCIAS RTD..... | 27 |
| FIGURA 16: PARTES DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA..... | 30 |
| FIGURA 17: CALDERAS DE VAPOR | 31 |
| FIGURA 18: INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO | 40 |
| FIGURA 19: CABLE APANTALLADO | 46 |
| FIGURA 20: VÁLVULA DE SOLENOIDE TÍPICA..... | 47 |
| FIGURA 21: FUENTE EXTERNA DE ALIMENTACIÓN DE DC..... | 48 |
| FIGURA 22: LAS DOS PT100 QUE SERÁN UTILIZADAS | 50 |
| FIGURA 23: SENSOR DE NIVEL CON SUS RESPECTIVOS ELECTRODOS..... | 51 |
| FIGURA 24: HARDWARE DE CONTROL..... | 53 |
| FIGURA 25: CABLE MULTIMAESTRO USB/PPI..... | 57 |
| FIGURA 26: VISUALIZADOR DE TEXTOS (OP320-S) Y CABLE DE CONEXIÓN..... | 59 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 27: CONEXIÓN DE PINES EN UN CONECTOR DB9 | 59 |
| FIGURA 28: ESQUEMA DE PROCESO | 60 |
| FIGURA 29: DATOS DE TEMPERATURAS | 62 |
| FIGURA 30: ALARMAS PARA NIVELES DE AGUA..... | 63 |
| FIGURA 31: SELECTORES ON-OFF | 63 |
| FIGURA 32: UBICACIÓN DE LOS SENSORES DE NIVEL..... | 64 |
| FIGURA 33: TABLERO DE CONTROL..... | 65 |
| FIGURA 34: ALARMAS EN EL TABLERO | 66 |
| FIGURA 35: DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL..... | 67 |
| FIGURA 36: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL EN MODO MANUAL. | 68 |
| FIGURA 37: DIAGRAMA DE FLUJO DE MODO AUTOMÁTICO | 69 |
| FIGURA 38: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA ENCENDIDO DE BOMBAS | 70 |
| FIGURA 39: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA CONTEO DE HORAS | 71 |
| FIGURA 40: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA APAGADO DE BOMBAS..... | 72 |
| FIGURA 41: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA BOMBAS MANUAL..... | 73 |
| FIGURA 42: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA CONTEO DE HORAS DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE | 74 |
| FIGURA 43: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA APAGADO DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE | 75 |
| FIGURA 44: PANTALLA DE EXCEL Y SUS PARTES PARA REALIZAR UN HMI. | 77 |
| FIGURA 45: LÓGICA DE MANEJO DE PANTALLAS..... | 78 |
| FIGURA 46: PANTALLA DE PRESENTACIÓN..... | 79 |
| FIGURA 47: PANTALLA DE VISUALIZACIÓN DE TEMPERATURAS..... | 80 |
| FIGURA 48: PANTALLA DE VISUALIZACIÓN DE EVENTOS | 81 |
| FIGURA 49: ICONO DEL SOFTWARE OP20 | 82 |
| FIGURA 50: SELECCIÓN DEL MODELO DE LA OP | 83 |
| FIGURA 51: SELECCIÓN DE LA MARCA DEL PLC | 83 |
| FIGURA 52: SELECCIÓN DE PARÁMETROS PARA EL PANEL VIEW 320-S | 84 |
| FIGURA 53: PARTES DEL SOFTWARE OP20 | 84 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 54: BARRA PRINCIPAL | 85 |
| FIGURA 55: ÁREA DE SCREEN..... | 87 |
| FIGURA 56: ATRIBUTOS DE SCREEN..... | 88 |
| FIGURA 57: ÁREA DE TRABAJO | 88 |
| FIGURA 58: EXTENSIÓN PARA CABLE PPI Y CONEXIÓN DE PINES EN EL DB9..... | 90 |
| FIGURA 59: CONEXIÓN PARA LOS CONECTORES DB9..... | 91 |
| FIGURA 60: CONEXIÓN DE PINES PARA COMUNICACIÓN PANTALLA-PLC | 92 |
| FIGURA 61: DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS EN EL TABLERO DE MANDO | 93 |
| FIGURA 62: TABLERO DE MANDO CORTADO | 94 |
| FIGURA 63: COLOCACIÓN DE CANALETAS..... | 95 |
| FIGURA 64: COLOCACIÓN DE LA RIEL DIN..... | 95 |
| FIGURA 65: ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y FUENTE EXTERNA | 96 |
| FIGURA 66: PLC Y MÓDULO DE AMPLIACIÓN SIMATIC S7-200..... | 96 |
| FIGURA 67: ELECTROVÁLVULA PARA AGUA FRÍA..... | 97 |
| FIGURA 68: RTDS PT100 UBICACIÓN EN EL TANQUE Y CHIMENEA..... | 97 |
| FIGURA 69: SENSORES DE NIVEL MONTADOS EN LA VARILLA..... | 98 |
| FIGURA 70: REPRESENTACIÓN DE ELEMENTOS EN EL TABLERO DE CONTROL..... | 98 |
| FIGURA 71: CABLEADO DE LA PLANTA HACIA EL TABLERO | 99 |
| FIGURA 72: CABLEADO INTERNO DEL TABLERO..... | 100 |
| FIGURA 73: PRUEBAS DE SENSORES DE NIVEL..... | 101 |
| FIGURA 74: PRUEBA DE ELECTROVÁLVULA | 102 |
| FIGURA 75: VALORES DE TEMPERATURA | 102 |
| FIGURA 76: TABLERO EN FORMA MANUAL..... | 103 |
| FIGURA 77: TABLERO EN MODO AUTOMÁTICO | 104 |
| FIGURA 78: CONFIGURACIÓN DE VELOCIDAD DEL PROGRAMA..... | 105 |
| FIGURA 79: PRUEBA DE COMUNICACIÓN | 105 |
| FIGURA 80: INFORMACIÓN DE ESTADO DE LA CPU | 106 |
| FIGURA 81: ALARMA DE TEMPERATURA ALTA | 107 |
| FIGURA 82: ALARMA DE TEMPERATURA BAJA | 107 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 83: ALARMA FALLA DEL TÉRMICO DE LA BOMBA1 | 108 |
| FIGURA 84: ALARMA DE FALLA DE TÉRMICO DE LA BOMBA 2 | 108 |
| FIGURA 85: ALARMA DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA 1 | 109 |
| FIGURA 86: ALARMA DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA 2..... | 109 |
| FIGURA 87: ALARMA DE NIVEL BAJO DE AGUA | 110 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 1: EJEMPLOS DE TRANSDUCTORES | 20 |
| TABLA 2: PLACA DE DATOS DE LAS BOMBAS | 39 |
| TABLA 3: CARGA DEL TABLERO DE MANDO..... | 41 |
| TABLA 4: DATOS DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS | 44 |
| TABLA 5: CONSUMO DE VOLTAJE CONTINUÓ DEL SISTEMA..... | 48 |
| TABLA 6: DATOS DE LA FUENTE EXTERNA | 48 |
| TABLA 7: CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA..... | 50 |
| TABLA 8: CARACTERÍSTICAS DEL LOS TRANSDUCTORES DE NIVEL | 51 |
| TABLA 9: REQUERIMIENTOS DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC | 55 |
| TABLA 10: CARACTERÍSTICAS DEL PLC S7-200 CPU 224XP..... | 56 |
| TABLA 11: CONFIGURACIÓN DEL EM 231 DE 2 ENTRADAS ANALÓGICAS | 58 |
| TABLA 12: BARRA DE HERRAMIENTAS DEL SOFTWARE OP20..... | 86 |
| TABLA 13: BARRA DE FUNCIONES DEL SOFTWARE OP20 | 87 |
| TABLA 14: DEFINICIÓN DE PINES DEL CONECTOR DB9 | 91 |
| TABLA 15: CARACTERÍSTICAS DE LA COMUNICACIÓN CON EL CABLE ENTRE LA PANTALLA Y EL PLC | 93 |

ANEXOS

ANEXO A: MANUAL PARA REALIZAR UNA VISUALIZACION Y BASE DE DATOS EN EXCEL.

ANEXO B: MANUAL DE LA OP320-S.

ANEXO C: MANUAL DEL TABLERO DE CONTROL.

ANEXO D: DESCARGA DE DATOS DE LA MEMORIA EXTERNA.

ANEXO E: TABLA DE CAPACIDAD DE CORRIENTE.

ANEXO F: DIAGRAMAS DE CONEXIÓN.

ANEXO G: PROGRAMACION DEL PLC.

PROLOGO

ANTECEDENTES

La operación comercial de la planta se inició en 1992 con la sección de tejeduría, contándose con una producción inicial de 80,000 metros de tela al mes, expansiones posteriores de telares y la incorporación del proceso de retorcido y bobinado, permiten una capacidad actual de producción de 400.000 metros de tela semipesado por mes.

Actualmente el sistema de precalentado de agua de la empresa TEIMSA se encuentra funcionando manualmente siendo esta una desventaja, debido a la pérdida de tiempo que implica la revisión de temperatura y nivel tanto en el caldero como en su chimenea por parte del personal de operación, además no presenta alarmas visuales o auditivas para reconocer el lugar exacto donde se ha producido alguna falla.

JUSTIFICACION

La implementación de un sistema de control y monitoreo en este proceso, facilitará la coordinación de las bombas que alimentan de agua al caldero, y gracias a los sensores instalados en los tanques y en la chimenea, los encargados de este proceso se podrán dar cuenta de las anomalías que presentaría el sistema, todo esto gracias al sistema de alarmas instaladas.

Los principales beneficios de la implementación del control son: confiabilidad y eficiencia en el sistema de precalentado de agua, lo cual garantiza el adecuado funcionamiento de este, y repercute en mejoras de tiempos de control, reducción de costos de mantenimiento, facilidad de utilización de parte de los operadores, menores consumos de combustible y elevar el posicionamiento de la empresa en el mercado.

Mediante la Interfaz Humano Maquina (HMI), se supervisará el proceso de precalentado de agua, este sistema contara con una PC en la que se indicaran los eventos más importantes como son: comportamiento de temperaturas, niveles de agua en los tanques de almacenamiento, mantenimiento de bombas y todo tipo de alarmas que estén dentro de este proceso.

CAPITULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

1.1.1 CONCEPTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Se llama instalación eléctrica al conjunto de elementos necesarios que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta las máquinas y aparatos receptores para su utilización final. Entre estos elementos se incluyen:

- Conductores
- Tableros eléctricos
- Dispositivos de protección
- Transformadores
- Medidores de Energía
- Banco de capacitores
- Puestas a tierra de equipos y canalizaciones
- Dispositivos de control
- Generación de emergencia
- Conexiones
- Contactores
- Canalizaciones
- Soportes

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas (dentro de paneles o plafones falsos), o empotradas (en muros, techos o pisos).

1.1.2 OBJETIVOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Además debe ser flexible, cumplir con las normas, confiable, simple, y económica.

- Segura contra accidentes e incendios: en vidas humanas la única alternativa viable es la seguridad. Los daños materiales se pueden evaluar económicamente.
- Eficiente y económica
- Accesible y de fácil mantenimiento
- Cumplir con las normas
- Confiable
- Simplicidad
- Flexible
- Costos iniciales

1.1.3 PLANEACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL

- La continuidad de una producción en una planta industrial es tan confiable como lo es su sistema de distribución eléctrico.
- Dos plantas raramente tienen las mismas necesidades, no se puede usar el mismo sistema de distribución eléctrica, se siguen normas recomendaciones, códigos, normas de ingeniería.
- La diferencia de costo entre un sistema bien planeado y una instalación mediocre es generalmente pequeña.
- Se ha calculado que el costo de la instalación eléctrica es de aprox. 2 al 10% del costo global de la planta.
- No planear un sistema eléctrico sin participación de:
 - Personal de producción
 - Personal de mantenimiento
 - Personal de seguridad
 - Debe haber coordinación con todos

1.1.4 GUÍA PARA LA PLANEACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO INDUSTRIAL

Los siguientes puntos debemos considerar en el diseño de un sistema eléctrico de distribución industrial.

- Levantamiento de cargas
- Determinación de la demanda
- Arreglo eléctrico
- Localización de equipo
- Selección de tensiones
- Compañía suministradora
- Generación
- Diagrama unifilar
- Análisis de cortocircuito
- Protección
- Expansión futura

1.1.5 CLASIFICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS ¹

Según el autor se pueden clasificar de diferentes formas:

- De acuerdo al nivel de voltaje y al ambiente de trabajo
Nivel de voltaje:
 - Instalaciones no peligrosas. Cuando su voltaje es igual o menor que 12 volts
 - Instalaciones de baja tensión. Cuando el voltaje con respecto a tierra no excede 750 volts

1.- Folleto de instalaciones eléctricas, para más información refiérase a www.mediafire.com/?naxed3cabyb

- Instalación de media tensión: No existen límites precisos, podría considerarse un rango de 1000 a 15000 volts; algunos autores incluyen todos los equipos hasta los 34 Kv.
 - Instalaciones de alta tensión. Voltajes superiores a los mencionados anteriormente
- Lugar de instalación: normales y peligrosas

Normales:

- Interiores
- Exteriores

Peligrosas: Existe peligro de fuego o explosión debido a la presencia de:

- Gases, vapores y líquidos inflamables
- Polvos combustibles

1.1.6 VIDA DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Según el tiempo que transcurre desde su construcción hasta que se vuelve inservible, siendo difícil precisar la vida útil de una instalación eléctrica, sin embargo depende de muchos factores como:

- Proyecto y construcción
- Materiales aislantes
- Mantenimiento
- Medio ambiente

1.2 PROGRAMADORES LOGICOS CONTROLABLES

1.2.1 INTRODUCCIÓN

Los **PLC**² (*Programmable Logic Controller* en sus siglas en inglés) o Controlador de lógica programable, se trata de un equipo electrónico, que, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales.

2.- PLC = controlador de lógica programada

Los *PLC* actuales como el que se muestra en la figura 1 pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD³ (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID⁴ y funciones de comunicación multiprotocolos que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.



Figura 1: PLC Siemens S7-200 tipo 224XP

3.- FBD = función de diagrama de bloques

4.- PID = control proporcional integral derivativo

1.2.2 PLC EN COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS DE CONTROL

Los PLC requieren poco diseño eléctrico y el problema de diseño se centra en expresar las operaciones y secuencias en la lógica de escalera (o diagramas de funciones). Las aplicaciones de PLC son normalmente hechos a la medida del sistema, por lo que el costo del PLC es bajo comparado con el costo de la contratación del diseñador para un diseño específico que solo se va a usar una sola vez. Por otro lado, en caso de productos de alta producción, los sistemas de control a medida se amortizan por sí solos rápidamente debido al ahorro en los componentes, lo que provoca que pueda ser una buena elección en vez de una solución "genérica".

Resumiendo, los campos de aplicación de un PLC o autómatas programables en procesos industriales son: cuando hay un espacio reducido, cuando los procesos de producción son cambiantes periódicamente, cuando hay procesos secuenciales, cuando la maquinaria de procesos es variable, cuando las instalaciones son de procesos complejos y amplios, cuando el chequeo de programación se centraliza en partes del proceso. Sus aplicaciones generales son las siguientes: maniobra de máquinas, maniobra de instalaciones y señalización y control.

1.2.3 ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES Y ANALÓGICAS

Las entradas digitales varían sólo entre dos estados. El PLC codifica estas señales según su amplitud en: 1 lógico para el valor de amplitud mayor, y 0 lógico para el nivel de amplitud menor. Los niveles de amplitud que el PLC entenderá son definidos por el fabricante. Este tipo de señales generalmente provienen de transductores como: interruptores, botoneras, sensores de fin de carrera, etc.

Las salidas digitales son: de voltaje y de relé. Las salidas de voltaje asignan una magnitud de voltaje, que depende del fabricante, al estado 1 lógico y de 0 V al estado 0 lógico. Las salidas de relé consisten en un contacto seco que se cierra en el estado 1 y se abre en el estado 0.

Las entradas analógicas generalmente provienen de sensores que miden el valor instantáneo de una variable física. Ejemplos de este tipo de señales son: la salida de una tacométrica, de un fotosensor o de un sensor de nivel. El valor de la señal analógica se transforma en una señal digital de tal forma que el procesador la pueda manipular. Un aspecto importante de esta transformación es la resolución con que se realiza en el interior del PLC. Por resolución se entenderá la cantidad de valores cuantizados disponibles para representar una señal analógica.

En el caso de salidas analógicas, los valores de salida están generalmente entre 0 Vdc a 10 Vdc para las salidas de voltaje y de 4 mA a 10 mA para las de corriente, aunque estos valores varían según el fabricante. Estas señales comandan actuadores como válvulas solenoides, servomotores, etc.

1.2.4 CAPACIDADES E/S EN LOS PLC MODULARES

Los PLC modulares tienen un limitado número de conexiones para la entrada y la salida. Normalmente, hay disponibles ampliaciones si el modelo base no tiene suficientes puertos E/S, como se muestran en la figura 2 los módulos de expansión de un S7-200.

Los PLC con forma de rack tienen módulos con procesadores y con módulos de E/S separados y opcionales, que pueden llegar a ocupar varios racks. A menudo hay miles de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales. A veces, se usa un puerto serie especial de E/S que se usa para que algunos racks puedan estar colocados a larga distancia del procesador, reduciendo el coste de cables en grandes empresas. Alguno de los PLC actuales pueden comunicarse mediante un amplio tipo de comunicaciones incluidas RS-485, coaxial, e incluso Ethernet para el control de las entradas salidas con redes a velocidades de 100 Mbps.

Los PLC usados en grandes sistemas de E/S tienen comunicaciones P2P⁵ entre los procesadores.

5.- P2P = peer to peer o red de pares es una red de computadoras

Esto permite separar partes de un proceso complejo para tener controles individuales mientras se permita a los subsistemas comunicarse mediante links. Estos links son usados a menudo por dispositivos de Interfaz de usuario (HMI)⁶ como keypads o estaciones de trabajo basados en ordenadores personales.



Figura 2: Módulos de expansión del PLC S7-200

1.2.5 PROGRAMACIÓN

Los primeros PLC, en la primera mitad de los 80, eran programados usando sistemas de programación propietarios o terminales de programación especializados, que a menudo tenían teclas de funciones dedicadas que representaban los elementos lógicos de los programas de PLC. Los programas eran guardados en cintas. Más recientemente, los programas PLC son escritos en aplicaciones especiales en un ordenador, y luego son descargados directamente mediante un cable o una red al PLC. Los PLC viejos usan una memoria no volátil (magnetic core memory) pero ahora los programas son guardados en una memoria RAM con batería propia o en otros sistemas de memoria no volátil como las memoria flash.

6.- HMI = interfaz humano máquina

Los primeros PLC fueron diseñados para ser usados por electricistas que podían aprender a programar los PLC en el trabajo. Estos PLC eran programados con “lógica de escalera” ("ladder logic") como se muestra en la figura 3. Los PLC modernos pueden ser programados de muchas formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como el BASIC o C. Otro método es usar la Lógica de Estados (State Logic), un lenguaje de programación de alto nivel diseñado para programas PLC basándose en los diagramas de transición de estados.

Recientemente, el estándar internacional IEC 61131-3 se está volviendo muy popular. IEC 61131-3 define cinco lenguajes de programación para los sistemas de control programables: FBD (Function block diagram), LD (Ladder diagram), ST (Structured text, similar al Lenguaje de programación Pascal), IL (Instruction list) y SFC (Sequential function chart).

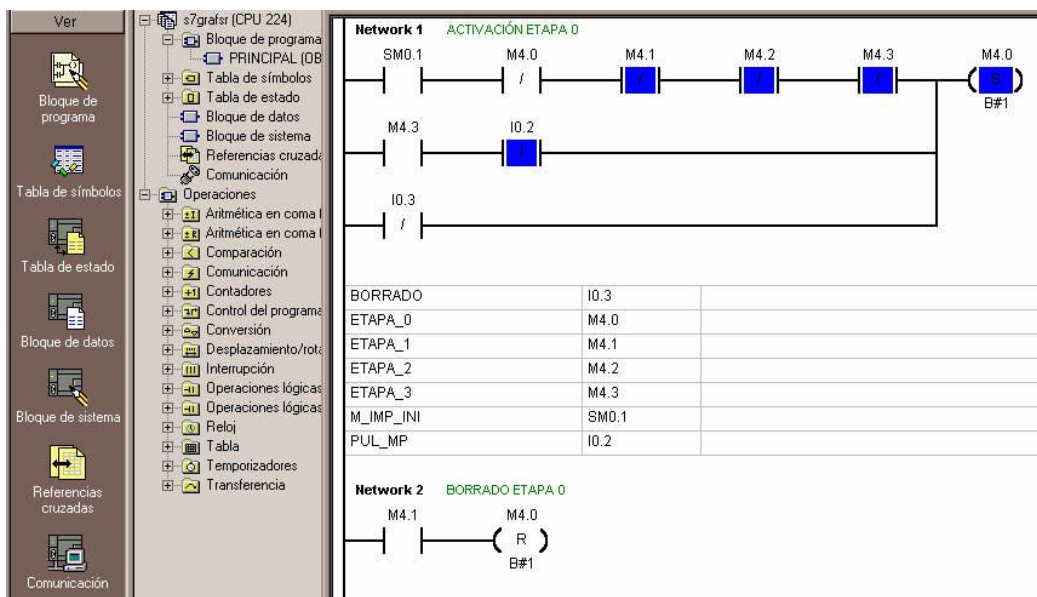


Figura 3: Programación para el PLC S7-200

1.2.6 COMUNICACIONES

Las formas como los PLC intercambian datos con otros dispositivos son muy variadas como se muestra en la figura 5. Típicamente un PLC puede tener integrado puertos de comunicaciones seriales que pueden cumplir con distintos

estándares de acuerdo al fabricante. Estos puertos pueden ser de los siguientes tipos:

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

Sobre estos tipos de puertos de hardware las comunicaciones se establecen utilizando algún tipo de protocolo o lenguaje de comunicaciones. En esencia un protocolo de comunicaciones define la manera como los datos son empaquetados para su transmisión y como son codificados. De estos protocolos los más conocidos son:

- Modbus
- Bus CAN
- Profibus
- Devicenet
- Controlnet
- Ethernet I/P

En la figura 4 se muestran los diferentes conectores que se utilizan en las comunicaciones mencionadas en anterior mente.

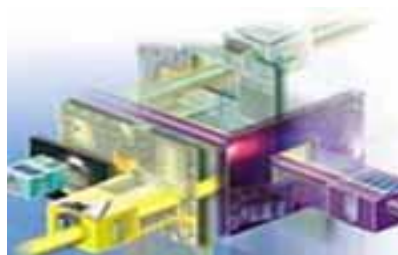


Figura 4: Comunicación Ethernet, Profibus, Profinet etc

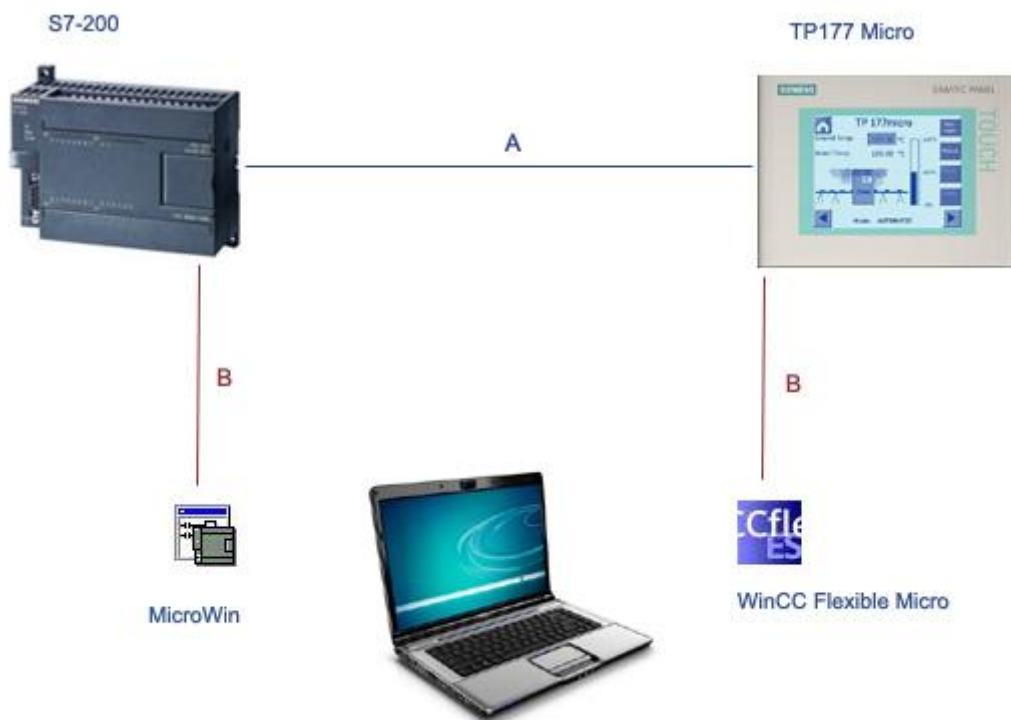


Figura 5: Comunicación del PLC S7-200

1.2.7 EJEMPLOS DE APLICACIONES GENERALES

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones:
 - Instalación de aire acondicionado, calefacción.
 - Instalaciones de seguridad
- Señalización y control:
 - Chequeo de programas
 - Señalización del estado de procesos

1.3 INTERFAZ HUMANO MAQUINA

1.3.1 INTRODUCCIÓN

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una "ventana" de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI (en adelante HMI) o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores) como se representa en el diagrama de la figura 6. Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

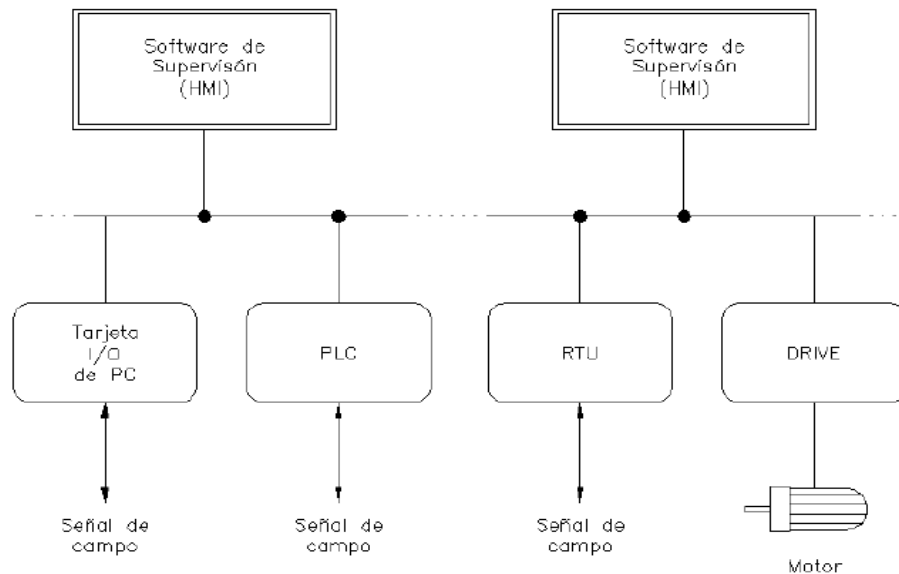


Figura 6: Diagrama de un HMI

1.3.2 TIPOS DE HMI

- Desarrollos a medida. Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.

- Paquetes enlatados HMI. Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplos son FIX, WinCC, Wonderware, etc.

1.3.3 FUNCIONES DE UN SOFTWARE HMI

1.3.3.1 Monitoreo

Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.

1.3.3.2 Supervisión

Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

1.3.3.3 Alarmas

Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.

1.3.3.4 Control

Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va mas allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.

1.3.3.5 Históricos

Es la capacidad de mostrar y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

1.3.4 TAREAS DE UN SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

- Permitir una comunicación con dispositivos de campo.
- Actualizar una base de datos "dinámica" con las variables del proceso.
- Visualizar las variables mediante pantallas con objetos animados (mímicos).
- Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos con el mouse o teclado.
- Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.
- Almacenar los valores de las variables para análisis estadístico y/o control.
- Controlar en forma limitada ciertas variables de proceso.

1.3.5 TIPOS DE SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA PC

- Lenguajes de programación visual como Visual C++ o Visual Basic. Se utilizan para desarrollar software HMI a medida del usuario. Una vez generado el software el usuario no tiene posibilidad de reprogramarlo.
- Paquetes de desarrollo que están orientados a tareas HMI. Pueden ser utilizados para desarrollar un HMI a medida del usuario y/o para ejecutar un HMI desarrollado para el usuario. El usuario podrá reprogramarlo si tiene la llave (software) como para hacerlo. Ejemplos son FIX Dynamics, Wonderware, PCEVI, Factory Link, WinCC.

1.3.6 COMO FACILITAN LAS TAREAS DE DISEÑO LOS PAQUETES ORIENTADOS HMI.

- Incorporan protocolos para comunicarse con los dispositivos de campo más conocidos. Drivers, OPC.
- Tienen herramientas para crear bases de datos dinámicas.
- Permiten crear y animar pantallas en forma sencilla.

- Incluyen gran cantidad de librería de objetos para representar dispositivos de uso en la industria como: motores, tanques, indicadores, interruptores, etc.

1.3.7 ESTRUCTURA GENERAL DEL SOFTWARE HMI

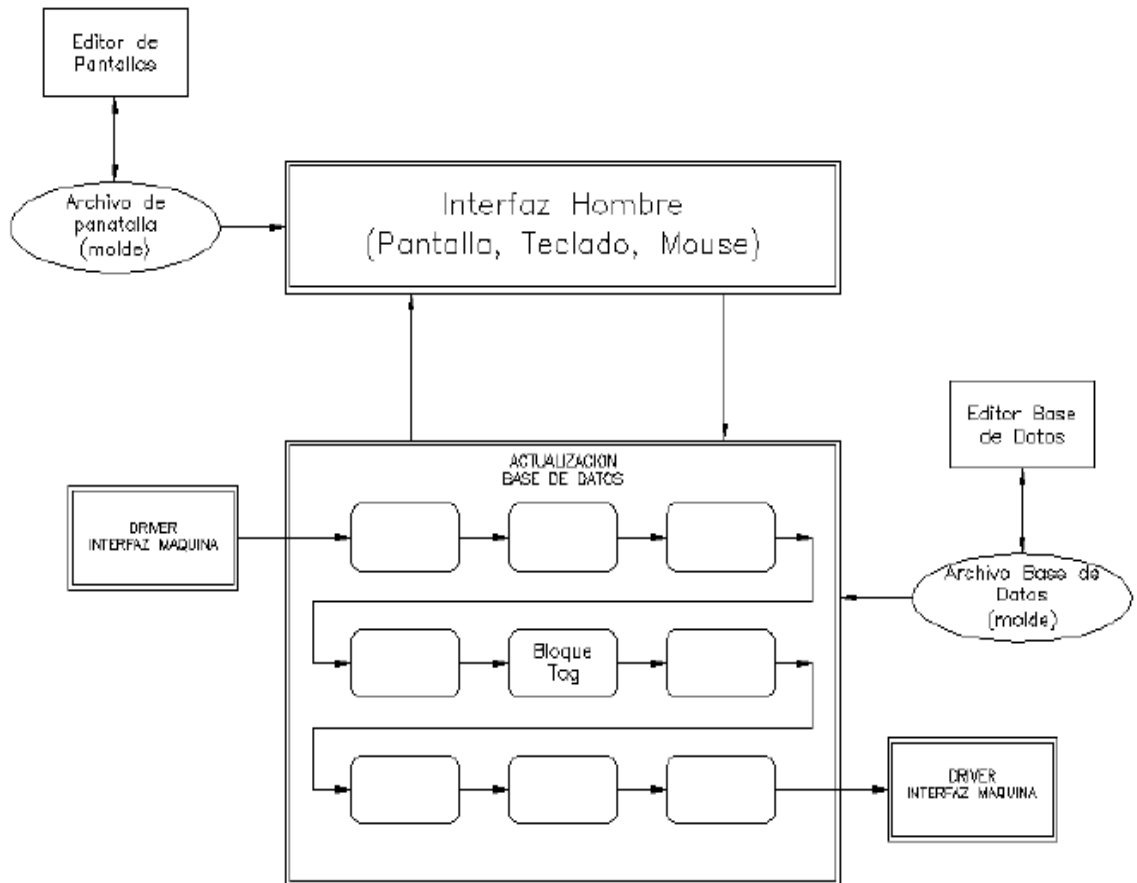


Figura 7: Estructura de un HMI

Los software HMI están compuestos por un conjunto de programas y archivos. Hay programas para diseño y configuración del sistema y otros que son el motor mismo del sistema. En la Figura 7 se muestra cómo funcionan algunos de los programas y archivos más importantes. Los rectángulos de la figura representan programas y las elipses representan archivos. Los programas que están con recuadro simple representan programas de diseño o configuración del sistema; los que tienen doble recuadro representan programas que son el motor del HMI.

Con los programas de diseño, como el "editor de pantallas" se crea moldes de pantallas para visualización de datos del proceso. Estos moldes son guardados en archivos "Archivo de pantalla" y almacenan la forma como serán visualizados los datos en las pantallas.

Interfaz Hombre: Es un programa que se encarga de refrescar las variables de la base de datos en la pantalla, y actualizarla, si corresponde, por entradas del teclado o el mouse. Este programa realiza la interfaz entre la base de datos y el hombre. El diseño de esta interfaz está establecido en el archivo molde "Archivo de pantalla" que debe estar previamente creado.

Base de datos: Es un lugar de la memoria de la computadora donde se almacenan los datos requeridos del proceso. Estos datos varían en el tiempo según cambien los datos del procesos, por esta razón se denomina "base de datos dinámica". La base de datos está formada por bloques que pueden estar interconectados. La creación de la base de datos, sus bloques y la relación entre ellos se realiza a través de "editor de base de datos".

Driver: La conexión entre los bloques de la base de datos y las señales del proceso se realiza por medio de drivers. Estos drivers manejan los protocolos de comunicación entre el HMI y los distintos dispositivos de campo. Los drivers son entonces la interfaz hacia la máquina.

Bloques (tags): Como ya mencionamos, la base de datos está compuesta por bloques. Para agregar o modificar las características de cada bloque se utiliza el editor de la base de datos. Los bloques pueden recibir información de los drivers u otros bloques y enviar información hacia los drivers u otros bloques.

1.3.8 LAS FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS BLOQUES SON:

- Recibir datos de otros bloques o al driver.
- Enviar datos a otros bloques o al driver.
- Establecer enlaces (links) a la pantalla (visualización, teclado o mouse)
- Realizar cálculos de acuerdo a instrucciones del bloque.

- Comparar los valores con umbrales de alarmas
- Escalar los datos del driver a unidades de ingeniería.

Los bloques pueden estructurarse en cadenas para procesar una señal (Figura 8).

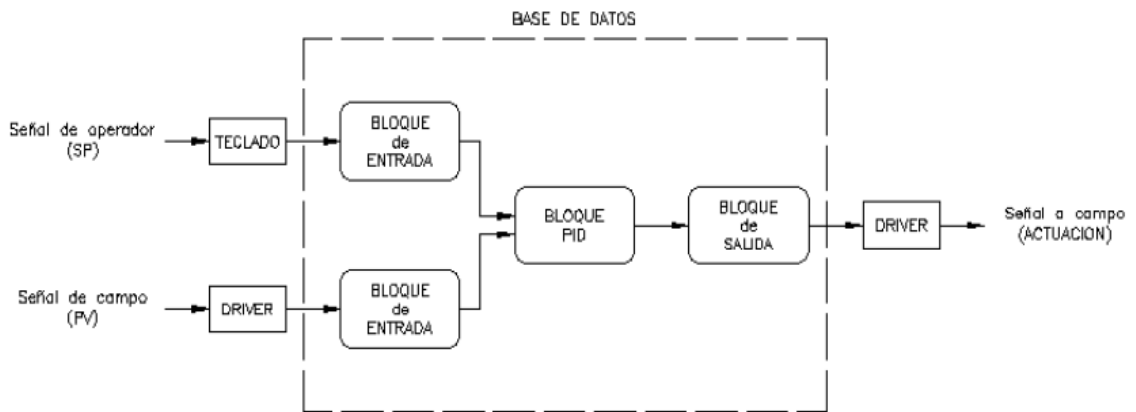


Figura 8: Bloques en cadena

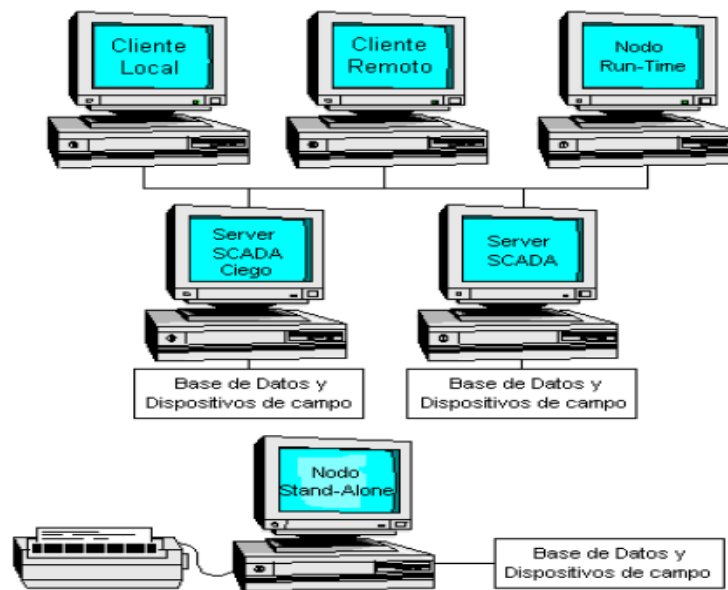


Figura 9: Sistema HMI/SCADA⁷

7. - SCADA = supervisory control and data acquisition (control supervisorio y adquisición de datos)

1.4 SENSORES Y ACTUADORES ⁸

1.4.1 INTRODUCCIÓN

Los sensores y actuadores son los dispositivos del sistema de medida y control que interactúan con el sistema físico que se pretende estudiar o controlar: los primeros permiten la toma de medidas de las distintas magnitudes físicas que se van a analizar; mientras que los actuadores posibilitan la modificación de dicho sistema.

Es habitual emplear indistintamente los términos 'sensor' y 'transductor' hay que tener en cuenta que no son lo mismo. Un sensor es un dispositivo que a partir de la energía del medio, proporciona una señal de salida que es función de la magnitud que se pretende medir. Se denomina sensor primario al dispositivo que transforma la magnitud física a medir en otra magnitud transducible. Un transductor es el dispositivo que transforma una magnitud física (mecánica, térmica, magnética, eléctrica, óptica, etc.) en otra magnitud, normalmente eléctrica, en la tabla 1 se describen algunos transductores con sus magnitudes físicas. El concepto de transductor es más amplio, ya que un transductor puede incluir, por ejemplo, un sensor y un acondicionador de señal o un conversor analógico-digital. Para obtener una determinada medida en un sistema físico puede utilizarse un sensor. Por ejemplo, una posible solución para medir la altura del agua de un depósito sería utilizar un flotador como sensor primario (convertiría el nivel de agua del depósito en un desplazamiento) y un potenciómetro como transductor (convertiría el desplazamiento en una variación de resistencia).

8.- Folleto de instrumentación y control industrial – referencia <http://www.uhu.es/antonio.barragan>

| Magnitud Física | Transductor | Características |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Posición (Lineal o Angular) | Potenciómetro | Analógico |
| | Encoder | Digital |
| | Sincro y Resolver | Analógico |
| Pequeños desplazamientos | Transformador diferencial | Analógico |
| | Galga Extensiométrica | Analógico |
| Velocidad (Lineal o Angular) | Dinamo tacométrica | Analógico |
| | Encoder | Digital |
| | Detector inductivo u óptico | Digital |
| Aceleración | Acelerómetro | Analógico |
| | Sensor de velocidad + calculador | Digital |
| Fuerza y Par | Galga Extensiométrica | Analógico |
| Temperatura | Termopar | Analógico |
| | Resistencias PT100 | Analógico |
| | Termistores CTN | Analógico |
| | Termistores CTP | Todo-Nada |
| | Bimetales | Todo-Nada |
| Sensores de Presencia o Proximidad | Inductivos | Analógico o Todo-Nada |
| | Capacitivos | Todo-Nada |
| | Ópticos | Analógico o Todo-Nada |

Tabla 1: Ejemplos de Transductores

1.4.2 EFECTOS FÍSICOS UTILIZABLES EN TRANSDUCTORES

Aquellos efectos físicos que provocan un cambio en alguna de las características eléctricas de un material o dispositivo, pueden utilizarse para realizar la transducción de la magnitud física causante de la variación. Las variaciones eléctricas que pueden darse son: generación de tensión o intensidad por parte del dispositivo, o modificaciones en la resistencia, capacidad o inductancia del mismo.

1.4.2.1 Generación de Tensión o Intensidad

Al aplicar la magnitud física sobre el dispositivo, éste genera una tensión o intensidad dependiente del nivel de dicha magnitud, sin necesidad de alimentación eléctrica. Por ejemplo los termopares generan una tensión dependiente de la temperatura a la que está sometido.

1.4.2.2 Variación de la Resistencia

La Resistencia de un dispositivo es la medida de la oposición que este ofrece a ser atravesado por una corriente eléctrica. La resistencia es dependiente de la longitud (l), la sección (S) y la conductividad (σ) o resistividad (ρ) del material.

$$R = \sigma * \frac{l}{S} = \frac{l}{\rho S} \quad (1.1)$$

1.4.2.3 Variación de la Capacidad

Dos conductores separados por un dieléctrico (aislante) constituyen un Condensador. La capacidad de dicho condensador es dependiente del área enfrentada de los conductores (A), de la distancia a la que se encuentran (d) y de la constante dieléctrica (ϵ).

$$C = \epsilon * \frac{A}{d} \quad (1.2)$$

1.4.2.4 Variación de la Inductancia

La Inductancia de un dispositivo indica la magnitud del flujo magnético (Φ) que lo atraviesa cuando circula por él una corriente eléctrica (i). Esta magnitud es dependiente del número de espiras del conductor (N). Si la corriente circula por el mismo conductor se habla de autoinductancia, y si lo hace por otro conductor acoplado se denomina inductancia mutua.

$$L = N * \frac{d\Phi}{di} \quad (1.3)$$

1.4.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES

Existen multitud de métodos de clasificar los sensores según se atiende a unas peculiaridades u otras, de forma que según qué concepto se esté analizando se empleará una clasificación u otra.

1.4.3.1 Según requieran Alimentación Externa

Aquellos transductores cuyo funcionamiento se basa en la variación de alguno de sus parámetros eléctricos, requerirán de una alimentación externa para realizar la medida. Estos transductores se denominan Moduladores o Pasivos. Por el contrario, aquellos transductores capaces de generar tensión o intensidad a partir de la magnitud física que se desea medir, no requieren de alimentación externa y se denominan Activos o Generadores.

1.4.3.2 Transductores Moduladores o Pasivos

Los transductores pasivos pueden subdividirse en:

1.4.3.2.1 Transductores Resistivos

La magnitud a medir provoca un cambio de la resistencia del transductor. Según puede observarse en la ecuación 1.1, los parámetros modificables son la longitud, la sección y la conductividad. Ejemplos de este tipo de transductores son los potenciómetros como el de la figura 10 y galgas extensiométricas (varía la longitud); las resistencias variables con la temperatura (RTD)⁹, transductores de efecto Hall y fotoresistencias (varía la conductividad); y los termistores CTN¹⁰ y CTP¹¹ (variación de la resistencia con la temperatura en los semiconductores).

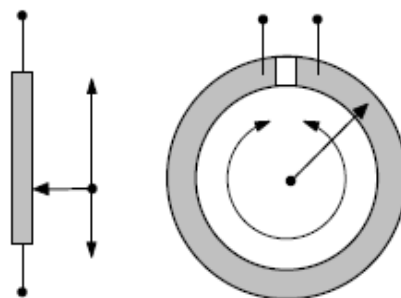


Figura 10: Potenciómetro

9.- RTD = termoresistencia – detector de temperatura por resistencia

10.- CTN = termistor NTC – coeficiente de temperatura negativo

11.- CTP = termistor NTP – coeficiente de temperatura positivo

1.4.3.2 Transductores Capacitivos

Según la ecuación 1.2, hay tres formas de cambiar la capacidad de un dispositivo: modificando el área enfrentada de las dos capas, cambiando la distancia a la que se encuentran dichas capas, y con una variación en la constante del dieléctrico que las separa. Estas tres posibilidades pueden utilizarse para la construcción de transductores de desplazamiento lineales y rotacionales basados en el cambio de área, transductores de fuerza basados en la modificación de la distancia como el grafico de la figura 11 y medidores de nivel basados en la modificación de la constante dieléctrica como se representa en la figura 12.

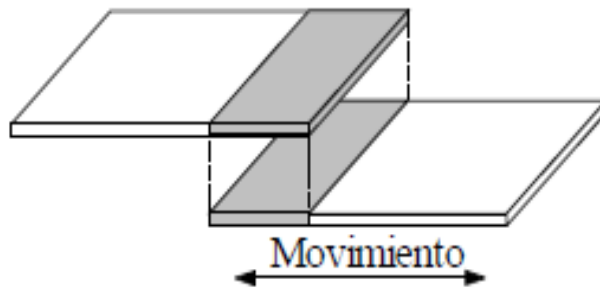


Figura 11: Transductor de Desplazamiento

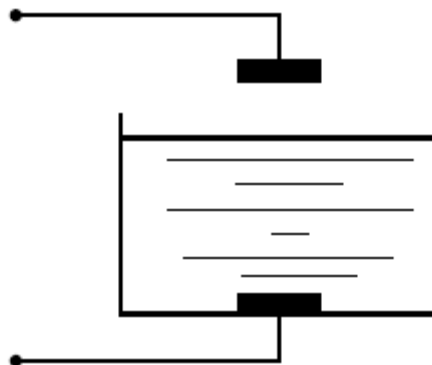


Figura 12: Medidor de Nivel

Las principales ventajas de los transductores capacitivos son su mínimo error de carga, ya que no existe contacto mecánico, la alta estabilidad, reproductividad y resolución; y el no provocar grandes campos eléctricos ni magnéticos como los transductores inductivos. Como inconvenientes hay que mencionar la posibilidad de interferencias capacitivas, la pérdida de sensibilidad que se produce al apantallar los cables de conexión, y la no linealidad (se reduce empleando condensadores diferenciales).

1.4.3.3 Sensores Primarios de Temperatura, Bimetales

Se denomina Bimetal a la pieza formada por dos metales con distinto coeficiente de dilatación térmica (α) en la figura 13 se representan. Cuando se produce un cambio de temperatura, la pieza se deforma según un arco circular, cuyo radio es inversamente proporcional al incremento de temperatura.

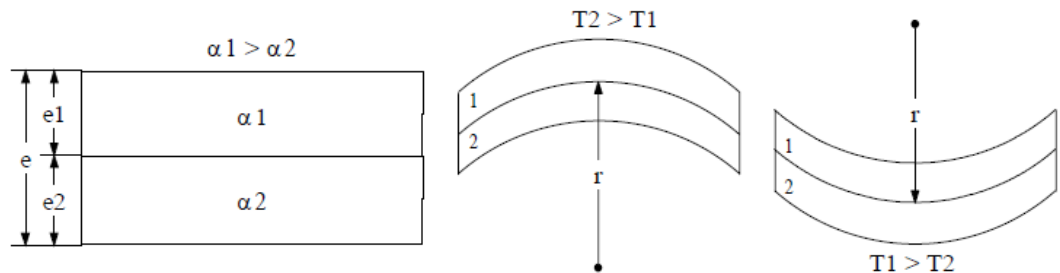


Figura 13: Bimetal

Los bimetales se pueden utilizar para abrir o cerrar contactos siempre que el rango de temperaturas esté comprendido entre $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $540\text{ }^{\circ}\text{C}$, y más particularmente entre $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizándose ampliamente para la protección de circuitos eléctricos (el calentamiento se produce al circular corriente por el bimetal debido al efecto Joule). Si se une el bimetal a un transductor de posición, puede obtenerse una señal eléctrica a partir de la temperatura a la que se encuentra el bimetal.

1.4.3.4 Sensores Primarios de Nivel

Una polea con un flotador y un contrapeso es un sensor primario muy simple como el ilustrado en la figura 14 que convierte el nivel de líquido en un desplazamiento angular. Otra posibilidad es medir la diferencia de presión entre el fondo y la superficie del líquido.

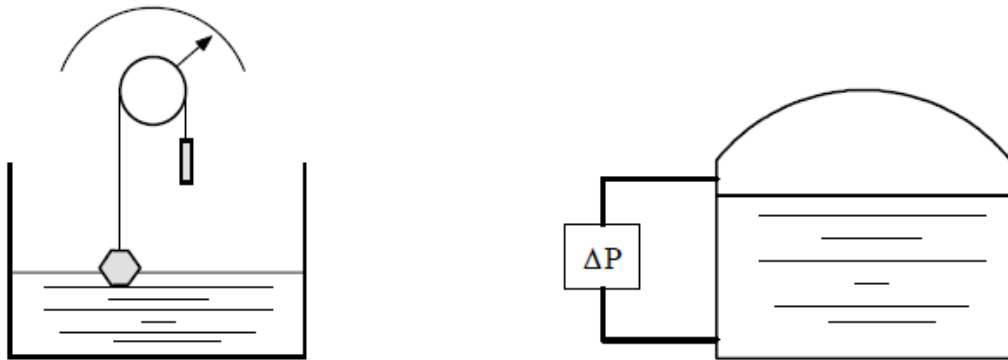


Figura 14: Sensores primarios de nivel

1.4.3.5 Detectores de proximidad

El sensor de proximidad es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor.

Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan. Los más comunes son los interruptores de posición, los detectores capacitivos, los inductivos y ultrasónicos.

1.4.3.6 Transductores de Temperatura

La temperatura tiene una importancia fundamental en numerosos procesos industriales. Por ello, es imprescindible disponer de una medición precisa. Las temperaturas inexactas pueden tener graves consecuencias, como la reducción de la vida útil del equipo si sufre un sobrecalentamiento de unos grados.

1.4.3.6.1 Termoresistencias RTDs

RTD: Detector de temperatura por resistencia.

El principio de medición de la temperatura con termómetros de resistencia está basada en la variación de valor de la resistencia eléctrica de un conductor metálico en función de la temperatura. De una forma aproximada, pero no por ello lejos de lo real, la variación de la resistencia eléctrica de un metal a raíz de la temperatura puede presentarse mediante la expresión:

$$R(t) = R_0 (1 + at)$$

Donde:

R(t): Resistencia eléctrica a la temperatura "t"

R₀: Resistencia eléctrica a la temperatura de 0 C°

a: Coeficiente de variación de la resistencia eléctrica en función de la temperatura medida en °C;

t: Temperatura medida en °C.

Entre los metales más adecuados que se utilizan para termometría de resistencia están:

- Aleación Rh 99,5% - Fe 0,5%
- Cobre
- Níquel
- Platino



Figura 15: Termoresistencias RTD

1.5 BOMBAS

1.5.1 INTRODUCCION

Siempre que tratemos temas como procesos químicos, y de cualquier circulación de fluidos estamos, de alguna manera entrando en el tema de bombas. El funcionamiento en sí de la bomba será el de un convertidor de energía, o sea, transformara la energía mecánica en energía cinética, generando presión y velocidad en el fluido.

Existen muchos tipos de bombas para diferentes aplicaciones. Los factores más importantes que permiten escoger un sistema de bombeo adecuado son: presión última, presión de proceso, velocidad de bombeo, tipo de gases a bombear (la eficiencia de cada bomba varía según el tipo de gas).

1.5.2 CLASIFICACION DE LAS BOMBAS

Las bombas se clasifican en tres tipos principales:

1.5.2.1 De émbolo alternativo.

Opera sobre el principio de desplazamiento positivo, es decir, que bombean una determinada cantidad de fluido (sin tener en cuenta las fugas independientemente de la altura de bombeo).

En su forma usual, la bomba de émbolo alternativo consiste en un pistón que tiene un movimiento de vaivén dentro de un cilindro. Un adecuado juego de válvulas permite que el líquido sea aspirado en una embolada y lanzado a la turbina de impulsión en la siguiente.

En consecuencia, el caudal será intermitente a menos que se instalen recipientes de aire o un número suficiente de cilindros para uniformar el flujo. Aunque las bombas de émbolo alternativo han sido separadas en la mayoría de los campos de aplicación por las bombas rotodinámicas, mucho más adaptables, todavía se emplean ventajosamente en muchas operaciones industriales especiales.

1.5.2.2 De émbolo rotativo.

También operan sobre el principio de desplazamiento positivo, es decir, que bombean una determinada cantidad de fluido (sin tener en cuenta las fugas independientemente de la altura de bombeo).

Las bombas de émbolo rotativo generan presión por medio de engranajes o rotores muy ajustados que impulsan periféricamente al líquido dentro de la carcasa cerrada. El caudal es uniforme y no hay válvulas. Este tipo de bombas es eminentemente adecuado para pequeños caudales (menores de $1 \text{ pie}^3/\text{s}$ y el líquido viscoso). Las variables posibles son muy numerosas.

1.5.2.3 Rotodinámicas.

Este tipo debe su nombre a un elemento rotativo, llamado rodete, que comunica velocidad al líquido y genera presión. La carcasa exterior, el eje y el motor completan la unidad de bombeo.

La bomba rotodinámica es capaz de satisfacer la mayoría de las necesidades de la ingeniería y su uso está muy extendido. Su campo de utilización abarca desde abastecimientos públicos de agua, drenajes y regadíos, hasta transporte de hormigón o pulpas.

Las más corrientes de este tipo son:

1.5.2.3.1 Bomba Centrífuga

Una bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las tubuladuras de salida o hacia el siguiente rodete (siguiente etapa).

Aunque la fuerza centrífuga producida depende tanto de la velocidad en la periferia del impulsor como de la densidad del líquido, la energía que se aplica por unidad de masa del líquido es independiente de la densidad del líquido. Por tanto, en una bomba dada que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y transfiere al líquido, (en pascales, Pa, metros de columna de agua m.c.a. o o pie-lb/lb de líquido) es la misma para cualquier líquido sin que importe su densidad. Tradicionalmente la presión proporcionada por la bomba en metros de columna de agua o pie-lb/lb se expresa en metros o en pies y por ello que se denomina genéricamente como "altura", y aun más, porque las primeras bombas se dedicaban a subir agua de los pozos desde una cierta profundidad (o altura).

Las bombas centrífugas tienen un uso muy extendido en la industria ya que son adecuadas casi para cualquier uso. Las más comunes son las que están construidas bajo normativa DIN 24255 (en formas e hidráulica) con un único rodete, que abarcan capacidades hasta los 500 m³/h y alturas manométricas hasta los 100 metros con motores eléctricos de velocidad normalizada. Estas bombas se suelen montar horizontales, pero también pueden estar verticales y para alcanzar mayores alturas se fabrican disponiendo varios rodetes sucesivos en un mismo cuerpo de bomba. De esta forma se acumulan las presiones parciales que ofrecen cada uno de ellos. En este caso se habla de bomba

multifásica o multietapa, pudiéndose lograr de este modo alturas del orden de los 1200 metros para sistemas de alimentación de calderas.

Constituyen no menos del 80% de la producción mundial de bombas, porque es la más adecuada para mover más cantidad de líquido que la bomba de desplazamiento positivo.

No hay válvulas en las bombas de tipo centrífugo; el flujo es uniforme y libre de impulsos de baja frecuencia.

Los impulsores convencionales de bombas centrífugas se limitan a velocidades en el orden de 60 m/s (200 pie/s).

En la figura 16 se muestra una bomba centrífuga en corte con sus respectivas partes.

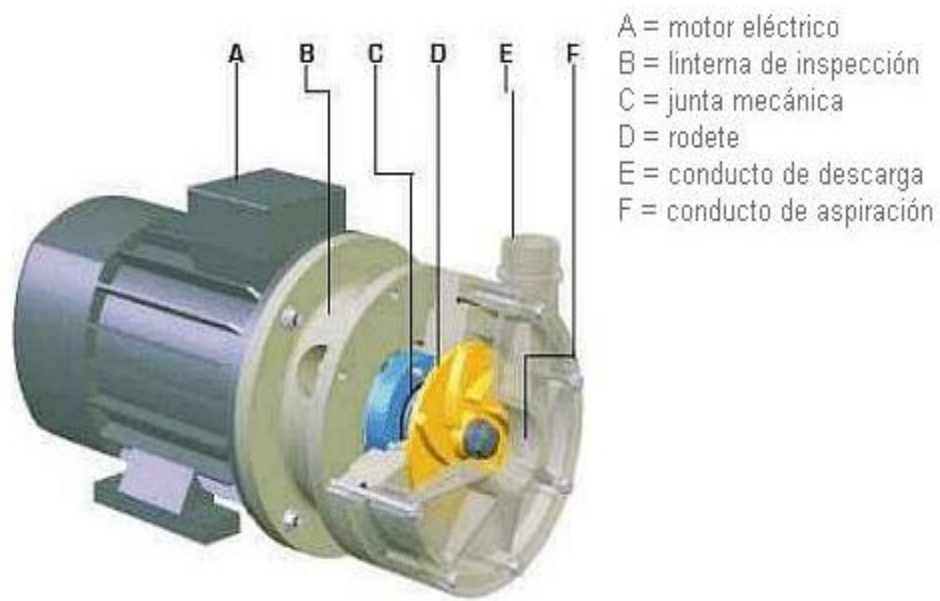


Figura 16: Partes de una bomba Centrífuga

1.6 CALDERAS DE VAPOR

Una caldera es una máquina o dispositivo de ingeniería que está diseñado para generar vapor saturado. Éste vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado.

Las calderas son un caso particular en el que se eleva a altas temperaturas de intercambiadores de calor, en las cuales se produce un cambio de fase. Además son recipientes a presión, por lo cual son construidas en parte con acero laminado a semejanza de muchos contenedores de gas como se muestra en la figura 17.

Debido a las amplias aplicaciones que tiene el vapor, principalmente de agua, las calderas son muy utilizadas en la industria para generarlo para aplicaciones como:

- Esterilización (tindarización), es común encontrar calderas en los hospitales, las cuales generan vapor para esterilizar los instrumentos médicos, también en los comedores con capacidad industrial se genera vapor para esterilizar los cubiertos.
- Calentar otros fluidos, por ejemplo, en la industria petrolera se calienta a los petróleos pesados para mejorar su fluidez y el vapor es muy utilizado.
- Generar electricidad a través de un ciclo Rankine. Las calderas son parte fundamental de las centrales termoeléctricas.



Figura 17: Calderas de vapor

1.6.1 TIPOS DE CALDERA

1.6.1.1 Acuotubulares:

Son aquellas calderas en las que el fluido de trabajo se desplaza a través de tubos durante su calentamiento. Son las más utilizadas en las centrales termoeléctricas, ya que permiten altas presiones a su salida, y gran capacidad de generación.

1.6.1.2 Piro tubulares:

En este tipo el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente, y es atravesado por tubos por los cuales circula gases a alta temperatura producto de un proceso de combustión.

1.6.2 EFICIENCIA ENERGETICA EN CALDERA DE VAPOR ¹²

Cuando al inicio de cada jornada el operador pone en marcha una gran caldera industrial, o cuando una caldera central se enciende en un gran edificio por la mañana muy temprano, litros y litros de combustible comienzan a quemarse. Los requerimientos de calor serán seguramente muy pequeños al inicio de la jornada, pero las calderas están en pleno funcionamiento todo el día. Si nos centramos en la producción de vapor, las calderas de vapor son equipos omnipresentes en la industria, que suponen además uno de los puntos de consumo más elevados de un establecimiento industrial. Es muy importante iniciar una estrategia de ahorro energético en las calderas de vapor ya que dan cuenta de ingentes cantidades de combustible, y con unas medidas sencillas podemos ahorrar muchos miles de dólares.

Creemos que la mejora de la eficiencia energética de las calderas de vapor es una actividad imprescindible que debe realizarse en todas las plantas industriales, y queda sobre todo justificada por el rápido retorno de la inversión.

12.- <http://todoproductividad.blogspot.com/> - artículo eficiencia energética de calderas de vapor

1.6.2.1 Control Automático

Son técnicas utilizadas cada vez más frecuentes conforme aumenta la disponibilidad de tecnologías apropiadas. Es por lo tanto una fuente probable de proyectos técnicos tanto en el diseño de nuevas instalaciones como en la mejora de las existentes. Las consideraciones técnicas más interesantes son las siguientes:

1.6.2.1.1 Seguridad de los sistemas de control

La seguridad de los sistemas de control son las consideraciones a tener en cuenta para minimizar, si es practicable, la probabilidad de que falle uno de los componentes o dispositivos en la circuitería de control que puedan causar la operación insegura o control inadecuado. Cada sistema de control debe haberse sometido a un análisis de riesgos.

1.6.2.1.2 Características lógicas del circuito

Cuando se utilicen circuitos lógicos para el arranque secuencial o para la operación de componentes individuales, se proporcionarán indicadores en la consola de control para mostrar la finalización con éxito de la secuencia de operaciones por el circuito lógico y el arranque y operación del componente. Si no se llevan a cabo algunos pasos particulares durante la secuencia, la secuencia es parar en ese punto. La neutralización del sistema y su operación manual se permite en funciones vitales para permitir el control en caso de fallo de un circuito lógico. Para sistemas con control lógico, se someterán a revisión los siguientes documentos:

- Sistema de clasificación de zonas.
- Impresión de la pantalla operacional para verificar el contenido operacional y de seguridad.
- Planificación de la integración del sistema.
- Planificación de redundancia y teoría de operación.
- Sistema de gestión del software.

- Certificaciones de componentes computarizados.

1.6.2.1.3 Control electrónico de la caldera:

El control electrónico de calderas mediante sistemas electrónicos programables es una de las líneas fundamentales de un proyecto de eficiencia electrónica de calderas de vapor. Estos sistemas proporcionan aplicaciones muy sofisticadas permitiendo cierre automático, control remoto y sistemas para indicar fallos por personal situado a distancia. Otra cuestión a tener en cuenta sobre los sistemas de calderas automatizados es que si se someten a regímenes de mantenimiento sistemáticos, los periodos de inspección y sustitución de elementos pueden penalizar al usuario que implante tales sistemas.

1.6.2.2 Inspección Y Reparación De Purgadores De Vapor

En los sistemas de vapor que no se han mantenido en 3-5 años, entre el 15% y el 30 % de los purgadores de vapor instalados pueden haber fallado en ese caso el vapor escapa en el sistema de retorno del condensado. En sistemas con un programa de mantenimiento desarrollado regularmente, las pérdidas de los purgadores serán menos del 5 % del total de purgadores. Si el sistema de distribución de vapor incluye más de 500 purgadores, un análisis de los purgadores de vapor probablemente revelará pérdidas de vapor significativos. Los purgadores de vapor deben probarse si están funcionando apropiadamente y no están obturados o fallan en posición abierta y permiten que el vapor escape al sistema de retorno del condensado. Hay cuatro formas de probar los purgadores de vapor: temperatura, sonido, visual, y electrónico.

1.6.2.3 Aislamiento De La Distribución De Vapor Y Líneas De Retorno Del Condensado

Las líneas de distribución de vapor y retorno del condensado no aisladas son una fuente constante de derroche de energía. El aislamiento puede típicamente reducir las pérdidas de energía en un 90% y ayudar a asegurar una presión de vapor apropiada en el equipo de planta. Cualquier superficie a temperatura superior a 48,8 °C debe estar aislada, incluyendo las superficies de las calderas,

tuberías de retorno del condensado y vapor, y accesorios. En la reparación del sistema de vapor el aislamiento frecuentemente se daña o se retira y nunca se reemplaza. El aislamiento dañado o mojado debe repararse o sustituido inmediatamente para evitar comprometer el valor del aislamiento. Las causas de un aislamiento húmedo incluyen válvulas con pérdidas, pérdidas en tuberías externas, pérdidas en tubos, o pérdidas en equipos adyacentes. Después de aislar las líneas de vapor, los cambios en el caudal de calor pueden influir en otras partes del sistema de vapor.

1.6.2.4 Economizadores De Agua De Alimentación Para Recuperación Del Excedente De Calor

El economizador de agua de alimentación reduce los requerimientos de combustible de la caldera transfiriendo calor desde el gas de los humos al agua de alimentación. Los gases de los humos de la caldera se rechazan a menudo a la chimenea a temperaturas que superan en más de 37,7°C - 65,55°C la temperatura del vapor generado. Generalmente, la eficiencia de la caldera puede incrementarse en un 1% cada reducción de 4,44 °C en la temperatura del gas de los humos. Recuperando el calor excedente, un economizador puede a menudo reducir los requerimientos de combustible entre un 5-10% y quedar amortizado en menos de 2 años.

1.6.2.5 Mejora De La Eficiencia En La Combustión De La Caldera

La operación de la caldera con una cantidad mínima de exceso de aire minimizará la pérdida de calor en la chimenea y mejorará la eficiencia de la combustión. La eficiencia de la combustión es una medida de cómo efectivamente el contenido de calor del combustible se transfiere a calor utilizable. La temperatura en la chimenea y las concentraciones de oxígeno (o dióxido de carbono) son los principales indicadores de la eficiencia de la combustión. En la práctica, las condiciones de la combustión nunca son ideales, y debe suministrarse una cantidad de aire adicional para quemar completamente el combustible. La cantidad correcta de exceso de aire se determina analizando el oxígeno del gas de los humos o las concentraciones de dióxido de carbono. Una

cantidad de aire excedente inadecuada origina en combustibles no quemados (combustible, hollín, humo, y monóxido de carbono) mientras que demasiado origina una pérdida de calor debida al caudal de gas de humos incrementado – disminuyendo de esta forma la eficiencia total de la caldera de humo a vapor. En un sistema de gas natural bien diseñado, es alcanzable un nivel de aire del 10 %. A menudo se asume que la eficiencia de la caldera puede incrementarse un 1% cada 15% de reducción del exceso de aire o reducción de 3,44 °C en la temperatura del gas de la chimenea.

1.6.2.6 Limpieza De Las Superficies De Transferencia De Calor De La Caldera

Incluso en pequeñas calderas, la prevención de formación de depósitos puede producir un ahorro sustancial de energía. Los depósitos ocurren cuando el calcio, magnesio, y silicatos, comúnmente encontrados en la mayor parte de los suministros de agua, reaccionan para formar una capa de material en el lado del agua de los tubos de intercambio de calor de la caldera. Los depósitos originan problemas porque típicamente poseen una conductividad térmica un orden de magnitud menor que el valor correspondiente para el acero desnudo. Incluso las capas de depósitos sirven como un aislamiento efectivo y retardan la transferencia de calor. El resultado es el sobrecalentamiento del metal del tubo de la caldera, fallos en los tubos, y pérdida de eficiencia energética. El exceso de consumo de combustible debido a los depósitos de la caldera puede ser del 2% para calderas acuotubulares y hasta del 5% en calderas pirotubulares.

1.6.2.7 Retorno Del Condensado A La Caldera

Cuando el vapor transfiere su calor en un proceso de fabricación, en los intercambiadores de calor, o serpentín de calentamiento, se vuelve a una fase líquida llamada condensado. Un método atractivo de mejorar la eficiencia de energía de la planta es incrementar el retorno de condensado a la caldera. Retornando condensado caliente a la caldera encontramos los siguientes beneficios: Cuando más condensado retorna, se requiere menos aporte de agua, se ahorra combustible, agua, productos químicos, y coste de tratamiento. Menos condensado descargado al sistema de alcantarillado reduce los costes de

eliminación o depuración. El retorno de condensado de alta pureza también reduce las pérdidas de energía debidas a la purga de la caldera. Tienen lugar ahorros de costes significativos cuanto más condensado retorna a alta temperaturas (54,44 °C a 107,22 °C), reduciendo la cantidad de agua fría de aporte (10 a 15,55 °C) que debe ser calentada.

CAPITULO II

DISEÑO

2.1 DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA Y SISTEMA DE CONTROL

En este capítulo se calcula el dimensionamiento de los alimentadores y equipos de protección. El diseño del circuito eléctrico implementado. Se seleccionarán el controlador, los actuadores y los transductores más idóneos para realizar la automatización del proceso, en base a las características físicas de diseño de la planta y a los recursos existentes. Para el control del proceso se diseña el hardware de control y el programa que se implementará en el controlador.

Para el diseño se tuvo en cuenta los siguientes requerimientos generales:

Las bombas instaladas en la planta trabaja a un voltaje de 220V trifásico, a una frecuencia de 60 Hz. Si bien este se mantendrá, su protección y control se implementará con nuevos elementos.

Para medir la temperatura en los tanques de agua y la chimenea del caldero se usarán dos RTD's cuyas señales puedan ser entendidas por el controlador.

La válvula de bola existente se cambiara y se instalará una electroválvula para el control de ingreso de agua fría al tanque.

2.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA

El diseño de los circuitos de fuerza comprende el dimensionamiento de los elementos de protección, así como también los alimentadores de los equipos eléctricos.

Las bombas trifásicas que se usan son de marca Baldor Reliancer. Las cuales tienen un control on-off para la alimentación de agua hacia el caldero, se encuentran conectadas en conexión "Y", con arranque directo, los datos nominales de la bomba están mostrados en la tabla 2:

| | |
|----|-----------|
| V | 230/460 V |
| I | 12/6 A |
| Hp | 5 |
| F | 60 Hz |
| Ph | 3 |

Tabla 2: Placa de datos de las bombas

2.2.1 DIMENSIONAMIENTO DE PROTECCIONES

2.2.1.1 Dimensionamiento del guardamotor

Los guardamotores son interruptores automáticos para protección de motores que cubre las necesidades para un arranque directo de un aparato. Está constituido por el acoplamiento de un contactor, de un relé térmico y un fusible.

Para el diseño de las protecciones contra sobrecargas se debe considerar:

- La corriente nominal, de arranque y de funcionamiento en régimen estacionario del motor.
- Los valores de tablas del distribuidor.

Los fabricantes recomiendan un ajuste del 25 % de corriente nominal del motor.*

* <http://newsindustria.siemens.com.ar>

$$I = 1.25 \cdot I_n$$

$$I = 1.25 \cdot 6 \text{ A}$$

$$I = 7.5 \text{ A}$$

El guardamotor que se seleccionará es de marca Siemens con las siguientes características:

Rango de corriente: 5.5 - 8 A

Voltaje nominal: 220Vac

2.2.1.2 Dimensionamiento del interruptor electromagnético (breaker)

El interruptor electromagnético protege contra una sobrecorriente instantánea, se usa para proteger el PLC y las electroválvulas (Figura 18).



Figura 18: Interruptor electromagnético

Para dimensionar el breaker de protección se considera la carga total instalada y se multiplica por el respectivo factor de demanda previsto para cada equipo indicado en la Tabla 3.

| | Carga Instalada [W] | FD [%] | Carga Total [W] |
|-------------------|------------------------|--------|--------------------|
| Electroválvula | 8 | 80 | 6.4 |
| Luces piloto | 80 | 50 | 40 |
| PLC | 24 | 100 | 24 |
| Fuente 24V | 8 | 100 | 8 |
| Pantalla | 3 | 100 | 3 |
| Torre de alarma | 48 | 50 | 24 |
| Sensores nivel | 8 | 80 | 6.4 |
| Subtotal de carga | | | 111.8 |

Tabla 3: Carga del tablero de mando

La corriente consumida se obtiene de la ecuación 1.4:

$$I = \frac{P}{V} \quad (1.4)$$

$$I = \frac{111.8 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I = 0.51 \text{ A}$$

Por recomendación de los fabricantes se sobre dimensiona a 25% de la carga total instalada a proteger.*

$$I = 1.25 \cdot I_{ct}$$

$$I = 1.25 \cdot 0.51 \text{ A}$$

$$I = \mathbf{0.64 \text{ A}}$$

El breaker que se utilizará es de un polo marca Siemens de 1 A ,220 Vac.

* <http://newsindustria.siemens.com.ar>

2.2.2 DIMENSIONAMIENTO DEL CONTACTOR

El contactor es un dispositivo designado a cerrar o interrumpir la corriente en uno o más circuitos eléctricos, que normalmente funciona con mando a distancia, en lugar de ser operados manualmente.

Para el dimensionamiento del contactor se debe considerar:

- Tipo de accionamiento
- Voltaje nominal
- Intensidad nominal del motor
- Potencia del contactor
- Categoría de utilización establecido por la norma IEC 947
- Frecuencia
- Clase de servicio
- Voltaje de la bobina

Por otro lado, las especificaciones técnicas características de un contactor se definen por:

Categoría de utilización: La categoría de utilización define las condiciones de establecimiento y corte de la corriente, dependiendo de la corriente nominal y la tensión nominal.

La categoría de utilización depende de la naturaleza de la carga a alimentar (bombas) y de las condiciones en las que el establecimiento o el corte de la corriente se dan (bombas en funcionamiento normal, corte durante el arranque, etc.).

La norma IEC 947 las clasifica en:

AC-1: corresponde a todo tipo de cargas AC con $\cos\phi \geq 0.95$

AC-2: se aplica a la operación de motores de rotor bobinado. Al cierre el contactor cierra sobre una corriente de arranque que es del orden de 2.5 veces la

corriente nominal del motor. El contactor abre la corriente de arranque a un voltaje que no excede el voltaje de alimentación.

AC-3: corresponde a la operación de motores de jaula de ardilla con apertura del contactor en funcionamiento normal del motor. El contactor cierra sobre una corriente que puede ser del orden de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor y abre la corriente nominal del mismo con un voltaje entre bornes que será aproximadamente 20% del voltaje de la fuente de alimentación. La apertura en este caso no es severa.

AC-4: se aplica a la operación de motores de jaula de ardilla con apertura del contactor sobre la corriente de arranque del motor. El contactor cierra sobre una corriente que puede ser del orden de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor y abre la misma corriente con un voltaje entre bornes que será mayor cuanto menor sea la velocidad del motor, pudiendo llegar a ser de la misma magnitud que el voltaje de la fuente de alimentación.

Por criterio de seguridad se considera un sobre dimensionamiento del 25% de la potencia nominal del motor.*

$$P_{\text{contactor}} = 1.25 * P_n(\text{bomba})$$

$$P_{\text{contactor}} = 1.25 * 5\text{HP} = 6.25 \text{ HP}$$

El contactor se escogió de acuerdo al tipo de motor y su potencia nominal. Tiene las siguientes características:

- Tipo de accionamiento: Electromagnético
- Voltaje nominal: 220Vac
- Intensidad nominal: 15 A
- Potencia del contactor: 7HP
- Categoría de utilización según norma IEC 947: AC3
- Frecuencia: 60Hz
- Clase de servicio: Intermitente

* <http://newsindustria.siemens.com.ar>

- Voltaje de la bobina: 220Vac
- Marca: Siemens

En la Tabla 4 se indica un resumen de los datos de las protecciones y el contactor utilizados.

| | |
|--------------------|----------------------------|
| GUARDAMOTOR | 3RV10 11-1HA10 |
| Rango de corriente | 5.5 - 8 A |
| Voltaje | 220Vac |
| BREAKER | 5SX1 102-7 |
| Corriente | 1 A |
| Voltaje | 220Vac |
| CONTACTOR | 3RT1023/4/5/6-1AK60 |
| Potencia | 7 HP |
| Tipo | AC-3 |
| Corriente | 15 A |
| Voltaje bobina | 220Vac |

Tabla 4: Datos de los elementos utilizados

2.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

El conductor para el alimentador se dimensiona aumentando el 25% a la corriente a plena carga del motor más grande y luego agregando los valores de corriente de los otros motores y demás dispositivos (ecuación 1.5). En este caso se tiene dos bombas.*

$$I = Factor * I_{pc}(BG) + \sum I_{pc}(BR) + I(CC) \quad (1.5)$$

* Instalaciones Eléctricas (E00874.2), cálculo para el Diseño de Circ Aliment en IE Comerciales

En donde:

- $I_{pc}(BG)$ =Corriente a plena carga de la bomba grande
- $I_{pc}(BR)$ =Corriente a plena carga de la bomba restante
- $I(CC)$ =Corriente aproximada de los circuitos de control

De la ecuación 1.5 se tiene:

$$I = 1.25 \cdot 6 \text{ A} + 6 \text{ A} + 0.51 = \mathbf{14.01 \text{ A}}$$

Con este valor de corriente y en base a la Tabla 310-16 de la norma NEC (ver anexo E), el calibre del conductor es:

Cable: # 14 AWG flexible de cobre tipo TW-60°C.

No obstante el cable dimensionado, se utiliza el cable que ya se encuentra instalado en el sistema original, este se encuentra en buenas condiciones y soporta mayor corriente que la dimensionada. Es un conductor de cobre flexible tipo TW # 10 de 30 A.

2.2.3.1 Conductor para el circuito de fuerza

Para el cableado de los circuitos de fuerza (electroválvulas y luces piloto), si la corriente no excede los 15 A, los fabricantes recomiendan utilizar el conductor flexible # 14 AWG que tiene una capacidad de conducción de 20 A.

2.2.3.2 Conductor para el circuito de control

En el circuito de control se utiliza el cable tipo, flexible calibre # 18 AWG de color negro, soporta 14 A.

2.2.3.3 Conductor para instrumentación

Para el cableado de los transductores de temperatura, se utiliza un tipo de cable especial para aplicaciones industriales.

El cable para instrumentación (Figura 19) que se escogió es apantallado de 3 conductores multifilar (7 hilos), calibre #18 AWG, pantalla en poliéster aluminio, chaqueta PVC resistiva, 300V, 105 °C, colores negro, blanco y rojo.



Figura 19: Cable Apantallado

2.2.4 SELECCIÓN DE LA VÁLVULA A UTILIZAR

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

A continuación se describen la válvula a instalar en el proceso:

2.2.4.1 Electroválvulas

Las electroválvulas o válvulas de solenoide (Figura 20) constituyen uno de los elementos más sencillos y posiblemente el de empleo más común de los actuadores eléctricos. Estas válvulas son de acción todo-nada; es decir, posición abierta dejando totalmente libre el paso del fluido y posición cerrada cortando su paso.



Figura 20: Válvula de solenoide típica

La válvula solenoide típica está constituida por una bobina solenoide encajada en un núcleo fijo en forma de tubo cilíndrico, en cuyo interior se desliza un núcleo móvil provisto en su extremo de un disco o tapón.

La bobina actúa como un electroimán, su excitación crea un campo magnético que atrae al núcleo móvil y vástago mientras que su des-excitación invierte la posición de este gracias a un resorte que empuja el disco contra el asiento, cerrando así la válvula.

Desde el punto de vista de seguridad de instalación, en caso de avería o corte de corriente, la válvula de solenoide se fabrica en dos modelos:

- Cerrada en fallo de corriente o abierta en excitación.
- Abierta en fallo de corriente o cerrada en excitación.

Electroválvula para agua fría, de 1" normalmente cerrada. Está se utilizará para alimentar de agua a los tanques y al mismo tiempo mantenerla en su temperatura.

2.2.5 DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE EXTERNA DE 24 VDC

Para dimensionar la fuente externa de 24 Vcc, se calcula el consumo de corriente total del sistema (Tabla 5).

| | |
|----------------------------|----------------|
| Consumo del sistema | 24Vcc |
| 1 EM 231 RTD, 2 entradas | 60 mA |
| CPU 224 (9 entradas) | 9*4 mA = 36 mA |
| Pantalla OP320-S | 125 mA |
| Total de corriente | 221 mA |

Tabla 5: Consumo de voltaje continuo del sistema

La fuente externa (Figura 21) que se utiliza es de marca siemens. Tiene los siguientes datos (tabla 6):



Figura 21: Fuente externa de alimentación de DC

| | |
|--------|---------|
| Modelo | SP-24AL |
| Vin | 220 V |
| Vout | 24 V |
| Iout | 3 A |

Tabla 6: Datos de la fuente externa

2.3 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL

2.3.1 SELECCIÓN DE LOS TRANSDUCTORES

Un transductor es un aparato o dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, nivel, etc.

2.3.1.1 Sensor de Temperatura

Para medir la temperatura en la chimenea del caldero y los tanques, los cual se expone a temperaturas que van desde temperatura ambiente hasta 150 °C o superior, se dispone de algunas alternativas en cuanto al tipo de transductores de temperatura. Antes de escoger el tipo de transductor se describe las características de algunos de los transductores más utilizados en la Tabla 7.

| Transductor | Rango de medida | Ventajas | Desventajas |
|-----------------------------------|-----------------|---|--|
| RTD | -250 a 850 °C | Más estable Más preciso Más lineal que los termopares | Caro Lento Precisa fuente de alimentación Pequeño cambio de resistencia Medida de 4 hilos Autocalentable |
| Termistor | -195 a 450°C | Respuesta rápida Medida de dos hilos | No lineal. Rango de temperaturas limitado Frágil Precisa fuente de alimentación Autocalentable |
| Sensor de IC (Circuito integrado) | -55 a 150°C | El más lineal Económico | Precisa fuente de alimentación Lento Autocalentable Configuraciones limitadas |

| | | | |
|----------|---------------|--|--|
| Termopar | -200 a 1700°C | Autoalimentado Robusto Económico Amplia variedad de formas físicas Amplia gama de temperaturas | No lineal Baja tensión Precisa referencia El menos estable El menos sensible |
|----------|---------------|--|--|

Tabla 7: Características de los transductores de temperatura

En base a las características propias de los transductores, se decidió escoger un transductor tipo RTD PT100 (Figura 22) por sus prestaciones de funcionamiento y el ambiente de trabajo al que será expuesto.



Figura 22: Las dos PT100 que serán utilizadas

2.3.1.2 Sensor de Nivel

Para el nivel de los tanques, en los cual se requiere tomar señales de nivel máximo para que permita la apertura o cierre de la electroválvula y mínimo con el cual se bloqueara el funcionamiento de las bombas, estos dos sensores de nivel se expone a temperaturas que van desde temperatura ambiente hasta 50°C.

Para poder seleccionar tomamos en cuenta la posición en la que van hacer instalados los sensores y el espacio existente, por ese motivo seleccionamos el

sensor de nivel (Figura 23) de la marca HANYOUNG modelo FS-3 el cual consta de tres electrodos que facilitan la instalación en el interior del tanque.

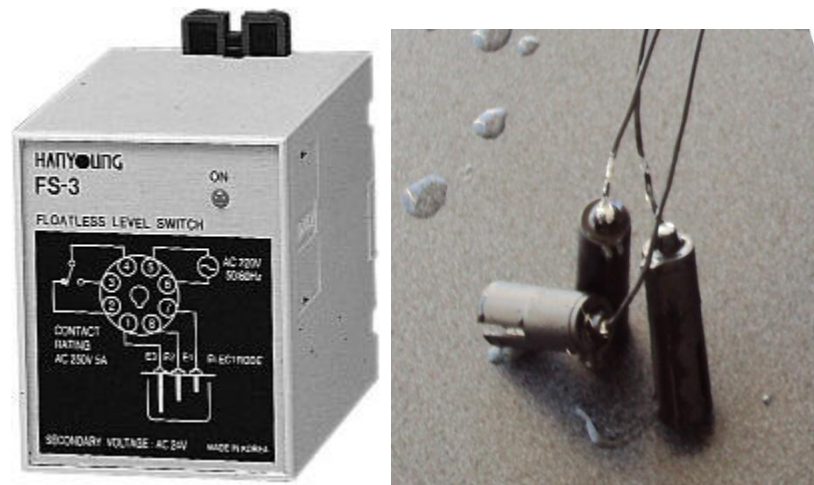


Figura 23: sensor de nivel con sus respectivos electrodos

En la tabla 8 presentamos las características del sensor Hanyoung.

| | |
|------------------------|-------------------|
| Voltaje de entrada | 220 V |
| Voltaje de operación | $\pm 10\% V_{in}$ |
| Tiempo de respuesta | 80ms |
| Temperatura de trabajo | (-10 a +50)°C |
| Humedad de trabajo | (35 a 85) %RH |

Tabla 8: Características del los transductores de nivel

2.3.2 SELECCIÓN DE LA HMI

Una HMI puede considerarse como una "ventana de un proceso". Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. A los HMIs que se implementan en una computadora se las conoce también como HMIs basadas en software.

Las señales del proceso son conducidas a la HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la PC, PLCs, RTUs. El objetivo de una interfaz de usuario es que éste se pueda comunicar a través de ella con algún tipo de dispositivo y que dicha comunicación se desarrolle de forma fácil y cómoda para el usuario.

Las funciones principales de una HMI son las siguientes:

- Puesta en marcha y apagado
- Control supervisor de las funciones manipulables del equipo
- Comunicación con otros sistemas
- Información de estado
- Configuración de la propia interfaz y entorno
- Intercambio de datos entre aplicaciones
- Control de acceso
- Sistema de ayuda interactivo

En el presente proyecto es necesario disponer de dos HMIs:

- Una HMI local ubicado en el tablero de control y
- Una HMI remota ubicado en la sala de control

2.3.2.1 HMI local

Para las aplicaciones de nivel básico, los paneles de mando con funciones alfanuméricas constituyen una herramienta de fácil entendimiento e interacción entre el operador y el PLC, por lo que la opción más conveniente es utilizar un visualizador de textos OP320 - S.

2.3.2.2 HMI remota

La HMI remota es una interfaz basada en software por lo que se la implementará en una computadora y el software que permite el enlace entre el PLC y el computador es el paquete PC Access de Siemens conjuntamente con Excel.

2.3.3 HARDWARE DE CONTROL

El hardware de control está constituido por un PLC S7-200 que realiza el control del proceso. Además, utiliza transductores que envían las señales del proceso a los módulos analógicos y éstos a su vez envían dichos datos en formato digital hacia el PLC.

Para la interacción entre el operador y el proceso se recurrió a una HMI local (OP320-S) y una HMI remota (PC) las cuales pueden interactuar simultáneamente. Se utilizó los dos puertos de la CPU S7-200 para la conexión hacia la computadora, y la OP320-S como se observa en la Figura 24.

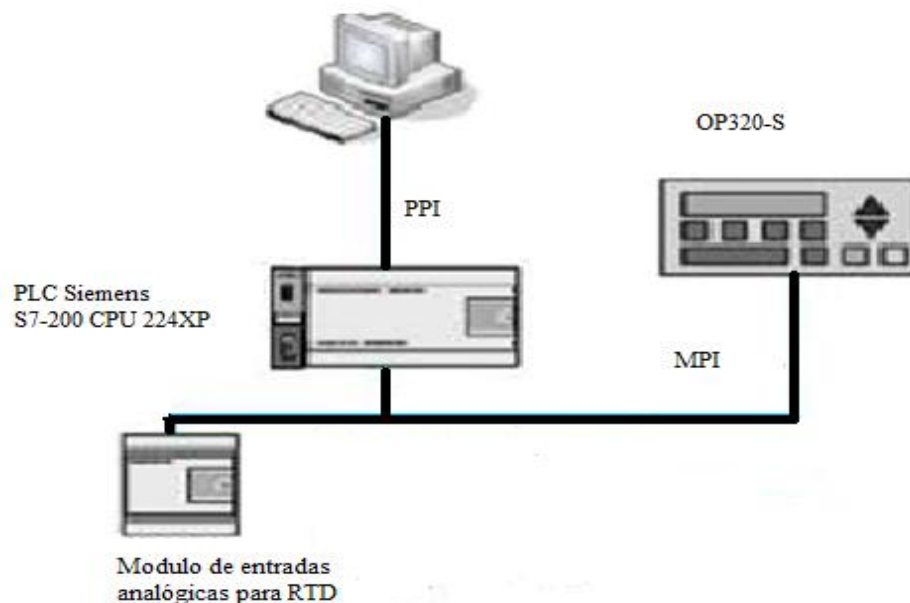


Figura 24: Hardware de control

2.3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL HARDWARE DE CONTROL

2.3.4.1 Descripción del controlador lógico programable

El PLC SIMATIC S7-200 incorpora un microprocesador, memoria interna, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y de salida.

El PLC puede programarse mediante el paquete computacional STEP 7-Micro/WIN que contiene las librerías necesarias y complementarias para desarrollar el software de control.

Para implementar el control del proceso planteado, primero se realiza la descripción de requerimientos de entradas y salidas (Tabla 9) para luego seleccionar el PLC y los módulos de ampliación necesarios.

| Descripción de requerimiento | Tipo de dato | Cantida |
|---|-----------------|----------|
| Selector para modo manual y automático | Entrada Digital | 1 |
| Selector para bomba 1 | Entrada Digital | 1 |
| Selector para bomba 2 | Entrada Digital | 1 |
| Relé de Bomba de Combustible | Entrada Digital | 1 |
| Térmico bomba 1 | Entrada Digital | 1 |
| Térmico bomba 2 | Entrada Digital | 1 |
| Sensor de nivel máximo | Entrada Digital | 1 |
| Sensor de nivel mínimo | Entrada Digital | 1 |
| Sensor del Caldero | Entrada Digital | 1 |
| Total de entradas digitales necesarias | | 9 |
| Control On-Off de electroválvula de agua | Salida Digital | 1 |
| Control On-Off de la bomba 1 | Salida Digital | 1 |
| Control On-Off de la bomba 2 | Salida Digital | 1 |

| | | |
|--|-------------------|-----------|
| Control On-Off de la bomba dosificadora | Salida Digital | 1 |
| Luz verde de torre de alarmas | Salida Digital | 1 |
| Luz amarilla de torre de alarmas | Salida Digital | 1 |
| Luz roja de torre de alarmas | Salida Digital | 1 |
| Sirena de torre de alarmas | Salida Digital | 1 |
| Luz indicadora que se activa cuando se activa la bomba 1 | Salida Digital | 1 |
| Luz indicadora que se activa cuando se activa la bomba 2 | Salida Digital | 1 |
| Número de salidas digitales necesarias | | 10 |
| Medición de temperatura en el tanque | Entrada Analógica | 1 |
| Medición de temperatura en la chimenea | Entrada Analógica | 1 |
| Número de entradas analógicas necesarias | | 2 |
| Puerto de comunicación RS-485 para conexión a PC | N/A | 1 |
| Puerto de comunicación RS-485 para conexión a OP320 | N/A | 1 |
| Número de puertos de comunicación | | 2 |

Tabla 9: Requerimientos de entradas y salidas del PLC

En base al detalle de entradas y salidas requeridas, se decidió adquirir la CPU 224XP conjuntamente con un módulo para el manejo de la señal resistiva de dos PT100 para medir temperatura.

2.3.4.2 PLC Simatic S7-200 CPU 224XP

Las especificaciones de esta CPU se detallan en la Tabla 10.

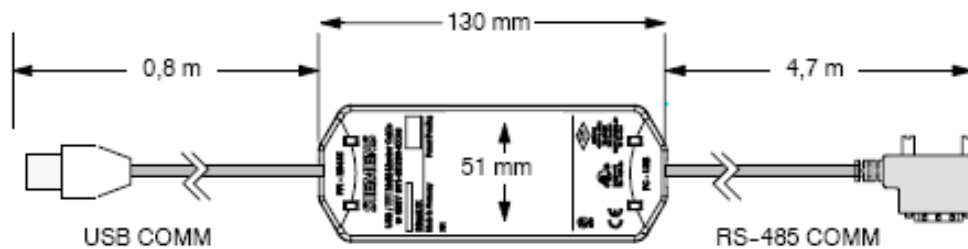
| | |
|-------------------------------|-------------|
| Voltaje de alimentación | 220 V 60 Hz |
| Número de entradas digitales | 14 |
| Número de salidas digitales | 10 |
| Número de entradas analógicas | 2 |
| Número de salidas analógicas | 1 |

| | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Voltaje en las entradas | 24 V c.c. a 4 mA |
| Salidas digitales | Tipo relé |
| Puertos de comunicación | 2, RS 485 |
| Nº de módulos de ampliación | Máximo 7 |
| Memoria de programa | 8 Kbytes |
| Memoria de datos | 10 Kbytes |
| Lenguaje de programación | KOP, FUP, AWL |
| Nº máx. de subrutinas | 64 |
| Marcas | 256 |
| Contadores | 256 |
| Temporizadores | 256 |
| Entradas de interrupción | 4 |
| Potenciómetros analógicos | 2, con resolución de 8 bits |
| Reloj en tiempo Real | 1 |

Tabla 10: Características del PLC S7-200 CPU 224XP

2.3.4.3 Cable multimaestro USB/PPI S7-200

El cable multimaestro USB/PPI S7-200 de la Figura 25 permite la comunicación entre PLC y la PC. Es configurable de manera que funcione como un cable PC/PPI de tal forma que sea compatible con cualquier versión del paquete de programación STEP 7-Micro/WIN o Software para HMI. El cable USB no soporta la comunicación Freeport y seleccionar la velocidad de transferencia deseada.



| LED | Color | Descripción |
|-----|-------|---------------------------------|
| Tx | Verde | Indicador de transmisión USB |
| Rx | Verde | Indicador de recepción USB |
| PPI | Verde | Indicador de transmisión RS-485 |

Figura 25: Cable multimaestro USB/PPI

2.3.4.4 Módulo de entradas analógicas para RTD

El Módulo EM 231 RTD es un módulo que realiza la conversión análoga-digital del valor analógico (resistencia) proveniente del transductor PT100. Permite conectar dos RTDs mismas que deben ser de un mismo tipo. Este módulo acepta varios tipos de RTDs por ejemplo PT100, PT200, PT500, PT1000, etc, configurable mediante interruptores incorporados.

El canal tiene un formato de datos de palabra de 16 bits. La temperatura se puede indicar en unidades de 0,1 grados y las unidades de medida pueden ser °C o °F configurable por el usuario. El módulo actualiza los datos de canal cada 405 milisegundos.

La Tabla 11 muestra cómo se configura el módulo EM 231 de 2 entradas analógicas utilizando los interruptores DIP. Todas las entradas analógicas se activan en un mismo rango el cual se selecciona con los interruptores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

| Tipo de RTD y Alpha ¹ | Int. 1 | Int. 2 | Int. 3 | Int. 4 | Int. 5 | Tipo de RTD y Alpha ¹ | Int. 1 | Int. 2 | Int. 3 | Int. 4 | Int. 5 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 100Ω Pt 0.003850 (Default) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100Ω Pt 0.003902 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200Ω Pt 0.003850 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 200Ω Pt 0.003902 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 500Ω Pt 0.003850 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 500Ω Pt 0.003902 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1000Ω Pt 0.003850 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1000Ω Pt 0.003902 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 100Ω Pt 0.003920 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | SPARE | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 200Ω Pt 0.003920 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 100Ω Ni 0.00672 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 500Ω Pt 0.003920 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 120Ω Ni 0.00672 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1000Ω Pt 0.003920 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1000Ω Ni 0.00672 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 100Ω Pt 0.00385055 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 100Ω Ni 0.006178 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 200Ω Pt 0.00385055 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 120Ω Ni 0.006178 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 500Ω Pt 0.00385055 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1000Ω Ni 0.006178 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1000Ω Pt 0.00385055 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 10000Ω Pt 0.003850 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 100Ω Pt 0.003916 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 10Ω Cu 0.004270 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 200Ω Pt 0.003916 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 150Ω FS Resistance | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 500Ω Pt 0.003916 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 300Ω FS Resistance | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1000Ω Pt 0.003916 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 600Ω FS Resistance | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |




| Interruptor 6 (sólo módulo de 2 canales) | Hilo abierto/ fuera de rango | Ajuste | Descripción |
|---|--|--------|---|
| <p>Int. 6</p>  <p>Configuración ↑ 1 - ON ↓ 0 - OFF</p> | Sentido ascendente de la escala (+3276,7 grados) | 0 | Indica un hilo abierto positivo o fuera de rango |
| | Sentido descendente de la escala (3276,8 grados) | 1 | Indica un hilo abierto negativo o fuera de rango |
| Interruptor 7 (ambos módulos) | Escala de temperatura | Ajuste | Descripción |
| <p>Int. 7</p>  <p>Configuración ↑ 1 - ON ↓ 0 - OFF</p> | Grados centígrados (°C) | 0 | El módulo RTD puede indicar la temperatura en grados centígrados o Fahrenheit. La conversión de grados centígrados a Fahrenheit se efectúa en el módulo. |
| | Fahrenheit (°F) | 1 | |
| Interruptor 8 (ambos módulos) | Esquema de cableado | Ajuste | Descripción |
| <p>Int. 8</p>  <p>Configuración ↑ 1 - ON ↓ 0 - OFF</p> | 3 hilos | 0 | El módulo RTD se puede cablear al sensor de tres maneras (véase la figura). La más precisa es la conexión con 4 hilos. La menos precisa es la conexión a 2 hilos, siendo sólo recomendable si en la aplicación se pueden ignorar los errores debidos al cableado. |
| | 2 ó 4 hilos | 1 | |

Tabla 11: Configuración del EM 231 de 2 entradas analógicas

2.3.4.5 Visualizador de textos OP320 – S

El visualizador OP320-S presentado en la Figura 26 es un equipo compacto que incorpora los componentes necesarios para observar y cambiar las variables del proceso de la aplicación. Este visualizador de textos consta de un display de cristal líquido (LCD) con retroiluminación y una resolución de 33 x 181 píxeles para el despliegue de los mensajes recibidos de la CPU S7-200.



Figura 26: Visualizador de textos (OP320-S) y cable de conexión

Para poder comunicar la OP320-S debemos construir el cable de conexión a continuación presentamos la configuración de pines que debe realizar Figura 27.

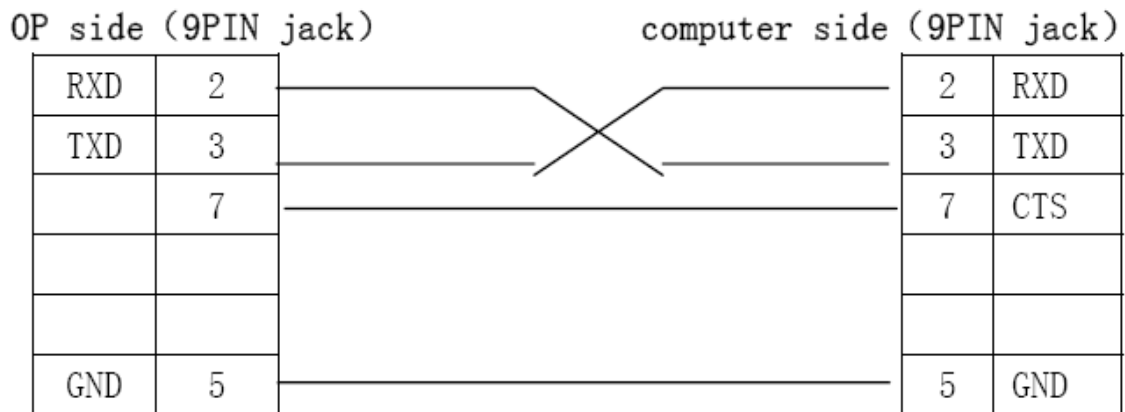


Figura 27: conexión de pines en un conector DB9

2.4 DIAGRAMA DEL PROCESO

En la figura 28 se observa el esquema del proceso.

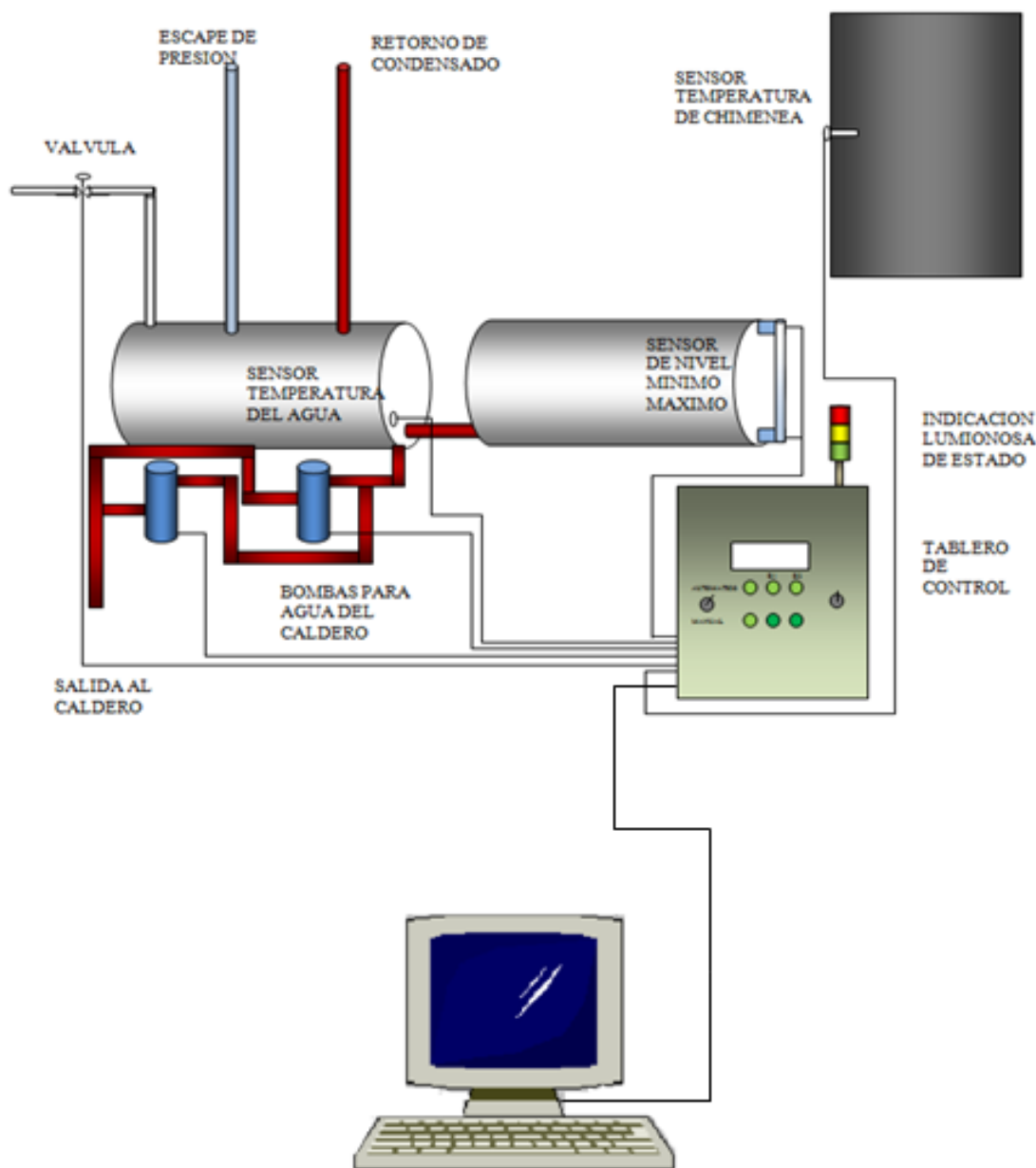


Figura 28: Esquema de Proceso

En este proceso tenemos dos sensores de nivel, dos sensores de temperatura y una electroválvula, con los sensores de nivel colocados en el tanque de agua uno para censar lo máximo y el otro para el mínimo, con el sensor de nivel máximo cerramos la electroválvula, los sensores de temperatura se encuentran uno en el tanque para obtener la temperatura del agua y el otro se encuentra en la chimenea. Todos estos datos se muestran en la pantalla colocada en el tablero y también se envían a la PC.

2.5 DISEÑO DEL TABLERO DE MANDO

El tablero de mando se diseñó con el propósito que el operador tenga acceso a controlar el proceso tanto de forma manual como automática y además visualizar el estado del sistema del precalentado del caldero.

En el tablero de mando se implementa la conexión de las bombas, electroválvula, sensores, alimentación del PLC, módulo para PT100, etc.

La energización del tablero se realiza con un selector manual de llave, dando seguridad al sistema, de igual manera el cambio de modo de operación se hace con un selector manual, también el tablero cuenta con un panel view en el cual se podrán ver todas las variables del sistema en tiempo real, además posee con una torre de luces y alarmas en caso que las variables excedan el límite del diseño.

En el anexo F se muestra el diagrama de conexiones del PLC, en anexo F.2 se indica la conexión de los módulos de ampliación y en anexo F.3 se muestra el diagrama de conexiones del control manual, donde.

- SE1 = selector manual automático
- SE2 = selector bomba 1
- SE3 = selector bomba 2
- SC = sensor del caldero
- SN1 = sensor de nivel máximo
- SN2 = sensor de nivel mínimo
- TE1 = térmico 1
- TE2 = térmico 2
- SBC = sensor de bomba de combustible
- H = indicadores luminosos
- ST1 = sensor de temperatura 1
- ST2 = sensor de temperatura 2

2.6 DISEÑO DEL PROGRAMA DEL PLC

El programa del PLC se realiza utilizando STEP 7-Micro/WIN mediante el editor tipo KOP. El programa consta de dos secciones que son el programa principal y las subrutinas.

2.6.1 PROGRAMA PRINCIPAL

Es la etapa del programa que se ejecuta durante todo el proceso y es un ciclo repetitivo que tiene asignado las siguientes acciones:

2.6.1.1 Adquisición y procesamiento de datos

Para poder visualizar de manera real los datos análogos de las temperaturas que entregan las PT100 como se observa en la Figura 29, tenemos que guardarlos, luego transformarlos a reales y de esta manera se podrán visualizar los valores verdaderos de las temperaturas.



Figura 29: Datos de temperaturas

Los sensores de nivel de la figura 30, colocados en uno de los tanques de precalentado del proceso, contienen internamente un contacto normalmente abierto el cual nos da una señal digital, la misma que entra al PLC y es utilizada sin ningún tipo de procesamiento.

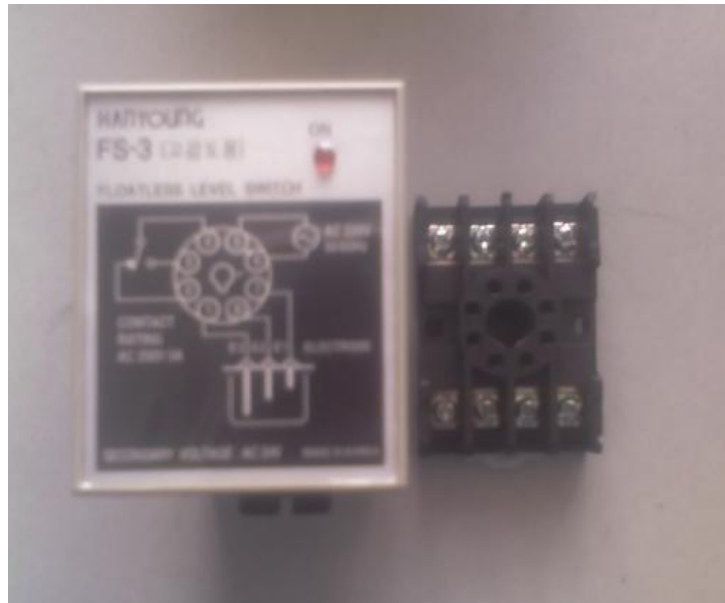


Figura 30: Alarmas para niveles de agua

De igual manera que los sensores de nivel, los térmicos y los selectores de la figura 31, envían una señal digital la cual ingresa al PLC y es utilizada directamente en nuestro proceso.



Figura 31: Selectores on-off

2.6.1.2 Ejecución del lazo de control On/Off del proceso de precalentado del agua del caldero.

Los sensores de nivel cumple una función importante en este proceso al estar ubicados en la parte superior e inferior de uno de los tanques de precalentado como se muestra en la figura 32, con esta ubicación podemos tener controlado el nivel de agua que existen en los mismos, ya que al activarse el sensor de la parte

superior del tanque manda abrir la electroválvula para el ingreso de agua, por otro lado si se activa el sensor de la parte inferior esta manda a parar el funcionamiento de las bombas tanto en modo manual como en modo automático, además todo nuestro proceso cuenta con alarmas visuales para todos estos casos.



Figura 32: Ubicación de los sensores de nivel

Los térmicos de las bombas y los selectores ubicados en el tablero de control local de la figura 33, se conectan a un control on-off que funciona de la siguiente manera, si el térmico de la bomba 1 falla entra a funcionar la bomba 2 o viceversa, de igual manera los selectores sirven para trabajar en modo manual, con ellos podremos seleccionar la bomba que deseamos que trabaje durante una jornada o las horas que el operador desee que está este en funcionamiento continuo durante el encendido del caldero.



Figura 33: Tablero de control

2.6.1.3 Tiempo de procesamiento.

Durante todo el proceso el programa del PLC lleva la cuenta del tiempo de procesamiento, mediante un cronómetro (horas:minutos:segundos) implementado con incrementos y temporizadores. Una vez que la cuenta del tiempo de funcionamiento de la bomba 1 concluye, automáticamente entra a funcionar la bomba 2 o viceversa, se activa una luz indicadora de encendido de la bomba y esta se mantiene encendida hasta que la bomba deje de funcionar, las horas de funcionamiento y mantenimiento de las bombas podemos variar desde el pantalla que se encuentra en el tablero de control local.

2.6.1.4 .Manejo de alarmas.

Para diseñar el programa, se tomo en cuenta todos los eventos irregulares posibles que puedan darse en este proceso, es por esta razón que al no cumplir las variables declaradas con las condiciones propuestas en el software, se activarán luces y una sirena, indicadoras de alarmas como se puede apreciar en la figura 34.



Figura 34: Alarmas en el tablero

2.6.2 PROGRAMA PRINCIPAL

Buscando una mejor organización del software del controlador se desarrollan varias subrutinas

Este incorpora la secuencia general del programa de control para el proceso. En la Figura 35 se representa la estructura principal desde el inicio al energizar el tablero de control luego la selección del modo de trabajo que puede ser manual o automático.

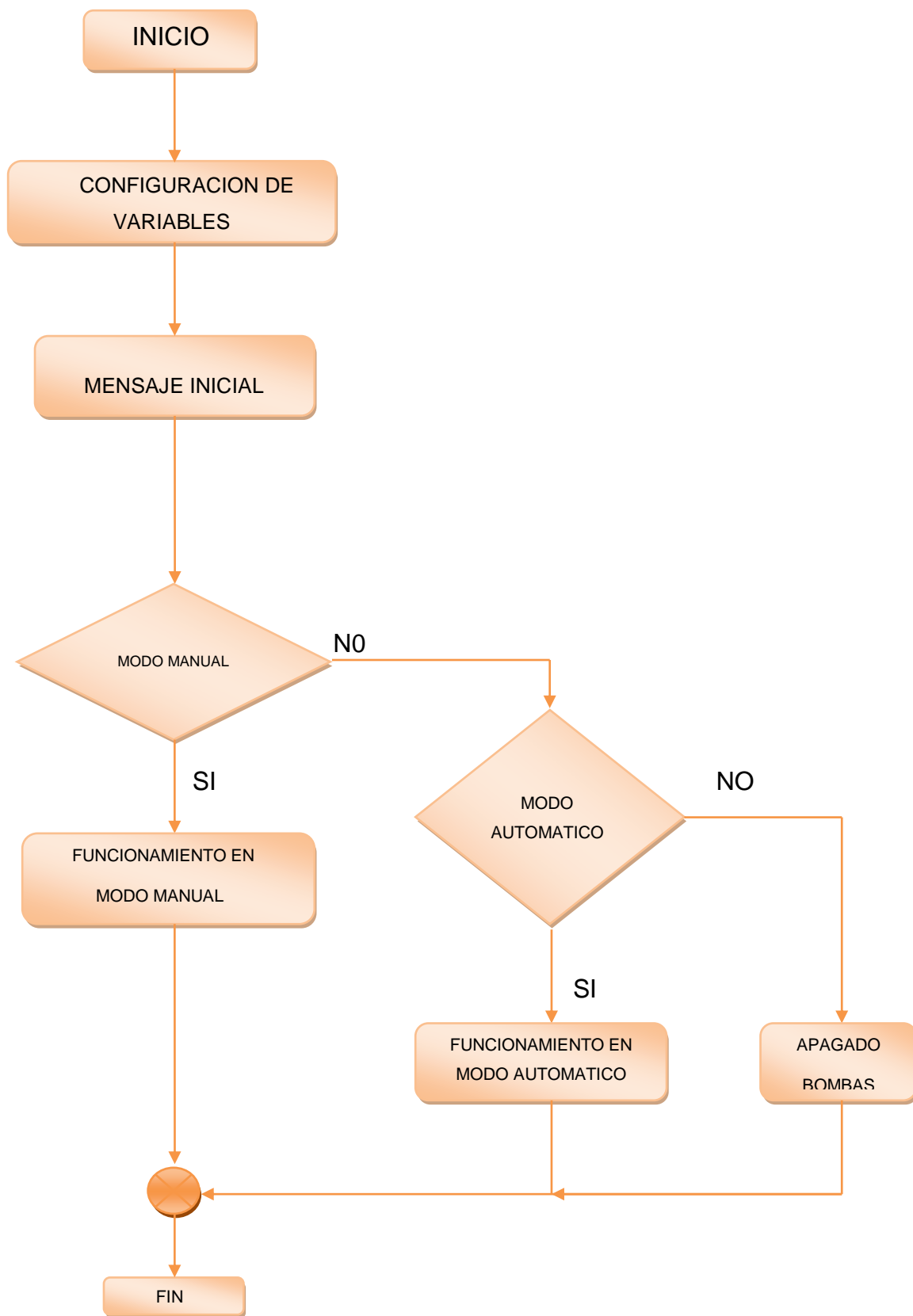


Figura 35: Diagrama de flujo general

Representación del funcionamiento lógico para modo manual, tal como se muestra en la figura 36.

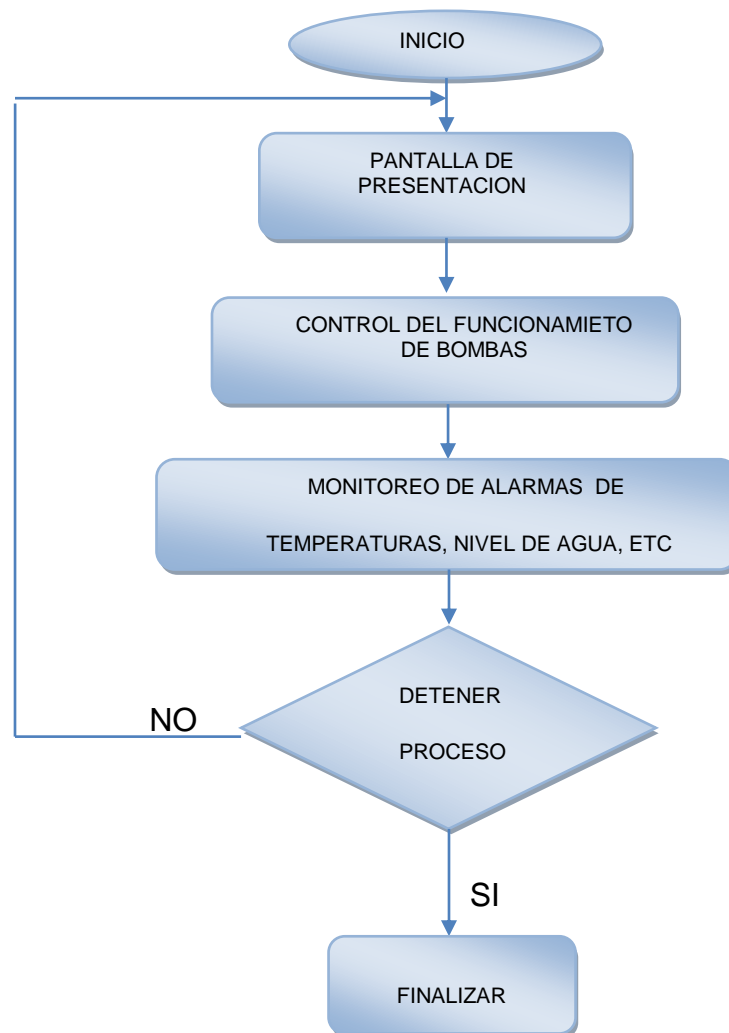


Figura 36: Diagrama de flujo del programa principal en modo manual.

En modo automático, las acciones de control sobre los parámetros del proceso, se ejecutan desde el PLC, en la Figura 37 se muestran las etapas del proceso.

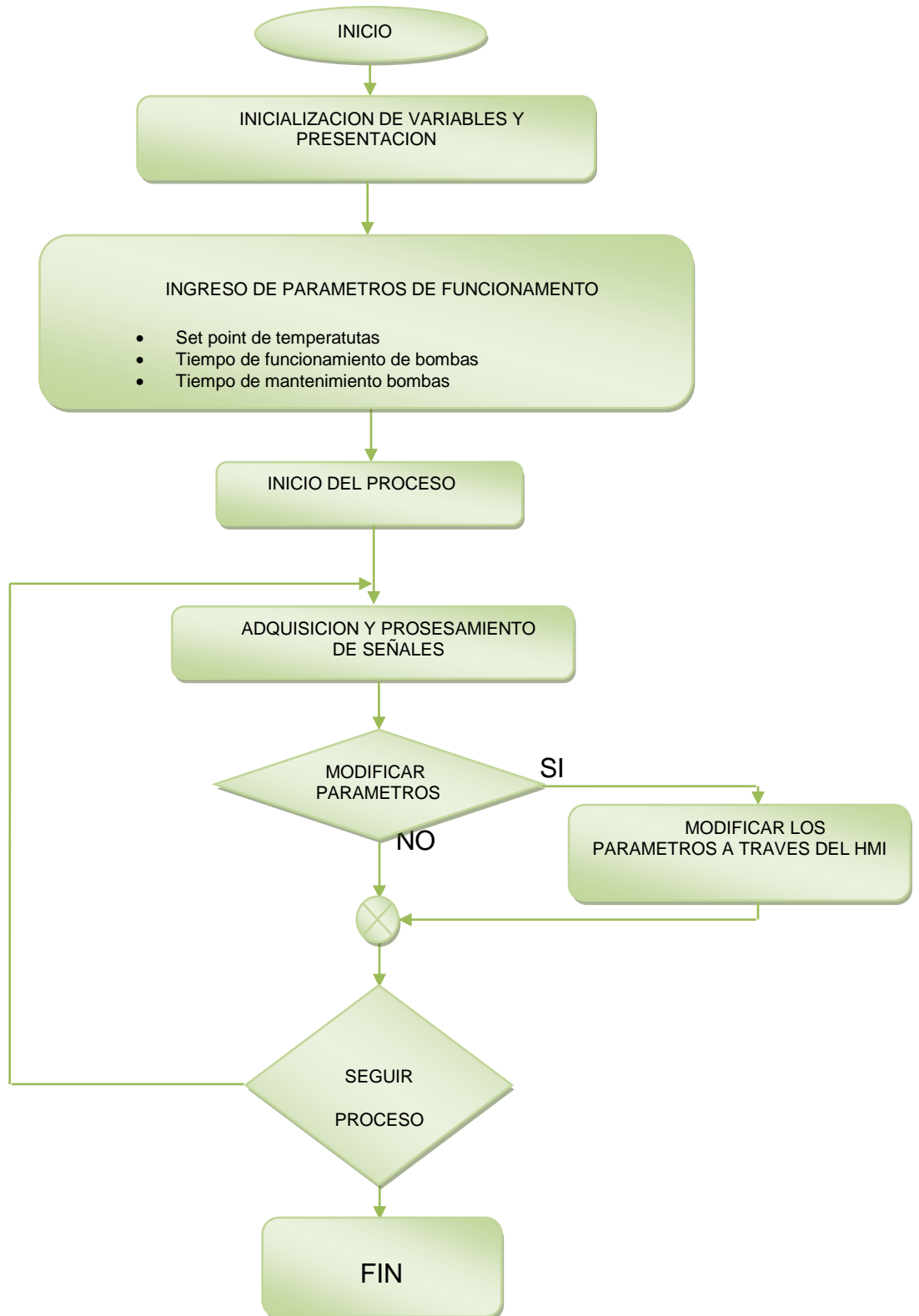


Figura 37: Diagrama de flujo de modo automático

2.6.2.1 Subrutina0.

Llamada encendido de bombas, en esta subrutina se da la orden para encender la bomba.

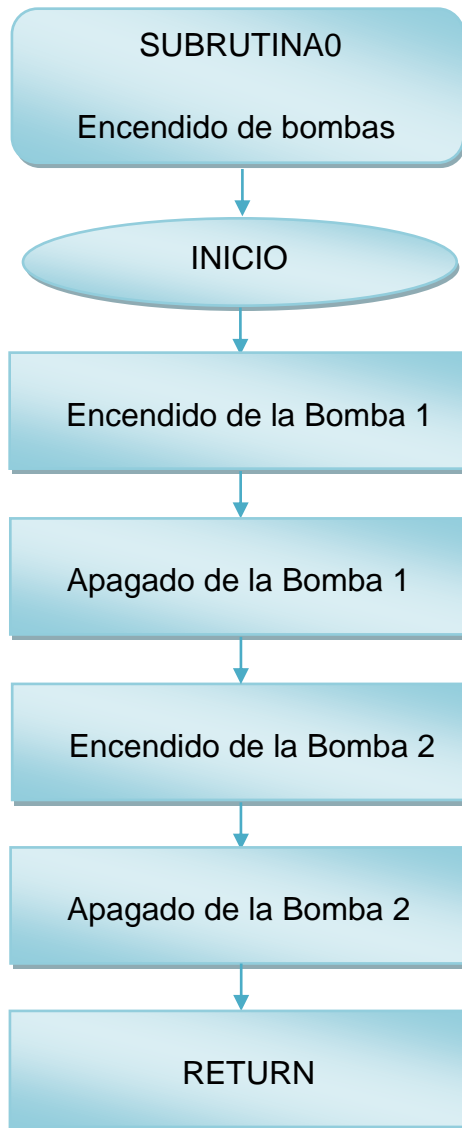


Figura 38: Diagrama de flujo de la subrutina encendido de bombas

2.6.2.2 Subrutina1.

Llamada conteo de horas, como su nombre lo indica inicia el conteo de las horas de funcionamiento de cada bomba.

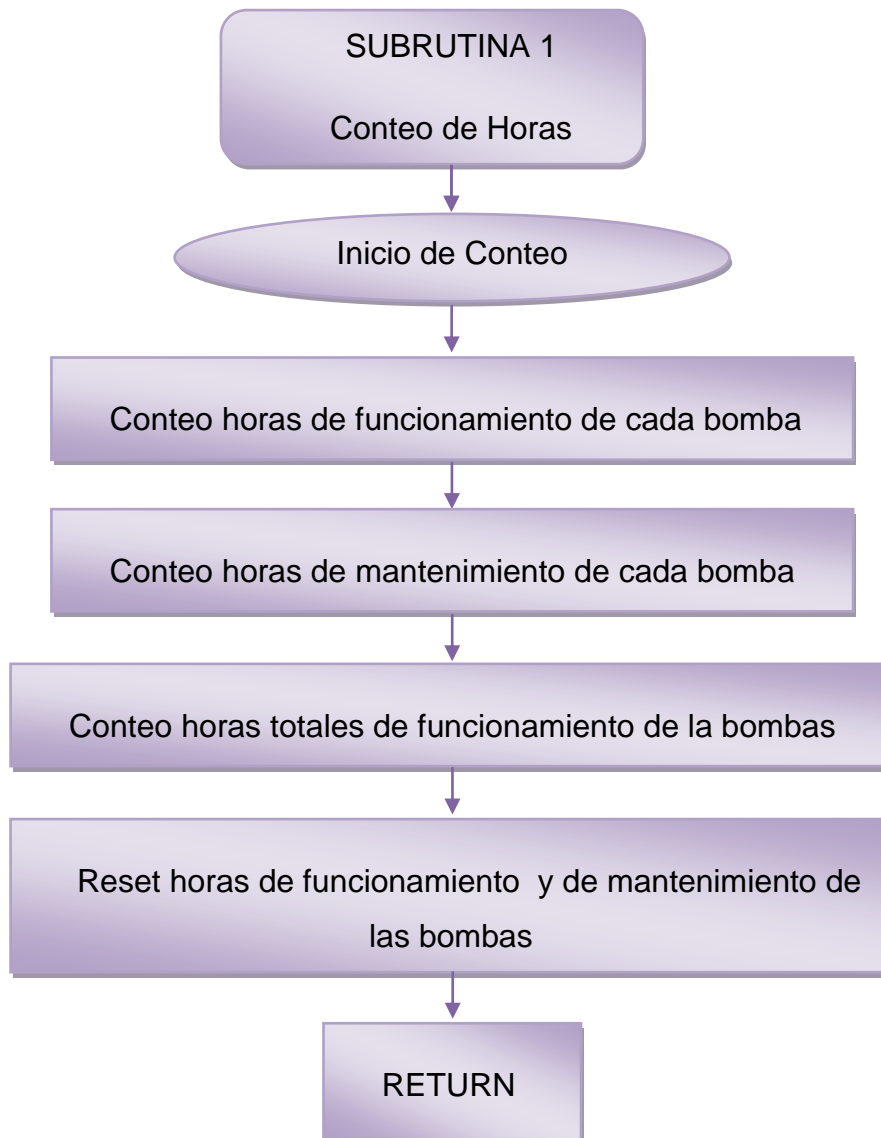


Figura 39: Diagrama de flujo de la subrutina conteo de horas

2.6.2.3 Subrutina2.

Llamada apagado de bombas, en esta subrutina se da la orden de apagado de la bomba cuando esta ya cumplió su tiempo de funcionamiento.

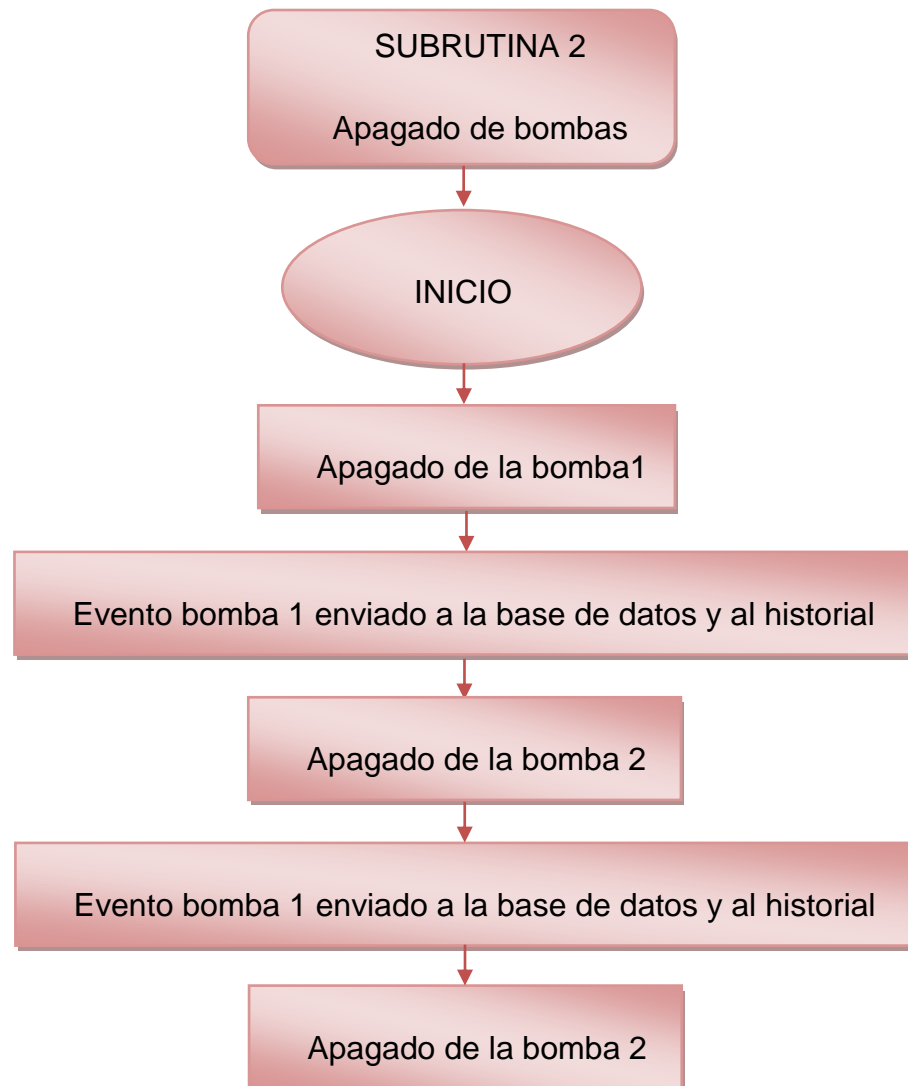


Figura 40: Diagrama de flujo de la subrutina apagado de bombas

2.6.2.4 Subrutina3.

Llamada bombas manual, en esta subrutina se ponen las condiciones para el encendido y apagado de las bombas en modo manual.

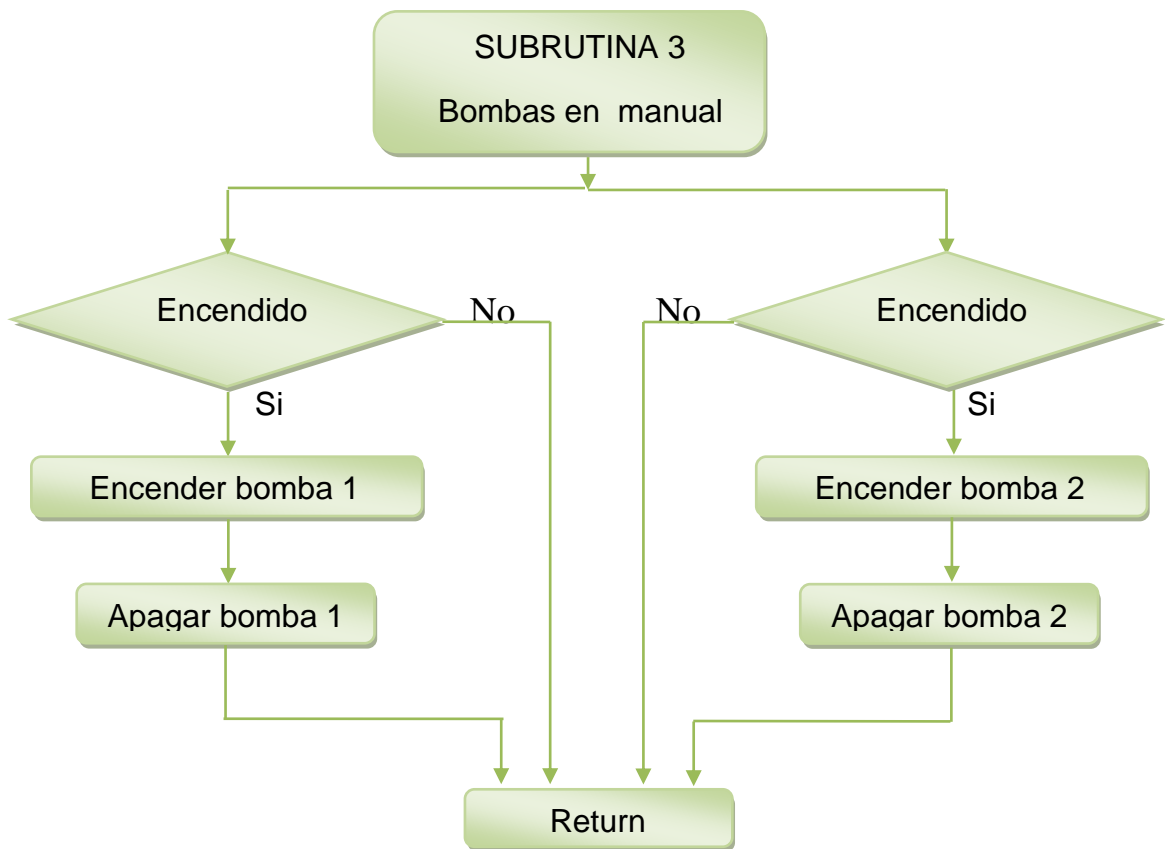


Figura 41: Diagrama de flujo de la subrutina bombas manual

2.6.2.5 Subrutina4.

Llamada conteo de la bomba de combustible, como su nombre lo indica es el encendido y conteo de las horas de funcionamiento de la bomba de combustible.

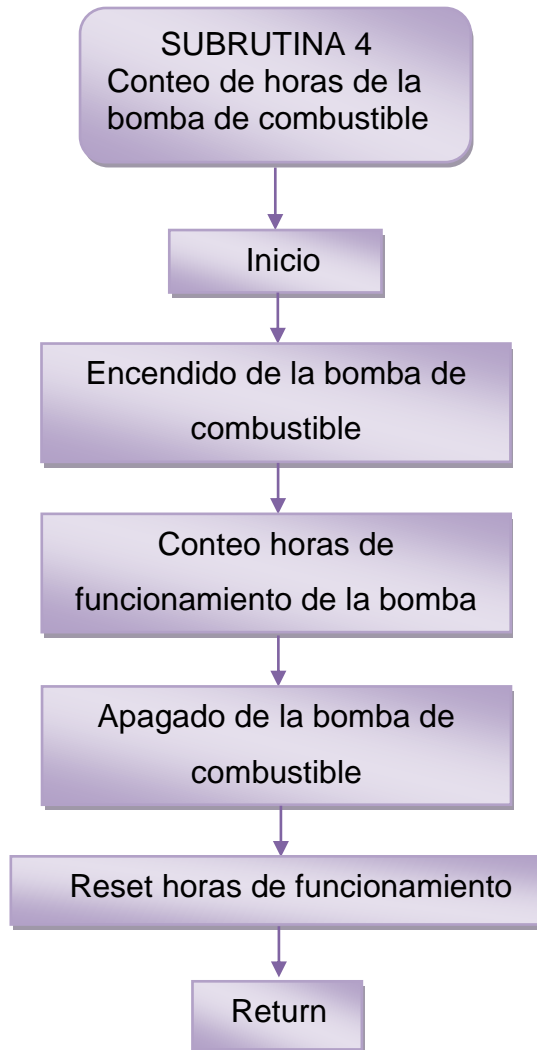


Figura 42: Diagrama de flujo de la subrutina conteo de horas de la bomba de combustible

2.6.2.6 Subrutina5.

Llamada apagado de la bomba de combustible, esta subrutina sirve para apagar la bomba de combustible cuando el caldero deje de funcionar.

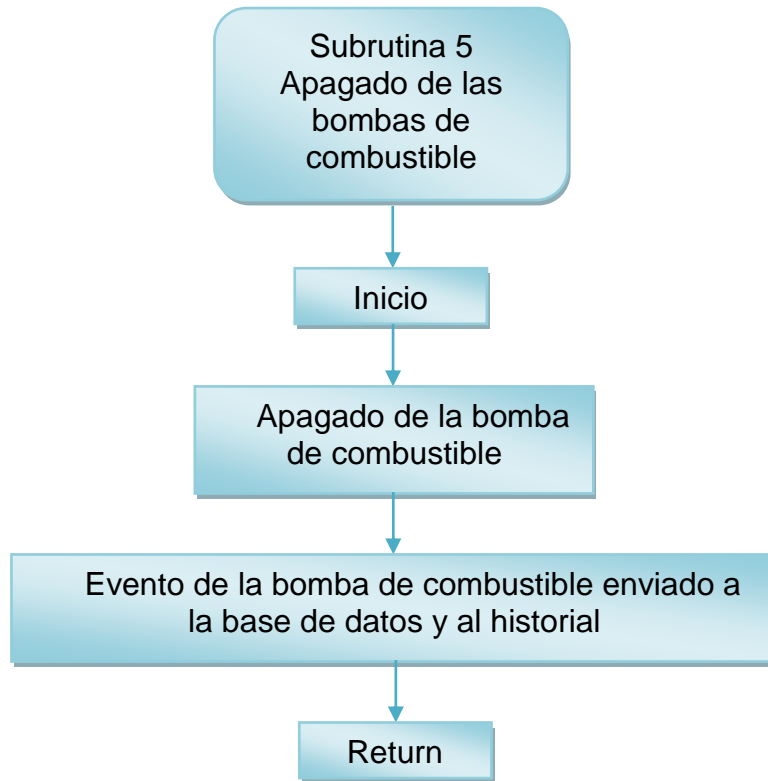


Figura 43: Diagrama de flujo de la subrutina apagado de la bomba de combustible

2.7 DESARROLLO DE LA HMI GRAFICA EN EXCEL

2.7.1 SOFTWARE MICROSOFT EXCEL PARA INTERFAZ GRAFICA CON COMPUTADORA

Microsoft Office Excel, más conocido como Microsoft Excel, es una aplicación para manejar hojas de cálculo e interfaz grafica hombre y maquina (PC). Este

programa es desarrollado y distribuido por Microsoft, y es utilizado normalmente en tareas financieras y contables.

2.7.1.1 Requerimientos del Sistema

La versión utilizada de Microsoft Excel es la 12.0.6425.1000 (Microsoft office Excel 2007). Los requerimientos recomendados de software y hardware son:

Software

- Microsoft® Windows® XP.
- Microsoft® Windows® Vista.
- Microsoft® Windows 7.

Hardware

- Computadora con 1 gigahertz (GHz) o superior
- Memoria RAM 256 MB mínimo, 1 gigabyte recomendado
- Al menos 2 gigabytes (GB) de espacio disponible en disco duro
- Resolución de pantalla de 800x600 píxeles, 1024x768 o superior.
- CD-ROM ó DVD-ROM para instalación
- Teclado y ratón compatibles

2.7.2 DISEÑO GRÁFICO DE APLICACION

Utilizando objetos predefinidos u objetos importados.

Dentro de los objetos predefinidos encontramos botones, cuadros, cuadros de texto, barras de desplazamiento, etc.

Todo esto permite armar un esquema amigable para monitorear o visualizar el proceso de precalentado de agua del caldero. En la Figura 44 se puede ver la pantalla de Excel con sus partes para realizar el diseño de la interfaz grafica.

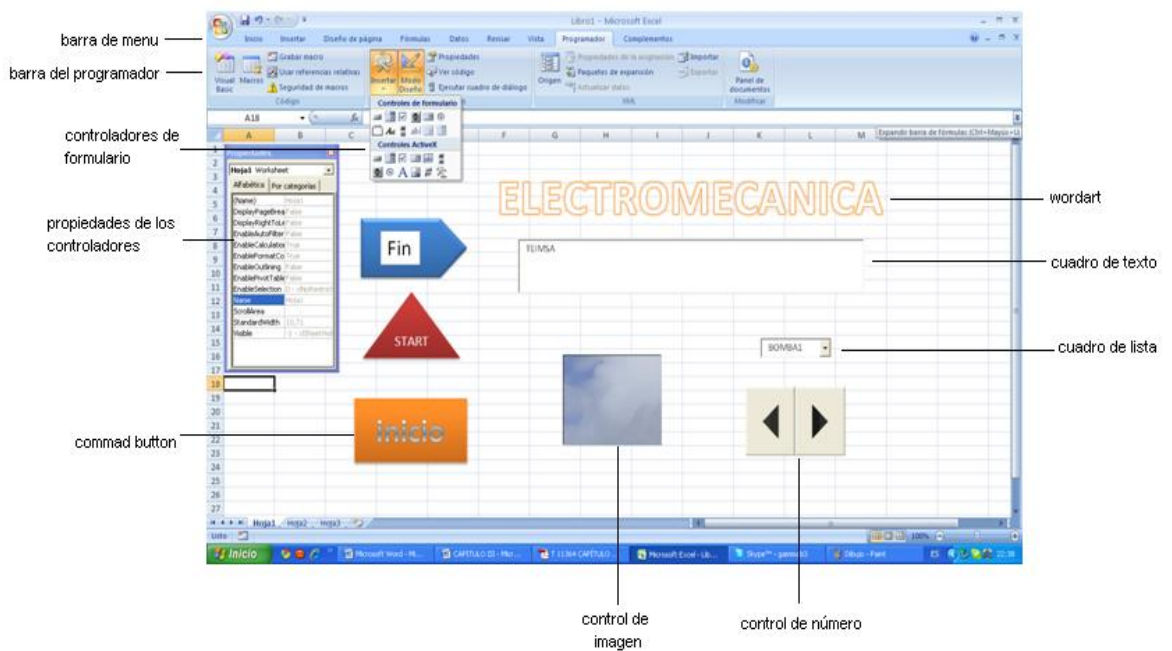


Figura 44: Pantalla de Excel y sus partes para realizar un HMI.

2.8 DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA PARA VISUALIZACION

Con el fin de que el operador goce de un ambiente amigable donde logre supervisar las variables, es necesario crear pantallas, para que de forma fácil el usuario pueda manejarlas.

- Pantalla de bienvenida.
- Pantalla de visualizacion de temperaturas.
- Pantalla de visualizacion de eventos.

2.8.1 LÓGICA DE MANEJO DE LAS PANTALLAS DE LA HMI

Para el manejo de la interfaz HMI grafica se tomo en cuenta la visualización de todo lo que pasa en el proceso. El uso de estas pantallas se maneja bajo una fácil secuencia de operación como se mira en la figura 45. Inicia con la ventana de presentación que es la carátula del proyecto, continua con la pantalla de visualización de temperaturas, y finaliza con la pantalla de visualización de eventos.

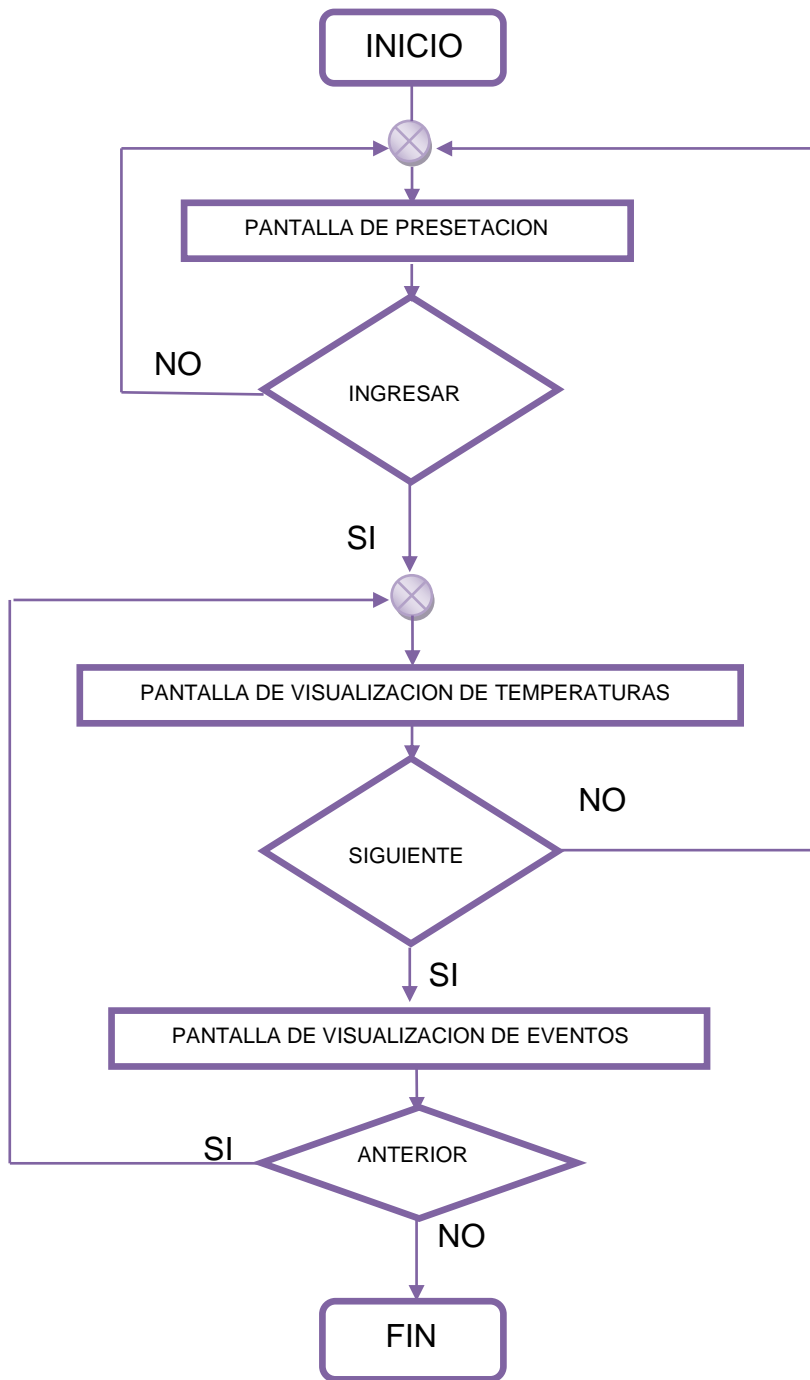


Figura 45: Lógica de manejo de pantallas

2.8.2 ESTRUCTURA DE PANTALLAS

A continuación se describen las características y el funcionamiento de cada una de las pantallas de la interfaz HMI.

2.8.2.1 Pantalla de presentación

Esta pantalla muestra una presentación con el eslogan de la empresa teimsa, que aparecerá primero al ejecutar la interfaz diseñada para el proceso. La pantalla se observa en la Figura 46.

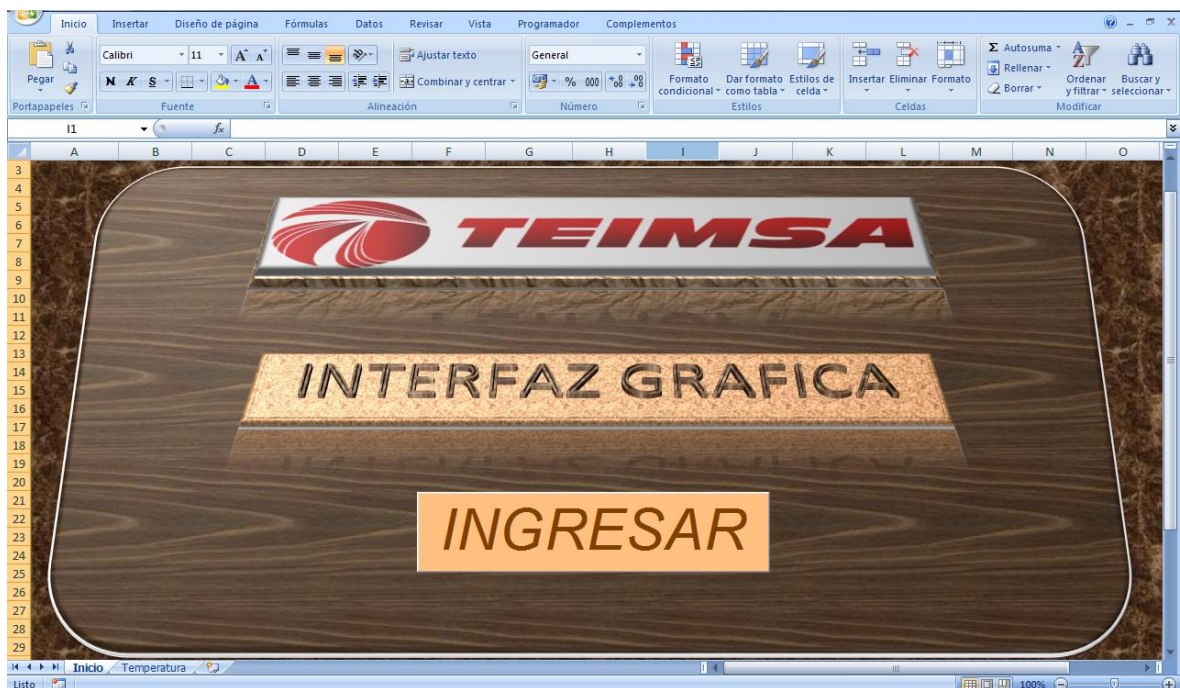


Figura 46: Pantalla de presentación

Presionar INGRESAR: para pasar a la pantalla de visualización de temperatura.

2.8.2.2 Pantalla de visualización de temperaturas

En esta pantalla se podrá visualizar las temperaturas, tanto del tanque de precalentó como la temperatura de la chimenea del caldero como se observa en la figura 47.

Presionar VISUALIZAR DATOS: para pasar a la pantalla de visualización de eventos.

Presionar INICIO: para pasar a la pantalla de presentación.

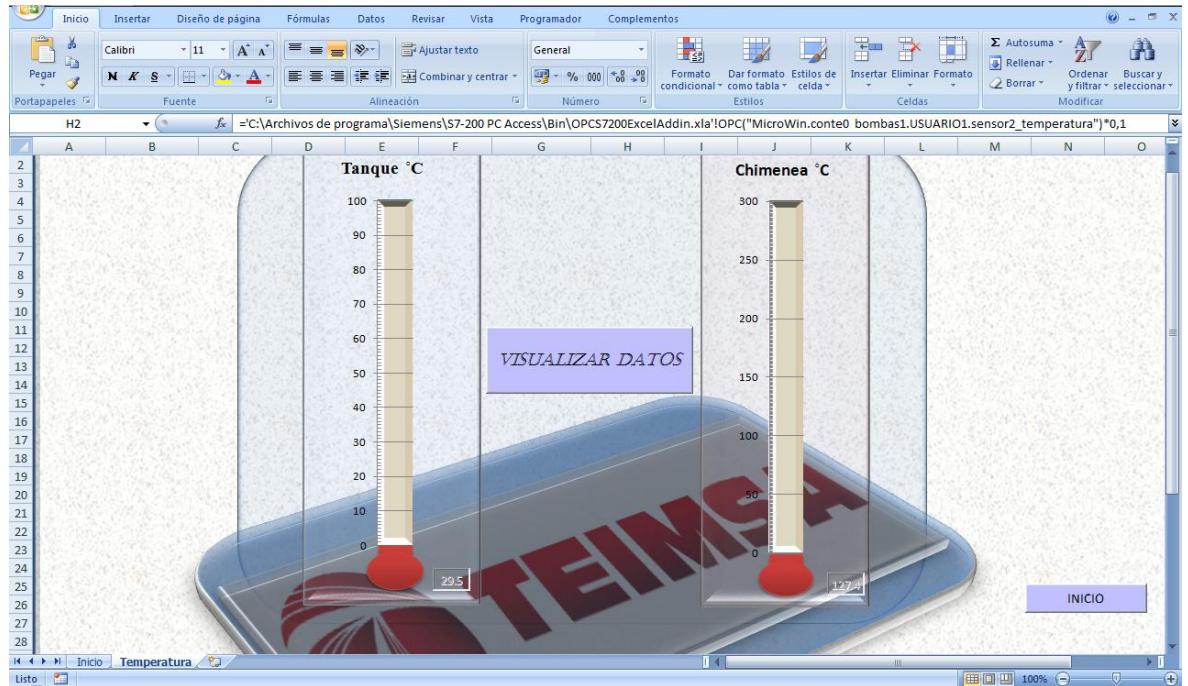


Figura 47: Pantalla de visualización de temperaturas.

2.8.2.3 Pantallas visualización de eventos

La pantalla de visualización de eventos (figura 48), sirve para observar los cambios de acciones que se dan dentro de este proceso, para esto se tomó en cuenta las variables más importantes en el precalentado de agua para el caldero, como por ejemplo de encendido y apagado de las bombas, alarmas, etc.

Algunas variables de este sistema están representadas por datos boléanos, es decir que el cambio de acción estará representado por 1 y 0, encendido 1 y apagado 0.

Esta pantalla cuenta con una grafica, en la cual se dibujan los datos de las dos temperaturas tomadas de las PT100, este grafico se va realizando de acuerdo a la adquisición de datos que hace el plc.

Presionando START/STOP: para iniciar la adquisición de datos desde el plc hasta Excel.

Presionando LIMPIAR: para limpiar o borrar los datos adquiridos en una jornada de trabajo.

Presionando PAGINA ANTERIOR: para pasar a la pantalla de visualización de temperaturas.

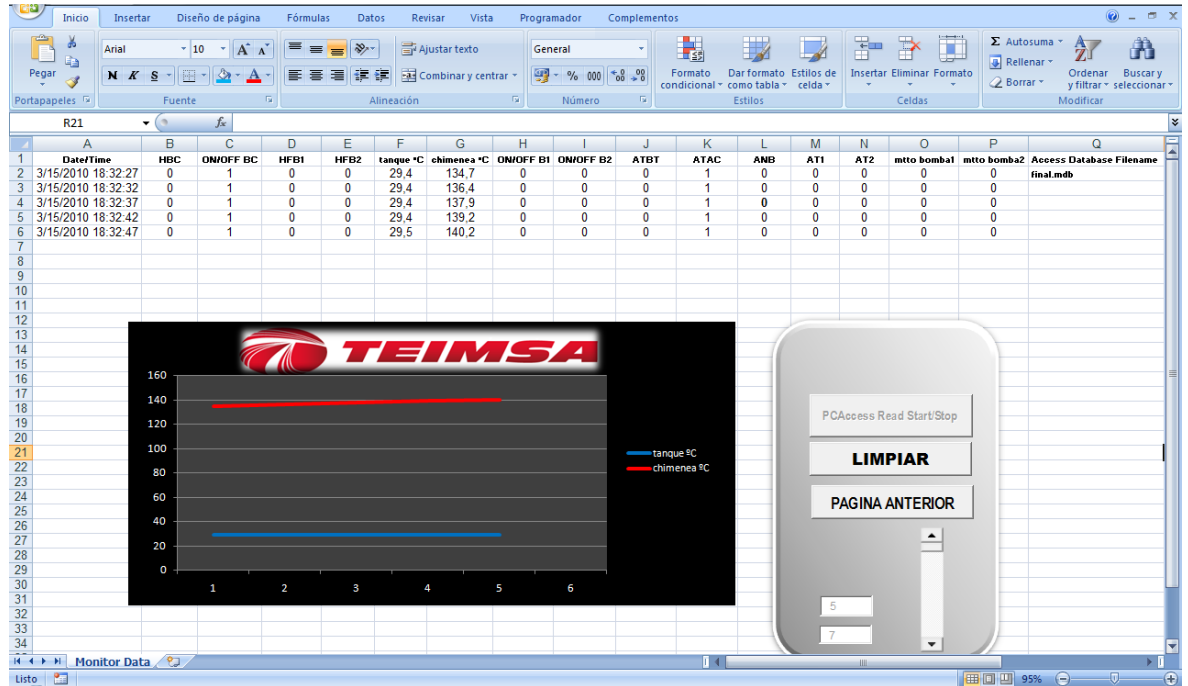


Figura 48: Pantalla de visualización de eventos

Mayor información ver anexo A.

2.9 DISEÑO DE LA HMI LOCAL PARA EL TABLERO DE CONTROL.

La implementación de la HMI local se realiza en base al software de programación de la pantalla OP320-s de la marca xinje, que permite visualizar los mensajes habilitados por la CPU S7-200.

La pantalla OP320-s posee un protocolo de comunicación libre que es compatible con algunas marcas de controladores, por lo cual este panel contiene la codificación y parámetros necesarios para la comunicación y operación con el PLC S7-224XP.

Es posible asignar valores a direcciones de bytes (V o VB), palabras (VW) o palabras dobles (VD).

2.9.1 SOFTWARE PARA LA CONFIGURACIÓN DE LA OP320-S

El software OP20 es desarrollado exclusivamente para la configuración del panel view de la serie OP. Este programa es compatible con el sistema operativo Windows 98/2000/XP además el software OP20 es cómodo para ser usado y de fácil de aprendizaje.

Para ingresar al software OP20, damos doble clic en el icono (figura 49), el cual se encuentra en el escritorio de la computadora en el cual ha sido instalado.

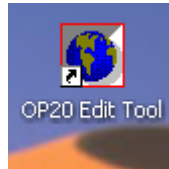


Figura 49: Icono del software OP20

2.9.2 PROGRAMACION DEL PANEL VIEW OP320-S

2.9.2.1 Selección del modelo de la OP

En el siguiente cuadro de dialogo de la figura 50 se debe seleccionar el tipo de panel view, que se va a utilizar.

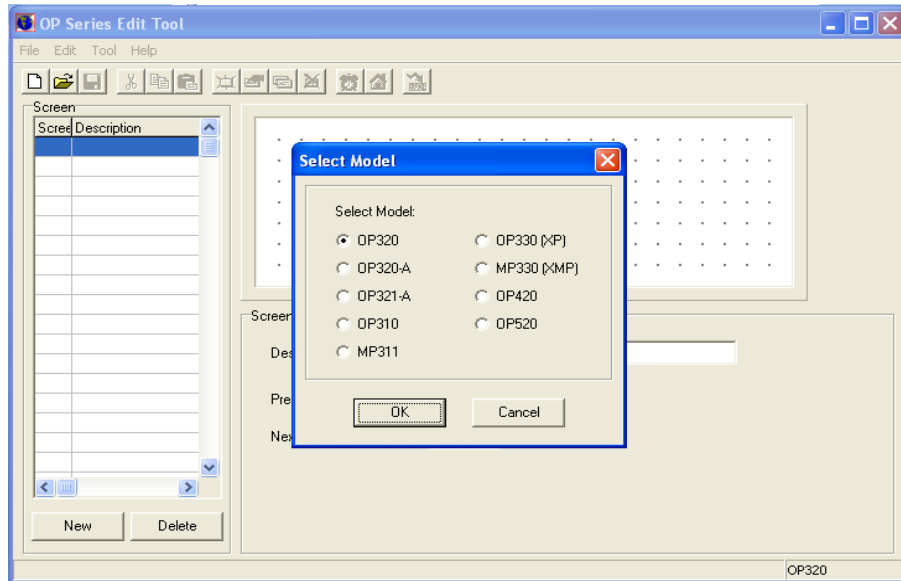


Figura 50: Selección del modelo de la OP

2.9.2.2 Selección del PLC

Otro de los parámetros para la configuración del software OP20, es la selección de la marca del plc (figura 51).

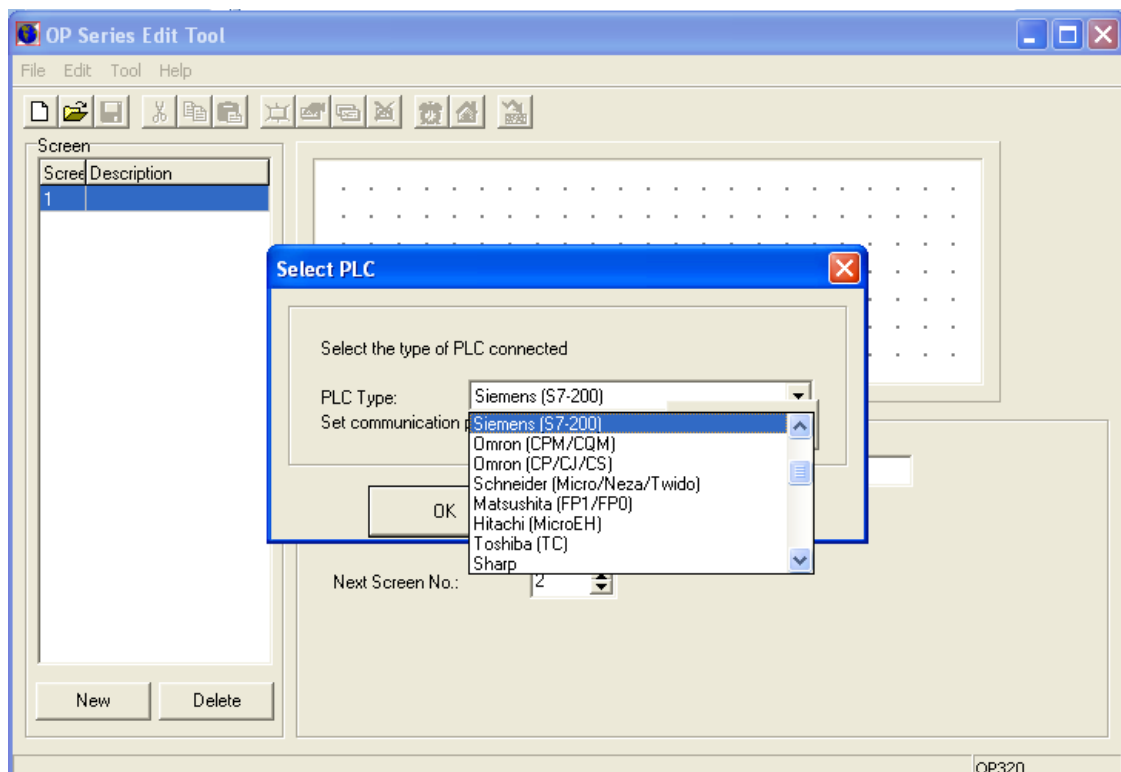


Figura 51: Selección de la marca del plc

2.9.2.3 Selección de parámetros para el panel view OP320-s

En esta pantalla podremos seleccionar todos los parámetros (figura 52) que sean necesarios para nuestra programación como son: password, pantallas principales, etc.

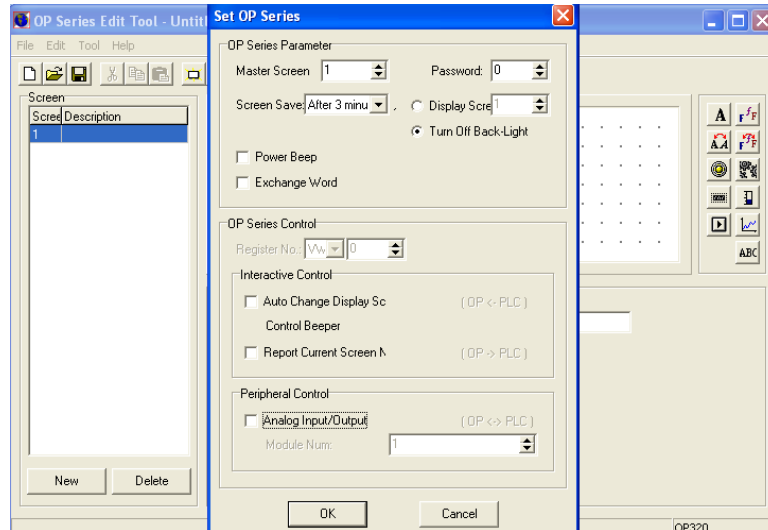


Figura 52: Selección de parámetros para el panel view 320-s

2.9.2.4 Pantalla de programación

Para poder programar el panel view debemos saber las partes con las que esta constituida la pantalla de programación OP20 (figura 53).

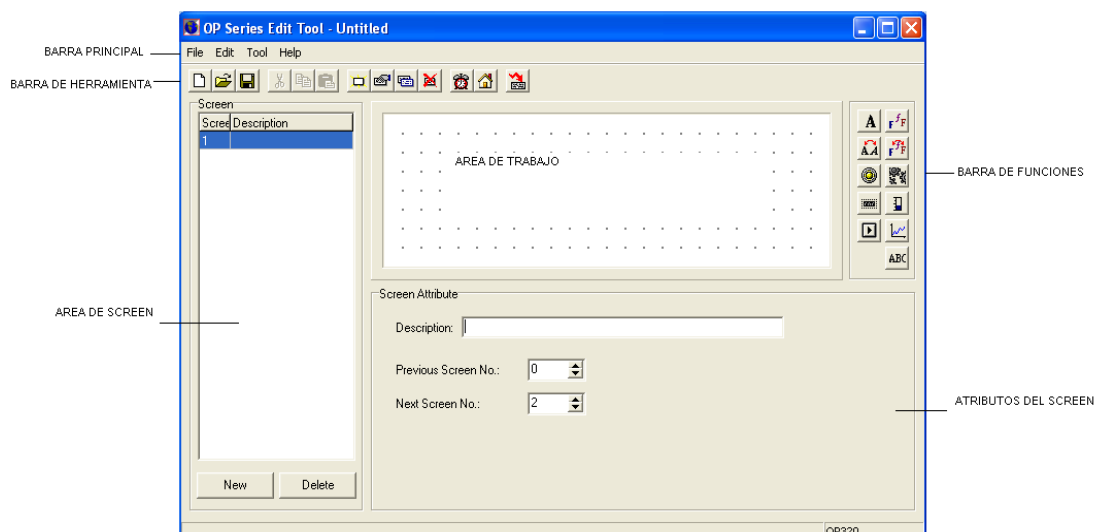


Figura 53: Partes del software OP20

2.9.2.4.1 Barra principal

En esta barra encontramos los menús desplegables que se observan en la figura 54, los cuales servirán para guardar, editar y ayudar en nuevos proyectos.






File Edit Tool Help

Figura 54: Barra principal

2.9.2.4.2 Barra de herramientas

En la barra de herramientas encontramos las siguientes opciones:

| Iconos | Descripción |
|---|---|
|  | Crear un nuevo proyecto |
|  | Guardar proyectos que se están realizando |
|  | Cortar caracteres que se encuentran dentro del área de trabajo. |
|  | Copiar caracteres que se encuentren dentro del área de trabajo. |
|  | Pegar caracteres dentro del área de trabajo. |
|  | Crear un nuevo screen (pantalla), esta opción es la misma que el botón que se encuentra en el área de screen. |









| | |
|---|---|
|  | Dar nombre y posición al screen dentro de nuestro proyecto. |
|  | Copiar screen actual. |
|  | Borrar screen actual. |
|  | Dar parámetros principales a nuestro proyecto. |
|  | Insertar alarmas. |
|  | Descargar programa desde la Pc hacia la pantalla. |

Tabla 12: Barra de herramientas del software OP20

2.9.2.4.3 Barra de funciones

En esta barra encontraremos todas las opciones necesarias para programar nuestro proyecto.

| Funciones | Descripción |
|---|---|
|  | Ingresa texto, incluyendo símbolos chino y letras |
|  | Ingresa o muestra datos |





| | |
|---|--------------------------------|
|  | Indicadores luminosos |
|  | Botones de funciones |
|  | Grafico de despliegue de línea |
|  | Indicador análogo de flujo |

Tabla 13: Barra de funciones del software OP20

2.9.2.4.4 Área de screen

El área de screen de la figura 55, sirve para observar la cantidad de screens realizadas o construidas en el proyecto actual, además los botones NEW y DELETE que se encuentran en la parte inferior de esta área sirven para crear y borrar screens.

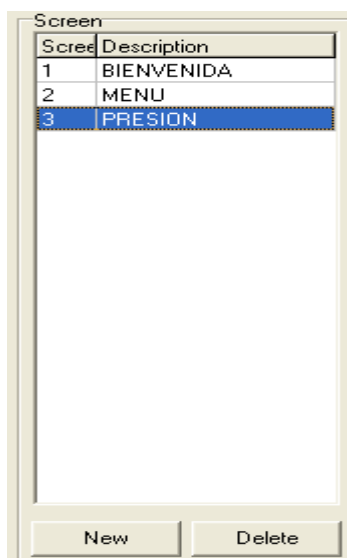
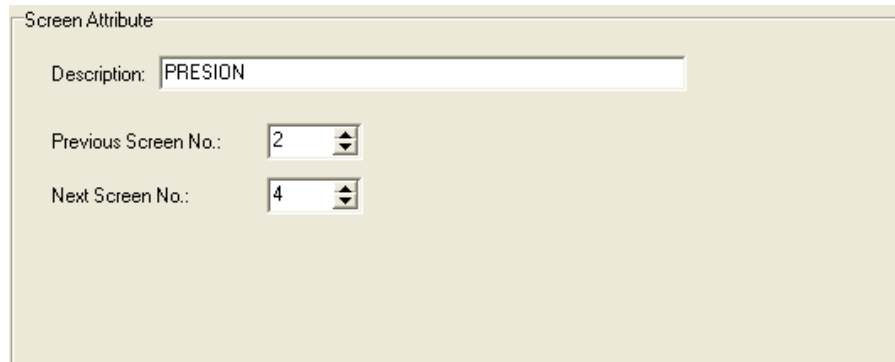


Figura 55: Área de screen

2.9.2.4.5 Atributos de screen

En los atributos de screen de la figura 56, se puede asignar un nombre y una ubicación al screen.



Screen Attribute

Description:

Previous Screen No.:

Next Screen No.:

Figura 56: Atributos de screen

2.9.2.4.6 Área de trabajo

El área de trabajo de la figura 57, es aquella que se visualizará el momento de poner en práctica HMI local.



Figura 57: Área de trabajo

Mayor información ver anexo B.

CAPITULO III

CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION

El enfoque del presente capítulo está orientado a la descripción de los elementos empleados en la automatización de las bombas del caldero y la forma en que fueron realizadas las instalaciones y conexiones de los mismos, también la construcción de ciertos elementos que utilizaremos en la implementación.

3.1 ADQUISICIÓN DE LOS EQUIPOS

Los equipos requeridos para el proyecto en su mayoría se los obtuvo en empresas locales.

La selección de los equipos se tomó como referencia los requerimientos descritos en capítulos anteriores.

Una vez definidos los equipos que se requerían para el proyecto y luego de elaborar listados para solicitar cotizaciones, se procedió a efectuar pedidos al departamento financiero de la empresa TEIMSA que, mediante gestiones realizadas por los directivos, se realizó la adquisición del equipo necesario para la automatización de las bombas del caldero.

3.2 CONSTRUCCIÓN DE CABLES PARA COMUNICACIÓN

En los equipos requeridos no se cuenta con cables para la comunicación de la pantalla, y para la comunicación entre el PLC y la PC el cable PPI es demasiado corto a continuación describiremos la construcción de los cables a utilizar en nuestra automatización.

3.2.1 CONSTRUCCIÓN DE UNA EXTENSIÓN PARA EL CABLE PPI

El equipo que se utilizara para la comunicación del HMI remoto es el cable PPI y se utiliza hasta una distancia máxima de 4 metros para la comunicación y envió

de datos, con lo cual en nuestro proyecto necesitamos construir una extensión para este cable ya que la PC se encuentra a 15 metros de donde será colocado el tablero de control.

Los elementos que utilizaremos son:

- Cable apantallado para la comunicación de 8 hilos
- Conector DB9 hembra
- Conector DB9 macho

Para la construcción de la extensión del cable PPI soldamos los hilos del cable apantallado cada uno respectivamente en los conectores DB9, como se muestra en la figura 58, luego acoplamos en el cable PPI para realizar la comunicación.

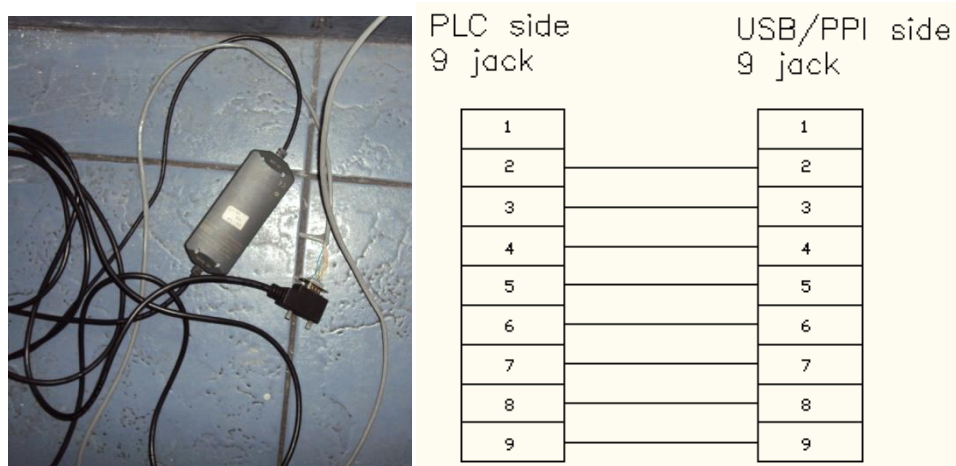


Figura 58: Extensión para cable PPI y conexión de pines en el DB9

3.2.2 CONSTRUCCIÓN DEL CABLE PARA LA PROGRAMACION DE LA PANTALLA OP320-S.

En la adquisición de la pantalla que utilizaremos para el HMI local, esta no cuenta con un cable para realizar la programación con lo cual necesitamos construir un cable de comunicación para poder programar la pantalla OP320-S.

Los elementos que utilizaremos para construir el cable de comunicación son:

- Cable UTP
- Dos conectores DB9 hembra

En la tabla 14 se observa la definición de cada uno de los pines del conector, la figura 59 nos presenta la distribución de pines en los conectores DB9 tanto de la pantalla como de la PC.

| Pin ID | definition |
|--------|------------|
| 1 | TD+ |
| 2 | RXD |
| 3 | TXD |
| 4 | |
| 5 | GND |
| 6 | TD- |
| 7 | |
| 8 | RD- |
| 9 | RD+ |

Tabla 14: definición de pines del conector DB9

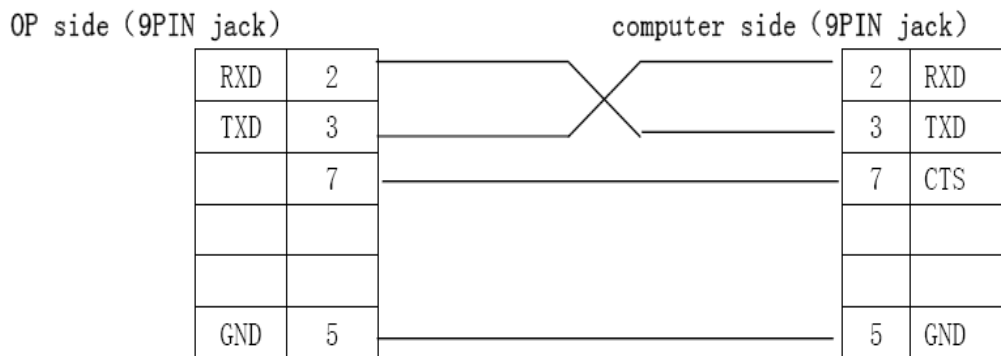


Figura 59: conexión para los conectores DB9

3.2.3 CONSTRUCCIÓN DEL CABLE PARA LA COMUNICACION DE LA PANTALLA OP320-S CON EL PLC S7-200.

Necesitamos un cable distinto para poder comunicar la pantalla con el plc y así poder realizar el HMI local, ya que con el cable de programación no es útil para

realizar la comunicación, la distribución de los pines es diferente en el cable que construiremos, en la figura 60 se muestra la conexión de los pines para el cable de comunicación entre la pantalla y el plc.

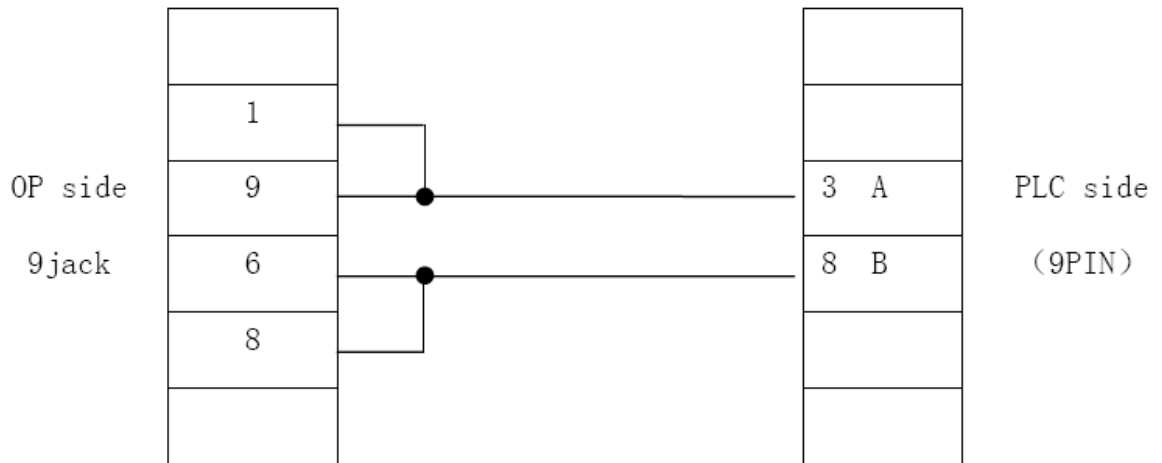


Figura 60: conexión de pines para comunicación pantalla-plc

Los elementos que utilizaremos para la construcción del cable son:

- Cable UTP
- Conector DB9 hembra
- Conector DB9 macho

En la tabla 15 presentamos las características del cable que construiremos para la comunicación de la pantalla con el plc s7-200.

| | |
|------------------------------|------------------|
| Puerto de comunicación OP320 | RS485 |
| Parámetro de comunicación | 9600 bps, 8 bits |
| ID | 2 |
| Distancia de comunicación | 100m |

| | |
|-----------------------|--------------|
| Tipo de cable | OP-S7-CAB0 |
| Dirección de memorias | M000-M317 |
| Dirección variables | VW000-VW4096 |

Tabla 15: características de la comunicación con el cable entre la pantalla y el plc

3.3 MONTAJE E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS

Una vez con todos los equipos, se procedió al montaje en el tablero de mando. Sus conexiones se realizaron en un lugar destinado para el efecto, y luego trasladarlo al sitio de operación.

La distribución de los equipos en la placa interna del tablero de mando se muestra en la Figura 61.



Figura 61: Distribución de elementos en el tablero de mando

3.3.1 RECOMENDACIONES PARA EL MONTAJE

Para el montaje de los equipos eléctricos se tuvieron en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Que el tablero esté puesto a tierra correctamente para brindar seguridad al equipo.
- Se verificó que la puesta a tierra este correctamente instalada y en buenas condiciones para su uso.
- Para la unión de piezas eléctricas, se aseguró que se tenga un buen contacto. Para esto se utilizó terminales para una mejor sujeción.
- Para las señales de medición que se generan en la planta y son trasladados al tablero se usó un cable apantallado para reducir los efectos del ruido.

3.3.2 MONTAJE DEL TABLERO DE MANDO

Para el montaje primero se realizaron los orificios para la colocación de selectores, visualizador de textos y luces de señalización. Luego se instaló en la placa interior canaletas y riel DIN para la colocación de borneras.

En la Figura 62 se indica los respectivos cortes del tablero de mando.



Figura 62: Tablero de mando cortado

3.3.3 MONTAJE DE LOS EQUIPOS DE FUERZA Y CONTROL EN EL TABLERO DE MANDO

El montaje del tablero se empezó con la ubicación y colocación de las canaletas para la distribución del cable empleado en las conexiones internas, como se muestra en la Figura 63.



Figura 63: Colocación de canaletas

Posteriormente se procedió a la ubicación y colocación del riel DIN para la sujeción de los equipos de protección y control en el fondo del tablero de mando como se indica en la Figura 64.



Figura 64: Colocación de la riel DIN

En el riel DIN se instaló el PLC, el módulo de ampliación, el relé, la fuente de mando y los elementos de protección. Una vez instalados los equipos se procedió al cableado, tanto de las entradas procedentes de la alimentación de voltaje, de los transductores de temperatura y nivel, la alimentación para las bombas, como de las salidas que van a los relés de interface y borneras.

Primero se procedió a conectar los elementos de protección y la fuente externa utilizados en el diseño. Estos elementos se observan a continuación en la Figura 65.



Figura 65: Elementos de protección y fuente externa

Se realizó la conexión del controlador (PLC) y el módulo de ampliación analógico como se muestra en la Figura 66.

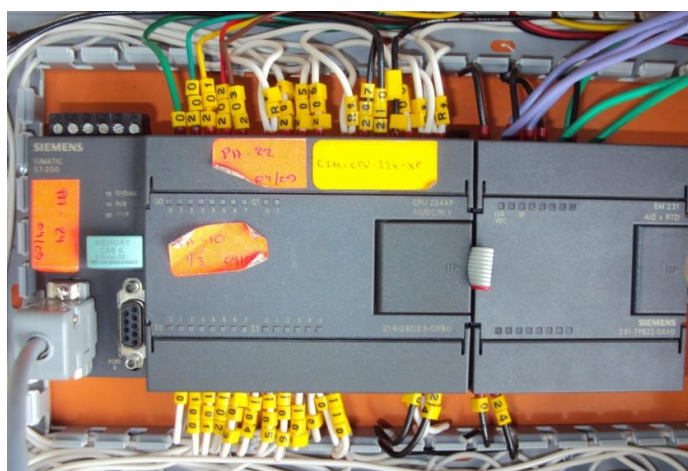


Figura 66: PLC y módulo de ampliación Simatic S7-200

3.3.4 MONTAJE DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS EN LA PLANTA

Los actuadores y transductores utilizados para el control de temperatura y nivel de agua en los tanques e instalados en la planta se muestran a continuación.

En la Figura 67 se muestra la electroválvula para el control del ingreso de agua fría al tanque para enfriar para controlar la temperatura del agua la cual tendrá que ingresar al caldero.



Figura 67: Electroválvula para agua fría

En la Figura 68 se visualiza las RTDs PT100, una fue instalada dentro de un acople soldado en la chimenea y la otra también fue instalada así mismo en un acople que estaba soldado en uno de los tanques de agua.

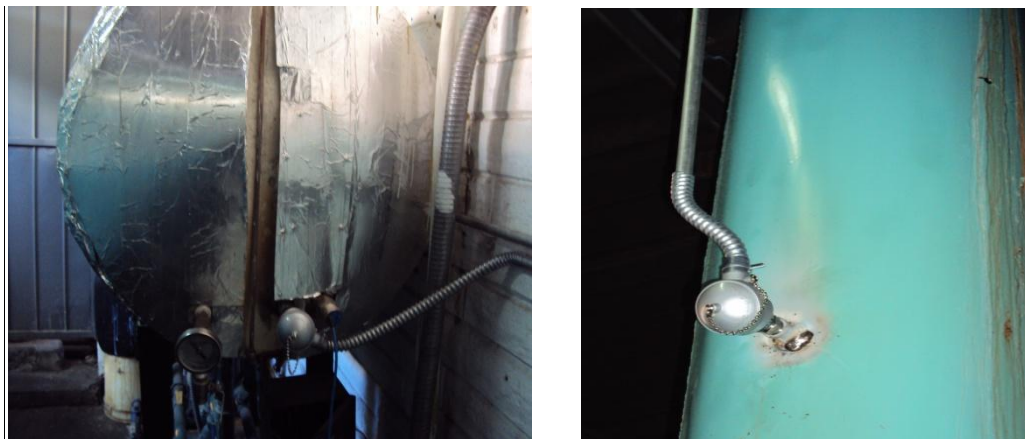


Figura 68: RTDs PT100 ubicación en el tanque y chimenea

En la Figura 69 se observan los dos sensores de nivel, sus electrodos fueron montados en una varilla uno tras de otro, se ubico de la forma que permita enviar señales de cantidad mínima y máxima del agua en el tanque. La varilla fue acoplada a un tapón y este soldado de forma vertical a la tapa del tanque.

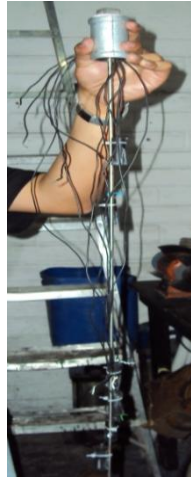


Figura 69: Sensores de nivel montados en la varilla

3.4 UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL PANEL FRONTAL DEL TABLERO

Los elementos de control, luces indicadoras y el visualizador de textos del panel frontal del tablero de control están provistos como indican en la Figura 70.

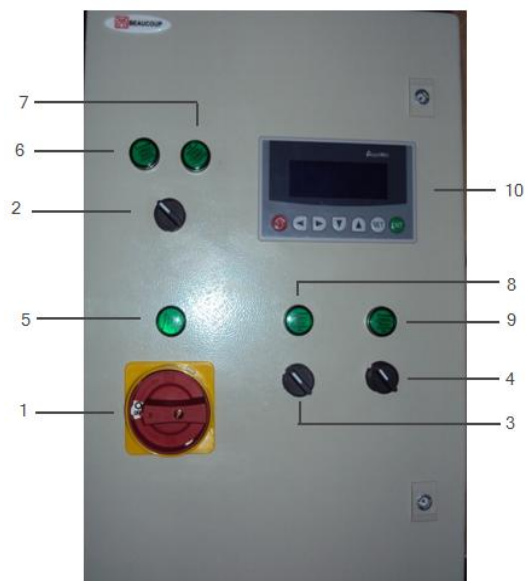


Figura 70: Representación de elementos en el tablero de control

1. Selector principal
2. Selector manual – automático
3. Selector bomba 1
4. Selector bomba 2
5. Luz indicadora de selector principal encendido
6. Luz indicadora de selector en manual
7. Luz indicadora de selector en automático
8. Luz indicadora de bomba 1 encendida en manual
9. Luz indicadora de bomba 2 encendida en manual
10. Visualizador de texto OP320-S

3.5 CABLEADO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL

Luego que se instalo la electroválvula y los transductores en la planta se realizó el cableado desde estos equipos al tablero de mando como indica la Figura 71.



Figura 71: Cableado de la planta hacia el tablero

El tablero de mando se cableó de acuerdo al diagrama presentado en el anexo F, conduciéndolos por las canaletas hacia las borneras y de estas a todo el equipo como se indica en la Figura 72.

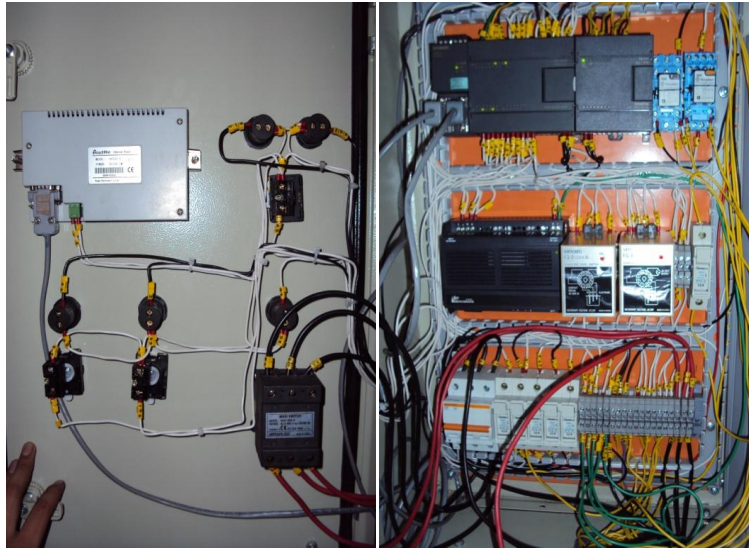


Figura 72: Cableado interno del tablero

CAPÍTULO IV

PRUEBAS

Para comprobar el funcionamiento de todo el sistema se realizaron pruebas de control de nivel, funcionamiento de bombas, alarmas y la comunicación.

Los resultados que se obtuvieron se presentan en este capítulo.

4.1 PRUEBAS DE LOS SENSORES

4.1.1 PRUEBAS DE CONTROL DE NIVEL.

Para comprobar el funcionamiento de los sensores de nivel, se hicieron pruebas en una tasa con agua como se puede observar en la figura 73, en donde se tenían bien identificados los electrodos del sensor de nivel alto y el sensor de nivel bajo los mismos que actúan de la siguiente manera, el sensor de nivel alto se activa al momento de bajar el nivel y este manda abrir la electroválvula de la figura 74, para permitir el ingreso de agua una vez recuperado el nivel alto de agua esta se cierra y manda apagar la electroválvula. El sensor de nivel bajo se activa al momento de bajar el nivel mínimo de agua y esto manda apagar las bombas para evitar que estas funcionen en vacío, una vez recuperado el nivel de agua esta se abre y vuelven a funcionar las bombas siempre y cuando el caldero necesite agua.



Figura 73: Pruebas de sensores de nivel

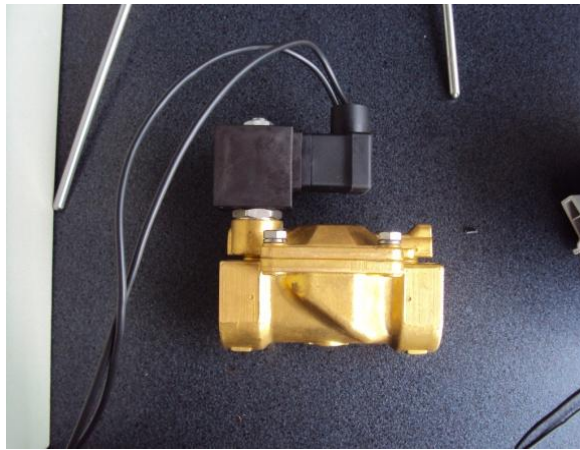


Figura 74: Prueba de electroválvula

4.1.2 PRUEBAS DE ADQUISICIÓN DE VALORES DE TEMPERATURA

Se verificó la correcta operación de los sensores de temperatura (figura 75), comprobando que la lectura de la entrada analógica al PLC se encontraba dentro de los rangos.



Figura 75: Valores de temperatura

Se comparó los datos obtenidos poniendo el sensor de temperatura PT100 en agua caliente junto con una termocupla comercial (multímetro) ya acondicionada y calibrada. Los valores arrojados por los dos sensores de temperatura fueron similares.

4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL

Se realizaron las pruebas de funcionamiento del tablero de control para verificar que el sistema funcione adecuadamente. De éstas se obtuvieron los resultados siguientes:

En el modo manual del tablero (figura 76) se realizó el encendido y apagado de las bombas para enviar agua al caldero, encendido de la electroválvula, disparo de cada una de las alarma y se verificó las variables desplegadas en el panel view. El funcionamiento no presentó problema alguno.



Figura 76: Tablero en forma manual

Se realizó las pruebas en modo automático (figura 77) ingresando las variables del proceso en la HMI local (OP320-s):

- Tiempo de funcionamiento de la bomba 1
- Tiempo de funcionamiento de la bomba 2
- Tiempo de mantenimiento de la bomba 1
- Tiempo de mantenimiento de la bomba 2

- Temperatura de alarma de la chimenea del caldero
- Temperatura de alarma del tanque de agua de precalentado

El funcionamiento en este modo realiza el control de cambio de bombas de acuerdo a los valores ingresados, el tiempo de mantenimiento para cada bomba, control de nivel de agua en el tanque de precalentado del caldero, el tiempo de funcionamiento de la bomba de combustible del caldero, el encendido y apagado de la bomba dosificadora y todas las alarmas. Las cuales funcionan correctamente durante el proceso.



Figura 77: Tablero en modo automático

4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE COMUNICACIÓN

Las pruebas de los equipos de comunicación fueron realizadas desde el computador, para verificar el funcionamiento correcto de la HMI remota. En esta prueba se conectó una extensión de 40m de cable tipo UTP apantallado entre el conector DB9 hembra que se encuentra en el tablero de control y el cable de programación USB/PPI al extremo de RS485.

En la Figura 78 se indica el bloque de sistema que se puede configurar en el programa Step 7.

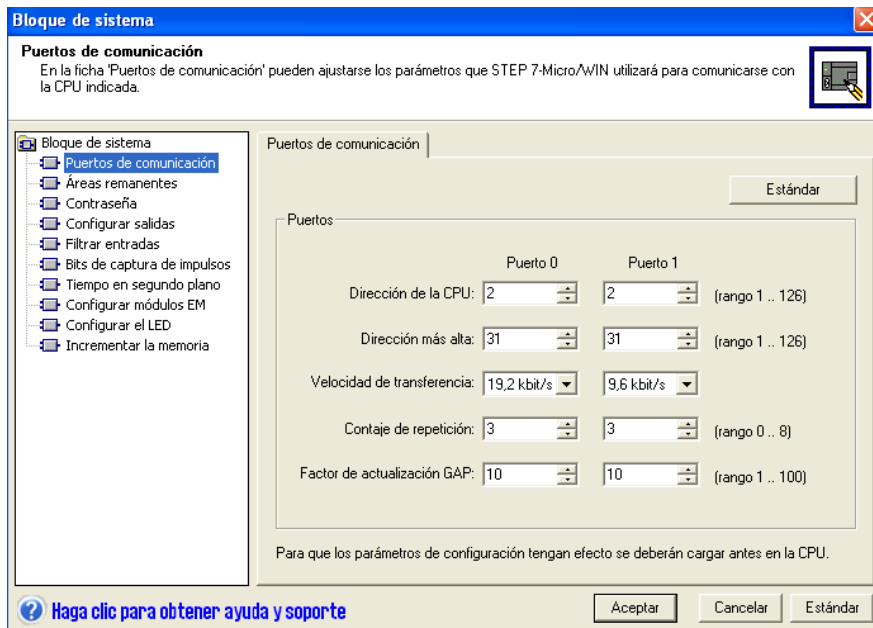


Figura 78: Configuración de velocidad del programa

Luego de configurar el puerto de comunicación de la PC (USB) con la velocidad de 9600 Bps, se comunicaban con un pequeño retardo. La solución que se dio para este problema fue aumentar la velocidad de transferencia de datos a 19200 Bps en la PC. En la Figura 79 se observa la comunicación entre la HMI de la computadora y el PLC.



Figura 79: Prueba de comunicación

4.4 PRUEBAS DE COMUNICACIÓN ENTRE LOS MÓDULOS Y EL PLC

Para realizar la prueba y saber si los módulos están comunicándose con el PLC sin ningún error, se conecta el cable de programación. Luego en el programa Step 7, en la opción información de CPU (Figura 80) se observan el PLC, los módulos conectados y su estado.

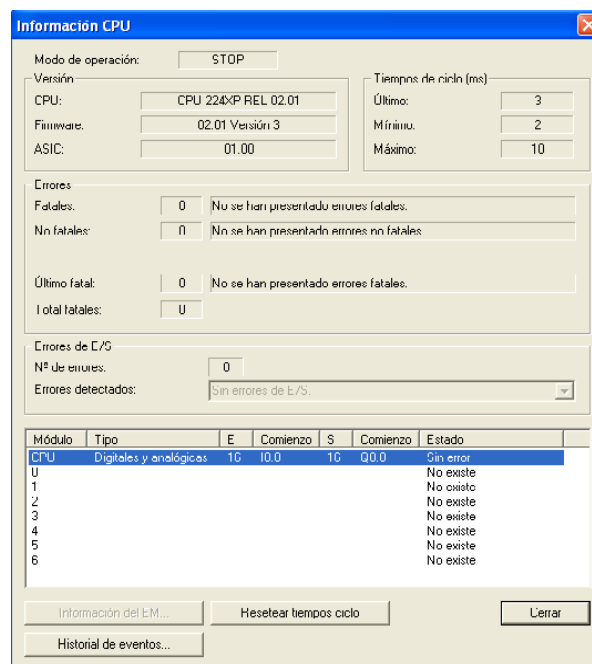


Figura 80: Información de estado de la CPU

4.5 PRUEBAS DE LAS ALARMAS

4.5.1 ALARMA DE LA TEMPERATURA DE CALDERO

Esta alarma saltará cuando la temperatura del la chimenea del caldero exceda el set point de temperatura seteado desde el panel view, al ocurrir esta falla se podrá observar en la torre de alarmas, el encendido de la sección de color amarillo con intervalos de tiempo y de igual manera se la podrá observar en el panel view menú alarmas (figura 81).



Figura 81: Alarma de temperatura alta

4.5.2 ALARMA DE LA TEMPERATURA DEL TANQUE DE PRECALENTADO

Esta alarma saltará cuando la temperatura del agua del tanque de precalentado del caldero sea menor al set point de temperatura seteado desde el panel view, al ocurrir esta falla se podrá observar en la torre de alarmas, el encendido de la sección de color amarillo y al mismo tiempo se la podrá observar en el panel view menú alarmas (figura 82)



Figura 82: Alarma de temperatura baja

4.5.3 ALARMA DE LA FALLA DEL TERMICO DE LA BOMBA 1

La alarma de falla del térmico de la bomba 1 se activará al momento que dicho térmico falle y automáticamente pasa a funcionar la otra bomba, al ocurrir esta falla se podrá observar en la torre de alarmas, el encendido de la sección de color rojo en intervalos de tiempo además se escuchara una alarma sonora y de igual manera se la podrá observar en el panel view menú alarmas (figura 83)



Figura 83: Alarma falla del térmico de la bomba1

4.5.4 ALARMA DE LA FALLA DEL TERMICO DE LA BOMBA 2

La alarma de falla del térmico de la bomba 2, se activará al momento que dicho térmico falle y automáticamente pasa a funcionar la otra bomba, al ocurrir esta falla se podrá observar en la torre de alarmas, el encendido de la sección de color rojo en intervalos de tiempo además se escuchara una alarma sonora y de igual manera se la podrá observar en el panel view menú alarmas (figura 84.)



Figura 84: Alarma de falla de térmico de la bomba 2

4.5.5 ALARMA DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA 1

La alarma de mantenimiento de la bomba 1, se activará al momento que las horas de funcionamiento sean iguales o mayores a las horas de mantenimiento seteadas desde el panel view, al activarse esta alarma se podrá observar en la torre de alarmas, el encendido de la sección de color verde y al mismo tiempo se la podrá observar en el panel view menú alarmas (figura 85.)



Figura 85: Alarma de mantenimiento de la bomba 1

4.5.6 ALARMA DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA 2

La alarma de mantenimiento de la bomba 2, se activará al momento que las horas de funcionamiento sean iguales o mayores a las horas de mantenimiento seteadas desde el panel view, al activarse esta alarma se podrá observar en la torre de alarmas, el encendido de la sección de color verde en intervalos de tiempo y de igual manera se la podrá observar en el panel view menú alarmas (figura 86)



Figura 86: Alarma de mantenimiento de la bomba 2

4.5.7 ALARMA DE NIVEL BAJO DE AGUA EN EL TANQUE DE PRECALENTADO.

Esta alarma se activará al momento que el nivel de agua sea mínimo en el tanque, al activarse esta alarma se podrá observar en la torre de alarmas, el encendido de la sección de color amarillo además tendrá una alarma sonora y al mismo tiempo se la podrá observar en el panel view menú alarmas (figura 87.)



Figura 87: Alarma de nivel bajo de agua

4.6 ANALISIS TECNICO-ECONOMICO

| Item | Descripción | Cantidad | Valor | Valor Total |
|------|--|----------|--------|-------------|
| 1 | PLC S7200 224xp | 1 | 725,12 | 725,12 |
| 2 | expansión para RTD | 1 | 351,23 | 351,23 |
| 3 | chip memoria | 1 | 72,1 | 72,1 |
| 4 | valvula para agua on off 1" bobina 220v | 1 | 220 | 220 |
| 5 | panel view OP 320 | 1 | 254,78 | 254,78 |
| 6 | RTD en termo pozo | 2 | 101,97 | 203,94 |
| 7 | sensor de nivel maximo minimo | 1 | 300 | 300 |
| 8 | selector dos pociones | 3 | 6 | 18 |
| 9 | lámparas piloto electrónicas | 5 | 8 | 40 |
| 10 | gabinete metálico 40*60 | 1 | 100 | 100 |
| 11 | accesorios de instalación (riel din , borneras, marquillas etc.) | 1 | 100 | 100 |
| 12 | torre indicación luminosa | 1 | 300 | 300 |
| 13 | fuelle 2A 24vdc | 1 | 90,64 | 90,64 |
| 14 | breaker trifasico 6A | 1 | 18,47 | 18,47 |
| 15 | portafusibles + fusibles | 7 | 3,4 | 23,8 |
| 16 | perilla encendido 60 A | 1 | 80 | 80 |
| 17 | Otros gastos | | 800 | 800 |
| | Total | | | 3698,08 |

Tabla de insumos.

| | VALORES ESTIMADOS | | | | | | | |
|--------------|---------------------|----------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Costos Anuales | % Ahorro | Ahorro | 1er Año | 2do Año | 3er Año | 4to Año | 5to Año |
| Diesel | 7200,00 | 5% | 360,00 | 6840,00 | 6840,00 | 6840,00 | 6840,00 | 6840,00 |
| Agua | 4800,00 | 25% | 1200,00 | 3600,00 | 3600,00 | 3600,00 | 3600,00 | 3600,00 |
| Ablandadores | 9600,00 | 25% | 2400,00 | 7200,00 | 7200,00 | 7200,00 | 7200,00 | 7200,00 |
| Total | \$ 21.600,00 | | 3.960,00 | \$ 17.640,00 | \$ 17.640,00 | \$ 17.640,00 | \$ 17.640,00 | \$ 17.640,00 |

Elaborado por: Mayorga & Mera

Se puede apreciar que TEIMSA en la actualidad incurre en costos de \$21600, pero con la implementación del nuevo sistema de control local y la interfaz gráfica HMI remota, TEIMSA va a generar un ahorro en:

- Diesel 5%, Agua 25% y Ablandadores 25%

Cálculo del ROI.

El ROI es un valor que mide el rendimiento de una inversión, para evaluar qué tan eficiente es el gasto que estamos haciendo.

| | |
|--------------------------|-----------------|
| Inversión Inicial | -3698,08 |
| Ahorro Neto 1er año | 3960,00 |
| Ahorro Neto 2do año | 3960,00 |
| Ahorro Neto 3er año | 3960,00 |
| Ahorro Neto 4to año | 3960,00 |
| Ahorro Neto 5to año | 3960,00 |
| TOTAL AHORRO | 19800,00 |

Elaborado por: Mayorga & Mera

$$ROI = \frac{\text{Ahorro Obtenido} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}}$$

$$ROI = \frac{19.800 - 3698,08}{3698,08}$$

$$ROI = 4,35\%$$

Interpretación:

Se puede observar que al nosotros tener un ROI positivo, nuestro proyecto de inversión es rentable y por ende lo hace atractivo y viable. El valor de ROI es un índice financiero, por lo que se expresa en porcentaje. Nuestro ROI es de 4,35%, por lo cual TEIMSA durante los 5 años va a tener mayores beneficios.

Nota: Por cada dólar invertido, TEIMSA está obteniendo 4,35 dólares de beneficio.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El objetivo del presente proyecto fue diseñar, construir e implementar un sistema de control local con interfaz grafica HMI, para el proceso de precalentado de agua del caldero de la empresa TEIMSA.

Una vez finalizado el trabajo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Los software Excel y Pc Access nos permitieron desarrollar un sistema de visualización de variables de manera remota, haciéndolos apropiados para la comunicación con el PLC siemens S7-200 (224XP), utilizado en el proceso de automatización del proyecto, logrando así que el HMI se realice en tiempo real y sea de fácil operación para los usuarios.
- Se deben seleccionar correctamente los dispositivos electrónicos a utilizarse, ya que de esta manera la implementación del tablero de control es sencilla y se la realiza en corto tiempo, además de permitir que el tablero de control sea de fácil manejo.
- El programa microwin de Siemens es de fácil manejo lo cual permite desarrollar un programa para la automatización de maquinarias en corto tiempo y de forma sencilla.
- El panel operador de OP320 es un interfaz humano máquina sencilla, tiene pocas líneas de lectura escritura pero estas son suficientes para visualizar las variables de interés del proyecto, esto y su bajo costo hacen que sea la mejor opción en este caso.

- utilizando los sensores de nivel para un control ON/OFF podemos activar con uno la electroválvula y con el otro controlar el funcionamiento de las bombas.
- Se realizó un HMI remoto que permitirá visualizar los datos en dos termómetros creados en Excel con lo cual la persona encargada no tendrá que trasladarse al sitio del caldero, además cuenta con una base de datos la cual ayuda a guardar y analizar los eventos continuos y temporales que el PLC envía del sistema.
- Se colocó protecciones tanto en la programación del PLC como en la parte electromecánica (fusibles, breakers, guardamotores) etc. Esto nos ayudara a proteger el sistema tanto en software, como en hardware.
- Para el envío de datos de los sensores o del PLC a la PC se utilizó cable apantallado, ya que este minimizará la cantidad de ruido que se presentan en las industrias.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda para la operación de las bombas seguir paso a paso lo que indica en el manual de usuario para un correcto funcionamiento.
- Para el desarrollo de la automatización se debe realizar una exhaustiva investigación sobre el tema ya que hoy en día existen diversos equipos tanto de hardware como de software que faciliten el diseño, construcción y programación.
- Para realizar conexiones entre los equipos es aconsejable realizar buenos contactos entre el equipo y los cables.

- Cuando se trabaja en un ambiente industrial es necesario conocer las actividades que se realizan en las distintas áreas de trabajo debido a los riesgos que puedan presentarse, por tal motivo se recomienda tener un conocimiento previo de seguridad industrial para tomar las precauciones necesarias.
- Para utilizar una extensión con el cable PPI y así poder enviar los datos del PLC a la PC se recomienda que la distancia máxima es de 50m, ya que si sobrepasa esta distancia no tendremos comunicación.
- Para realizar un HMI remoto sería más recomendable utilizar un software de la misma marca del PLC utilizado como en este proyecto se debió trabajar con WinCC flexible, ya que la programación y comunicación sería más fácil y rápida.

BIBLIOGRAFÍA

- Folleto de instalaciones eléctricas, www.mediafire.com/?naxed3cabyb
- KOSOW, "Maquinas Eléctricas y Transformadores". Pretince - Hall, 1993.
- N. BRATU, "Instalaciones Eléctricas". 2da Edición.
- SIEMENS, Sistema de Automatización Simatic S7-200.
- SIEMENS, Manual del sistema de automatización S7-200
- SIEMENS, ayuda PC Access
- Catalogo xinje Electronic. Manual OP320
- RAMON PALLAS, "Sensores y acondicionadores de señal" 3ra Edición
- www.wikipedia.com
- <http://todoproductividad.blogspot.com/> - articulo eficiencia energética de calderos de vapor
- Instalaciones Eléctricas (E00874.2), cálculo para el Diseño de Circ Aliment en IE Comerciales.
- <http://newsindustria.siemens.com.ar>
- <http://support.automation.siemens.com>

ANEXOS

ANEXO A

MANUAL PARA REALIZAR UNA VISUALIZACION Y BASE DE DATOS EN EXCEL

Para enviar los datos desde el PLC a servidor Excel necesitamos un OPC, para lo cual usamos PC Access que es un OPC de Siemens.

A continuación realizaremos los pasos para que el PC Access sea utilizado como OPC.

1. Abrimos el PC Access.

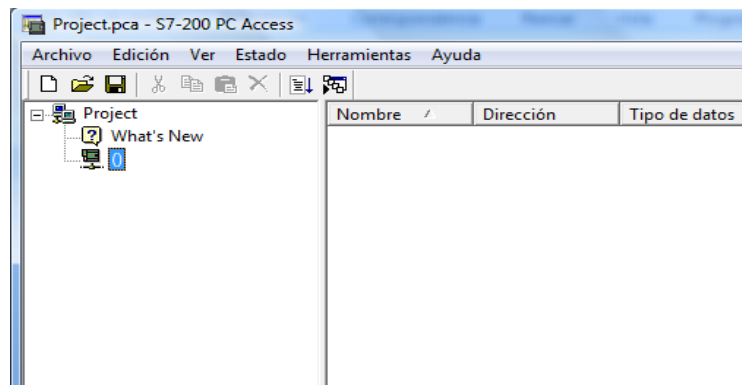


Figura 1: ventana de PC Access

2. Damos clic en archivo y vamos a importar símbolos.

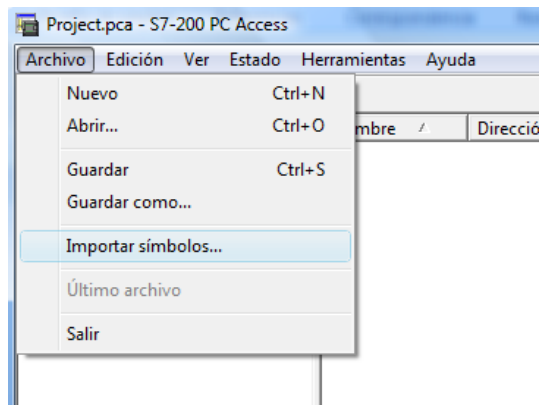


Figura 2: Importación de símbolos en PC Access

3. Nos dirigimos a la dirección en la que se encuentre el archivo, no es necesario tener conectado el cable PPI.

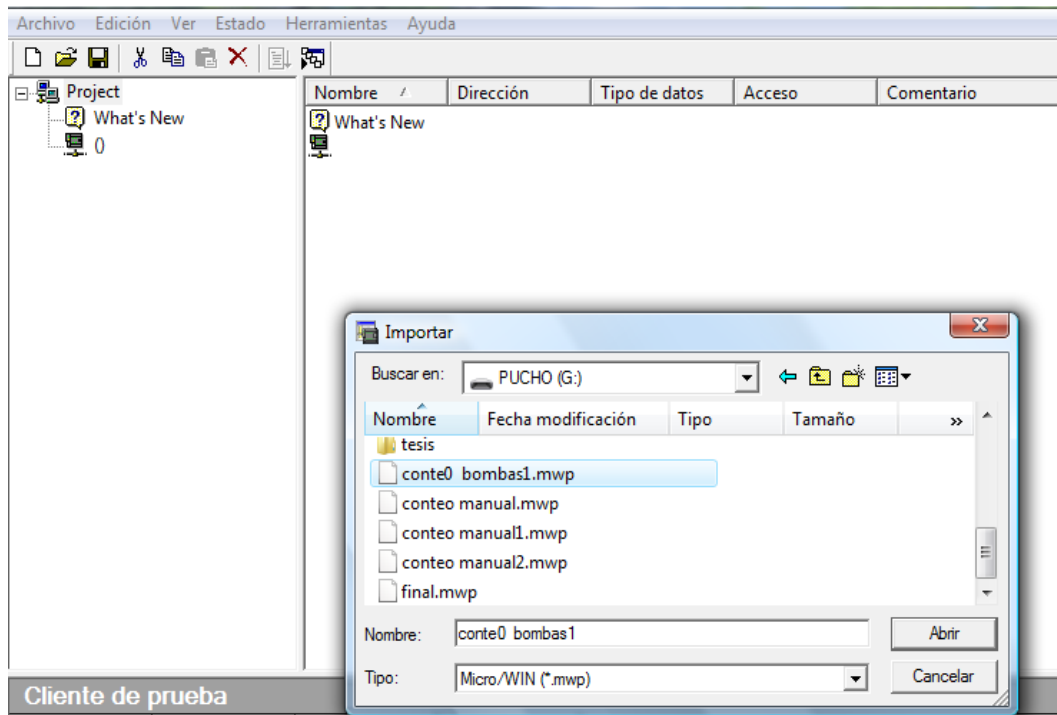


Figura 3: ventana de importación de símbolos en PC Access

4. Cargamos el mismo programa que se encuentra cargado en el PLC.

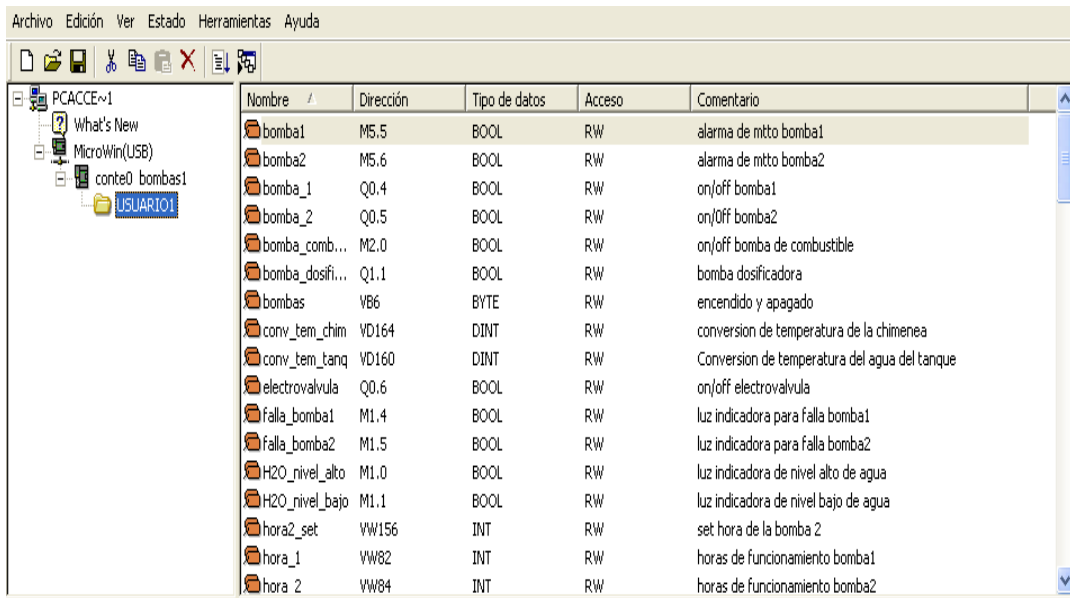


Figura 4: datos en PC Access

5. También podemos observar en el PC Access el funcionamiento de las variables programadas en MicroWIN, enviando estos datos al cliente de prueba, no es necesario realizar esto pero esta es otra forma de visualizar el funcionamiento de las variables.

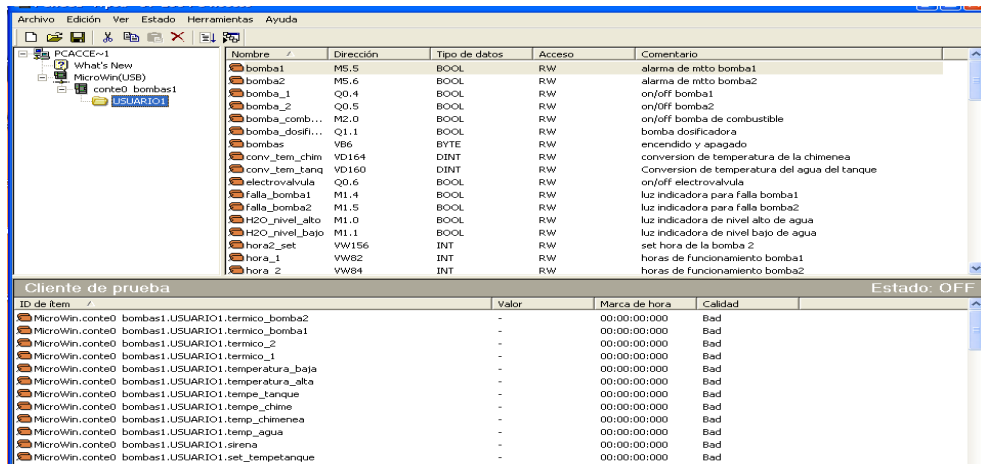


Figura 5: Cliente de prueba en PC Access

6. Procedemos a poner en RUN el PLC para que actúen las variables, y en PC Access procedemos a dar clic en guardar para actualizar el funcionamiento del PLC y poder utilizar PC Access como OPC.

7. Procedemos a cerrar el PC Access por que no es necesario tenerlo abierto.

Para que el Excel pueda ser un servidor y utilizarlo para realizar un HMI, de visualización de datos y crear una base de datos.

1. Debemos activar en la barra de tareas el botón del programador.
2. Damos clic en botón de office.



Figura 6: Boton de Office

3. Clic en el botón opciones de Excel.

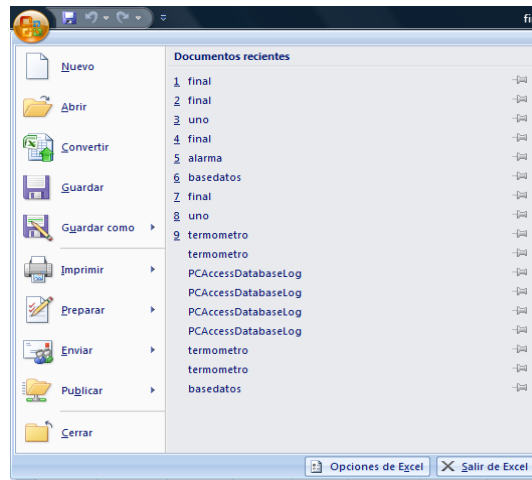


Figura 7: Opciones de Excel

4. Activar la pestaña de mostrar ficha de programador.

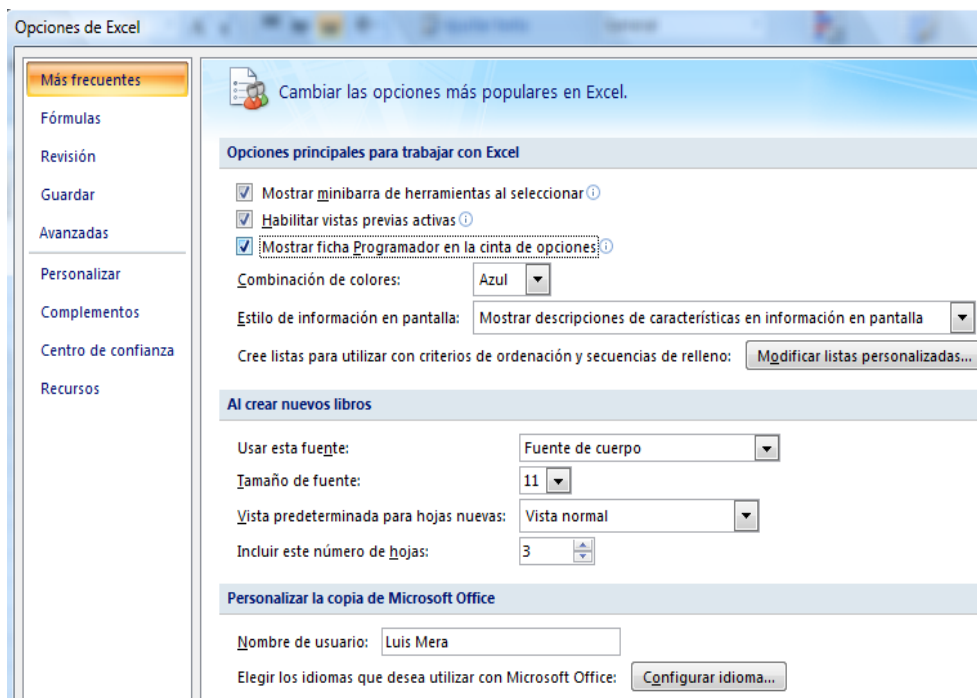


Figura 8: Activación de ficha de programador

5. Después debemos activar el complemento las macros.

6. Realizamos el paso 2 y 3.

7. Damos clic en configuración del centro de confianza

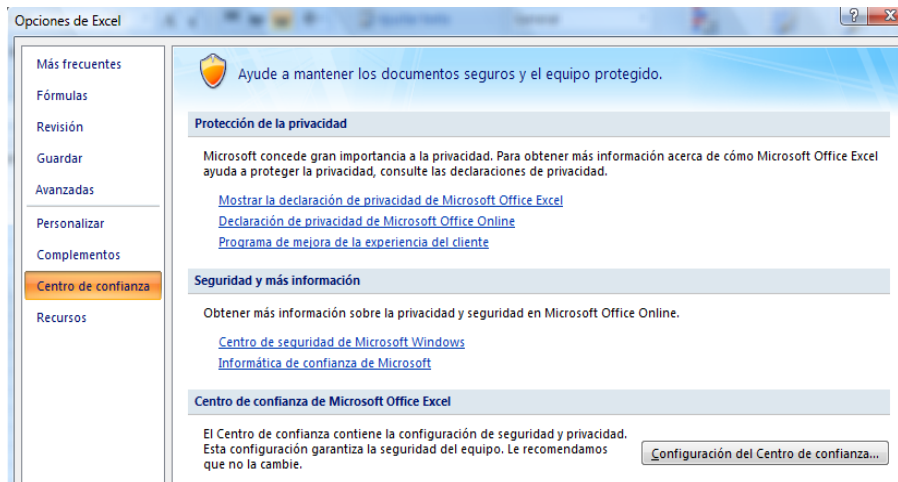


Figura 9: configuración de centro de confianza Excel

8. Realizamos la configuración de las macros como se muestra en la Figura 10.

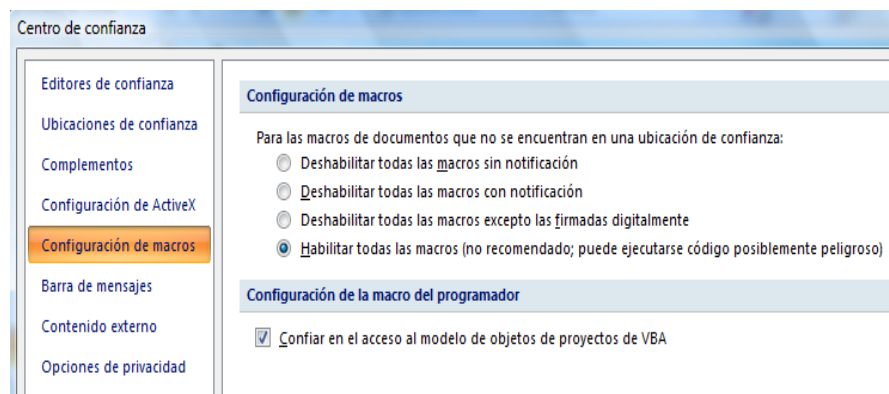


Figura 10: Configuración de macros

9. También configuramos el Activex como se muestra en la Figura 11.

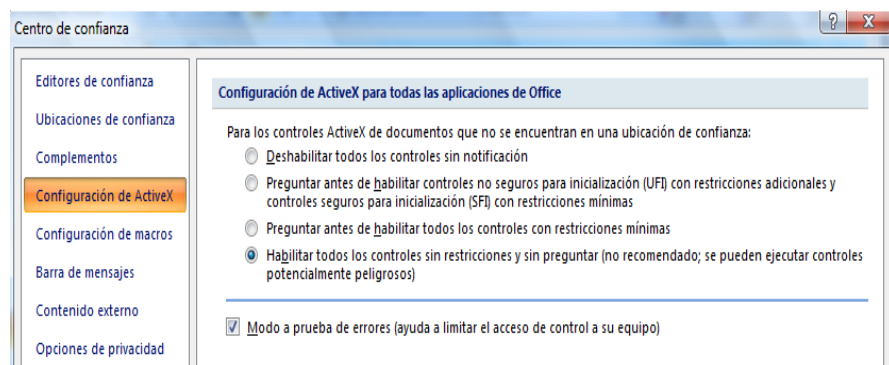


Figura 11: configuración de activex

10. A continuación sacamos un complemento que es OPC – cliente AddIn for Excel el cual nos ayudara a comunicar PC Access con Excel.
11. Realizamos el paso 2 y 3.
12. Buscamos el complemento OPC – cliente AddIn for Excel.
13. Si no la tenemos la buscamos en la opción administrar o damos clic en el botón ir.

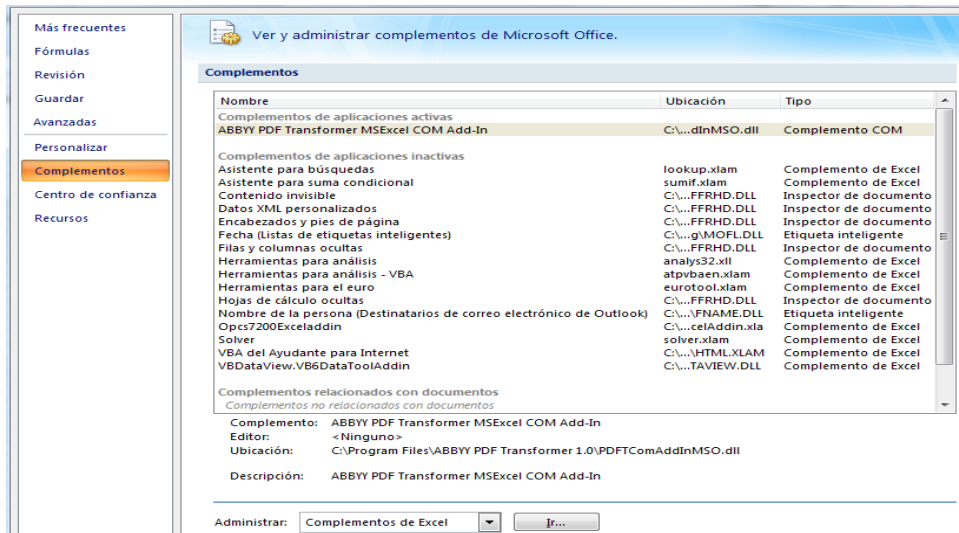


Figura 12: ventana de complementos

14. Si no encontramos el complemento damos clic en examinar.

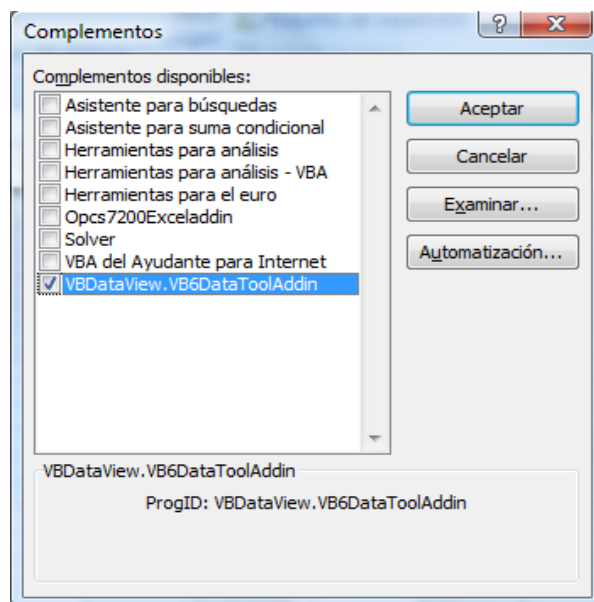


Figura 13: activación de complementos

15. Vamos a Equipo – Disco local C – Archivos de programa – Siemens – S7200 PC Access - Bin.

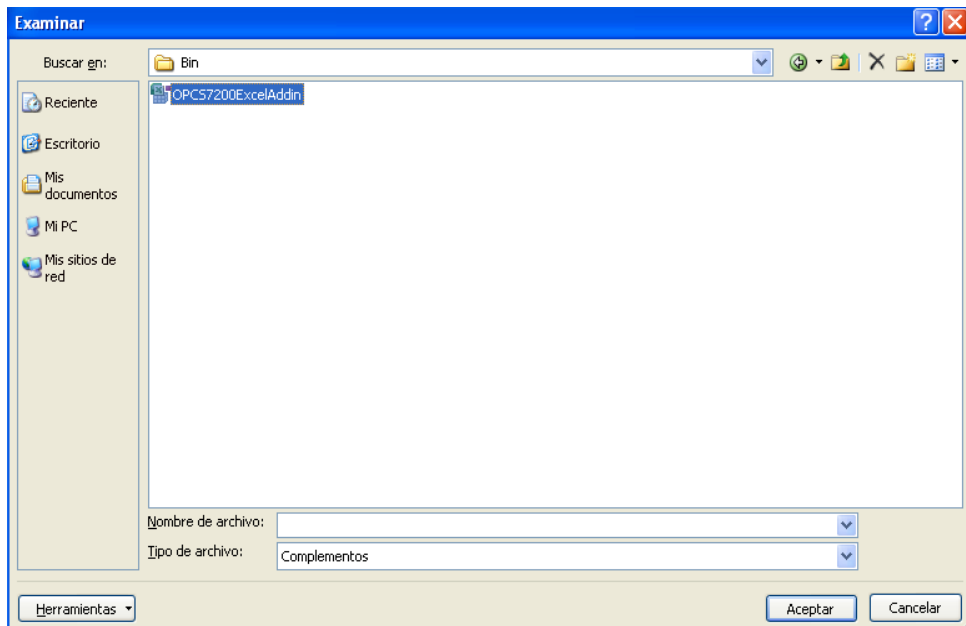


Figura 14: activación de OPC

16. Seleccionamos OPCS7200ExcelAddin, damos clic en aceptar

17. En complementos ya tenemos la opción y marcamos la pestaña damos clic en aceptar.

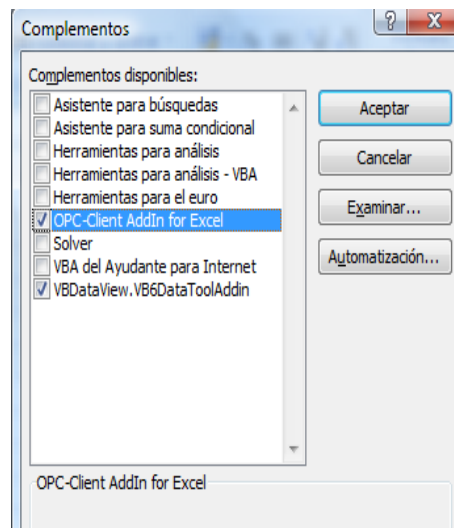


Figura 15: activación de complementos

18. Luego en la barra de complementos ya tenemos la opción de la OPCS7200ExcelAddin.

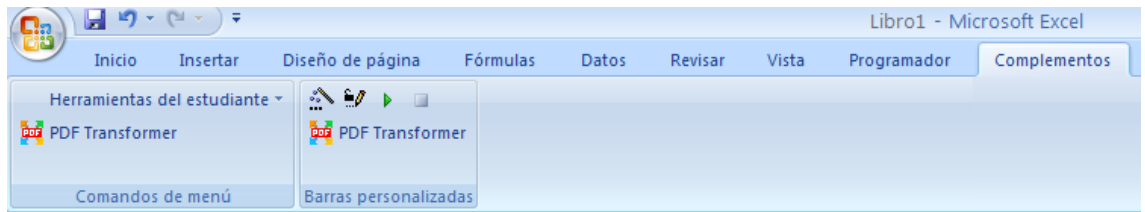


Figura 16: barra de complementos

19. Aquí tenemos la barra de la OPCS7200ExcelAddin.



Figura 17: barra de la OPC

20. Abrimos los archivos de Excel para la visualización de los datos.

21. El primero es el archivo llamado termómetro que presenta dos pantallas.

22. En la figura 18 se presenta la pantalla de bienvenida.



Figura 18: pantalla de bienvenida

23. Damos clic en el botón ingresar y pasamos a la segunda pantalla, en esta se visualiza las temperaturas representadas en dos termómetros.

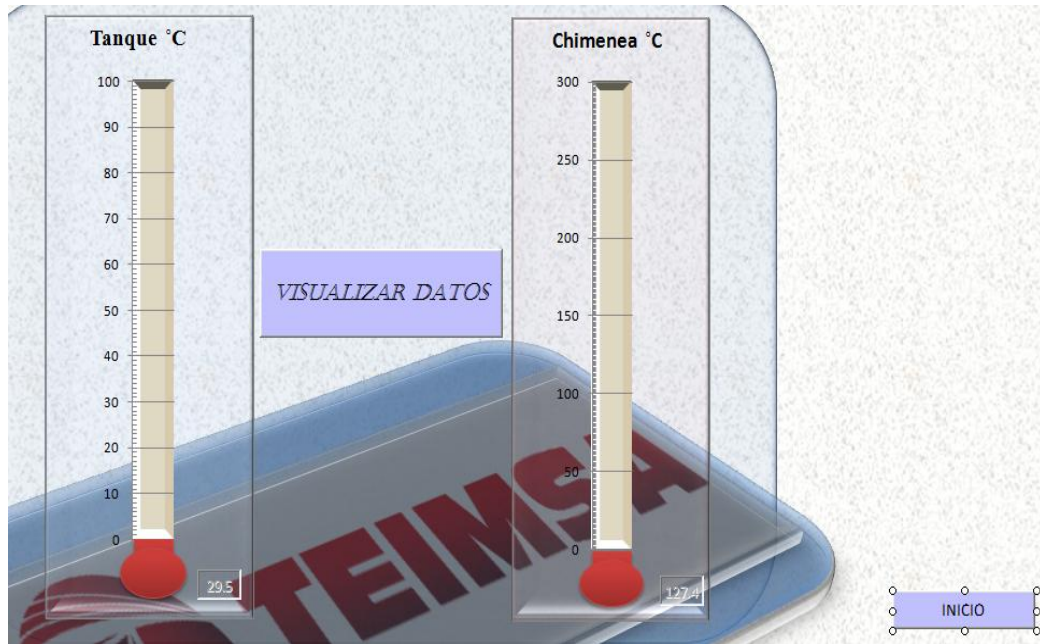


Figura 19: pantalla de temperaturas

24. Damos clic en el botón visualizar datos pasamos a la siguiente pantalla, y si damos clic en el botón de inicio regresamos.

25. En la figura 20 muestran los datos de horas de la bomba de combustible, de la bomba 1 y de la bomba 2, temperatura del tanque y la chimenea, encendido y apagado de la bomba 1 y 2, luego son 7 alarmas de temperatura baja de tanque, temperatura alta de la chimenea, falla de térmico 1 y 2 y mantenimiento de bomba 1 y 2.

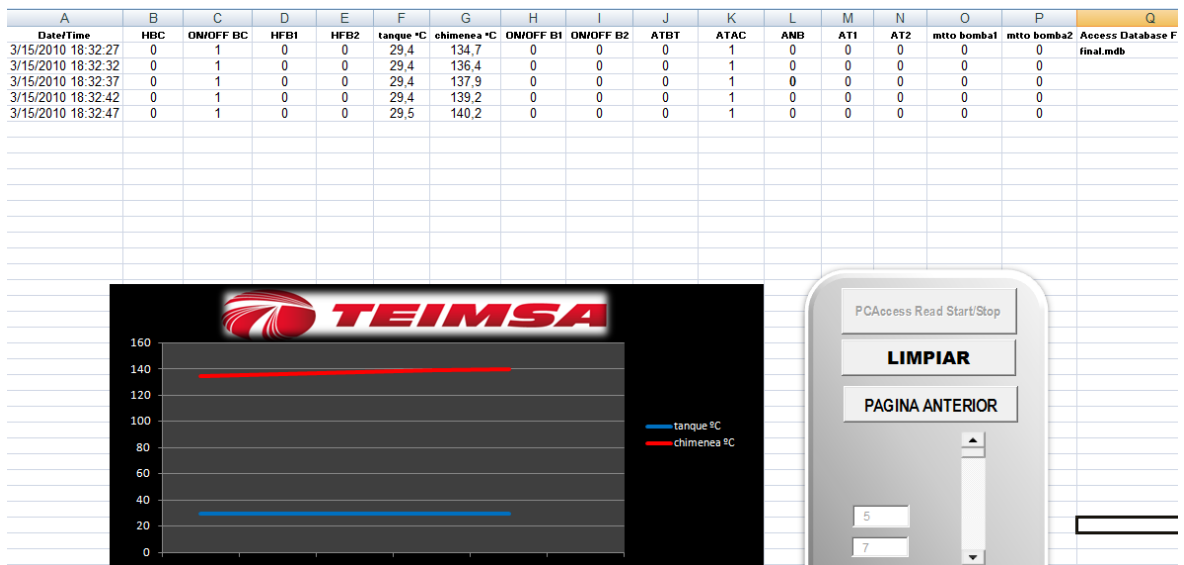


Figura 20: pantalla de visualización de datos

26. Al dar clic en el botón PC Access read star/stop iniciamos la adquisición de datos, con este mismo botón detenemos el proceso pero luego este se bloquea.

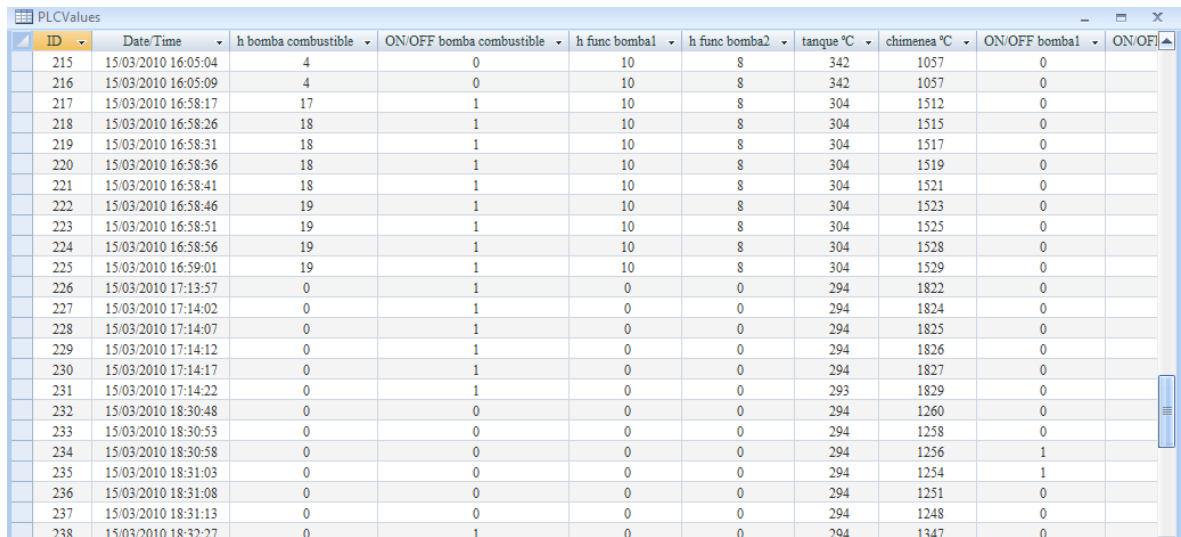
27. El botón limpiar nos ayuda a desbloquear el botón principal y podemos realizar la adquisición de datos nueva mente, también limpia las celdas.

28. Con la barra se puede modificar el tiempo de adquisición de datos.

29. En la grafica observamos los datos de las dos temperaturas.

30. Dando clic en el botón de página anterior, regresamos a la hoja de temperaturas.

31. En la figura 21 observamos la base de datos, lo que se obtuvo en Excel se guarda en Access de office.



| ID | Date/Time | h bomba combustible | ON/OFF bomba combustible | h func bomba1 | h func bomba2 | tanque °C | chimenea °C | ON/OFF bombal | ON/OFF |
|-----|---------------------|---------------------|--------------------------|---------------|---------------|-----------|-------------|---------------|--------|
| 215 | 15/03/2010 16:05:04 | 4 | 0 | 10 | 8 | 342 | 1057 | 0 | |
| 216 | 15/03/2010 16:05:09 | 4 | 0 | 10 | 8 | 342 | 1057 | 0 | |
| 217 | 15/03/2010 16:58:17 | 17 | 1 | 10 | 8 | 304 | 1512 | 0 | |
| 218 | 15/03/2010 16:58:26 | 18 | 1 | 10 | 8 | 304 | 1515 | 0 | |
| 219 | 15/03/2010 16:58:31 | 18 | 1 | 10 | 8 | 304 | 1517 | 0 | |
| 220 | 15/03/2010 16:58:36 | 18 | 1 | 10 | 8 | 304 | 1519 | 0 | |
| 221 | 15/03/2010 16:58:41 | 18 | 1 | 10 | 8 | 304 | 1521 | 0 | |
| 222 | 15/03/2010 16:58:46 | 19 | 1 | 10 | 8 | 304 | 1523 | 0 | |
| 223 | 15/03/2010 16:58:51 | 19 | 1 | 10 | 8 | 304 | 1525 | 0 | |
| 224 | 15/03/2010 16:58:56 | 19 | 1 | 10 | 8 | 304 | 1528 | 0 | |
| 225 | 15/03/2010 16:59:01 | 19 | 1 | 10 | 8 | 304 | 1529 | 0 | |
| 226 | 15/03/2010 17:13:57 | 0 | 1 | 0 | 0 | 294 | 1822 | 0 | |
| 227 | 15/03/2010 17:14:02 | 0 | 1 | 0 | 0 | 294 | 1824 | 0 | |
| 228 | 15/03/2010 17:14:07 | 0 | 1 | 0 | 0 | 294 | 1825 | 0 | |
| 229 | 15/03/2010 17:14:12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 294 | 1826 | 0 | |
| 230 | 15/03/2010 17:14:17 | 0 | 1 | 0 | 0 | 294 | 1827 | 0 | |
| 231 | 15/03/2010 17:14:22 | 0 | 1 | 0 | 0 | 293 | 1829 | 0 | |
| 232 | 15/03/2010 18:30:48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 294 | 1260 | 0 | |
| 233 | 15/03/2010 18:30:53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 294 | 1258 | 0 | |
| 234 | 15/03/2010 18:30:58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 294 | 1256 | 1 | |
| 235 | 15/03/2010 18:31:03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 294 | 1254 | 1 | |
| 236 | 15/03/2010 18:31:08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 294 | 1251 | 0 | |
| 237 | 15/03/2010 18:31:13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 294 | 1248 | 0 | |
| 238 | 15/03/2010 18:32:27 | 0 | 1 | 0 | 0 | 294 | 1347 | 0 | |

Figura 21: base de datos en Microsoft Access

ANEXO B

MANUAL DE OP320-S

FUNCIONES

Serie OP es una mini interfaz persona-máquina del controlador programable, que supervisa y modifica el valor y la condición de registro dentro del PLC, de esta forma el operador (a) puede controlar la máquina fácilmente.

La serie OP (pantallas) tiene las siguientes especificaciones:

- Hacer dibujos en la PC para editar OP20 software.
- Localiza la dirección del PLC libremente, utilizando la comunicación del puerto serie a la pantalla de descarga.
- Descargar tanto protocolo de comunicación y los datos de la pantalla para la pantalla, no necesitan de PLC, para elaborar programas de comunicación.
- Corresponde todo tipo de PLC, incluyendo Mitsubishi serie FX> Omron serie C > Siemens serie S7-200, Koyo serie SG, etc.
- Tiene la función de protección de contraseña.
- Tiene reloj interno (opcional).
- Tiene la función de la lista de alarmas, visualización de la información actual de la alarma.
- Pantalla LCD con luz de fondo STN.
- La superficie de la pantalla está hecha de IP65, impermeable y resistente al aceite.
- Puede mostrar gráficos de bits.

Pantalla OP320 tiene las siguientes especificaciones:

- El puerto de comunicaciones RS232/RS485.

- Siete botones que pueden definirse como teclas de función, y se puede sustituir a una máquina de teclas en la mesa de control.
- Pantalla LCD con luz de fondo STN. Puede mostrar hasta 24 caracteres x 4 líneas.

ESPECIFICACIONES GENERALES

CONDICIONES ELECTRICAS Y AMBIENTALES

| | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| TENSION DE ENTRADA | DC 20V – DC 28V |
| CONSUMO DE ENERGIA | >4 w |
| CORTE MOMENTANEO DE ENERGIA | 20 ms |
| TEMPERATURA AMBIENTE DE OPERACIÓN | 0 – 50°C |
| HUMEDAD | 20 – 85%, SIN CONDENSACION |

Tabla 1: Especificaciones del la OP320

Panel view Op 320

En la cara de OP320, no sólo hay visor LCD, sino también 7 botones, de libre configuración también cuentan con una larga vida útil, la cual es segura y confiable. Cada uno de los siete botones tienen funciones básicas, pero también pueden ser configurados para ser teclas de funciones especiales.

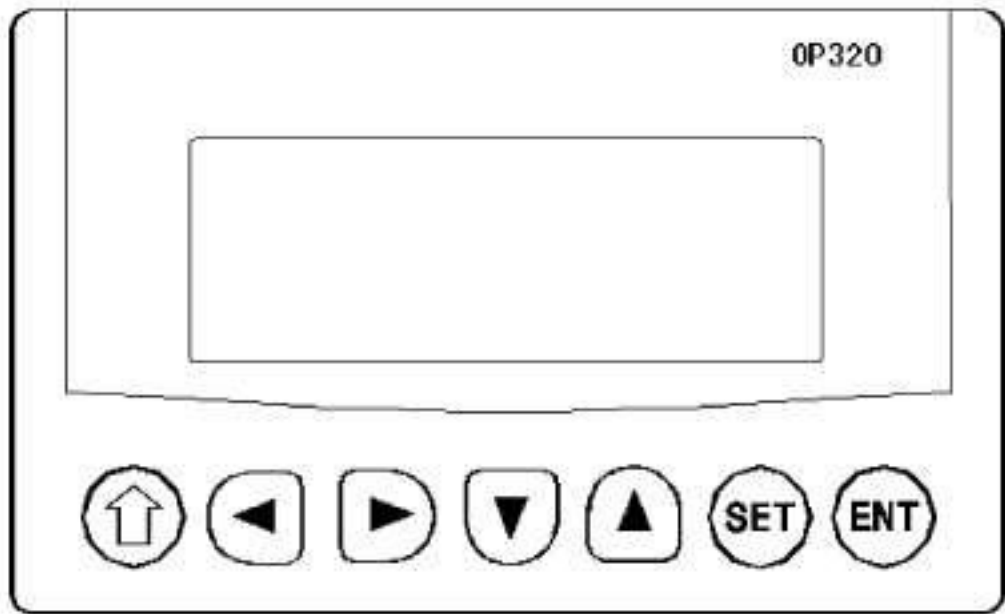


Figura 1: Pantalla OP320

En la parte posterior de OP320 (OP320-S), hay terminal de alimentación, conexión de comunicación.

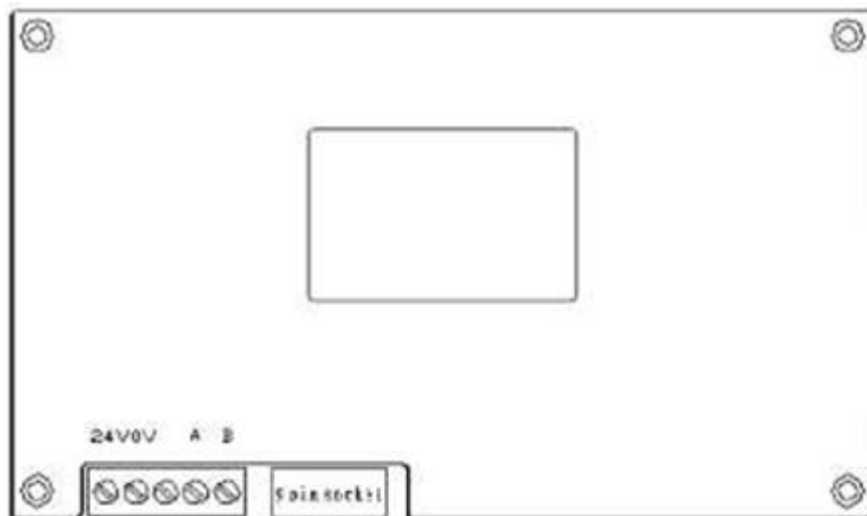


Figura 2: Puertos de conexión OP320

Para la descarga de los datos en la pantalla, conecte el puerto de comunicación de 9 pines de OP320 y la de la computadora personal con un cable de comunicación OP-SYS-CAB.

Identificación de los pines del puerto serial de comunicación, para la OP320.

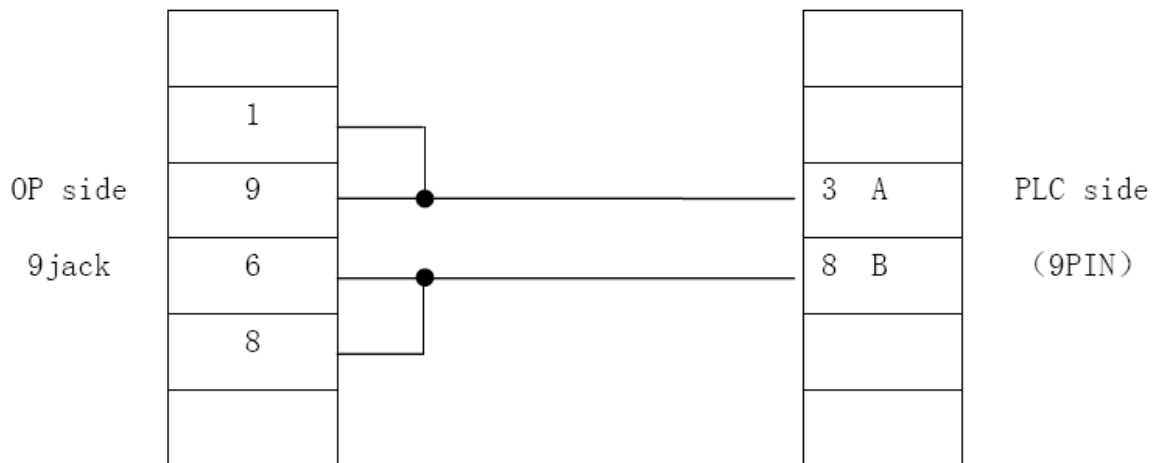


Figura 4: Diagrama de cable de comunicación OP - PLC

MANUAL DE OPERACIÓN DE LA OP 320

Al encender el control local, aparecerá la presentación de Teimsa.

PANTALLA DE PRESENTACION

En la pantalla de presentación nos dará la bienvenida a Teimsa.



Figura 5: Pantalla de presentación


Al presionar el botón **ENT** saltará a la pantalla de menú.

PANTALLA DE MENU

En la pantalla de menú, encontraremos tres opciones, con las cuales podremos supervisar y controlar todo el proceso.



Figura 6: Pantalla de menú

Al presionar el botón , saltará a la opción de visualización, en la cual podremos observar datos como por ejemplo tiempo de funcionamiento de las bombas.


PANTALLAS DE VISUALIZACION

En la opción del menú, visualización, podremos observar los datos en tiempo real con los que está funcionando nuestro programa, como por ejemplo: temperaturas, tiempos de funcionamiento de bombas, etc.


1. La primera pantalla es la visualización de temperaturas tanto de la chimenea como de los tanques de precalentado, todos los datos se darán en grados centígrados.




Figura 7: Pantalla de visualización de temperatura

Indicadores luminosos de alarmas de temperatura .

Presionando  saltará la pantalla de menú.

Presionando  saltará a la siguiente pantalla.

Presionando  saltará a la pantalla de menú.

2. La segunda pantalla es la de niveles de agua, en la cual podremos observar los niveles alto o bajo de agua, cuando los sensores estén activados el indicador luminoso se encenderá.

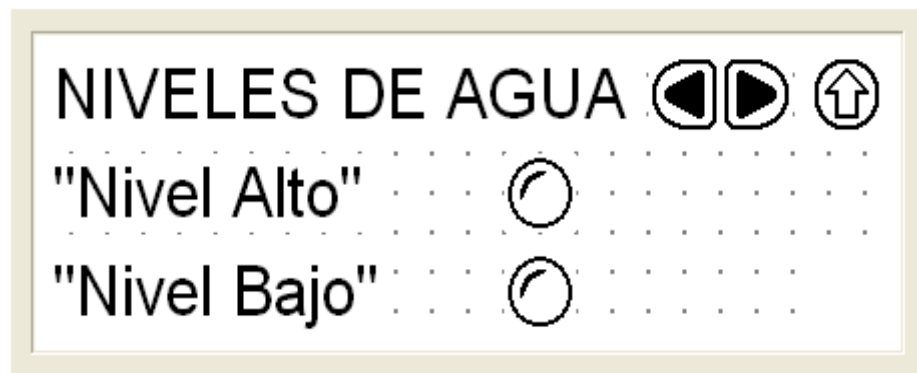




Figura 8: Pantalla de visualización de niveles de agua

Indicadores luminosos de los niveles de agua en los tanques de precalentado .

Presionando  saltará la pantalla anterior.

Presionando  saltará a la siguiente pantalla.

Presionando  saltará a la pantalla de menú.

3. La tercera pantalla es la de bombas, en la cual existe un pequeño menú que contiene dos opciones que son funcionamiento y funcionamiento total de bombas.

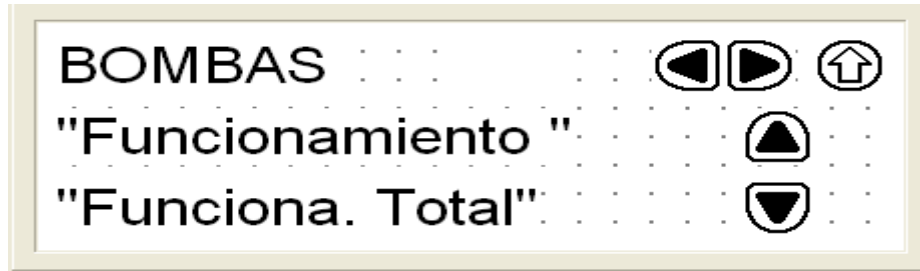







Figura 9: Pantalla de visualización de bombas

- Presionando  saltará a la pantalla de funcionamiento de bombas.
- Presionando  saltará a la pantalla de funcionamiento total de bombas.
- Presionando  saltará a la pantalla anterior.
- Presionando  saltará a la siguiente pantalla.
- Presionando  saltará a la pantalla de menú.

- Dentro de este menú existen dos pantallas.

Pantalla de funcionamiento de bombas, en esta pantalla se podrá observar las horas de funcionamiento de cada una de las bombas en relación a las horas seteadas por el operador.

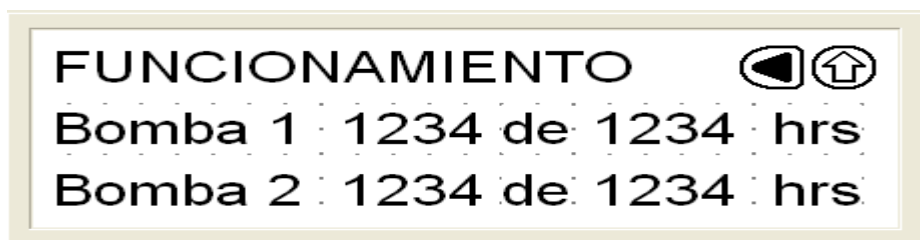




Figura 10: Pantalla de visualización de funcionamiento de bombas

- Presionando  saltará a la pantalla de menú de bombas.
- Presionando  saltará a la pantalla de menú.

Pantalla de funcionamiento total de bombas, aquí se observa las horas de funcionamiento totales de las bombas.

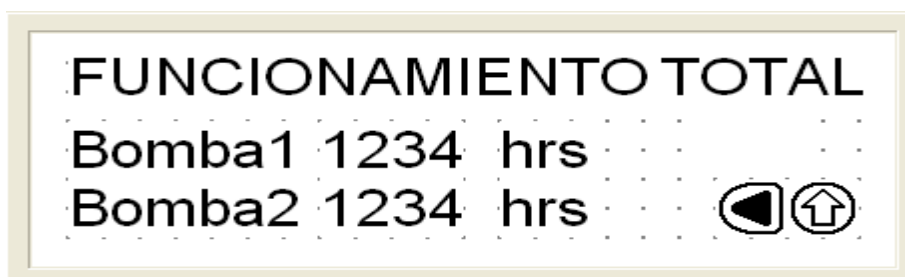




Figura 11: Pantalla de visualización de funcionamiento total de bombas

Presionando  saltará a la pantalla de menú de bombas.


Presionando  saltará a la pantalla de menú.

4. La cuarta pantalla es horas de mantenimiento de las bombas, en esta se visualizarán las horas de mantenimiento en relación o función a las horas seteadas por el operador.



Figura 12: Pantalla de visualización de horas de mantenimiento de bombas

Presionando  saltará a la pantalla anterior.

Presionando  saltará a la siguiente pantalla.

Presionando  saltará a la pantalla de menú.

5. La quinta pantalla es de falla de bombas, esto está basado en el disparo del relé térmico de cada una de las bombas, cuando falle cualquiera de los térmicos los indicadores luminosos se encenderán.

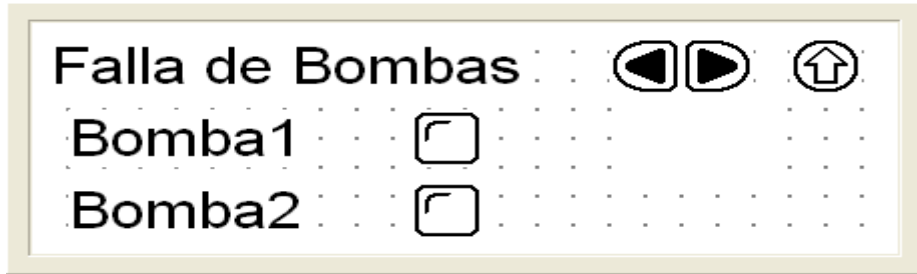






Figura 13: Pantalla de visualización de falla bombas

- Indicador luminoso de falla en cada una de las bombas 
- Presionando  saltará la pantalla de menú de bombas.
- Presionando  saltará a la siguiente pantalla.
- Presionando  saltará a la pantalla de menú.

6. La sexta pantalla es funcionamiento de la bomba de combustible, aquí se visualizara las horas y los minutos de funcionamiento de la bomba de combustible.



Figura 14: Pantalla de visualización de horas de bombas de combustible

Presionando  saltará a la pantalla anterior.


Presionando  saltará a la pantalla de menú.

PANTALLA DE MENU

En la pantalla de menú encontraremos tres opciones.



Figura 15: Pantalla de menú

Al presionar el botón  nos pedirá un password, con el cual estamos asegurando la manipulación de los datos que se encuentran dentro de la pantalla set variables.

PANTALLA DE PASSWORD

Esta pantalla tiene tres opciones.

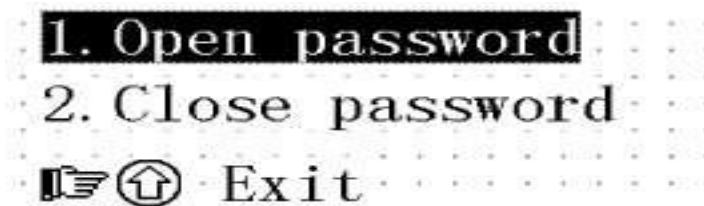



Figura 16: Pantalla de password

Presionando  en la primera opción, saltará la pantalla open password, en la cual se pondrá el código de seguridad.

PANTALLA OPEN PASSWORD

En esta pantalla se ingresa el código de seguridad.

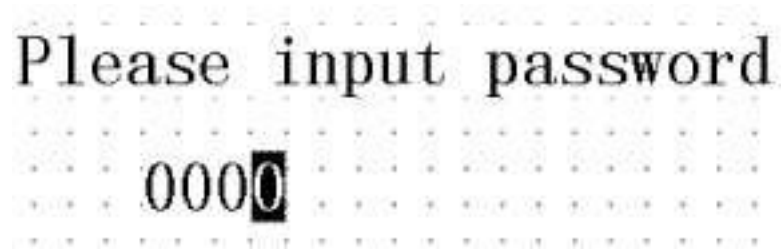


Figura 17: Pantalla para ingresar password

Si el Código es el correcto, esta será la pantalla que se podrá visualizar.

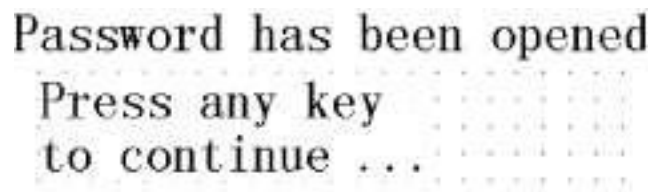


Figura 18: Pantalla de password abierta

Si el código es incorrecto, esta será la pantalla que se podrá visualizar.

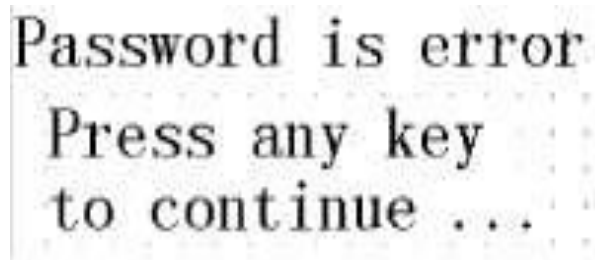




Figura 19: Pantalla error de password

Presionando  en la segunda opción del menú del password, cerrará la pantalla de password.

Presionando  saltará a la pantalla de menú.

Una vez abierto el password de la pantalla de menú

Presionando  saltará a la pantalla set variables en la cual podemos variar ciertos valores, como por ejemplo tiempos.

PANTALLAS SET VARIABLES

En la opción del menú, pantallas set variables, podremos cambiar algunas condiciones de trabajo, como por ejemplo: set bombas, set mantenimiento de bombas, etc.

1. La primera pantalla es set bombas, en la cual podemos variar el tiempo que se desea funcionen las bombas.

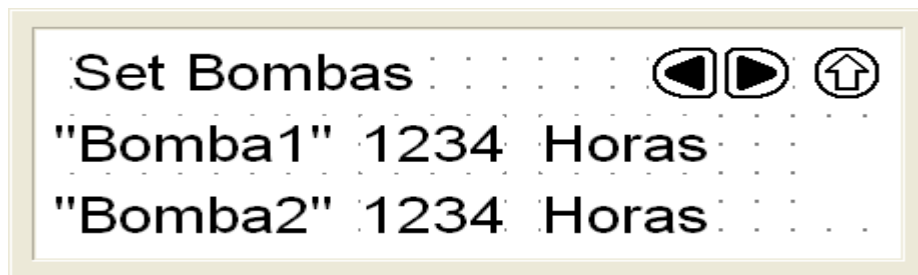






Figura 20: Pantalla set de bombas

Presionando  podemos variar las horas de funcionamiento de las bombas.

Una vez seleccionando el tiempo de funcionamiento presionamos  para ratificar la selección.

Presionando  saltará la pantalla de menú.

Presionando  saltará a la siguiente pantalla.

Presionando  saltará a la pantalla de menú.

2. La segunda pantalla es la de mantenimiento de bombas, en la cual podremos seleccionar el tiempo deseado para dar mantenimiento a las bombas.

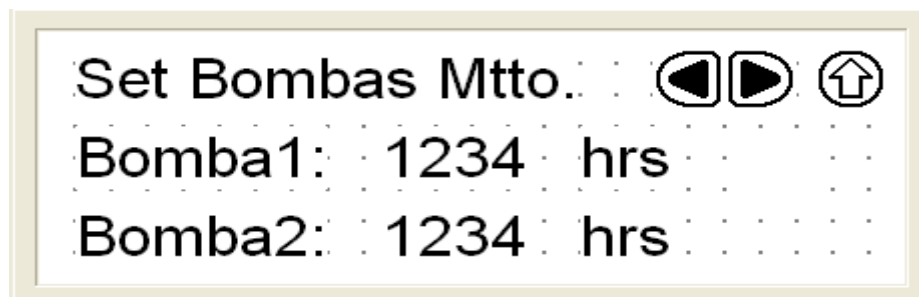




Figura 21: Pantalla set de bombas para mantenimiento

Presionando  podemos variar las horas de mantenimiento de las bombas.

Una vez seleccionando el tiempo de mantenimiento presionamos  para ratificar la selección.

Presionando  saltará a la pantalla anterior.

Presionando  saltará a la siguiente pantalla.

Presionando  saltará a la pantalla de menú.

3. La tercera pantalla es alarma de mantenimiento de las bombas.

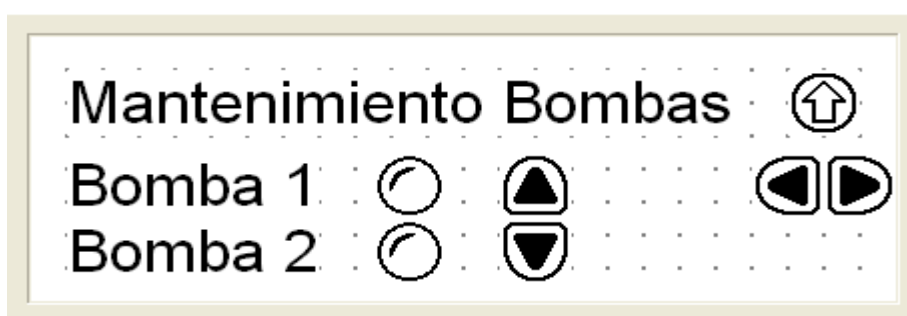








Figura 22: Pantalla reset de mantenimiento de bombas

Presionando  se podrá deshabilitar la alarma de mantenimiento de la bomba 1, caso contrario, es decir sin no es presionado  la alarma no se desactivará.

Presionando  se podrá deshabilitar la alarma de mantenimiento de la bomba 2, caso contrario, es decir sin no es presionado  la alarma no se desactivará.

Presionando  saltará a la pantalla anterior.

Presionando  saltará a la siguiente pantalla.

Presionando  saltará a la pantalla de menú.

4. La cuarta pantalla es set de temperatura.

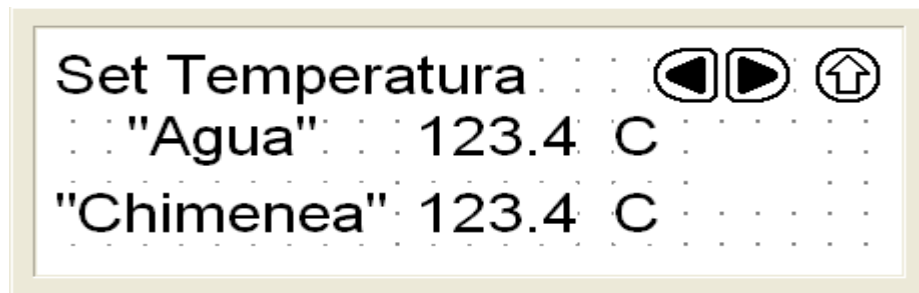




Figura 23: Pantalla set de temperaturas

Presionando  podemos variar la temperatura, a la cual la alarma de la chimenea y agua de los tanques de precalentado se activará.

Una vez seleccionada la temperatura de la chimenea y la del agua de los tanques de precalentado, presionamos  para ratificar la selección.

Presionando  saltará a la pantalla anterior.

Presionando  saltará a la siguiente pantalla.

Presionando  saltará a la pantalla de menú.

5. La quinta pantalla es reset funcionamiento total de las bombas, aquí se resetea las horas de funcionamiento total de las dos bombas, estas horas son acumulativas y es recomendable el reseteo de estas horas cuando se haya dado mantenimiento a las bombas.

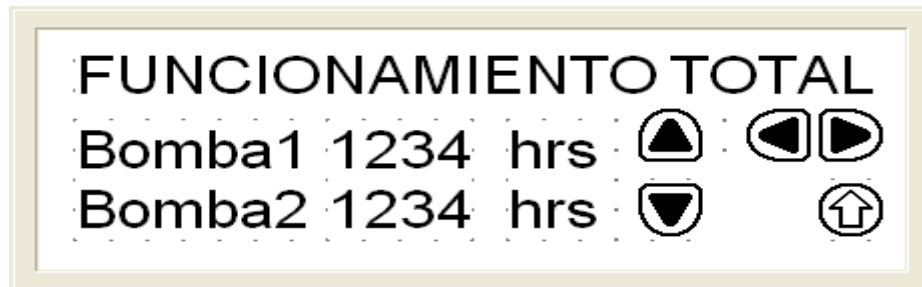





Figura 24: Pantalla reset de funcionamiento total de bombas

Presionando  se dará reset al valor en horas totales de funcionamiento de la bomba 1.

Presionando  se dará reset al valor en horas totales de funcionamiento de la bomba 2.

Presionando  saltará a la pantalla anterior.

Presionando  saltará a la siguiente pantalla.

Presionando  saltará a la pantalla de menú.

6. La sexta pantalla es reset de la bomba de combustible.

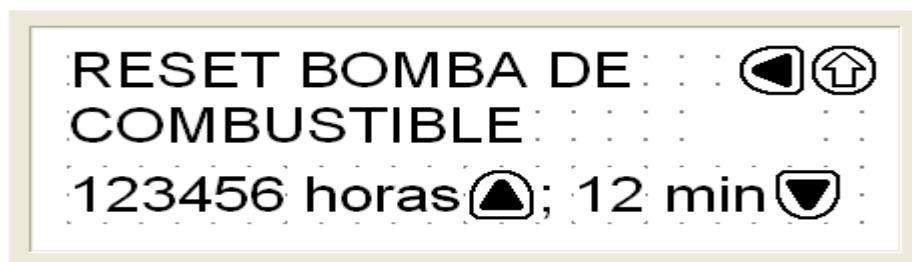





Figura 25: Pantalla reset de bomba de combustible

Presionando  se dará reset al valor en horas totales de funcionamiento de la bomba de combustible.

Presionando  se dará reset al valor de minutos de funcionamiento de la bomba de combustible.

Presionando  saltará a la pantalla anterior.


Presionando  saltará a la pantalla de menú.

PANTALLA DE MENU

En la pantalla de menú encontraremos tres opciones.



Figura 26: Pantalla menú


Al presionar el botón  saltará a la lista de alarmas, en la cual podremos observar todas las alarmas que se activaron hasta el momento, como por ejemplo falla de térmico 1.

PANTALLA DE ALARMA

En esta alarm list se indicarán las alarmas que están encendidas en el momento de ingresar en esta pantalla.

| Alarm Content |
|--------------------------|
| TEMP. MINIMA DE H2O TANQ |
| TEMP. ALTA CHIMENEA |
| NIVEL BAJO DE AGUA |
| FALLA TERMICO_BOMBA1 |
| FALLA TERMICO_BOMBA2 |
| MANTENIMIENTO BOMBA1 |
| MANTENIMIENTO BOMBA2 |
| |

Figura 27: Pantalla de lista de alarmas

Presionando  saltará a la pantalla de menú.

ANEXO C

MANUAL DEL TABLERO DE CONTROL

Este tablero de control sirve para el control de las bombas de agua del caldero de la empresa TEIMSA, este a su vez cuenta con un panel view en el cual se podrán observar las horas de funcionamiento de las dos bombas individualmente, se podrán visualizar las diferentes alarmas del sistema, para lo cual también se contara con una torre de alarmas, el tablero además tiene cuatro luces piloto, tres selectores pequeños y un selector principal para el encendido del tablero, en la figura 1 se puede observar los elementos que presenta el tablero en la parte externa.



Figura 1: elementos externos del tablero

SELECTOR PRINCIPAL

Este selector permite el encendido y el apagado del tablero de control, además cuando este se encuentra encendido una luz piloto que está en la parte de arriba se ilumina.

En la figura 2 se muestra el selector en la posición OFF y la luz piloto se encuentra apagada, en la figura 3 el selector está en la posición ON y la luz piloto se enciende.



Figura 2: selector en OFF



Figura 3: selector en ON

SELECTOR MANUAL – AUTOMATICO

Con este selector podemos escoger la opción de manual o automático de las bombas, también en la parte superior se encuentran dos luces pilotos que nos indican la opción que se escoge.

En la figura 4 se observa la luz de la parte izquierda encendida esto quiere decir que hemos escogido la opción de las bombas en manual.



Figura 4: selector posición manual

Cuando seleccionamos la opción de manual podemos escoger el funcionamiento individual de cada una de las bombas o bien que estas funcionen a la misma vez.

En la figura 5 se observa dos selectores estos se encuentran en OFF cuando está en modo manual, el selector del lado izquierdo controla la bomba 1 y el selector del lado derecho controla la bomba 2.

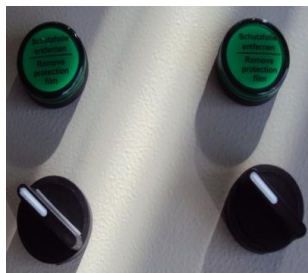


Figura 5: selectores de las bombas en OFF modo manual

En la figura 6 el selector de la parte izquierda se encuentra en ON y el de la derecha en OFF todo esto en modo manual, esto quiere decir que la bomba 1 se encuentra en funcionamiento.



Figura 6: selector izquierdo en ON modo manual

En la figura 7 el selector de la parte derecha se encuentra en ON, por lo tanto la bomba 2 se encuentra en funcionamiento, esto todavía se encuentra en modo manual.



Figura 7: selector derecho en ON modo manual

En la figura 8 se presenta los dos selectores en ON, con esto la bomba 1 y la bomba 2 se encuentran encendidas, en modo manual.



Figura 8: selectores en ON modo manual

En la figura 9 la luz de la parte derecha se encuentra encendida, esto nos indica que escogimos la opción automática de las bombas.



Figura 9: selector posición automática

Cuando escogemos el modo automático no es necesario que los selectores de las bombas se cambien de posición, por que se encuentran programadas para que una vez escogido el modo automático las bombas empiezan a funcionar

alternativa mente, en la figura 10 y la figura 11 se indica que los selectores no se cambiaron de posición y las bombas empezaron a funcionar, pero existen dos excepciones que se explicara en las figuras 12 y 13.



Figura 10: funcionamiento de bomba 1 modo automático



Figura 11: funcionamiento de bomba 2 modo automático

En la figura 12 cuando estamos en modo automático y se necesite realizar mantenimiento a la bomba 2 procedemos a mover el selector de la parte izquierda a la posición ON, esto permitirá que la bomba 1 se encuentre en funcionamiento sabiendo que ya debería entrar en funcionamiento la bomba 2, esto se debe a la programación.



Figura 12: funcionamiento de bomba 1 modo automático

En la figura 13 cuando se encuentre en modo automático y se necesite realizar a la bomba 1 mantenimiento, se procede a mover el selector de la derecha a la

posición ON, esto permite que la bomba 2 funcione sabiendo que debería entrar en funcionamiento la bomba 1.



Figura 13: funcionamiento de bomba 2 modo automático

TORRE DE ALARMAS

La torre luminosa entrara en funcionamiento siempre y cuando alguna alarma salte, a continuación se procederá a describir como reconocer las diferentes alarmas que existen.

En la figura 14 se presenta la activación de la luz roja, para que suceda esto existen dos alarmas que van hacerle funcionar.

La falla del térmico de la bomba 1 permite que se encienda la luz roja y la sirena con un intervalo de tiempo muy corto como el sonido de un pulso.

Con la falla del térmico de la bomba 2 también se enciende la luz roja y la sirena pero a diferencia de la anterior el tiempo de esta es más larga.

Además cuando salten cada una de estas en el panel view también serán indicadas.



Figura 14: luz roja encendida

En la figura 15 se indica la activación de la luz amarilla, para que esta se active existen tres alarmas que lo harán.

El nivel bajo de agua enciende la luz amarilla y la sirena, estas se quedaran continuamente encendida y sonando respectivamente.

La temperatura baja de agua enciende solamente la luz amarilla, esta se queda encendida.

La temperatura alta de la chimenea enciende en intervalos de tiempo la luz amarilla.



Figura 15: luz amarilla encendida

En la figura 16 se indica la activación de la luz verde, para esto existen dos alarmas que activaran esta.

Cuando la bomba 1 pide mantenimiento la luz verde se quedara encendida.

Cuando la bomba 2 requiera mantenimiento la luz verde se encenderá en intervalos de tiempos.



Figura 16: luz verde encendida

En la tabla 1 se encuentran más detalladas las indicaciones de cada una de las alarmas que actuaran en el funcionamiento del sistema.

| ALARMAS | INDICACION |
|------------------------------|--|
| Mantenimiento Bomba 1 | Luz verde encendida |
| Mantenimiento Bomba 2 | Luz verde se enciende en intervalos de tiempo |
| Nivel bajo de agua | Luz amarilla mas sirena se encienden en intervalos de tiempo |
| Temperatura Chimenea alta | Luz amarilla se enciende en intervalos de tiempo |
| Temperatura Tanque baja | Luz amarilla encendida |

| | |
|-----------------------|--|
| Falla térmico Bomba 1 | Luz roja mas sirena se enciende en intervalos de tiempo cortos |
| Falla térmico Bomba 2 | Luz roja mas sirena se enciende en intervalos de tiempo largos |

Tabla 1: Indicación de las alarmas

ELEMENTOS INTERNOS DEL TABLERO

En el interior del tablero se encuentran diferentes elementos los cuales los numeraremos a continuación y se observan en la figura 17.

- Un PLC
- Un modulo para RTDs
- Una fuente de 24 V
- Dos sensores de nivel
- Dos relé
- Seis fusibles
- Un seccionador
- Borneras

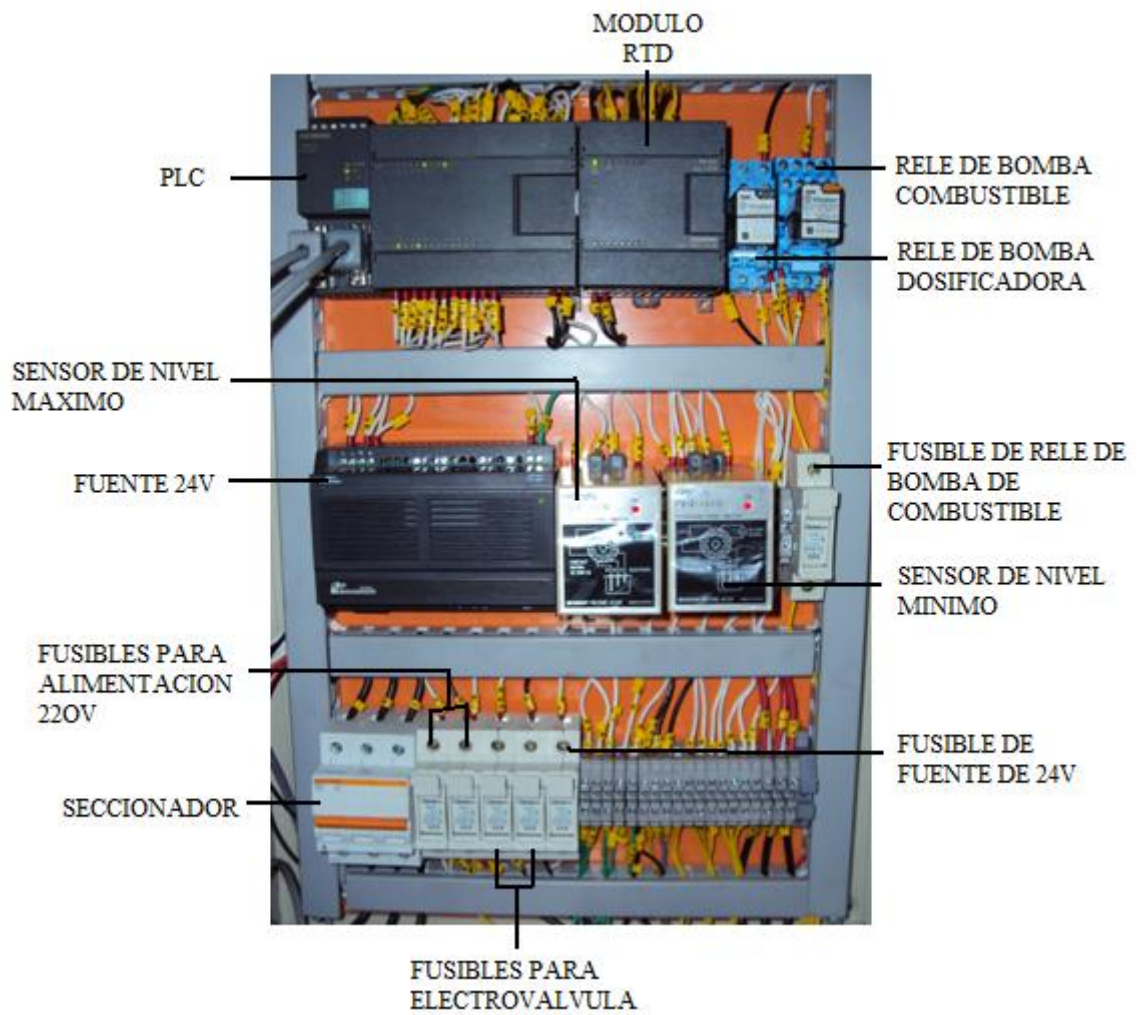


Figura 17: Elementos internos del tablero

En la tabla 2 describiremos las entradas y salidas utilizadas en el PLC.

| E/S | DESCRIPCIÓN | C# |
|------|--|-----|
| I0.0 | Señal del sensor del caldero que pide agua | 100 |
| I0.1 | Señal del sensor de nivel máximo | 101 |
| I0.2 | Señal del sensor de nivel mínimo | 102 |

| | | |
|------|--|-----|
| I0.3 | Señal del térmico de la bomba 1 | 103 |
| I0.4 | Señal del térmico de la bomba 2 | 104 |
| I0.5 | Señal del selector manual o automático | 105 |
| I0.6 | Señal ON/OFF manual bomba 1 | 106 |
| I0.7 | Señal ON/OFF manual bomba 2 | 107 |
| I1.0 | Señal de la bomba de combustible | 110 |
| Q0.0 | Luz verde torre | 200 |
| Q0.1 | Luz amarilla torre | 201 |
| Q0.2 | Luz roja torre | 202 |
| Q0.3 | Sirena torre | 203 |
| Q0.4 | ON/OFF bomba 1 | 204 |
| Q0.5 | ON/OFF bomba 2 | 205 |
| Q0.6 | ON/OFF electroválvula | 206 |
| Q0.7 | Luz indicadora manual | 207 |
| Q1.0 | Luz indicadora automático | 210 |

| | | |
|------|--------------------|-----|
| Q1.1 | Bomba dosificadora | 211 |
|------|--------------------|-----|

Tabla 2: Entradas y Salidas del PLC

En el cableado todas las letras S-R-T con cualquier numeración representan 220V trifásicos.

En las borneras los números 4-5-6 representan los electrodos del sensor de nivel máximo y los números 7-8-9 representan los electrodos del sensor de nivel mínimo.

También tenemos los números 24-0 representan 24 V DC que sacamos desde la fuente.

Todo esto antes mencionado observamos en la figura 18 a continuación.

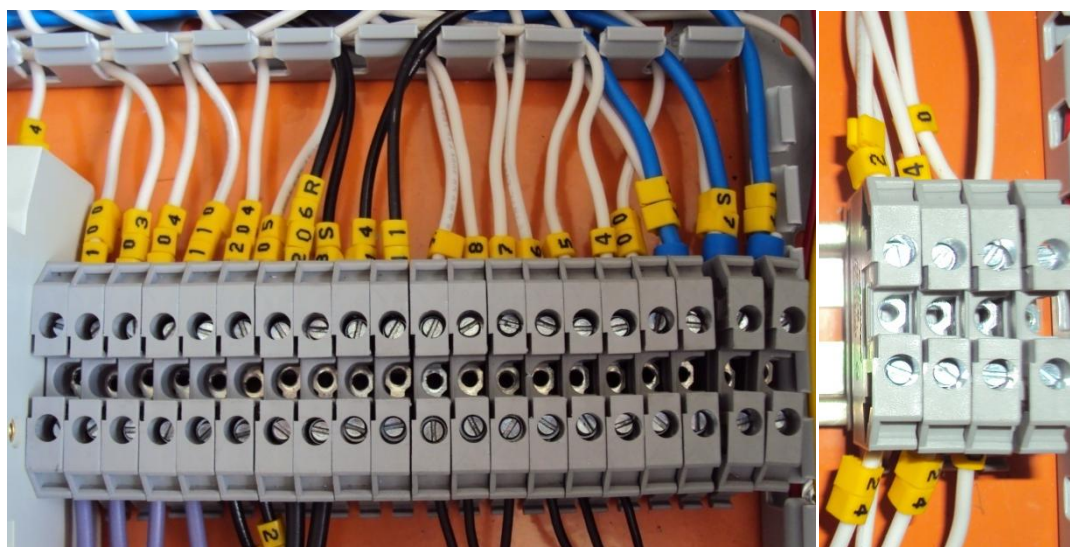


Figura 18: borneras de conexión

ANEXO D

DESCARGA DE DATOS DE LA MEMORIA EXTERNA

Ingresar al icono del Explorer que se encuentra en el escritorio.

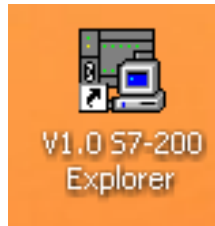


Figura 1: icono de s7-200 Explorer

Al momento de ingresar al Explorer se encontrará con la pantalla de la figura 2, en la cual nos indicará el tipo de CPU que poseemos.

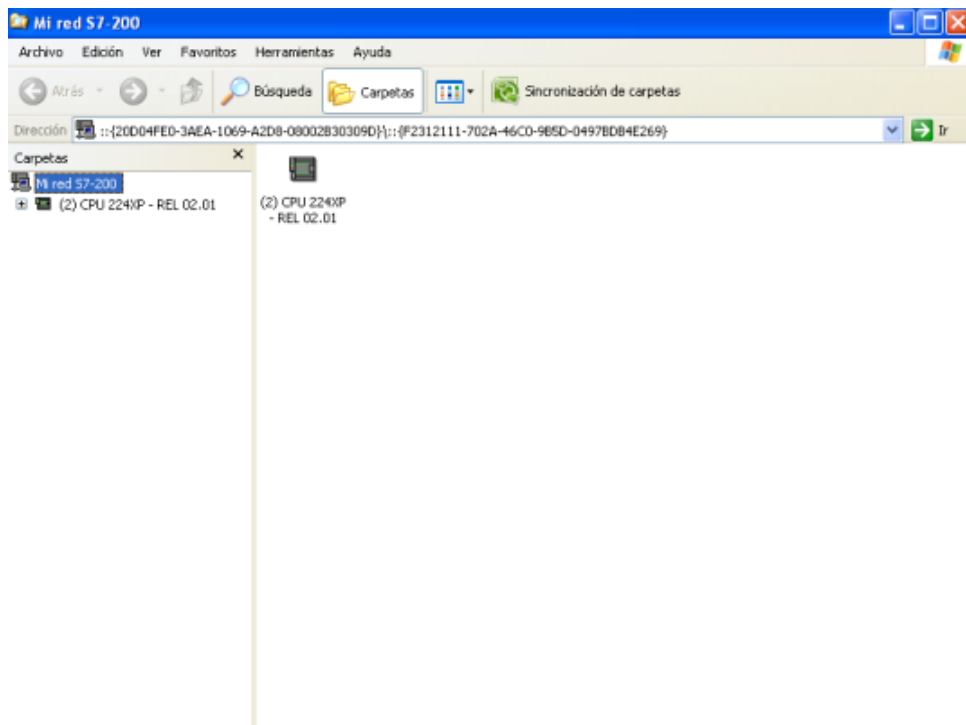


Figura 2: pantalla de Explorer

Al momento de dar clic en la imagen de la CPU que nos indica en la pantalla, nos dará las siguientes opciones de figura 3:

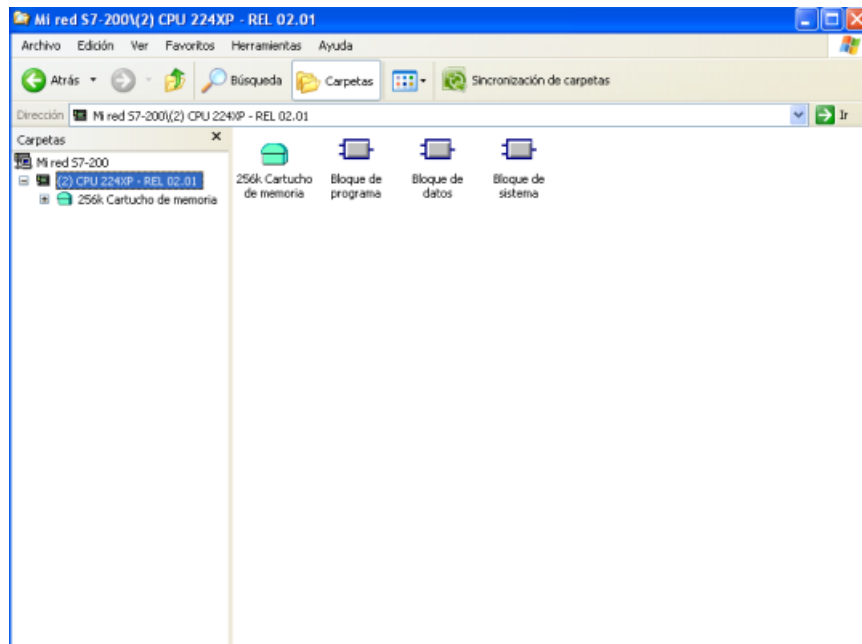


Figura 3: pantalla de cartucho

A continuación nos tenemos que dar doble clic en la imagen del cartucho de memoria externo y nos presentaran las opciones de historiales de la figura 4 que nos podemos descargar.

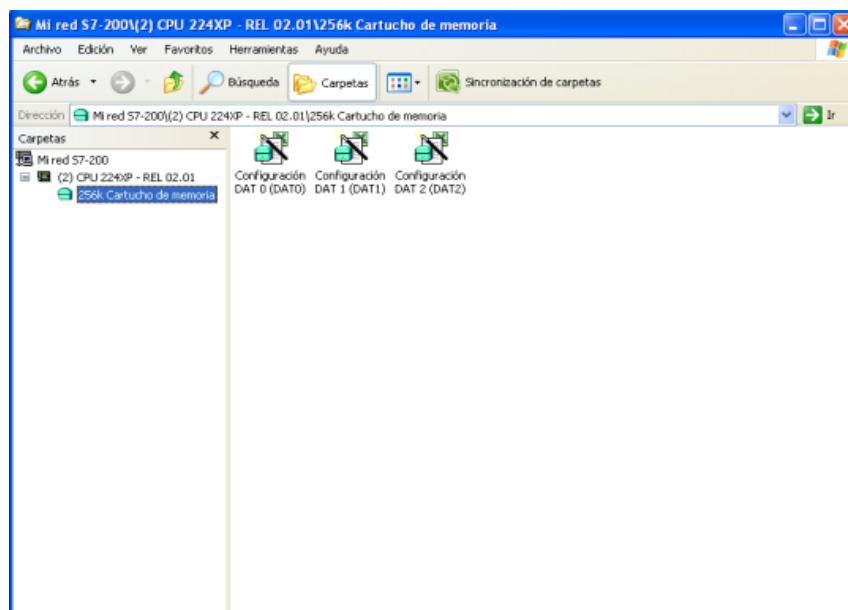


Figura 4: pantalla de hojas de excel

Al dar doble clic en la primera imagen de la figura 5 se nos abrirá una hoja de Excel con el historial de eventos de nuestro proceso.

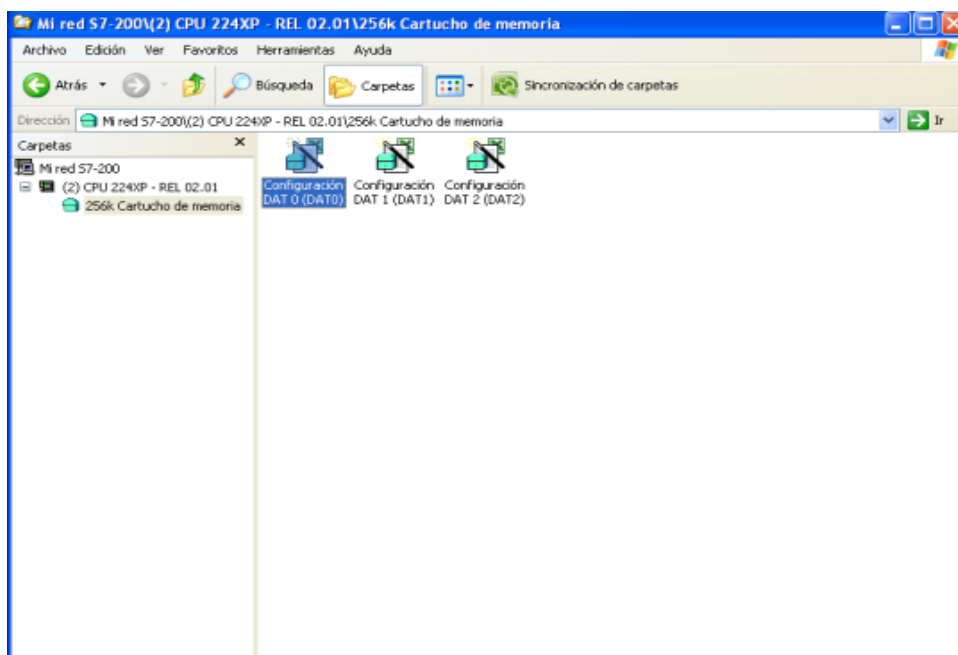


Figura 5: ingreso a la hoja de alarmas

Al dar doble clic en la segunda imagen de la figura 6, se abrirá una hoja de Excel con el historial de temperaturas del tanque del precalentado.

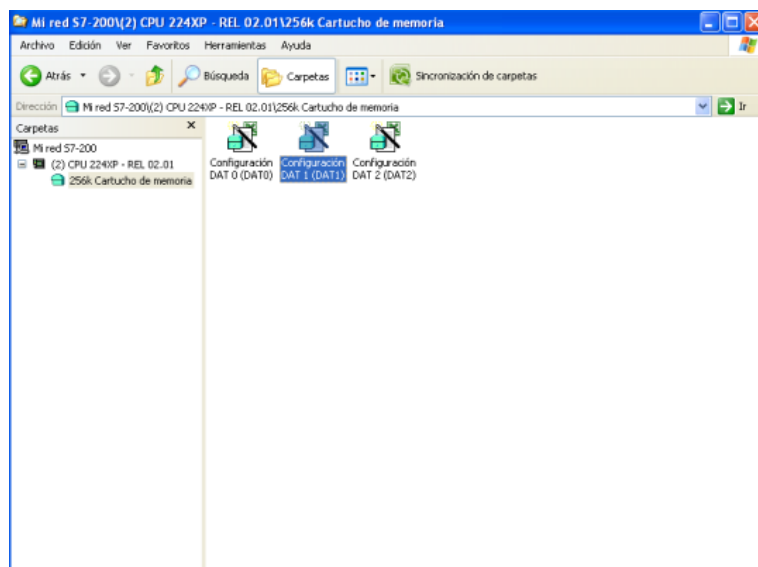


Figura 6: ingreso a la hoja de temperatura de tanque

Al dar doble clic en la tercera imagen de la figura 7, se abrirá una hoja de Excel con el historial de temperaturas de la chimenea del caldero

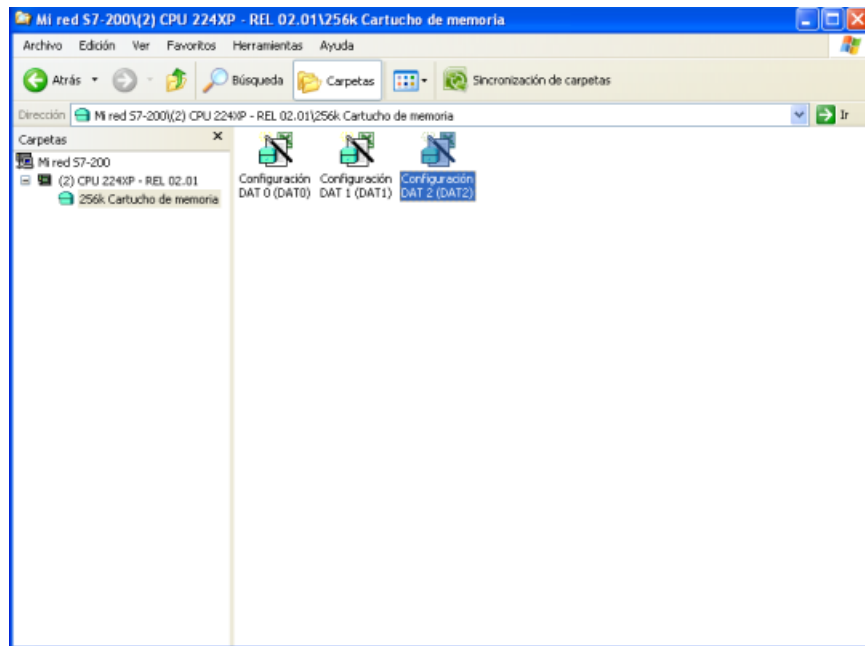


Figura 7: ingreso a la hoja de temperatura de chimenea

ANEXO E

| CAPACIDAD DE CORRIENTE (A) | | | |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|---------------------------|
| Calibre AWG o kcmil | TW 60°C | THW 75°C | THHN/THWN 90°C |
| 14 | 20 | 20 | 25 |
| 12 | 25 | 25 | 30 |
| 10 | 30 | 35 | 40 |
| 8 | 40 | 50 | 55 |
| 6 | 55 | 65 | 75 |
| 4 | 70 | 85 | 95 |
| 2 | 95 | 115 | 130 |
| 1 | 110 | 130 | 150 |
| 1/0 | 125 | 150 | 170 |
| 2/0 | 145 | 175 | 195 |
| 3/0 | 165 | 200 | 225 |
| 4/0 | 195 | 230 | 260 |
| 250 | 215 | 255 | 290 |
| 350 | 260 | 310 | 350 |
| 500 | 320 | 380 | 430 |

Hasta tres conductores transportando corriente, en una canalización, cable o en enterramiento directo a una temperatura ambiente de 30°C

Tabla 3. Tabla 310-16 NTC 2050 y NEC. Capacidad de corriente para conductores TW, THW y THHN/THWN 90°C.

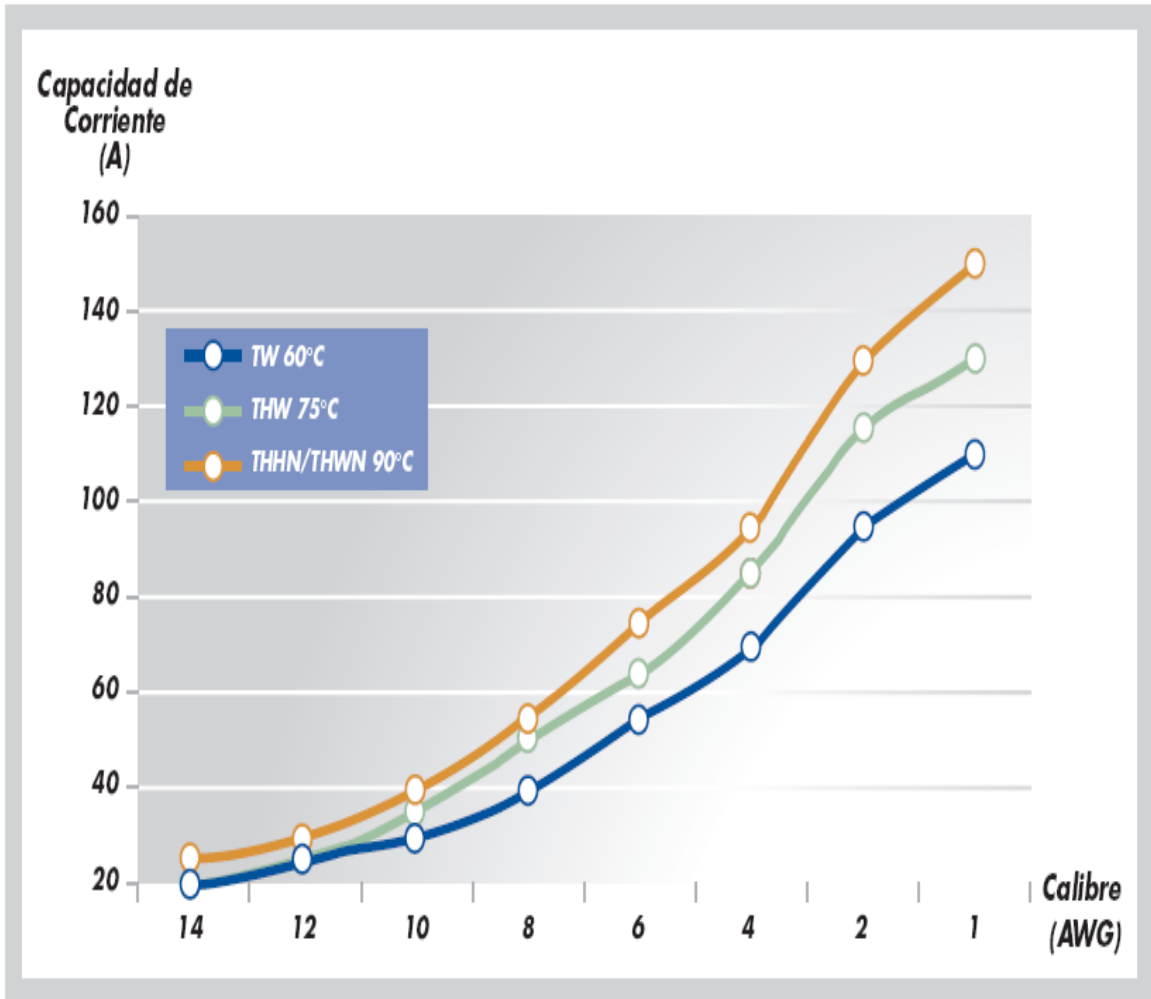


Gráfico 1. Capacidad de corriente para conductores TW, THW y THHN/THWN 90°C. Calibre 14 a 1 AWG. Tres conductores en canalización, temperatura ambiente 30°C.