



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PROYECTO TÉCNICO:

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE GENERACIÓN DE VAPOR MEDIANTE
UN PLC Y UNA HMI PARA EL DEPARTAMENTO DE ESTERILIZACIÓN DEL
HOSPITAL LEÓN BECERRA DE GUAYAQUIL**

AUTORES:

**PULLEY MUÑOZ IVANA ANDREA
FLORES HERAS JOHN ENRIQUE**

TUTOR:

MSC. VICENTE PEÑARANDA IDROVO

GUAYAQUIL – ECUADOR

2019

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Pulley Muñoz Ivana Andrea** con número de cédula de identidad de ciudadanía 0920919123 y **Flores Heras John Enrique** con número de cédula de identidad de ciudadanía 0919414227, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica, certificamos que los conceptos desarrollados, diseño realizado, resultados analizados y las ideas, así como los criterios en la totalidad del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores. A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, según lo establecido por la ley de la Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la Normativa Institucional Vigente.

Guayaquil, septiembre del 2019

(f) _____

Pulley Muñoz Ivana Andrea.

(f) _____

John Enrique Flores Heras.

DECLARATORIA DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Nosotros, **Pulley Muñoz Ivana Andrea** con documento de identificación N° 0920919123, y **Flores Heras John Enrique** con documento de identificación N° 0919414227, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto de titulación intitulado: **“Automatización del proceso de generación de vapor mediante un PLC y una HMI para el departamento de esterilización del Hospital León Becerra de Guayaquil.”**, el mismo que ha sido desarrollado para optar en la Universidad Politécnica Salesiana el título de Ingeniero Electrónico, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, septiembre del 2019

(f) _____

Pulley Muñoz Ivana Andrea.

(f) _____

John Enrique Flores Heras.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.

Yo, Peñaranda Idrovo Vicente Avelino, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación **“Automatización del proceso de generación de vapor mediante un PLC y una HMI para el departamento de esterilización del Hospital León Becerra de Guayaquil.”** realizado por Pulley Muñoz Ivana Andrea y John Enrique Flores Heras obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Guayaquil, septiembre del 2019

.....
Msc. Peñaranda Idrovo Vicente Avelino
CI: 0916113426

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por inculcarme valores y guiarme por el camino correcto. A mi padrastro, por quererme como una hija y corregirme en todo momento. A mi familia, por incentivarne a culminar la carrera y por supuesto a mi novio y compañero de tesis por su apoyo incondicional y amor.

Ivana Andrea Pulley Muñoz

DEDICATORIA

Dedico mis esfuerzos puestos en este trabajo de titulación a mi familia, a mis amigos, al Msc. Vicente Peñaranda y al amor de mi vida Ivana Pulley.

John Enrique Flores Heras

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque a pesar de que el camino fue largo y lleno de obstáculos me dio fuerzas, capacidad y el compromiso de lograr culminar mi carrera universitaria.

A todos aquellos docentes que mediante su enseñanza me exigieron e incentivaron para que sea una excelente profesional.

Al Msc. Vicente Peñaranda por compartirnos sus experiencias laborales y conocimientos para la realización de nuestro proyecto.

A todas aquellas buenas personas que conocí a lo largo de mi vida que me apoyaron incondicional y desinteresadamente, sobre todo a la Familia Flores.

Ivana Andrea Pulley Muñoz

AGRADECIMIENTO

Agradezco únicamente a Dios por haberme dado a mis padres, todo se resume en amor.

John Enrique Flores Heras

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DE PROYECTO	TEMA DE PROYECTO DE TITULACIÓN
2019	PULLEY MUÑOZ IVANA ANDREA FLORES HERAS JOHN ENRIQUE	MSC. VICENTE PEÑARANDA	“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE GENERACIÓN DE VAPOR MEDIANTE UN PLC Y UNA HMI PARA EL DEPARTAMENTO DE ESTERILIZACIÓN DEL HOSPITAL LEÓN BECERRA DE GUAYAQUIL.”

El presente proyecto de titulación “AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE GENERACIÓN DE VAPOR MEDIANTE UN PLC Y UNA HMI PARA EL DEPARTAMENTO DE ESTERILIZACIÓN DEL HOSPITAL LEÓN BECERRA DE GUAYAQUIL”, tiene como propósito la supervisión y control de encendido remoto del sistema de generación de vapor del cuarto de caldero para el autoclave del área de esterilización.

Siendo únicamente los operadores del departamento de mantenimiento y uno del departamento de esterilización los encargados de manejar el caldero arrancando y deteniendo el proceso, este sistema automatizado de control de encendido remoto, monitoreo y supervisión de datos, cimentando su desarrollo mediante el software TIA Portal y SCADA SYSTEM SIMATIC WINCC de Siemens.

Con la implementación de este proyecto, se pretende reducir el tiempo de obtención de vapor para el área necesitada y la mano de obra del personal que opere el caldero, previniendo el riesgo de accidentes y apreciando visualmente los parámetros necesarios, así mismo, recopilando datos, mostrando curvas para futuros análisis de gastos, costos, beneficios, ahorro, etc., desde la pantalla del HMI y desde la comodidad de la oficina.

Palabras clave: HMI, PLC, scada, autoclave, esterilización, caldero, TIA Portal, WINCC.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	PRJ. DIRECTOR	SUBJECT
2019	PULLEY MUÑOZ IVANA ANDREA FLORES HERAS JOHN ENRIQUE	MSC. VICENTE PEÑARANDA	“AUTOMATION OF THE VAPOR GENERATION PROCESS THROUGH A PLC AND AN HMI FOR THE STERILIZATION DEPARTMENT OF THE LEÓN BECERRA HOSPITAL IN GUAYAQUIL”

The present project of certification " AUTOMATION OF THE VAPOR GENERATION PROCESS THROUGH A PLC AND AN HMI FOR THE STERILIZATION DEPARTMENT OF THE LEÓN BECERRA HOSPITAL IN GUAYAQUIL ", has like purpose the supervision and control of remote ignition of the system of steam generation of the department of cauldron for the autoclave of the sterilization area.

Being only the operators of the maintenance department and one of the sterilization department, those in charge of manipulating the cauldron starting and stopping the process, this automated system of remote ignition control, monitoring, supervision and data sampling, cementing its development of the through the software TIA Portal and SCADA SYSTEM SIMATIC WINCC from Siemens.

With the implementation of this project, it is intended to reduce the time needed to obtain steam for the area needed it and the workforce of the staff that operates the cauldron, preventing the risk of accidents and visualize the necessary parameters, likewise, compile the data, showing curves, for future analysis of expenses, costs, benefits, savings, etc., from the HMI screen and from the comfort of the office.

Keywords: HMI, PLC, scada, autoclave, sterilization, boiler, TIA Portal, WINCC.

ABREVIATURAS

CAD: Archivo informático de dibujo computarizado.

DIN: Barra de metal normalizada.

ETH: Ethernet.

N.C: Normalmente cerrado.

N.O: Normalmente abierto.

PLC: Controlador lógico programable.

UTP: Cable de par trenzado.

HMI: Interfaz hombre humano.

BZ: Objeto señalizador.

SN: Sensor de nivel.

TTP: Transmisor de presión.

CTR: Contactor.

BTN: Pulsador.

INT: Interruptor.

OFF: Apagado.

ON: Encendido.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	II
DECLARATORIA DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS	III
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.	IV
DEDICATORIA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
ABREVIATURAS	XI
TABLA DE CONTENIDO	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
EL PROBLEMA.....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. Temporal	2
1.2.2. Espacial	2
1.2.3. Académica	3
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	4
1.6. BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA	4
1.7. MÉTODOS.....	5
1.7.1. Método experimental.....	5
1.8. Técnicas.....	5

1.8.1. Técnica documental	5
1.8.2. Técnica de campo	5
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. HMI	6
2.1.1. Diferencia entre HMI y SCADA.....	8
2.1.2. Desarrollo de tendencias en tecnología HMI	8
2.1.3. HMI SIEMENS.....	8
2.1.4. Características destacadas de los paneles básicos SIMATIC de Siemens. 10	
2.2. CONTROL DE SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA)	10
2.3. TIA PORTAL	12
2.4. SOFTWARE SIMATIC WINCC.....	12
2.4.1. Software SIMATIC WinCC FLEXIBLE	13
2.4.2. Ventajas del Software SIMATIC WinCC FLEXIBLE.....	14
2.5. PLC SIMATIC S7-1200.....	14
2.5.1. Características del PLC S7-1200 CPU 1214 AC/DC/RELAY.....	15
2.5.2. Signal board.....	16
2.6. SENSOR PT100.....	17
2.6.1. Ventajas del sensor PT100	18
2.6.2. Conexión del sensor PT100	18
2.7. TRANSMISOR DE PRESIÓN.....	19
2.8. FUENTE DE CORRIENTE 24V – 2.5 AM SIEMENS LOGO POWER.....	20
2.8.1. Características de LOGO!POWER SIEMENS	20
2.9. RELÉ.....	20
2.10. CABLE DE SEÑALES BELDEN	21
2.11. AUTOCLAVE	21
2.12. MARCO CONTEXTUAL.....	24
2.12.1. Proyectos y estudios similares realizados a nivel nacional y regional.....	24
MARCO METODOLÓGICO	32
3.1. FUNCIONALIDAD	32
3.1.1. Diseño de los tableros.....	33
3.1.2. Diseño de planos eléctricos de fuerza y control del proceso.....	33
3.1.3. Configuración de la comunicación PLC-HMI	33
3.1.4. Declaración de variables del PLC.....	34
3.1.5. Declaración de variables del HMI	36
3.1.6. Configuración de la pantalla HMI.....	37

3.1.7. Configuración del Main.....	41
3.1.8. Configuración de alarmas.....	43
3.1.9. Configuración de escalamientos, marcas y activaciones	45
IMPLEMENTACIÓN.....	49
4.1. MANTENIMIENTO DEL CALDERO.....	49
4.2. Montaje de componentes en los tableros	52
4.3. Montaje de tuberías EMT y tableros	54
4.4. Instalación del Sensor PT100 y transmisor de presión	55
4.5. Instalación del detector de nivel	56
4.6. Control remoto del sistema.....	56
4.7. Armado de punto de datos y certificación	57
4.8. Etiquetado del cableado y componentes	59
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	60
5.1. ANÁLISIS DEL PROYECTO	60
5.1.1. Comunicación entre HMI, PLC Y PC	60
5.1.2. Elaboración del manual del operador	60
5.1.3. Pruebas realizadas.....	61
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	67
ANEXOS	76
ANEXO A. CRONOGRAMA DE DURACION DEL PROYECTO	76
ANEXO B. PRESUPUESTO GENERAL DE MATERIALES UTILIZADOS.....	77
ANEXO C. DISEÑO DE TABLEROS 1 Y 2	80
ANEXO D. DIAGRAMAS	82
ANEXO E. CERTIFICACIÓN DEL CABLEADO.....	92
ANEXO F. MANUAL DEL OPERADOR.....	93
ANEXO G. FACTURAS	102
ANEXO H. CARTA DE ACEPTACIÓN	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Hospital León Becerra de Guayaquil.	3
Figura 2. Diagrama de bloques de un HMI.	9
Figura 3. WinCC en el software TIA PORTAL.	14
Figura 4. PLC S7-1200 CPU 1214 AC/DC/RELAY.	15
Figura 5. Componentes signal board.	16
Figura 6. Curva resistencia vs temperatura.	17
Figura 7. Termoresistencia.	17
Figura 8. Pt100 – 2 hilos.	18
Figura 9. Pt100 – 3 hilos.	18
Figura 10. Pt100 – 4 hilos.	19
Figura 11. Transmisor de presión.	19
Figura 12. Relé Electromecánico.	21
Figura 13. Configuración de la comunicación entre el PLC – HMI.	33
Figura 14. Conexión local (HMI) – interlocutor (PLC)	34
Figura 15. Vista de dispositivos conectados en el Main_PLC_1.	34
Figura 16. Declaración de variables página 1 del PLC.	35
Figura 17. Declaración de variables página 2 del PLC.	36
Figura 18. Declaración de variables HMI	37
Figura 19. Creación de pantallas en el HMI	38
Figura 20. Vista de dispositivo conectado en HMI_Supervisores	38
Figura 21. Configuración pantalla presentación	39
Figura 22. Configuración pantalla alarmas.	40
Figura 23. Configuración curva de temperatura y presión	40
Figura 24. Segmentos de la programación principal del PLC.	41
Figura 25. Segmento 1: Reset de alarma.	41
Figura 26. Segmento 2: Alarma audible de la baliza	42
Figura 27. Segmento 3: Marcas para activación de bomba.	42
Figura 28. Segmentos (4 al 7).	43
Figura 29. Configuración de alarmas	44
Figura 30. Segmentos 1: Paro de emergencia	44
Figura 31. Segmento 2: Bomba	44
Figura 32. Segmentos (3 al 4).	45
Figura 33. Configuración de escalamientos, marcas y activaciones.	46
Figura 34. Segmentos 1: Adquisición de datos	46
Figura 35. Segmento 2: escalamiento de señales de temperatura.	47

Figura 36. Segmento 3: Escalamiento de señales de presión.....	47
Figura 37. Segmento 4: Marcas para caldero y bomba.....	48
Figura 38. Condiciones anteriores del caldero	49
Figura 39. Extracción del quemador.....	50
Figura 40. Limpieza de conductos	50
Figura 41. Recolección de desechos para transporte de sólidos contaminados....	51
Figura 42. Instalación de tubería hacia desagüe.....	51
Figura 43. Montaje de componentes en el tablero 1.....	52
Figura 44. Montaje de componentes en el tablero 2.....	53
Figura 45. Instalación de guardamotor.....	53
Figura 46. Instalación de componentes.....	54
Figura 47. Clasificación de tuberías por letras	55
Figura 48. Fijación de tableros.....	55
Figura 49. Instalación del Sensor PT100 y transmisor de presión.....	56
Figura 50. Instalación del detector de nivel	56
Figura 51. Control local del sistema	57
Figura 52. Armado de punto de datos.....	58
Figura 53. Certificación del punto de datos	58
Figura 54. Comunicación entre dispositivos.....	60
Figura 55. Caldero y bomba encendido tablero 2.....	61
Figura 56. Bomba encendida desde la pantalla HMI.....	61
Figura 57. Caldero y bomba encendido tablero 1.....	62
Figura 58. Luz y sirena en cuarto del caldero.....	62
Figura 59. Luz y sirena en oficina de mantenimiento	63
Figura 60. Visualización del tipo de alarma activada en la pantalla HMI	63
Figura 61. Curvas de temperatura y presión	64
Figura 62. Medidas utilizadas para el tablero 1.....	80
Figura 63. Componentes instalados en el tablero 1	80
Figura 64. Medidas utilizadas para el tablero 2.....	81
Figura 65. Componentes instalados en el tablero 2	81
Figura 66. Sumarios de planos – AUTOCAD 1	82
Figura 67. Sumarios de planos – AUTOCAD 2	83
Figura 68. Sumarios de planos – AUTOCAD 3	84
Figura 69. Sumarios de planos – AUTOCAD 4	85
Figura 70. Sumarios de planos – AUTOCAD 5	86
Figura 71. Sumarios de planos – AUTOCAD 6	87
Figura 72. Sumarios de planos – AUTOCAD 7	88

Figura 73. Sumarios de planos – AUTOCAD 8	89
Figura 74. Sumarios de planos – AUTOCAD 9	90
Figura 75. Sumarios de planos – AUTOCAD 10	91
Figura 76. Tablero de control en departamento de mantenimiento	94
Figura 77. Pantalla de bienvenida.....	95
Figura 78. Botón para avanzar pantalla	95
Figura 79. Pantalla del proceso de generación de vapor.....	96
Figura 80. Botón de encendido y apagado del sistema.....	96
Figura 81. Botón de continuación o regreso de pantalla.....	96
Figura 82. Pantalla de alarmas del sistema.....	97
Figura 83. Avisos generados en el sistema.....	97
Figura 84. Pantalla de curvas de temperatura y presión de la caldera	98
Figura 85. Tipo de curvas generadas para vapor y presión.....	98
Figura 86. Tablero de control en cuarto de caldero.	99
Figura 87. Baliza indicadora.....	99
Figura 88. Pulsante MARCHA / PARO.....	100
Figura 89. Switch bomba de agua MANUAL / AUTOMATICO.....	100
Figura 90. Botón PARO DE EMERGENCIA.....	101
Figura 91. Factura de gastos realizados	102
Figura 92. Carta de aceptación del proyecto.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Paneles HMI básicos.....	10
Tabla 2. Comparación de modelos CPU.....	16
Tabla 3. Cronograma de proyecto de tesis.....	76
Tabla 4. Material utilizado para el cableado.....	78
Tabla 5. Elementos utilizados para las conexiones eléctricas y electrónicas.....	79

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. CRONOGRAMA DE DURACION DEL PROYECTO.....	76
ANEXO B. PRESUPUESTO GENERAL DE MATERIALES UTILIZADOS.....	77
ANEXO C. DISEÑO DE TABLEROS 1 Y 2.....	80
ANEXO D. DIAGRAMAS	82
ANEXO E. CERTIFICACIÓN DEL CABLEADO	92
ANEXO F. MANUAL DEL OPERADOR.....	93
ANEXO G. FACTURAS	102
ANEXO H. CARTA DE ACEPTACIÓN	103

INTRODUCCIÓN

El Hospital León Becerra de Guayaquil, cuenta con un caldero de vapor trabajando desde su instalación hasta la actualidad. Puntualmente el vapor generado por el caldero es usado para esterilizar insumos médicos, con una extensión hacia la cocina, donde se encuentran 4 marmitas de cocción de alimentos, pero su uso es ocasional.

Este proceso es monitoreado y controlado por dos operadores de mantenimiento y uno de esterilización, que son los encargados de arrancar y detener el proceso de vapor manualmente dentro del cuarto control del caldero, los mismos también pueden reconocer daños y fallas que se presenten en el funcionamiento del sistema.

Cabe recalcar que solo los operadores mencionados que tienen el conocimiento necesario pueden manipular el caldero y en caso de que no se encuentren presentes, el mismo no puede ser operado. Un equipo de generación de vapor debe evitar paralizaciones mientras produzca vapor, dado a que este es usado en áreas críticas del hospital, en las cuales es preciso que no ocurra ningún contratiempo.

La finalidad del proyecto presentado es la implementación de un sistema automatizado, que permite apreciar de manera visual los parámetros necesarios para el correcto funcionamiento del proceso de generación de vapor y hacer del sistema actual más seguro y eficiente repotenciado con equipos de nivel industrial.

La plataforma de programación es el software TIA PORTAL, la cual permite distinguir mediante la pantalla del HMI todos los datos que detectan los sensores conectados al sistema. De esta manera, el operador tiene mayor facilidad de interacción y manipulación con la HMI.

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El Hospital León Becerra de Guayaquil cuenta con un sistema de generación de vapor con un control análogo, este proceso depende de que el personal que se encuentre operando el caldero lo realice de manera constante, para que el vapor pueda ser usado en el departamento de esterilización, debiendo encender manualmente el sistema, para luego verificar que los reservorios de diésel se encuentren con un nivel apropiado, realizando manualmente el proceso de purga del caldero y una vez que no se necesite más vapor apagar el sistema.

Por esta razón, dado a la ausencia de sistemas automatizados, equipos en óptimas condiciones de operación y la necesidad de los operadores de tener un sistema monitoreado, se propuso una solución mediante la automatización del sistema de generación de vapor, permitiendo así arrancar el sistema remotamente desde el departamento de mantenimiento y en sitio desde el cuarto de caldero.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Temporal

La implementación de este proyecto está delimitada entre el periodo lectivo 2018 – 2019, con las actividades detalladas adjuntas en el presente documento.

1.2.2. Espacial

El proyecto se desarrolló en el cuarto de caldero y en el departamento de mantenimiento del Hospital León Becerra de Guayaquil ubicado en las calles Eloy Alfaro Delgado 2402 y Bolivia.

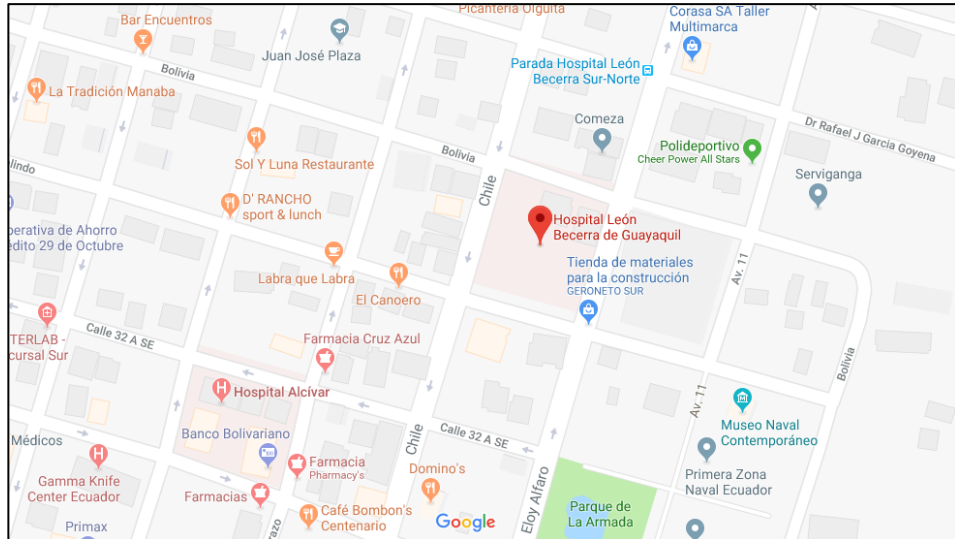


Figura 1. Ubicación Hospital León Becerra de Guayaquil.
(Google Maps, 2019)

1.2.3. Académica

Se aplicaron todos los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante el proceso de formación como estudiante previo al título de Ingeniero Electrónico, de acuerdo con temas relacionados a la automatización industrial, redes de cableado estructurado e industriales.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Automatizar el proceso de generación de vapor mediante un PLC y una HMI para el departamento de esterilización del Hospital León Becerra de Guayaquil.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Aplicar un sensor de nivel en el tanque reservorio de agua, un sensor de presión y temperatura del vapor del caldero.
- Automatizar electrónicamente todo el proceso de generación de vapor mediante la aplicación de un PLC.
- Implementar un HMI dentro del departamento de mantenimiento para uso del personal.

- Elaborar un SCADA en la plataforma WinCC de todo el proceso.
- Elaborar planos eléctricos de fuerza y control del proceso.
- Realizar una capacitación acerca del sistema implementado y un manual de operación.

1.4. Justificación

El proyecto se enfoca en reducir el tiempo de obtención de vapor para el autoclave del departamento de esterilización, también reduce la mano de obra del personal que opere el caldero y el riesgo de accidentes, ejecutando su operación desde una Interfaz Hombre Máquina.

1.5. Descripción de la propuesta

El proyecto está enfocado en reutilizar recursos existentes tales como el HMI y el PLC, los cuales fueron facilitados por el Hospital León Becerra de Guayaquil para su utilización, ya que no estaban siendo aprovechados en su totalidad en la unidad de cuidados intensivos (UCI). Los equipos se aplicarán para repotenciar la funcionalidad del caldero, ya que el sistema de generación de vapor no cuenta con los componentes necesarios en cuanto a tecnología industrial y de supervisión remota.

1.6. Beneficiarios de la propuesta

Los beneficiarios de este proyecto son:

- El personal del Hospital León Becerra de Guayaquil tales como jefe de mantenimiento, Supervisor mantenimiento eléctrico, operador del esterilizador, los cuales ya no tienen que acercarse hasta el caldero para encender el sistema y visualizar todos los indicadores de variables físicas.
- Las áreas donde demandan gran cantidad de vapor, como cocina y esterilización, contarán con material quirúrgico y herramientas de cocción en menor tiempo del actual.

1.7. Métodos

1.7.1. Método experimental

A través del método deductivo, se utilizaron principios generales de la electrónica y automatización, con el fin de supervisar remotamente el proceso de generación de vapor del caldero, con sus respectivos parámetros y controlar el encendido remoto del sistema.

1.8. Técnicas

1.8.1. Técnica documental

Se recopila información necesaria para la elaboración del marco teórico, de esta manera se logró aplicar aquellos conceptos básicos en la implementación del proyecto y también las distintas aplicaciones en que pueden ser utilizados sus componentes.

1.8.2. Técnica de campo

Se realiza pruebas con los sensores para verificar su correcto funcionamiento y escalamiento previo a su conexión en el PLC.

Se establece comunicación ethernet entre el PLC, HMI y la PC, a través de un switch casero, esta acción se ejecuta asignándoles una dirección IP distinta.

MARCO TEÓRICO

2.1. HMI

Una interfaz hombre-máquina (HMI por sus siglas en inglés: Human-Machine Interface) es una interfaz de usuario o panel que conecta a una persona a una máquina, sistema o dispositivo. Si bien el término puede aplicarse técnicamente a cualquier pantalla que permita a un usuario interactuar con un dispositivo, la HMI se usa más comúnmente en el contexto de un proceso industrial. (Ochoa & Veloz, 2012).

(Ochoa & Veloz, 2012) indican que, aunque HMI es el término más común para esta tecnología, a veces se le conoce como interfaz de operador (OIT por sus siglas en inglés: Operator Interface), interfaz de operador local (LOI por sus siglas en inglés: Local Operator Interface) o terminal de operador (OT por sus siglas en inglés: Operator Terminal). La interfaz gráfica de usuario (HMI) y la interfaz gráfica de usuario (GUI por sus siglas en inglés: Graphic User Interface) son similares, pero no son sinónimos, las interfaces gráficas de usuario a menudo se aprovechan dentro de las HMI para las capacidades de visualización:

- En entornos industriales, las HMI se pueden utilizar para:
- Visualizar datos.
- Rastrear el tiempo de producción, las tendencias y las etiquetas.
- Supervisar los KPI.
- Monitorear las entradas y salidas de la máquina; etc.

(Rojas & Correa, 2015) señalan que de manera similar a cómo interactuaría con un sistema de aire acondicionado para verificar y controlar la temperatura en una casa, un operador de la planta podría usar un HMI para verificar y controlar la temperatura de un tanque de agua industrial, o para ver si cierta bomba en la instalación se está ejecutando correctamente.

Las HMI vienen en una variedad de formas, desde pantallas integradas en máquinas, hasta monitores de computadora, tabletas, pero independientemente de su formato o el término que se use para referirse a ellas, su propósito es proporcionar información sobre el rendimiento mecánico y el progreso (Grueso, 2008).

(Grueso, 2008) enuncia que la tecnología HMI es utilizada por casi todas las organizaciones industriales, así como por una amplia gama de otras compañías, para interactuar con sus máquinas y optimizar sus procesos industriales.

Las industrias que usan HMI incluyen:

- Energía
- Alimentos y bebidas
- Fabricación
- Petróleo y gas
- Poder
- Reciclaje
- Transporte
- Agua y aguas residuales; etc.

Los roles más comunes que interactúan con HMI son operadores, integradores de sistemas e ingenieros, particularmente ingenieros de sistemas de control. Las HMI son recursos esenciales para estos profesionales, que las utilizan para revisar y monitorear procesos, diagnosticar problemas y visualizar datos (Lojan & Iñiguez, 2009).

Las HMI se comunican con los controladores lógicos programables (PLC por sus siglas en inglés: Programmable Logic Controller) y los sensores de entrada / salida para obtener y mostrar información para que los usuarios la vean. Las pantallas HMI se pueden usar para una sola función, como monitoreo y seguimiento, o para realizar operaciones más sofisticadas, como apagar máquinas o aumentar la velocidad de producción, dependiendo de cómo se implementen (Alarcón & Jirón, 2007).

Las HMI se utilizan para optimizar un proceso industrial digitalizando y centralizando datos para un espectador. Al aprovechar la HMI, los operadores pueden ver la información importante que se muestra en gráficos, cuadros o tableros digitales, ver y administrar alarmas y conectarse con sistemas SCADA y MES, todo a través de una consola (Ochoa & Veloz, 2012).

(Lojan & Iñiguez, 2009) mencionan que anteriormente los operadores tendrían que revisar presencialmente el progreso mecánico y registrarlo en una hoja de papel o una pizarra. Al permitir que los PLC comuniquen información en tiempo real directamente a una pantalla HMI, la tecnología HMI elimina la necesidad de esta práctica obsoleta y, por lo tanto, reduce muchos problemas costosos causados por falta de información o error humano.

2.1.1. Diferencia entre HMI y SCADA

La Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA por sus siglas en inglés: Supervisory Control And Data Acquisition) y la HMI están estrechamente relacionados, y a menudo se hace referencia en el mismo contexto, ya que ambos forman parte de un sistema de control industrial más grande, pero cada uno ofrece diferentes funcionalidades y oportunidades (Cuzco & Mejía, 2010).

(Pacheco, 2015) señala que, si bien las HMI se centran en transmitir información visualmente para ayudar al usuario a supervisar un proceso industrial, los sistemas SCADA tienen una mayor capacidad para la recolección de datos y el funcionamiento del sistema de control. A diferencia de los sistemas SCADA, las HMI no recopilan ni registran información ni se conectan a bases de datos. Por el contrario, HMI proporciona una herramienta de comunicación efectiva que funciona como parte de un sistema SCADA o junto a él.

2.1.2. Desarrollo de tendencias en tecnología HMI

González y Malca (2015) relatan que, en la última década, las cambiantes necesidades operativas y comerciales han promovido desarrollos interesantes en la tecnología HMI. Ahora, cada vez es más común ver formas evolucionadas de HMI, como HMI de alto rendimiento, pantallas táctiles y dispositivos móviles, junto con modelos más tradicionales. Estas interfaces modernizadas están creando más oportunidades para la interacción y el análisis del equipo.

2.1.3. HMI SIEMENS

La interfaz hombre-máquina SIEMENS (HMI SIEMENS), es una herramienta utilizada para que los operadores interactúen de una forma fácil y entendible en ambientes industriales, conociendo cómo funciona el equipo e interviniendo en el proceso (Autycom, 2018).

Como lo menciona (Pérez, Francisco, 2017) para el blog web de la empresa Autracen, para saber cuál es la HMI más conveniente para el proceso, se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:


- En que condición climática/industrial va a estar implementada.
- Que utilización se desea darle.
- Que elementos se van a utilizar.



Figura 2. Diagrama de bloques de un HMI.
(Pérez, Francisco, 2017)

La comunicación de todos estos dispositivos, se la realiza por medio de redes industriales ya conocidas como por ejemplo por redes PROFIBUS/PROFINET mediante un patch cord UTP.

Según el modelo de la HMI (SIMATIC KTP600), facilitada por el hospital, se investiga su alcance, modo de conexión y software configurable previo a la implementación.



	KP 300 Basic mono PN	KTP 400 Basic mono PN	KTP 600 Basic mono PN	KTP 600 Basic color DP	KTP 600 Basic color PN	KTP 1000 Basic color DP	KTP 1000 Basic color PN	TP 1500 Basic color PN
Pantalla	STN, blanco y negro	STN, escala de grises		TFT, 256 colores				
Tamaño (en pulgadas)	3,6"	3,8"	5,7"	5,7"	5,7"	10,4"	10,4"	15,1"
Resolución	240 x 80	320 x 240	320 x 240	320 x 240	320 x 240	640 x 480	640 x 480	1024 x 768
MTBF	50.000 h	30.000 h	50.000 h					
Elementos de mando	10 teclas	Pantalla táctil y 4 teclas táctiles	Pantalla táctil y 6 teclas táctiles	Pantalla táctil y 6 teclas táctiles	Pantalla táctil y 6 teclas táctiles	Pantalla táctil y 8 teclas táctiles	Pantalla táctil y 8 teclas táctiles	Pantalla táctil
Interfaces								
PROFINET/Ethernet (RJ45)	*	*	*	-	*	-	*	*
PROFIBUS DP/MP (RS 485/422)	-	-	-	*	-	*	-	-
Funcionalidad								
Variables	250	250	500	500	500	500	500	500
Sinópticos del proceso	50							
Avisos	200							
Curvas	25							
Recetas	5 recetas, 20 registros, 20 entradas							
Memoria de recetas	Flash integrada, 40 kbytes							
Grado de protección	IP65							
Certificaciones	CE, cULus, C-Tick							
Dimensiones								
Frente (an x al)	165 x 97 mm	140 x 116 mm	214 x 158 mm	214 x 158 mm	214 x 158 mm	335 x 275 mm	335 x 275 mm	400 x 310 mm
Recorte de montaje (an x al/p)	149 x 82 x30 mm	123 x 99 / 40 mm	197 x 141 / 44 mm	197 x 141 / 44 mm	197 x 141 / 44 mm	310 x 248 / 61 mm	310 x 248 / 61 mm	367 x 289 / 60 mm
Software de ingeniería	SIMATIC WinCC flexible Compact							
Referencia	6AV6647-0AH11-3AX0	6AV6647-0AA11-3AX0	6AV6647-0AB11-3AX0	6AV6647-0AC11-3AX0	6AV6647-0AD11-3AX0	6AV6647-0AE11-3AX0	6AV6647-0AF11-3AX0	6AV6647-0AG11-3AX0

Tabla 1. Paneles HMI básicos.
(Siemens AG, 2011)

2.1.4. Características destacadas de los paneles básicos SIMATIC de Siemens

Como se menciona en material informativo acerca de paneles básicos SIMATIC de la empresa (Siemens AG, 2011), las características que poseen son varias:

- Utilizados para la manipulación y observación del estado de las máquinas.
- Pantalla táctil y con botones físicos configurables.
- Uso didáctico y de fácil entendimiento.
- Conexión PROFINET/ETHERNET.
- Empleada en entornos industriales por su diseño robusto.

2.2. Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA)

Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) es el proceso de monitoreo y control de procesos técnicos utilizando un sistema informático. Las automatizaciones se dividen en varias capas, enlistadas en la denominada pirámide de automatización (Hernández & Ledesma, 2010).

El nivel 1 es la capa orientada al proceso. El término SCADA generalmente se refiere a sistemas centralizados / descentralizados que monitorean, visualizan, controlan y regulan toda la instalación. La mayor parte del control se realiza automáticamente mediante terminales de control remoto (RTU) o controladores lógicos programables (PLC) o automatizaciones de nivel 1 (Gusque, 2016).

(Gusque, 2016) señala que la tarea de la automatización de nivel 2 es optimizar la función de la automatización de nivel 1, así como generar variables y puntos de referencia manipulados. La automatización de nivel 3, por otro lado, se utiliza para la planificación, el control de calidad y la documentación.

La recopilación de datos generalmente comienza con el Nivel 1 e incluye el acoplamiento a medidores e información de estado, como las posiciones del interruptor detectadas por el sistema SCADA. Luego, los datos se presentan en una presentación fácil de usar, lo que permite que el control intervenga en el proceso (Vargas, 2014).

(Vaca, 2019) manifiesta que los sistemas SCADA suelen implementar una base de datos distribuida que incluye puntos de datos. Un punto de datos contiene un valor de entrada o salida que es monitoreado y controlado por el sistema. Un punto de datos físicos representa una entrada o salida, mientras que un punto calculado resulta del estado del sistema a través de operaciones matemáticas. Normalmente, los puntos de datos se tratan como una combinación de valores con marca de tiempo, mientras que una serie de puntos de datos permite la evaluación histórica.

La comunicación dentro de los sistemas SCADA se actualiza progresivamente conforme a técnicas de Internet basadas en TCP. Pero a nivel de campo, las conexiones en serie en forma de comunicaciones punto a punto y sistemas de bus de campo también juegan un papel importante, que probablemente se mantendrá en el futuro previsible (Sánchez & Castillo, 2010).

Con frecuencia, SCADA todavía tiene soluciones cerradas o específicas del fabricante, pero los protocolos abiertos como Modbus disfrutan de una creciente popularidad. Las puertas de enlace en forma de sistemas integrados permiten adaptar diferentes protocolos de transmisión entre sí. Las estaciones de trabajo que se están visualizando ahora se utilizan cada vez más a través de redes inalámbricas o Ethernet (Moromenacho, 2015).

2.3. TIA PORTAL

Totally Integrated Automation (TIA) (en español: Automatización Totalmente Integrada) es un concepto organizativo del fabricante Siemens, que se introdujo en 1996 y desde entonces se ha continuado evolucionando. Este concepto define la interacción de varios componentes individuales relacionados con la automatización, herramientas de software y servicios relacionados (servicio de repuestos, etc.) para obtener una solución de automatización consistente (Carrillo & Morales, 2015). TIA permite la coherencia en los cuatro niveles de automatización de la pirámide de automatización:

- Nivel de empresa (nivel de gestión)
- Nivel operativo (nivel de gestión)
- Nivel de control (control)
- Nivel de campo (campo)

La coherencia de TIA ofrece a las empresas participantes en la cadena de valor (OEM, integradores de sistemas, planificadores y clientes finales) una simplificación y ahorro de costos (Simba, 2018).

2.4. Software SIMATIC WinCC

WinCC (Windows Control Center) es un sistema de visualización de procesos basado en PC de Siemens. Se utiliza como un sistema SCADA independiente o como una interfaz hombre-máquina para sistemas de control de procesos como SIMATIC PCS 7. Un primer prototipo y conceptos básicos se crearon en 1993, desde 1996, el software se comercializó ampliamente en países europeos (Bravo, 2015) .

El sistema de visualización tiene una estructura modular y permite el monitoreo y control de procesos técnicos de máquinas y plantas. WinCC está diseñado como un sistema cliente-servidor que se ejecuta en diferentes versiones del sistema operativo Microsoft Windows. Con WinCC, se pueden realizar aplicaciones simples para un solo usuario, así como soluciones complejas para múltiples usuarios con clientes y servidores distribuidos (Flores & Vera, 2017).

Las características esenciales del producto son la interfaz de usuario configurable libremente para la visualización y operación de máquinas y sistemas, la adquisición y almacenamiento de datos a largo plazo de valores medidos, la adquisición, almacenamiento y visualización de alarmas y mensajes, así como la provisión de interfaces de datos a sistemas externos (Caicedo & Núñez, 2011).

(Flores & Vera, 2017) indican que el software básico está diseñado para la industria neutral y se utiliza como un sistema SCADA para diversas aplicaciones industriales. Los campos de aplicación típicos son la tecnología de fabricación en ingeniería mecánica, la automatización de procesos de ingeniería y el control y visualización de procesos en sistemas logísticos. A través de interfaces abiertas, opciones de software disponibles e implementación específica del proyecto, el software se puede adaptar a los requisitos específicos de la industria. Las aplicaciones típicas en industrias son:

- Plantas de producción en la industria química, farmacéutica o alimentaria para procesos continuos, así como para procesos por lotes.
- Visualización y control de procesos en plantas de energía, plantas de petróleo y gas, para tratamiento de agua y plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Unidades MMS discretas en plantas de fabricación como la ingeniería mecánica y en la industria automotriz o de suministros automotrices.
- La tecnología de control de tráfico como sistema de información en el monitoreo de carreteras y sistemas de túneles.
- Transporte, como un componente de visualización del sistema de flujo o en el monitoreo y control de sistemas de clasificación de correo o manejo de equipaje en aeropuertos.

2.4.1. Software SIMATIC WinCC FLEXIBLE

WINCC flexible (TIA PORTAL), contiene innovadoras herramientas de ingeniería para la configuración de una HMI, el proceso de este software se visualiza mediante el panel del operador, el cual emite los respectivos avisos, documenta valores y establece parámetros de los procesos y máquina (Siemens AG, 2012).

2.4.2. Ventajas del Software SIMATIC WinCC FLEXIBLE

Una de las ventajas más destacadas es su interfaz de configuración que va de la mano de acuerdo con los avances tecnológicos, entre ellos se encuentran librerías y herramientas más robustas para la configuración gráfica (Siemens AG, 2019).

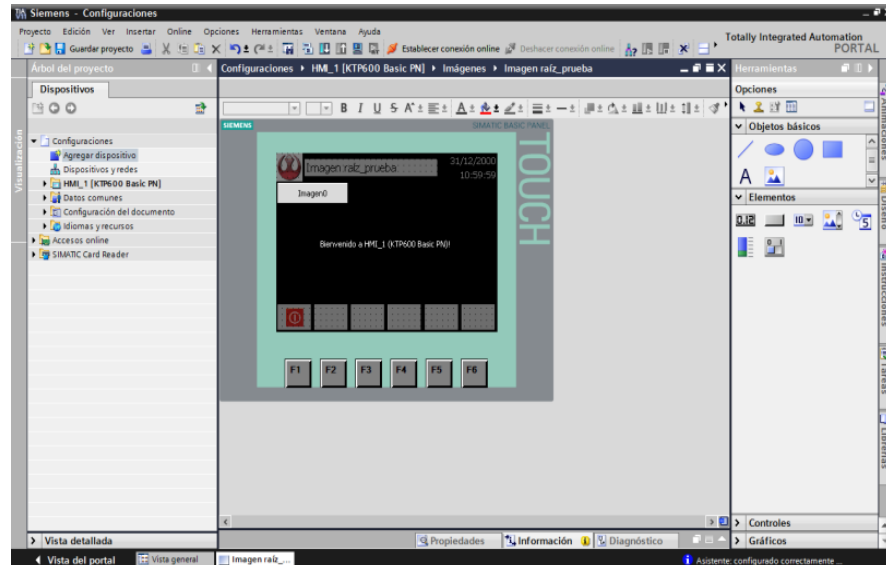


Figura 3. WinCC en el software TIA PORTAL.
(infoPLC.net, 2019)

2.5. PLC SIMATIC S7-1200.

El controlador lógico programable modular SIMATIC S7-1200, de diseño resistente, configuración flexible y potente, es utilizado para un sin número de tareas referentes a la automatización (Siemens AG, 2019).

De acuerdo con sus cualidades ya mencionadas, este componente es adaptable a cualquier aplicación de uso (Ingeniería para todos, 2019).



Figura 4. PLC S7-1200 CPU 1214 AC/DC/RELAY.
(Masvoltaje.com, s.f.)

2.5.1. Características del PLC S7-1200 CPU 1214 AC/DC/RELAY

Tal como indica la revista/blog web (Ingenieria para todos, 2019) el PLC S7-1200 CPU 1214 AC/DC/RELAY cuenta con las siguientes características:

- Procesamiento de alta capacidad.
- Conexión PROFINET/ETHERNET.
- Entradas y salidas indicadas mediante leds de estado.
- Slot para tarjeta de memoria.
- Bloques de terminales desmontables.

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario	<ul style="list-style-type: none"> • 25 KB • 1 MB • 2 KB 		<ul style="list-style-type: none"> • 50 KB • 2 MB • 2 KB
E/S integradas locales	<ul style="list-style-type: none"> • 6 entradas/4 salidas • 2 entradas 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 entradas/6 salidas • 2 entradas 	<ul style="list-style-type: none"> • 14 entradas/10 salidas • 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos	3	4	6
• Fase simple	• 3 a 100 kHz	• 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz	• 3 a 100 kHz 3 a 30 kHz
• Fase en cuadratura	• 3 a 80 kHz	• 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz	• 3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

Tabla 2. Comparación de modelos CPU.
(Ingeniería para todos, 2019)

2.5.2. Signal board

La signal board es una tarjeta que se conecta en la parte frontal del CPU, la cual permite expandir, entradas y salidas digitales o analógicas sin afectar su espacio físico (Siemens, 2009). La signal board cuenta con:

- Alta capacidad de procesamiento.
- 4 entradas y salidas digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC).
- 1 entrada analógica.



Figura 5. Componentes signal board.
(Siemens, 2009)

2.6. Sensor PT100.

Un sensor PT100 es un termómetro, que tiene forma de alambre, fabricados generalmente de platino, cuando aumenta su temperatura, aumenta su resistencia.

Esta resistencia, se puede visualizar mediante tablas características en la cual se puede encontrar la temperatura exacta a la que pertenece (0 °C a 100 Ohms) (Arian Control & Instrumentación, s.f.).

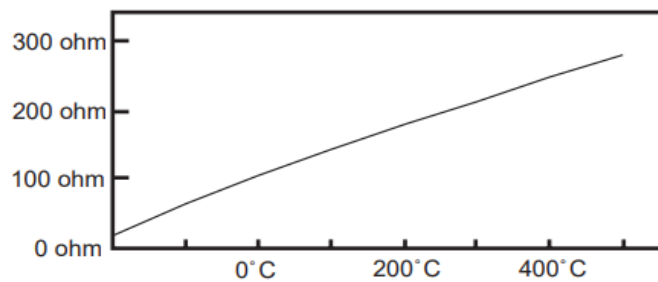


Figura 6. Curva resistencia vs temperatura.
(Arian Control & Instrumentación, s.f.)

Como lo menciona la empresa (SRC, 2019), empresa especializada en producción de sensores y electrónica para control industrial, en su página web informativa, los sensores PT100 de uso industrial son fabricados en acero inoxidable, en un extremo se encuentra el elemento sensible y del otro lado los terminales eléctricos dentro de una estructura de aluminio.

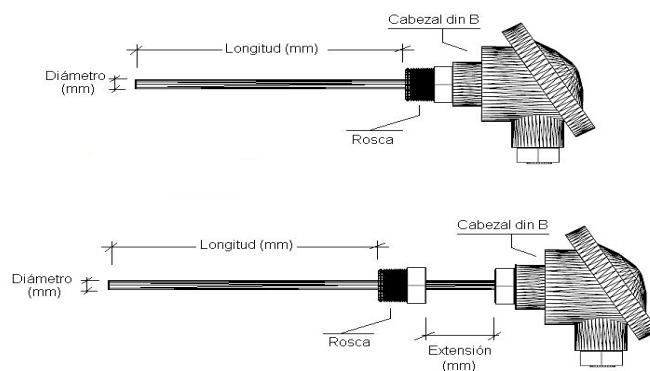


Figura 7. Termoresistencia.
(Nueva Feria Argentina, 2018)

2.6.1. Ventajas del sensor PT100

Son precisos con una décima de error, cuando el sensor falla este se abre lo cual quiere decir que no conduce, de esta manera este dispositivo de medición detecta donde está la falla y da el respectivo aviso (SRC, 2019).

2.6.2. Conexión del sensor PT100

Según la empresa productora de controladores de procesos y sensores (Arian Control & Instrumentación, s.f.), existen 3 modos de conexión del sensor de temperatura PT100:

- Cuenta con una conexión de dos cables, pero es la menos recomendada.

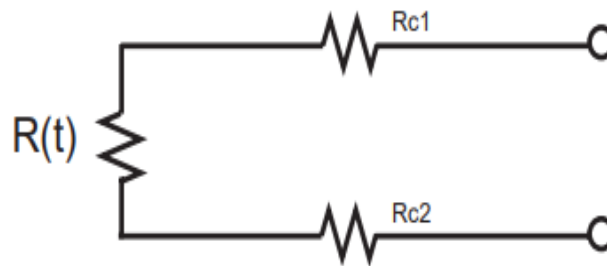


Figura 8. Pt100 – 2 hilos.

(Arian Control & Instrumentación, s.f.)

- Utilizado para procesos industriales, ya que el mismo soluciona inconvenientes generados por los cables.

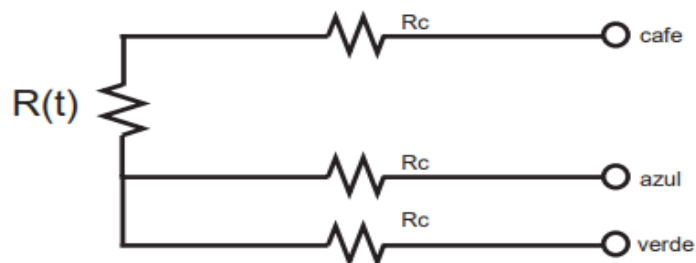


Figura 9. Pt100 – 3 hilos.

(Arian Control & Instrumentación, s.f.)

- Es el más exacto, ya que su cableado puede ser de distinta resistencia, pero su instrumento lector es de precio muy elevado.

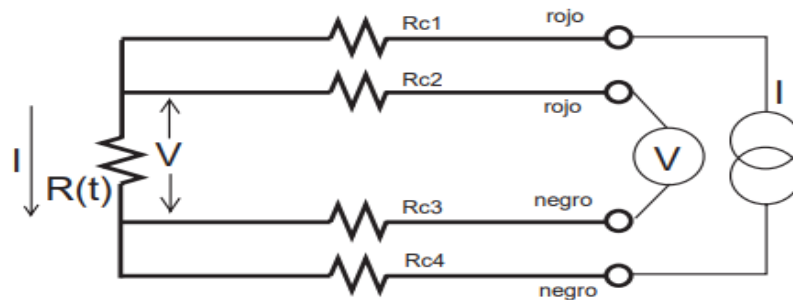


Figura 10. Pt100 – 4 hilos.
(Arian Control & Instrumentación, s.f.)

2.7. Transmisor de presión

Según la revista/blog web industrial (Mundo Compresor, 2019), los transmisores son utilizados para el control de sistemas de presión de aire, como también para el control de presión en calderas y orientarlas mediante un sistema regulatorio y de control como los PLC.



Figura 11. Transmisor de presión.
(Danfoss, s.f.)

Dado a que el transmisor de presión da como salida una señal normalizada, es posible conectar los transmisores de presión a cualquier sistema de regulación para que el usuario tenga un sin número de posibilidades de uso.

La señal normalizada antes mencionada es de 4 a 20 mA, aunque también se los puede hallar en aplicaciones que utilizan señales en voltios con cables 2,3 y 4 hilos.

2.8. Fuente de corriente 24V – 2.5 AM SIEMENS LOGO POWER.

La fuente de corriente con voltaje de salida de 24VDC, es utilizada para varios procesos de control industriales, ya que su diseño es resistente, ligero y compacto, el cual se permite acoplar fácilmente hasta en cajas de distribución.

Con el pasar del tiempo, este tipo de fuentes fueron mejorando por lo que en la actualidad se requiere menos espacio y ofrecen más funcionalidad como la conexión de cargas difíciles, entrada de rango amplio, gran rango de temperatura y extensos certificados de homologación (Siemens AG, 2004).

2.8.1. Características de LOGO!POWER SIEMENS

De acuerdo con (Newark An Avnet Company, 2019), empresa productora de componentes electrónicos, las características que el Logo!Power Siemens 6EP1332 – 1SH42 posee son las siguientes:

- Voltaje de salida entre 5V – 24V.
- Voltaje de salida regulable.
- Uso universal en aplicaciones residenciales e industriales
- Regulador de conmutación primaria con entrada de amplio rango.
- Acople para riel din.

2.9. Relé.

Es un elemento electromecánico cuya función comprende activar algo, por medio de un nivel muy bajo de tensión en comparación a la tensión que va a consumir el receptor que se desee activar.



Figura 12. Relé Electromecánico.
(Infootec.net, 2018)

Existe una gran variedad de relés de acuerdo con la utilización que se desea darle, desde relés polarizados, relés multitensión, relés electromagnéticos, etc. (Infootec.net, 2018).

2.10. Cable de señales Belden

Este tipo de cables apantallados y sin apantallar suministran transmisiones de señales de extremo a extremo, ya que están diseñados para audio, instrumentación y comunicaciones entre redes informáticas.

Toda la gama de cables Belden emplean conductores trenzados de cobre estañado los cuales se encuentran homologados por la alianza de industrias electrónicas conforme a la norma EIA RS485, acorde a información provista por (Eland Cables, 2017), proveedor de cables de datos, control, alimentación e instrumentación a nivel internacional.

2.11. Autoclave

Un autoclave, es una cámara de presión utilizada para llevar a cabo procesos industriales y científicos que requieren temperaturas y presiones elevadas diferentes de la presión del aire ambiente. Las autoclaves se utilizan en aplicaciones médicas para realizar esterilizaciones y en la industria química para curar recubrimientos y vulcanizar caucho y también para síntesis hidrotermal. Los autoclaves industriales,

se utilizan en muchas aplicaciones, especialmente en materiales compuestos (Cruz, 2014).

La invención del esterilizador en autoclave se atribuye a Charles Chamberland, en 1879. Alrededor de ese tiempo, los investigadores comenzaron a comprender las ventajas de la cirugía estéril, y los médicos necesitaban un método de esterilización más confiable que la llama abierta. Los beneficios del autoclave pronto fueron evidentes y se convirtieron en una parte esencial de todas las clínicas y hospitales (Alvarado & Méndez, 2014).

(Corleto, 2015) señala que un autoclave se usa para esterilizar equipos quirúrgicos, instrumentos de laboratorio, artículos farmacéuticos y otros materiales. Puede esterilizar sólidos, líquidos, huecos e instrumentos de varias formas y tamaños. Las autoclaves varían en tamaño, forma y funcionalidad. Una autoclave muy básica es similar a una olla a presión; ambos usan el poder del vapor para matar bacterias, esporas y gérmenes resistentes al agua hirviendo y detergentes potentes.

(Cruz, 2014) indica que una cámara de autoclave esteriliza instrumentos médicos o de laboratorio calentándolos por encima del punto de ebullición. La mayoría de las clínicas tienen autoclaves de mesa, de tamaño similar a los hornos de microondas. Los hospitales usan autoclaves grandes, también llamados autoclaves horizontales; pueden procesar numerosos instrumentos quirúrgicos en un solo ciclo de esterilización, satisfaciendo la demanda continua de equipos estériles en quirófanos y salas de emergencia.

(Seminario, 2017) señala que hay dos fuentes comunes de vapor utilizadas para el procesamiento estéril: sistemas de calderas de vapor hospitalarios y calderas eléctricas autónomas. En ambos casos, el suministro de agua tratada es necesario para eliminar los sólidos disueltos totales. Cada sistema debe diseñarse, monitorearse y mantenerse para garantizar que la calidad, la pureza y la cantidad del vapor proporcionado sean apropiadas para un procesamiento estéril efectivo.

Según (SanMarco, 2017) los factores que determinan esta calidad, que es crucial para el correcto funcionamiento de la autoclave y el proceso de esterilización en general, son los siguientes:

- el nivel de gases no condensables

- el nivel de humedad

La composición óptima del vapor dentro de un autoclave es 3% de líquido y 97% de gas. Cualquier cambio en el porcentaje de humedad aumenta o disminuye el tiempo de esterilización. En la práctica, el tiempo de esterilización se calcula de acuerdo con las condiciones óptimas de vapor y la capacidad del vapor para transferir energía a la carga no estéril antes de la esterilización. Después de todo, uno de los beneficios más importantes de la esterilización en autoclave de vapor es que requiere mucho menos tiempo y calor que un esterilizador de calor seco, debido a la capacidad del vapor para transferir energía (SanMarco, 2017).

Menos del 3% de humedad produce lo que se llama vapor seco o sobrecalentado. Este vapor aumenta el tiempo de esterilización porque reduce la capacidad de transferencia de energía. El vapor sobrecalentado reduce la humedad a aproximadamente 0%, transformando el autoclave en un horno de calor seco. La transferencia de energía se reduce, y lo que toma tres minutos en una autoclave a 134 ° C toma dos horas a 160 ° C y treinta minutos a 180 ° C (Claudio, 2015).

(Claudio, 2015) señala que, sin embargo, una humedad superior al 3% genera vapor saturado o húmedo, lo que requiere una mayor presión y temperatura de esterilización. El vapor húmedo también extiende el tiempo de secado al final del proceso de esterilización. Se requiere una carga seca al final del proceso cuando la carga está envuelta y no está diseñada para su uso inmediato.

(Rey, 2019) manifiesta que las normas y directivas de esterilización en autoclave permiten cierta flexibilidad en los niveles de humedad del vapor, ya que es casi imposible suministrar vapor perfecto a un flujo constante. Incluso si las condiciones son casi óptimas, muchas variables afectan el vapor cuando se transfiere a una autoclave. El principal de ellos: condiciones climáticas y temperatura; calidad, longitud y estructura de tuberías; estaciones de drenaje; y disponibilidad de trampas de vapor de alta calidad.

2.12. Marco Contextual

2.12.1. Proyectos y estudios similares realizados a nivel nacional y regional

La naturaleza innovadora del proyecto presentado hace que sea menos común el encontrar estudios y/o proyectos similares a nivel tanto académico como industrial de la utilización de sistemas automatizados para el manejo y control remoto de calderas para autoclaves de esterilización, no obstante, bajo especial indagación se han podido encontrar proyectos académicos similares a nivel continental y que sirven como buen sustento teórico de la operatividad y eficiencia de emplear tal tipo de innovación tecnológica, especialmente en el ámbito sanitario.

(Piñeros, 2014) en su Diseño Automático para el control y supervisión de una autoclave realizado para la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Salle en Bogotá dedicó sus esfuerzos a la automatización de una autoclave que se empleaba en la planta piloto de operaciones unitarias propiedad de la facultad de ingeniería de alimentos de la misma universidad.

Destaca en su diseño la interfaz gráfica amigable acorde a normas ISO que permitían visualizar claramente las diversas etapas del proceso, con especializado control de nivel, presión y temperatura de la autoclave, además de prototipos inalámbricos de medición de temperatura y guardado de datos autónomo acerca del proceso de esterilización que servirían para pertinentes análisis.

El Diseño del sistema de control de procesos para una autoclave híbrida presentado por (Cortes & Suárez, 2015) para el Instituto Politécnico Nacional de México es un ejemplo bastante similar a lo propuesto en el presente documento, ya que apuntó a la semi-automatización de una autoclave híbrida habilitada para la esterilización de distintos materiales a través de vapor y gas óxido de etileno.

(Cortes & Suárez, 2015) adicionaron componentes que fueron desde pistón, Venturi y válvulas solenoides de forma que se facilite el manejo del proceso de la autoclave que crearon, esto a través de un PLC (para la programación de ciclos) y una HMI (que comprendía una pantalla táctil para la selección de dichos ciclos, control y manejo de temperatura y presión).

Los autores de aquel diseño enfocaron sus esfuerzos a fijar un nuevo protocolo para aumentar la seguridad de equipo, para preservar la integridad de los operadores y salvaguardar el equipo que se desea esterilizar, y que en conjunto con la semi-automatización que incorporaron, representó una importante adición tecnológica a un proceso operativo, que tiene congruencia con la innovación electrónica en el sector sanitario.

En Sudamérica otro de los proyectos congruentes con la automatización de autoclaves es aquel desarrollado por (Casilla & Reyna, 2016) para la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Ciencias y Humanidades de Perú, que comprende el Diseño de un sistema de control automático para optimizar el manejo del equipo de autoclave de vapor en la central de esterilización del Hospital Cayetano Heredia.

(Casilla & Reyna, 2016) programaron un PLC Omron para el controlador, procurando que los demás componentes empleados pertenezcan a la misma marca, haciendo que la operatividad se más clara y fácil sobre todo en las etapas de programación y de definición de protocolos de comunicación. De esta manera los autores pudieron manejar de manera óptima el equipo de autoclave de vapor en la sección de esterilización del hospital motivo de su estudio.

Además, para su implementación ejecutaron pruebas de verificación como Bowie-Dick que permitieron a (Casilla & Reyna, 2016) avalar que estaban trabajando con un equipo totalmente operativo. Esto lo complementaron con pruebas adicionales para la esterilización de utensilios, permitiendo la optimización con datos adquiridos por el sistema como tiempo, presión y temperatura.

En otro caso de estudio similar, (Pusdá, 2013) realiza una Auditoría energética del consumo de vapor en el área de esterilización del Hospital Carlos Andrade Marín, proyecto realizado para la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, en el que a pesar no realiza un proceso de automatización y/o control remoto, abarca la temática de auditoría energética y correcto funcionamiento del sistema de vapor para la autoclave de esterilización.

Tal auditoría comprendió desde un análisis energético preliminar, detallando los diversos tipos de energía que se emplean en la casa de máquinas del Hospital Andrade Marín, hasta la evaluación de los componentes de la caldera, especialmente generadores de vapor, distribución y equipos de esterilización. Esto permitió al autor

obtener conclusiones y generar recomendaciones que son de relevancia para el ámbito industrial-energético empleado en instituciones de salud, denotando la importancia y necesidad de que todo el aparato mecánico y tecnológico debe ser innovado y debe servir eficazmente.

Es de relevancia también la Guía para el manejo de autoclave en la central de esterilización del Hospital Universitario de Ceuta, con autoría de (Serra, 2013) para el Instituto Nacional de Gestión Sanitaria de España, documento en el que provee de un marco conceptual preciso acerca de las infecciones intrahospitalarias, haciendo énfasis en su incidencia en problemas sanitarios que afectan tanto a pacientes como a las instituciones de salud, representando perjudiciales costos económicos.

(Serra, 2013) enfoca su estudio en el proceso de esterilización y la importancia de su éxito mediante el correcto funcionamiento de los equipos que incurren en el proceso, desde calderas automatizadas a control remoto y la pericia del contingente humano de la institución de salud, de forma que se garantice la efectividad, calidad y seguridad de la esterilización sometida a un criterio unificado y responsabilidad institucional.

A nivel local también existen estudios enfocados en la gestión de autoclaves, tal como propuso en su tesis (Mera, 2016) con su Diseño de autoclave para la esterilización de desechos peligrosos hospitalarios en la ciudad de Guayaquil, de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de Guayaquil, en el que sumó esfuerzos para diseñar un proceso de Gestión de Residuos Biopeligrosos, en el que se hace énfasis en la importancia de una autoclave de esterilización, que permita manejar correctamente los residuos biológicos hospitalarios.

(Calderón, 2019) con su propuesta de Diseño del plan de mantenimiento de los equipos de caldera para prevenir los riesgos y evitar accidentes laborales en el Hospital Universitario de Guayaquil, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil, encontró a través de un análisis previo el diseño de un plan de riesgo enfocado al mantenimiento de equipos de cuarto de caldera del hospital citado, aportando a la reducción de riesgos y minimización de accidentes laborales; el autor enfoca su estudio en la capacitación del personal operativo de las calderas, no obstante propone que se automaticen y se controlen remotamente los procesos, de forma que exista un monitoreo constante.

(Calderón, 2019) asegura que un personal capacitado en conjunción de un sistema remoto permitirá que se eliminen factores de riesgo y se contribuya a la mejora constante de la operatividad del equipo, representando una loable gestión financiera al representar un considerable ahorro en contingente humano y control de accidentes.

(Borja, 2014) con su tesis propuesta para la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional titulada Supervisión de la instalación del sistema de vapor y condensado en la cocina, lavandería y área de esterilización en la construcción del Hospital Docente Calderón, plasmó el diseño y control de calidad del sistema de vapor de hospitales, para los diversos servicios que puede abarcar, abaratando costos, comprendiendo desde área de lavandería hasta esterilización, entre otras, aportando como una importante herramienta para las instituciones hospitalarias.

(Borja, 2014) sostiene que es indispensable someterse a severas normas mecánicas y hospitalarias en la construcción, mantenimiento y uso de los cuartos de calderas que proveen sistemas de vapor para distintas áreas, especialmente para las autoclaves de esterilización, donde además de las pertinentes actividades de diseño, instalación y mantenimiento recomienda que una automatización y control remoto de tal sistema sería una mayor contribución al manejo seguro de las instalaciones y aprovisionamiento de datos medibles que permitirán análisis e innovaciones pertinentes, que traducen en reducción de costos operativos.

Indagando de forma más detallada en el campo de la electrónica, en el repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana, con su Diseño e implementación de un sistema SCADA en el sistema modular de producción, para la creación de una bodega inteligente, en la estación de almacenamiento, mediante el control con el PLC S7-300 y el protocolo de comunicación Ethernet, plantearon el uso del sistema SCADA (Supervisión Control y Adquisición de Datos), con la intención de enviar datos en vivo entre estaciones/plantas.

(García & Terán, 2015) plantearon la industrialización de almacenamiento y entrega de piezas mediante el control y supervisión de un sistema SCADA generando una red fundamentada en Ethernet industrial conectando el PLC Siemens y el sistema de control, empleando software especializado de TIA PORTAL, SIEMENS: SIMATIC y WinCC en la programación eficaz de dispositivos.

Finalmente, en el repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana en su Facultad de Ingenierías se puede encontrar la tesis de autoría de (Salazar & Villacreses, 2015), titulada Diseño e implementación de un sistema SCADA para monitoreo de flujo y temperatura del sistema de llenado aséptico de jugo de maracuyá en la agroindustria Frutas de la Pasión Cía. Ltda., en el cual se planteó el control de temperatura y regulación de vapor mediante la automatización usando un PLC y un HMI para la interacción de los operarios.

Se ha podido encontrar evidencia de estudios que datan desde finales de siglo XX, en los que iniciaron propuestas a nivel académico de automatización y control remoto con modelo HMI, como aquella de Modelado de interacción hombre-máquina en sistemas de producción para diseño de equipos, de autoría de (Thomas, 1999) presentado al Departamento de Ingeniería Mecánica del MIT (Massachusetts Institute of Technology), en el que se aplicó una descomposición del diseño del sistema de producción a la síntesis de un modelo de interacción hombre-máquina (HMI) basado en el control de supervisión que caracteriza el rendimiento en una celda de trabajo de fabricación y satisface los objetivos de una empresa de producción.

Tal modelo detalló y describió los roles de comportamiento que asume un operador como supervisor de múltiples procesos de producción semi-automatizados; además, capturó la interacción funcional hombre-máquina que permite el control del proceso y la mejora continua del proceso de fabricación.

(Thomas, 1999) señala que un modelo de HMI es útil para diseñar subsistemas de producción, particularmente el diseño de equipos de fabricación, que determina la interacción hombre-máquina en una célula y, por lo tanto, afecta directamente el rendimiento del sistema.

El modelo HMI está relacionado con el proceso de diseño del equipo para demostrar cómo dicho diseño ayuda al diseño del equipo de fabricación celular. Esto demostró que el modelo HMI es una ayuda computacional para las decisiones de diseño que implican la generación de requisitos funcionales para una metodología de diseño de equipos basada en diseño axiomático.

Otro estudio de relevancia en el campo de la electrónica y especialmente del uso de SCADA es aquel desarrollado por (Prutz, 2005) que lleva por título El papel de SCADA en el desarrollo de una empresa esbelta para operaciones de aguas

residuales municipales, presentado para el Programa de Diseño de sistema y Gestión del MIT (Massachusetts Institute of Technology), cuyo objetivo fue la optimización de las operaciones de un sistema de aguas residuales, por lo que el autor consideró fundamental la recopilación de datos operativos y de alarma de varias ubicaciones remotas en todo un municipio, por lo que necesitó de control, supervisión y adquisición de datos (SCADA). Por lo que, esta idea, fue considerada en el presente proyecto usando un sistema SCADA mediante un HMI.

(Prutz, 2005) indica en su tesis que el proceso de proporcionar sistemas SCADA a clientes municipales, desde la concepción hasta la implementación, suele ser un proceso engorroso que involucra a una amplia variedad de partes interesadas. El autor realiza un análisis del proceso de implementación de SCADA examinando el modelo centrado en el integrador de sistemas para la entrega de SCADA.

A nivel latinoamericano destaca el proyecto presentado por (Hernández, Camacho, Espinosa, Galindo, & Gutiérrez, 2007), para el Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional de México con su Diseño y construcción de un sistema básico de interacción y acción con procesos reales reconfigurable y de bajo costo HMI-CIC, cuya intención fue la reducción de diferencia tecnológica que existe en comparación con países primermundistas en cuanto al dominio de procesos industrializados, plasmando el diseño y construcción de un control sistematizado que permita adquirir datos de forma básica y configurable, integrándose por tres partes fundamentales como lo es un software de HMI (Interfaz Hombre-Máquina) basado en PC, un microcontrolador que es empleado por una tarjeta de adquisición de datos que permitió la interacción con procesos reales y al proceso y acondicionamiento, representando la variable físico-operativa de su propuesta.

(Hernández, Camacho, Espinosa, Galindo, & Gutiérrez, 2007) contextualizaron tal propuesta para el uso de sensores de temperatura en agua, posicionados en distintos niveles con un calentador que permitía modificar su estado, contribuyendo a la innovación tecnológica con bajo costo.

(Sánchez & Abonza, 2008) con una tesis también para el Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional de México, titulada Sistema de supervisión control y adquisición de datos para el ahorro de energía, en la cual enuncian la problemática de consumo no controlado de energía eléctrica en industrias debido a planes erróneos y optimización de recursos ineficiente, por lo que

proponen una estructura que sirva para el control, monitoreo y optimización integrada mediante el desarrollo de un Sistema de Adquisición de Datos y Control Supervisorio “SCADA” que permitió administrar el consumo de energía de una empresa motivo de su estudio.

El sistema SCADA que desarrollaron (Sánchez & Abonza, 2008) se enfocó en la planificación de cargas priorizando horarios, de forma que se minimicen costos, enfatizando con pruebas de laboratorio las ventajas de integrar un sistema SCADA en la optimización de recursos, especialmente energéticos, mediante el empleo de un Controlador Lógico Programable.

Desde la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para su Facultad de Ingeniería destaca la Implementación de un sistema SCADA para la dosificación de piezas con interfaz táctil y PLC, en la cual su autor (Gutiérrez, 2017) propuso el desarrollo de un proceso automatizado que permitía dosificar piezas mediante un monitoreo remoto posibilitado a la visualización de datos a través de una interfaz HMI (humano-máquina) que funcionaba con pantalla táctil.

(Gutiérrez, 2017) abordó aspectos generales del sistema SCADA, desde el monitoreo hasta la obtención de datos, aportando recomendaciones en el ámbito de programación como los componentes usados por el PLC Micro 580 y PanelView Plus 1250, como el Connected Component Workbench y el FactoryTalk View Me, empleados respectivamente.

Por su parte, (Quezada, Quezada, Bautista, & Flores, 2014) en un estudio realizado para la Facultad de Ingeniería, publicado en Ingeniería, Investigación y Tecnología y cosechado de Revistas UNAM, titulado Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable, enfocado en un banco de pruebas para la descarga de agua en un pozo potable, abarcó el uso de un equipo de automatización especializado.

(Quezada, Quezada, Bautista, & Flores, 2014) generaron la interacción con el operador mediante el diseño de interfaces gráficas de usuario, también denominadas GUI por sus siglas en inglés (Graphical User Interface). La implantación de reglas para el control y monitoreo de la integridad del sistema se indujo en el software propietario mediante la implementación de HMI (Human-Machine Interface), interconectándola con un controlador lógico programable (PLC – por sus siglas en

inglés Programmable Logic Controller), añadiendo un diagrama de escalera (LD, por sus siglas en inglés Ladder Diagram) que comprendió reglas de protección del proceso.

Los esfuerzos por hacer innovaciones en el ámbito sanitario también han sido presentados académicamente de mano de (Jiricek, 2007), en su tesis presentada para el Departamento de Ingeniería Mecánica del MIT (Massachusetts Institute of Technology), titulada Diseño y modelado de un autoclave de calor residual de gases de escape, donde tuvo el objetivo de proporcionar una esterilización y limpieza adecuadas de equipos médicos para hospitales de campaña y países del tercer mundo y al mismo tiempo disminuir la dependencia de la electricidad de los métodos de esterilización tradicionales, diseñando y modelando un nuevo sistema de esterilizador / autoclave de vapor.

A pesar de que la propuesta de (Jiricek, 2007) intenta alejarse de la dependencia de electricidad/electrónica, es relevante como un claro ejemplo del estudio a nivel académico de alternativas viables que preserven la salud por encima de todo, aportando a equipos sanitarios que garanticen una esterilización eficaz, particularmente de autoclaves que funcionen con vapor.

(Castañeda & Gañán, 2016) con su Diseño e implementación de un sistema SCADA para una estación multivariable didáctica presentado para la Facultad de Tecnología de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, propusieron el monitoreo y control a través de un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) Intouch de Wonderware, con la intención de manejar independientemente o en conjunto etapas de un sistema industrial, limitándolo a cuatro variables: presión, caudal, nivel y temperatura, innovación electrónica que permitió la realización de análisis de procesos para optimización y control, representando pruebas piloto antes de usarse en procesos industriales reales.

(Castañeda & Gañán, 2016) emplearon un autómatas programable (PLC) de marca Unitronics con interfaz humano-máquina HMI, bajo soporte de un control alterno que permitió las simulaciones de procesos reales bajo el escenario de que una inminente falla en el controlador principal sea auxiliada mediante el controlador alterno, adicionando un graficador digital para la visualización de tal proceso.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. FUNCIONALIDAD

El desarrollo de este proyecto se enfocó en dos partes, el encendido remoto del sistema de generación de vapor y el monitoreo de los parámetros esenciales del proceso tales como presión, temperatura y nivel de agua del reservorio para el caldero.

Para el encendido remoto se implementó un mini relé, el cual es accionado por una señal de salida del HMI; esta señal energiza la bobina del relé y hace que se cierren los contactos del mismo, permitiendo así el encendido del caldero, así mismo en el tablero local dentro del área de calderos se colocó un pulsador de marcha y paro para el encendido local del caldero, este pulsador de marcha funciona de la misma manera que la señal remota que se envía desde el HMI, permitiendo así el encendido local y remoto del sistema.

En la segunda parte de este proyecto que es el monitoreo de los principales parámetros en el proceso de generación de vapor los cuales son presión, temperatura y nivel de agua en el tanque reservorio del caldero se utilizó lo siguiente:

Para obtener la temperatura del proceso de generación de vapor se utilizó un sensor PT100, este sensor al ser un sensor análogo es conectado directamente al plc, una vez la señal este dentro del controlador es tratada para que muestre la temperatura a la cual está siendo generado el vapor.

Así mismo, para obtener cual es la presión a la que está saliendo el vapor generado del sistema se instaló un transmisor de presión cuya señal es captada por el controlador, para obtener el dato de presión requerido para el tanque reservorio de agua, se necesitó sensar la cantidad de agua, para esto se construyó un sensor de nivel de agua mediante una base de teflón y 3 varillas de acero tipo electrodos, una de estas varillas actúa de común y las otras dos varillas van a conmutar con la varilla de común para indicar el nivel bajo y el nivel alto.

3.1.1. Diseño de los tableros

Se dimensiona el tamaño de los tableros, de acuerdo con todos los componentes eléctricos y electrónicos, se realizó el diseño de los tableros considerando los elementos a utilizar. Ver ANEXO C.

3.1.2. Diseño de planos eléctricos de fuerza y control del proceso

Se diseñaron los planos eléctricos en el software AUTOCAD, el cual permite observar el circuito de cableado de control y de fuerza que se encuentran implementados en el cuarto de calderos y departamento de mantenimiento. Ver ANEXO D.

3.1.3. Configuración de la comunicación PLC-HMI

Dado que el PLC funciona con el HMI en conjunto en tiempo real, deben estar conectados vía ethernet, por esa razón se creó una red para la comunicación entre el PLC y el HMI, conexión en la cual en el software de programación TIA PORTAL se la define como PN/IE.

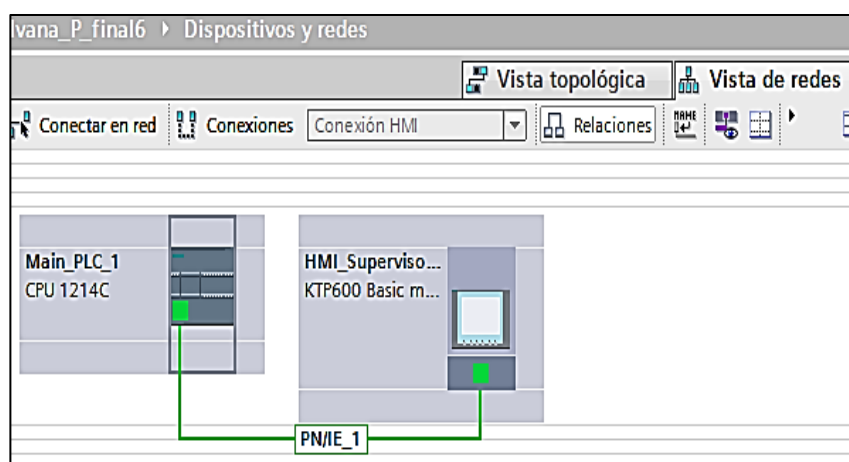


Figura 13. Configuración de la comunicación entre el PLC – HMI

Se asigna una dirección IP para el PLC 192.168.0.1 y otra para el HMI 192.168.0.2. Ver figura 14.

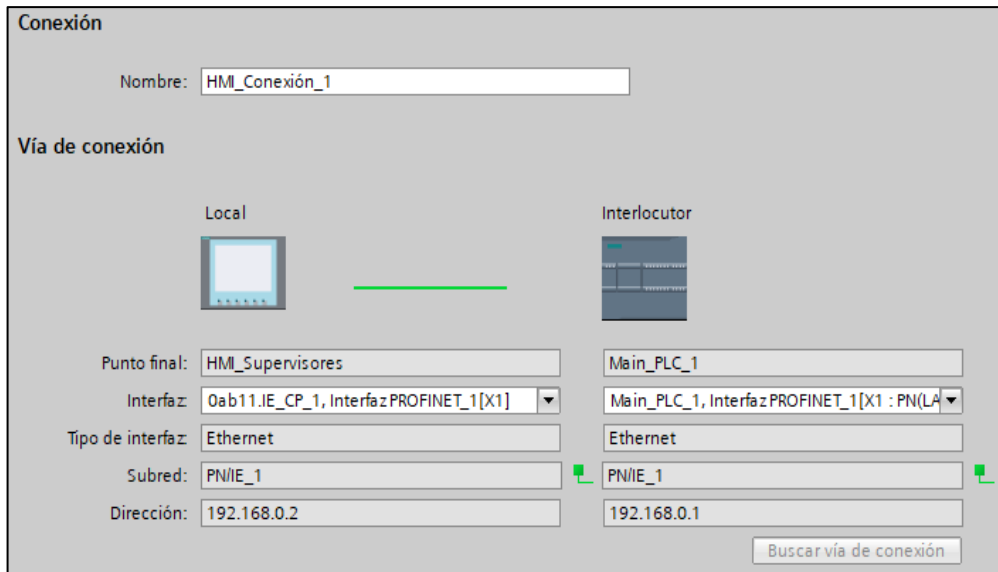


Figura 14. Conexión local (HMI) – interlocutor (PLC)

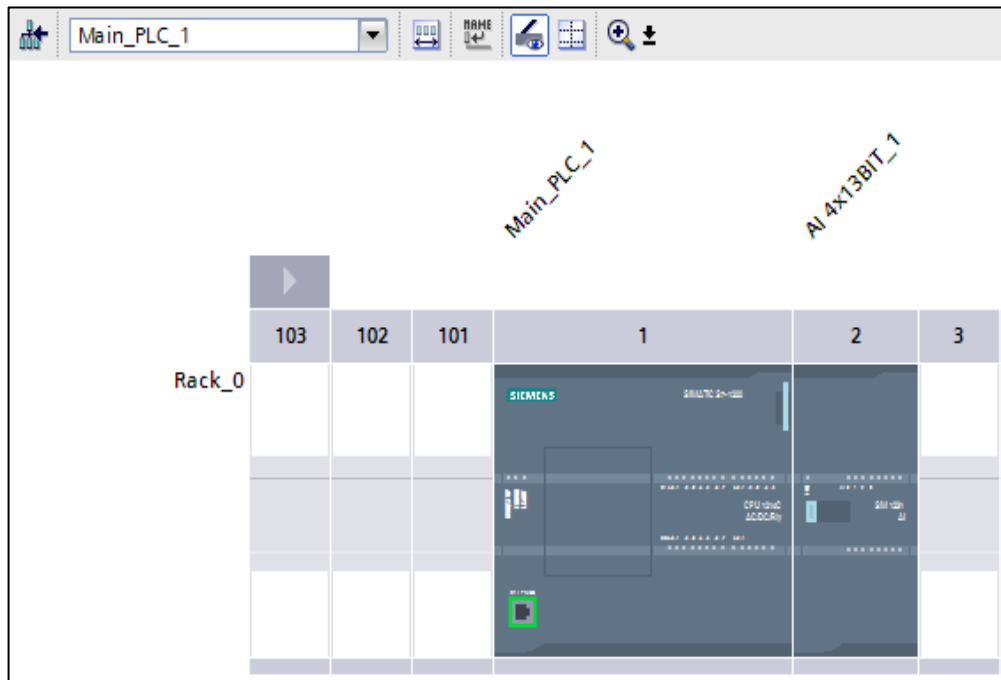


Figura 15. Vista de dispositivos conectados en el Main_PLC_1

3.1.4. Declaración de variables del PLC

Se crearon las variables del PLC, asignando un nombre simbólico a las entradas y salidas utilizadas en el programa, tal como se aprecian en las figuras 16 y 17.

Ivana_P_final3 > Main_PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] > Variables PLC

Variables Constantes de usuario Constantes de sistema

Variables PLC

	Nombre	Tabl...	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...
1	Stop_Emergencia	Tabl...	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Caldero_Star	Tabl...	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Bomba_Manual	Tabl...	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Bomba_Automatico	Tabl...	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Sensor_Nivel_Agua_Reservorio	Tabl...	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Stop_Emergencia_Remoto	Tabl...	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Star_Bomba_Agua	Tabl...	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Falla_termica_Bomba_Agua	Tabl...	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Sensor_Temperatura_Vapor	Tabl...	Int	%IW96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Transmisor_Presion_Vapor	...	Int	%IW98	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Tag_3	Tabl...	Word	%IW99	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Transmisor_Temperatura_Vapor	Tabl...	Int	%IW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Stop_Caldero	Tabl...	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	Luz_Roja_Emergencia	Tabl...	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	Luz_Amarilla_Bomba_Agua_ON	Tabl...	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	Luz_verde_Caldero_On	Tabl...	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	Rele_Caldero_On	Tabl...	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	Rele_Activacion_Bomba_Agua	Tabl...	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	Stop_1	Tabl...	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	Stop_2	Tabl...	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	Caldero_ON	Tabl...	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	Manual_Bomba_Agua	Tabl...	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	Temperatura_Caldera	Tabl...	DWord	%MD100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	Tag_2	Tabl...	Real	%MD104	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	Alarma_Activa	Tabl...	Bool	%M10.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	Nivel_Agua_ON	Tabl...	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	Arranque_Bomba_ON	Tabl...	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	Tag_5	Tabl...	Bool	%M10.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	Activa_Bomba_Caldero	Tabl...	Bool	%M10.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	Autom_Bomba_Agua	Tabl...	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	Falla_Bomba_Agua	Tabl...	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 16. Declaración de variables página 1 del PLC

	Nombre	Tabl...	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...
31	Falla_Bomba_Agua	Tabl...	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	Presion_Vapor	Tabl...	DWord	%MD102	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
33	Tag_6	Tabl...	DWord	%MD103	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34	Tag_7	Tabl...	DWord	%MD101	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
35	Nivel_Agua_OFF	Tabl...	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
36	Reset_Alarmas	Tabl...	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
37	Tag_1	Tabl...	DWord	%MD106	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
38	Temp_Vapor	Tabl...	Real	%MD108	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
39	Mem_Almac_Tem_Vap	Tabl...	Int	%MW100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
40	Tag_9	Tabl...	Int	%MW104	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
41	Mem_Almac Presion_Vap	Tabl...	Int	%MW102	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
42	Temp_Cald_Alta	Tabl...	Bool	%M10.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
43	Mem_Alarma_exit	Tabl...	Bool	%M20.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
44	Tag_8	Tabl...	Bool	%M20.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
45	Caldero_Marcha	Tabl...	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
46	Tag_10	Tabl...	Real	%MD112	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
47	Presion_Vapor(1)	Tabl...	Real	%MD116	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
48	Presion_Cald_Alta	Tabl...	Bool	%M10.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
49	Caldero_Marcha_HMI	Tabl...	Bool	%M10.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
50	Caldero_Paro_HMI	Tabl...	Bool	%M10.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
51	Tag_11	Tabl...	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
52	Tag_12	Tabl...	Bool	%M10.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
53	Tag_13	Tabl...	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
54	Tag_14	Tabl...	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
55	Tag_15	Tabl...	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
56	Bomba_NO_Activa	Tabl...	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
57	FALTA_AGUA_RESERVORIO	Tabl...	Bool	%M20.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
58	<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 17. Declaración de variables página 2 del PLC

3.1.5. Declaración de variables del HMI

Se crearon las variables del HMI, que se enlazan en la comunicación del PLC y el WinCC System, como lo muestra la figura 18.

Nombre	Tipo de datos	Variable PLC	Dirección	Ciclo de a...
Stop_Emergencia_Remoto	Bool	<No definido>	%M0.5	1 s
Variable_HMI_1	UInt	<No definido>	%DB1.DBW0	1 s
ALARMA	UInt	<No definido>	%DB3.DBW0	1 s
Variable_HMI_1(1)	Int	<No definido>	%DB3.DBW2	1 s
Variable_HMI_1(2)	Int	<No definido>	%DB3.DBW6	1 s
Variable_HMI_1(3)	Int	<No definido>		1 s
Activa_Bomba_Caldero	Bool	Activa_Bomba_Caldero		1 s
Marcha_Caldero	Bool	Caldero_Marcha_HMI	%M10.5	1 s
Paro_Caldero	Bool	Caldero_Paro_HMI	%M10.6	1 s
Falla_Bomba_Agua	Bool	Falla_Bomba_Agua	%M0.7	1 s
FECHA_HORA_Local	DTL	FECHA_HORA.Local		1 s
Presion_Vapor(1)	Real	Presion_Vapor(1)	%MD116	1 s
Reset_Alarmas	Bool	Reset_Alarmas	%M1.1	1 s
Stop_1	Bool	Stop_1	%M0.0	1 s
Temp_Vapor	Real	Temp_Vapor	%MD108	500 ms
Temperatura_Caldera	DWord	Temperatura_Caldera	%MD100	500 ms
ALARMA_AVISO_HMI_TERMICO...	Bool	ALARMA_AVISO_HMI....		1 s
<Agregar>				

Figura 18. Declaración de variables HMI

3.1.6. Configuración de la pantalla HMI

En la figura 19, se planifica la creación de 4 pantallas de acuerdo con lo que se desea mostrar las mismas que son:

1. **Presentacion.** Se registran los datos correspondientes al proyecto.
2. **Proceso.** Se indica graficamente el proceso que se esta realizando incluido valores de temperatura y presión.
3. **Curvas_Proceso.** Se aprecia en tiempo real la fluctuación que ha sufrido la presión y la temperatura a lo largo del tiempo.
4. **Alarmas.** Se crea para identificar de donde proviene la alarma.

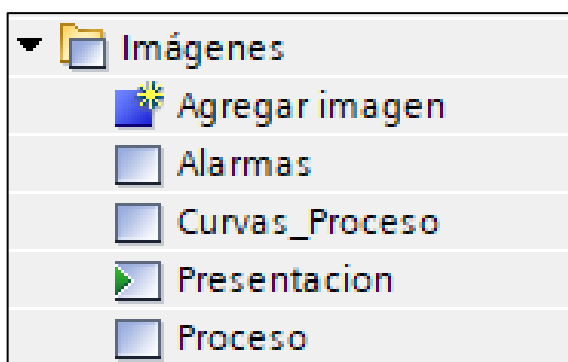


Figura 19. Creación de pantallas en el HMI

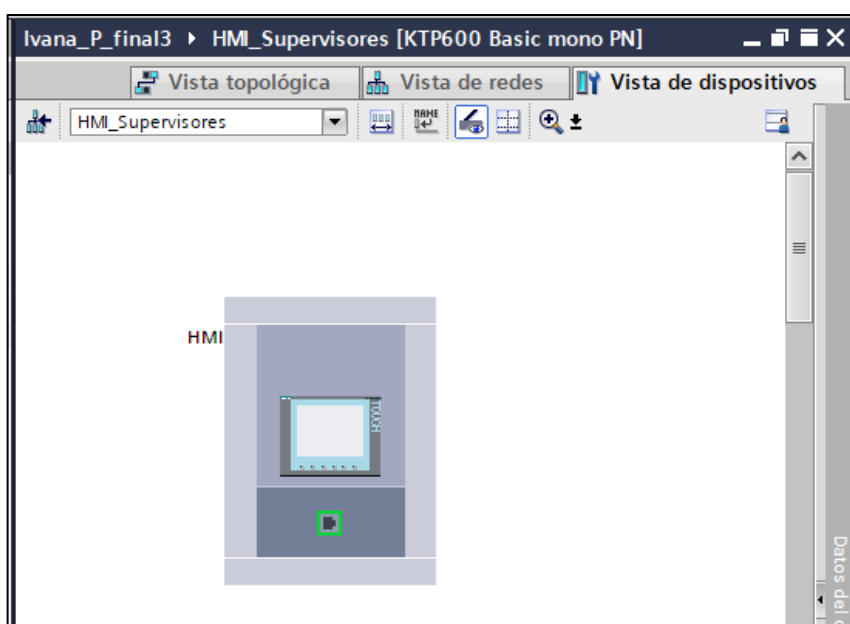


Figura 20. Vista de dispositivo conectado en HMI_Supervisores

Se utilizaron las librerías predeterminadas del software TIA PORTAL, para la configuración de las pantallas. Ver figura 22.

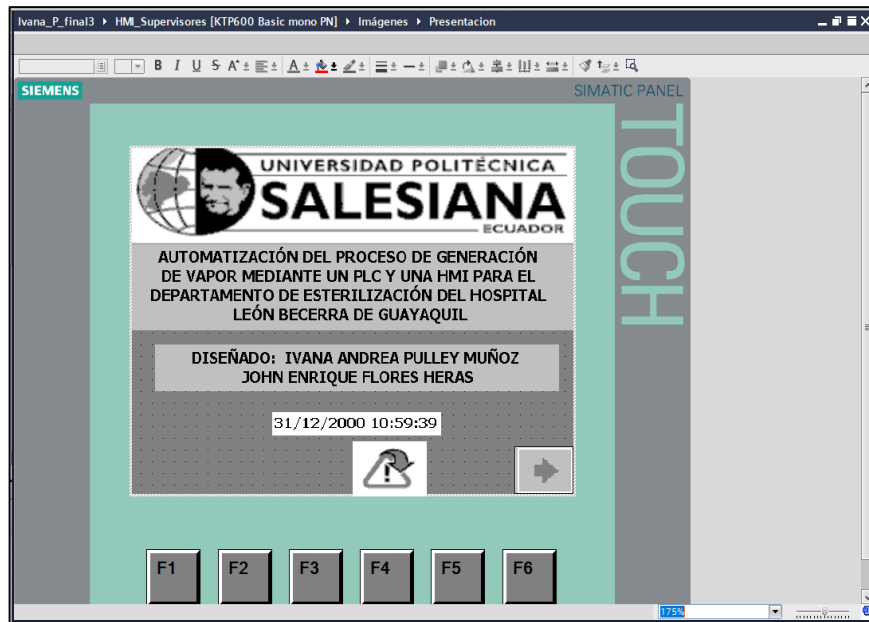


Figura 21. Configuración pantalla presentación

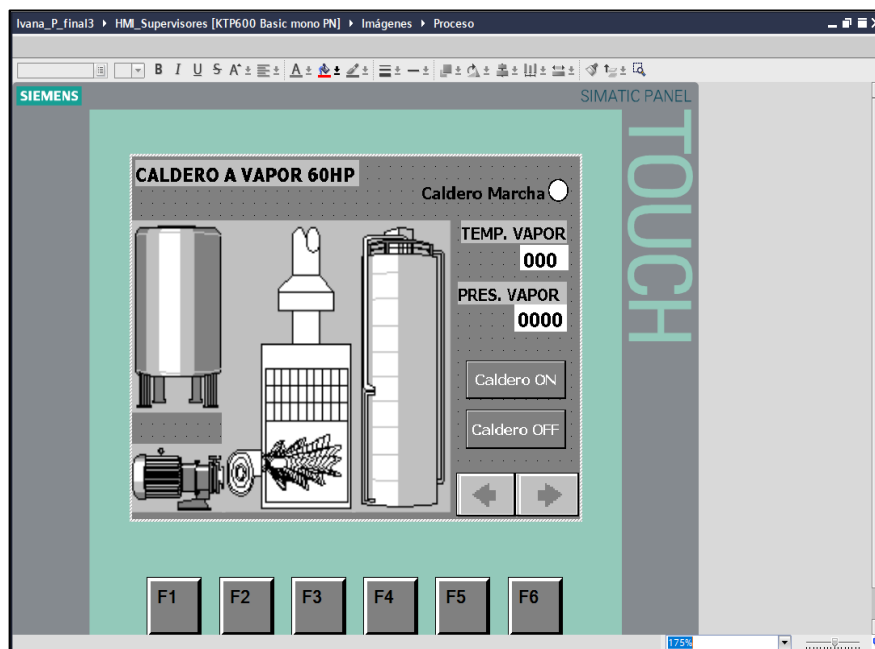


Figura 22. Configuración del proceso

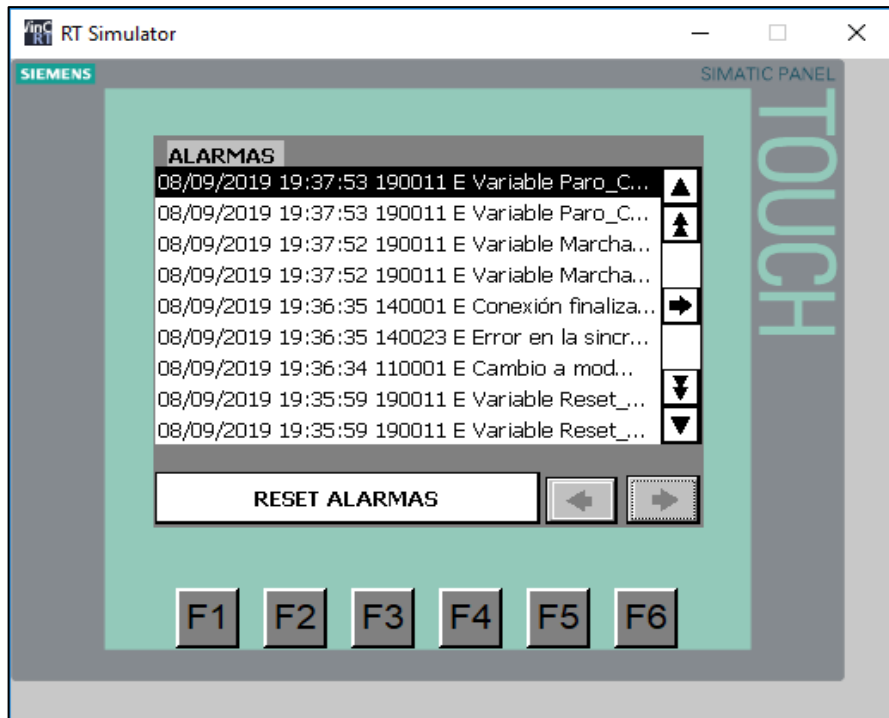


Figura 22. Configuración pantalla alarmas



Figura 23. Configuración curva de temperatura y presión

3.1.7. Configuración del Main

Se crean 7 segmentos en el bloque principal del PLC, los cuales son nombrados de acuerdo con la función programada, tal como se observa en la figura 24.

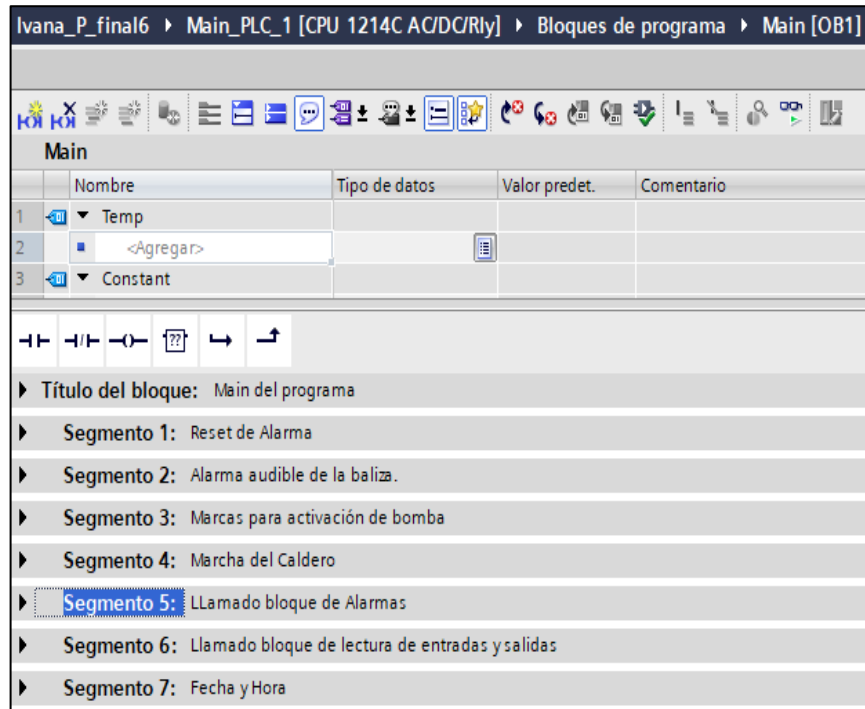


Figura 24. Segmentos de la programación principal del PLC

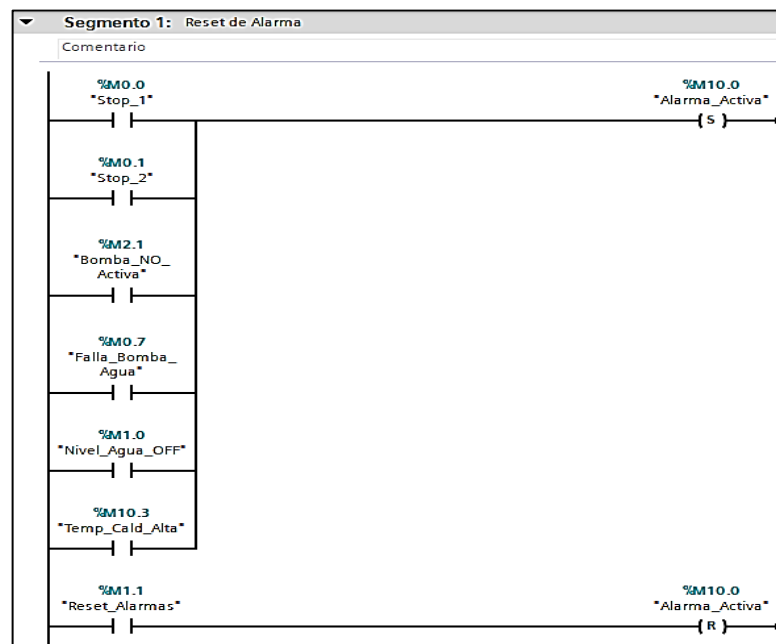


Figura 25. Segmento 1: Reset de alarma

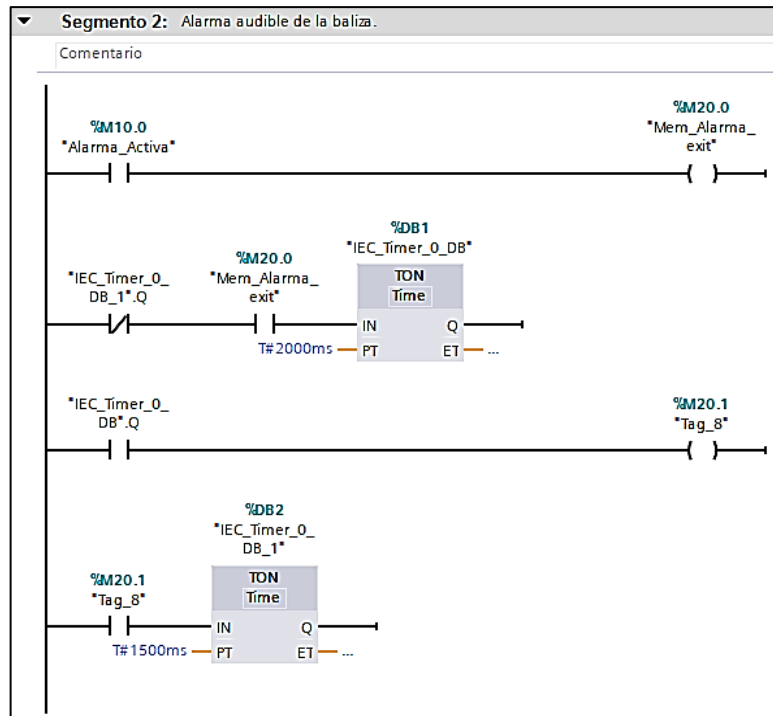


Figura 26. Segmento 2: Alarma audible de la baliza

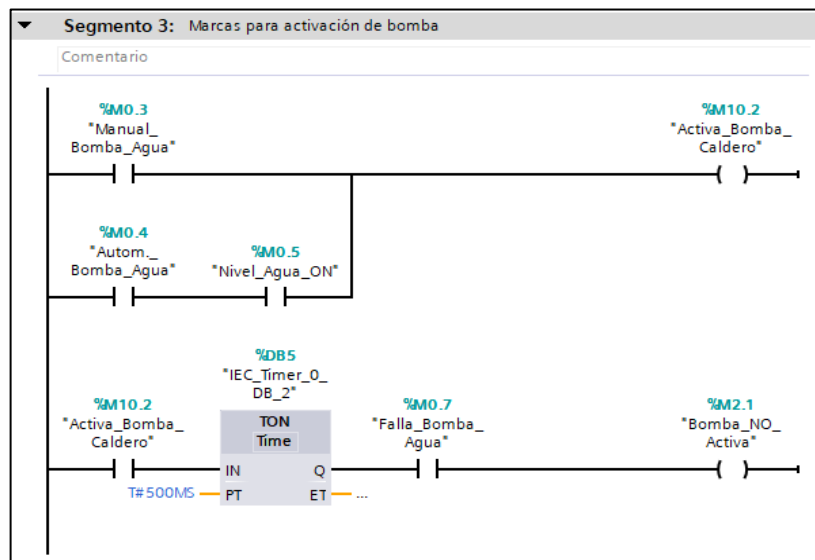


Figura 27. Segmento 3: Marcas para activación de bomba

En la figura 28, se muestran los siguientes segmentos:

- Segmento 1: Set y reset de alarmas.
- Segmento 2: Señal cuadrada para alarma audible
- Segmento 3: Activación de bomba
- Segmento 4: Marcha del caldero.

- Segmento 5: Llamado bloque de alarmas.
- Segmento 6: Llamado bloque de lectura de entradas y salidas.
- Segmento 7: Fecha y hora.

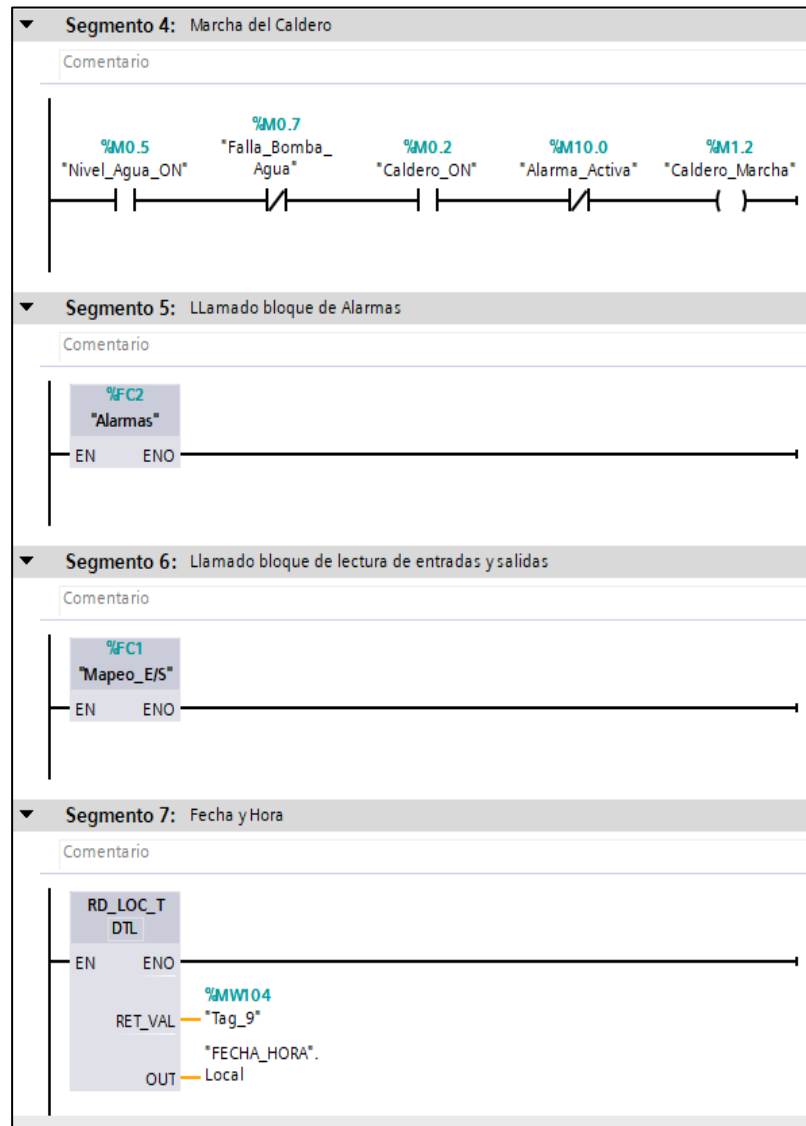


Figura 28. Segmentos (4 al 7)

3.1.8. Configuración de alarmas

En este bloque del programa, se enfocó en el desarrollo de segmentos dedicados a mostrar alarmas. Ver figura 29.

Alarmas		Tipo de datos
1	Input	
2	<Agrega>	
3	Output	

▶ Título del bloque: Bloque de Alarmas
 ▶ Segmento 1: Paro de emergencia.
 ▶ Segmento 2: Bomba
 ▶ Segmento 3: Vapor
 ▶ Segmento 4: Reservorio de agua

Figura 29. Configuración de alarmas

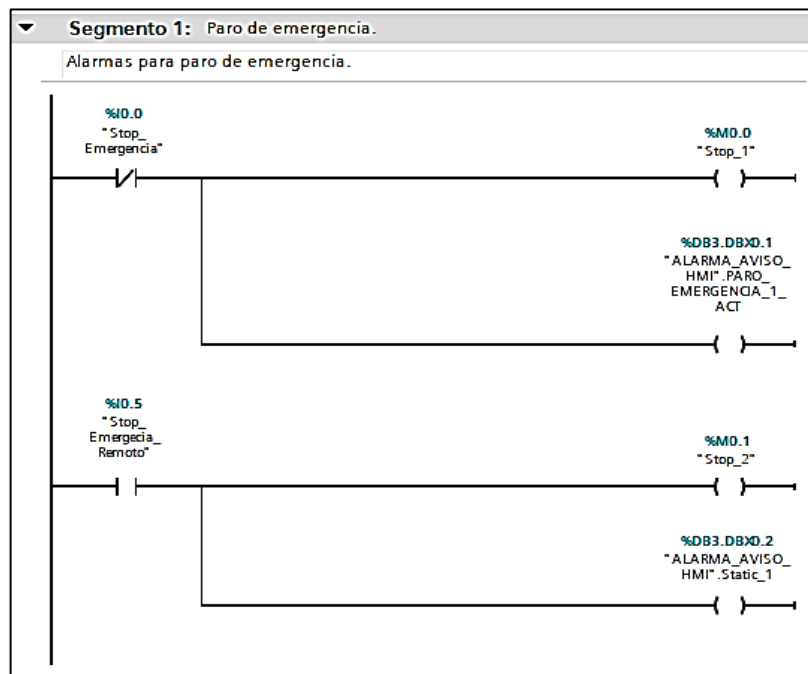


Figura 30. Segmentos 1: Paro de emergencia

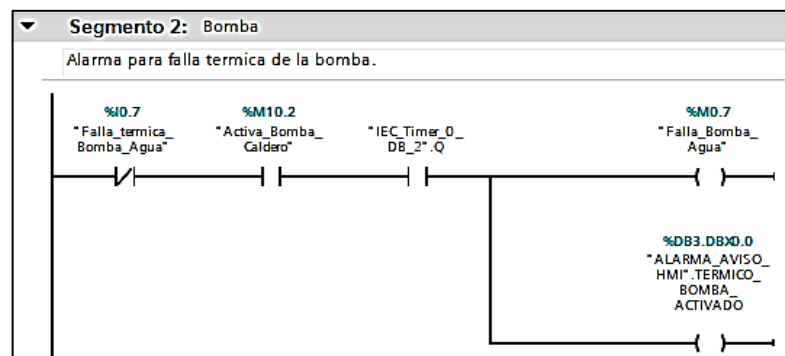


Figura 31. Segmento 2: Bomba

En la figura 32, se muestran los segmentos:

- Segmento 3: Vapor.
- Segmento 4: Reservorio de agua.

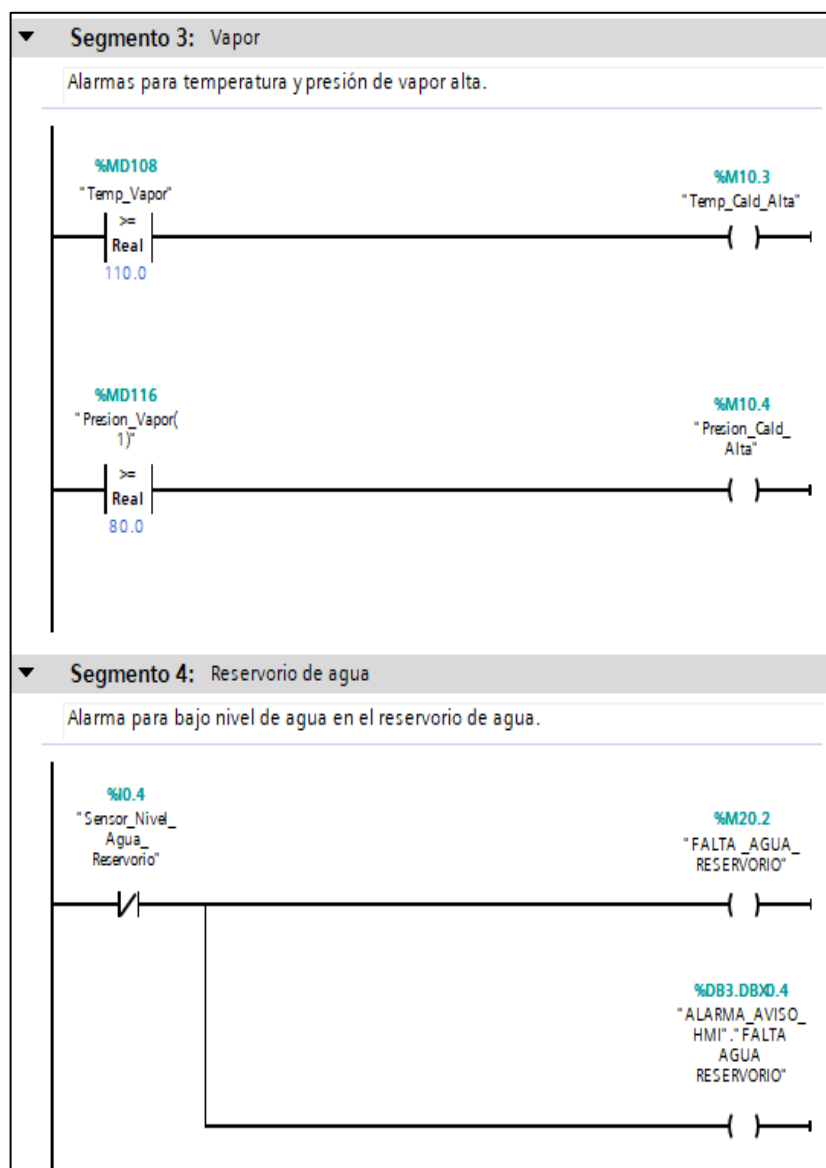


Figura 32. Segmentos (3 al 4)

3.1.9. Configuración de escalamientos, marcas y activaciones

Se realiza la manipulación de señales, las cuales nos facilitan la adquisición, normalización y escalamiento de las señales de temperatura y presión.

Se asignan las entradas I0.0, I0.1, I0.2, I0.3, I0.4, I0.5, I0.6, I0.7, I1.0 a las marcas M0.0, M0.1, M0.2, M0.3, M0.4, M0.5, M0.6, M0.7, M1.0, M20.2 para el desarrollo del programa, también se realizaron las activaciones del PLC.

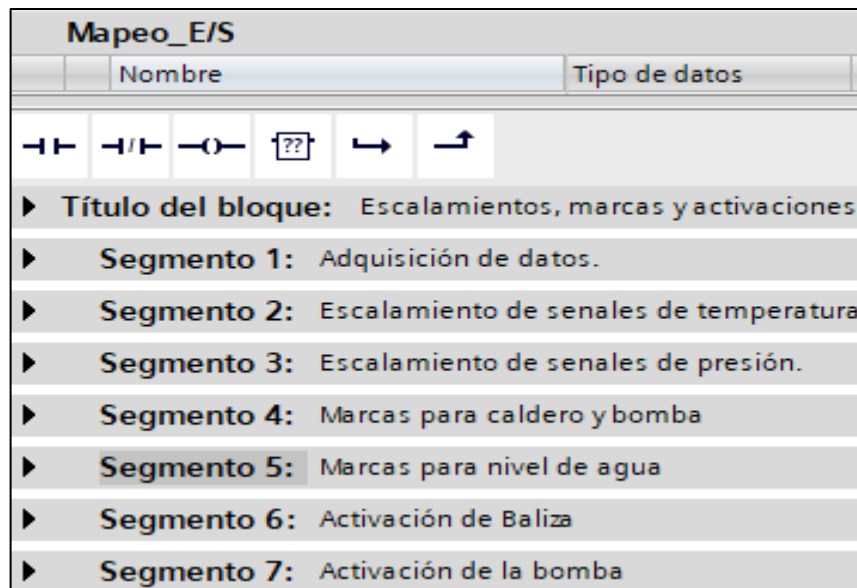


Figura 33. Configuración de escalamientos, marcas y activaciones

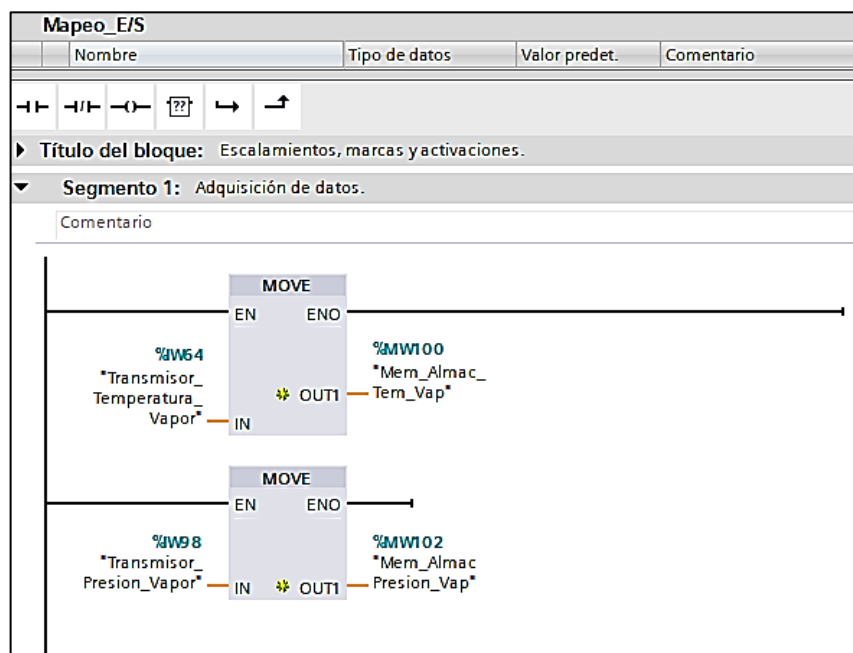


Figura 34. Segmentos 1: Adquisición de datos

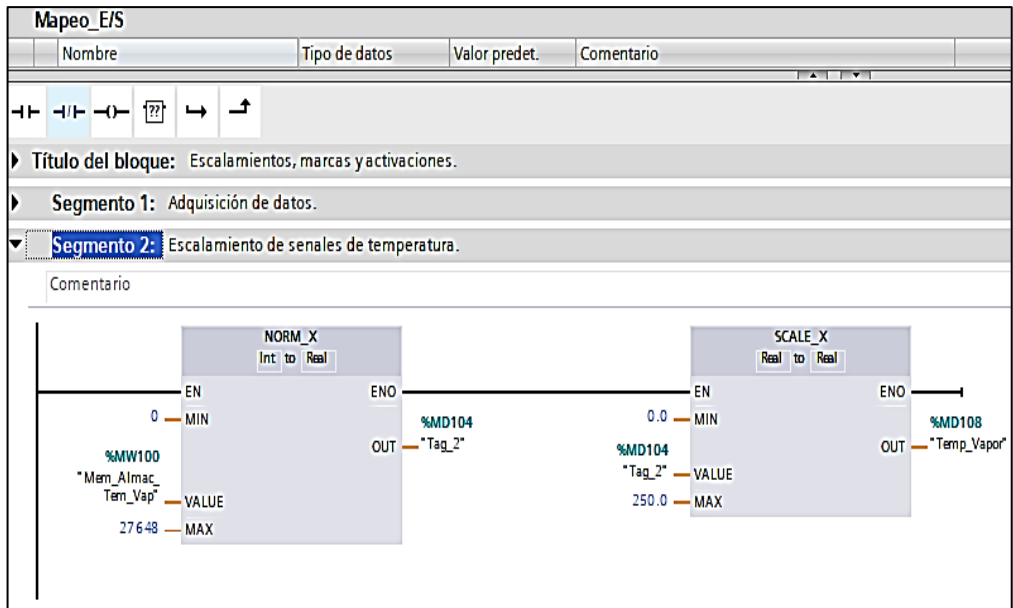


Figura 35. Segmento 2: escalamiento de señales de temperatura

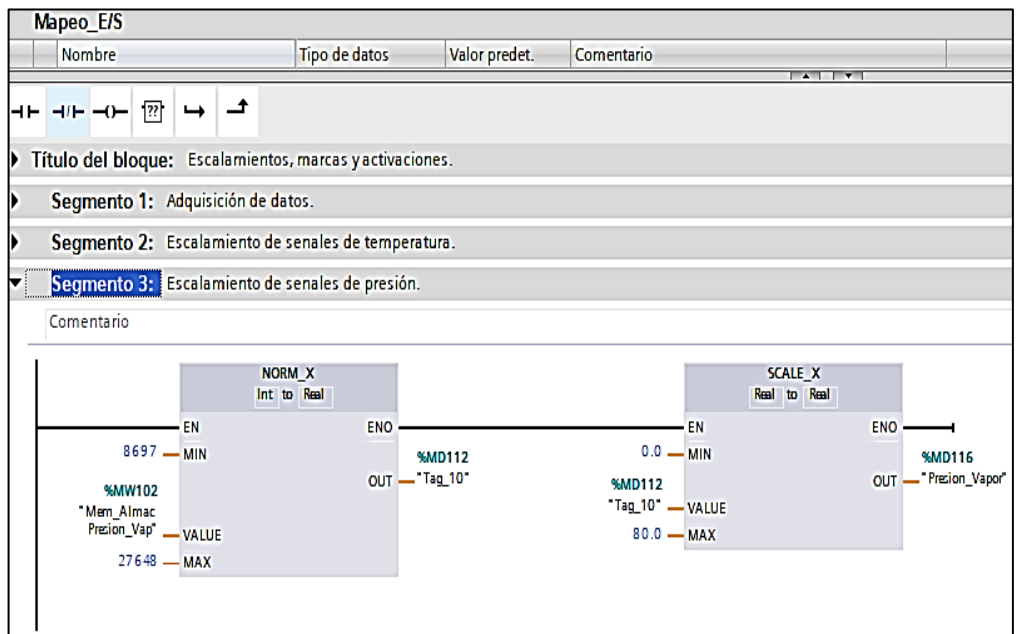


Figura 36. Segmento 3: Escalamiento de señales de presión.

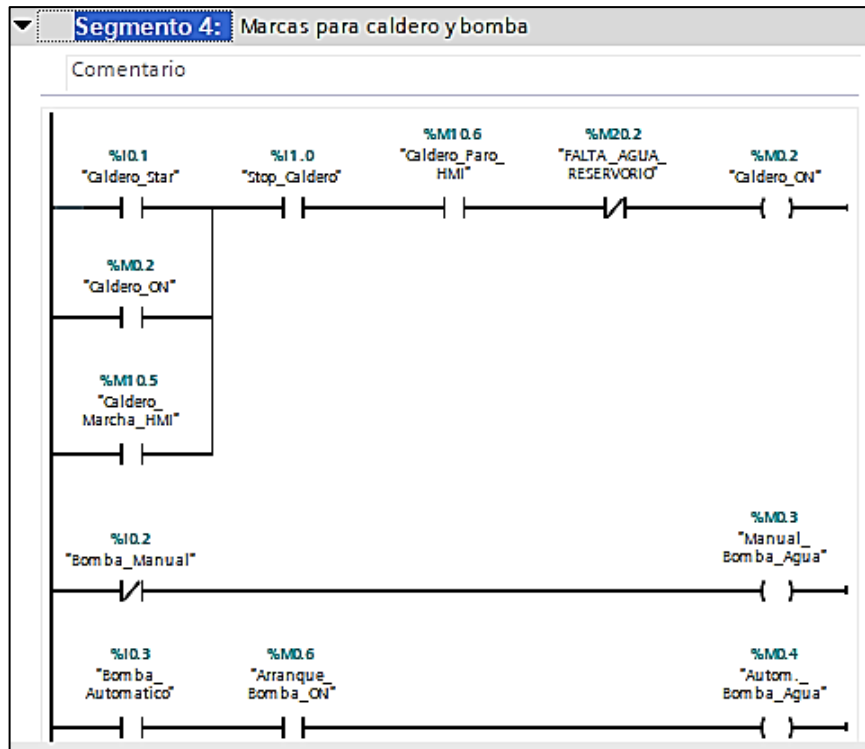


Figura 37. Segmento 4: Marcas para caldero y bomba.

IMPLEMENTACIÓN

4.1. MANTENIMIENTO DEL CALDERO

Se realizó una inspección previa a la implementación del proyecto, en sitio, se detectó que el caldero no había recibido el mantenimiento preventivo anual. También se observaron varios orificios en la parte lateral izquierda del caldero, el cual con cada utilización se hace más grande y provocaba que salga humo, también al momento de realizar la purga del caldero arrojaba una gran cantidad de impurezas y todo era arrojado en un recipiente el cual luego era trasladado a un desagüe, a raíz de esto, se solicitó al hospital que se realice el respectivo mantenimiento a la brevedad posible por las condiciones críticas del caldero y su incorrecta purga, tal como se aprecia en la figura 38.



Figura 38. Condiciones anteriores del caldero

En conjunto con los contratistas contactados por el departamento de mantenimiento, se estableció un cronograma para colaborar con el mantenimiento del caldero. Además, se procedió con la extracción del quemador y se observó el interior del tubo hogar repleto de una gran cantidad de hollín, como lo muestra la figura 39.



Figura 39. Extracción del quemador

Se procedió con la extracción del hollín con una aspiradora y un cepillo para limpiar todos sus conductos, como se observa en la figura 40.



Figura 40. Limpieza de conductos

El contenido aspirado se lo desechó en un recipiente, el cual se clasificó para su recolección y transporte de sólidos contaminados, evitando así riesgos de contaminación al medio ambiente o una inadecuada manipulación de desechos. Ver figura 41.



Figura 41. Recolección de desechos para transporte de sólidos contaminados

Luego del mantenimiento realizado por el personal contratista, el jefe de mantenimiento solicitó que el personal técnico del taller de mantenimiento del hospital realice las siguientes actividades como:

1. Limpieza del cuarto de caldero
2. Pintar los componentes del caldero
3. Instalación de tubería de purga hacia el desagüe realizado internamente en el cuarto del caldero, como se observa en la figura 42.



Figura 42. Instalación de tubería hacia desagüe

4.2. Montaje de componentes en los tableros

Una vez definido el tamaño de los tableros se realiza la compra de estos, para luego proceder con el montaje de componentes en los tableros, para ello, primero se fija las canaletas a ser usadas para el cableado UTP, eléctrico, cable belden de señales y riel din. Ver figura 43.

Se instalan fuentes independientes de voltaje de 24Vdc y 2.5A en los 2 tableros.



Figura 43. Montaje de componentes en el tablero 1

El tablero 1, cuenta con breakers para riel DIN de 2 a 4 A, mini relés, borneras para cable #16, transmisor de presión, supervisor de nivel, PLC Siemens S7 1200 y un módulo de entrada analógica configurable de 0 a 10 V 4 - 20 Ma.

El tablero 2, cuenta con breakers para riel DIN de 2 a 4A, mini relés, y un HMI SIMATIC KTP600. Ver figura 44.



Figura 44. Montaje de componentes en el tablero 2

En la caja de paso existente del cuarto de caldero, se instala un contactor trifásico telemecanique LC1D32 Bobina 220 AC + 1 NA 1NC. Ver figura 45.



Figura 45. Instalación de guardamotor

Las perforaciones se realizaron utilizando un sacabocado donde va el interruptor de marcha/paro, el interruptor para la bomba de agua manual/automático, los pulsantes de emergencia local/remoto, dos balizas indicadoras de tres colores y tuberías para el paso del cableado, como se observa en la figura 46.



Figura 46. Instalación de componentes

4.3. Montaje de tuberías EMT y tableros

Se elaboró un soporte con channel, grapas channel y abrazaderas ajustables, para la fijación de las tuberías que salen del tablero de la planta baja del cuarto de calderos, hasta el tablero del departamento de mantenimiento. Ver figura 47.

Cada tubería tiene un cableado para una función específica:

- **Tubería A**
 - Cable de señal de encendido.
- **Tubería B**
 - Sensor de presión y temperatura.
- **Tubería C**
 - Cable UTP, Cable de señal Belden, eléctricos (Línea y neutro).
- **Tubería D**
 - Contactor de la bomba N/A, forma parte del control activo del caldero el cual sirve para prender la bomba.



Figura 47. Clasificación de tuberías por letras

Para la fijación de los tableros se utiliza grapas channel y pernos tirafondo, como se observa en la figura 48.



Figura 48. Fijación de tableros

4.4. Instalación del Sensor PT100 y transmisor de presión

Se colocó una T en una de las curvas de la tubería principal de vapor, en un extremo se coloca el PT100 y en el otro extremo se acopla un tubo sifón con el transmisor de presión, como se aprecia en la figura 49.



Figura 49. Instalación del Sensor PT100 y transmisor de presión

4.5. Instalación del detector de nivel

Se instala un detector de nivel para el reservorio de agua con el afán de que el caldero cuente con un suministro de agua constante. Ver figura 50.



Figura 50. Instalación del detector de nivel

4.6. Control remoto del sistema

Inicialmente, el caldero se encendía mediante la activación de un interruptor mecánico, es decir, tenía una activación manual.

Se implementó el control remoto del sistema el cual consiste en el encendido desde el departamento de esterilización mediante la interfaz humano máquina y se dejó el control local en sitio, que es un pulsador de marcha/paro. Ver figura 51.

La señal de encendido del caldero es controlada mediante el PLC, tanto para la señal local con el pulsador mecánico y desde la señal remota que viene del HMI, ambas señales son leídas por el PLC y enviada por una de las salidas Q del PLC hacia uno de los mini relés el cual, mediante el cambio de estados de sus contactos, es el encargado de encender y apagar el sistema.

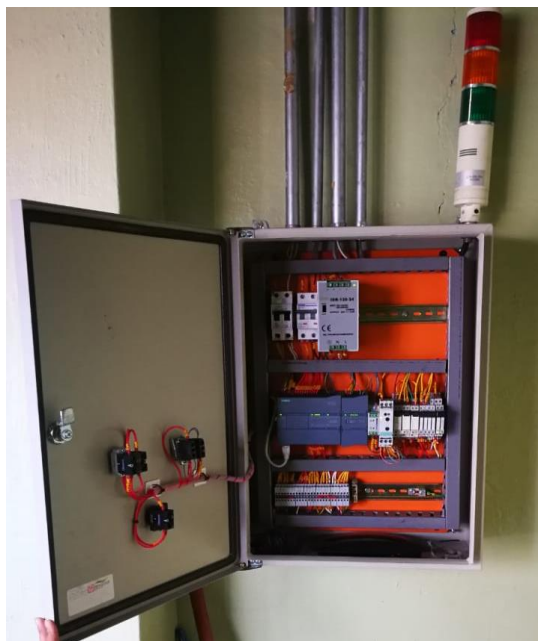


Figura 51. Control local del sistema

4.7. Armado de punto de datos y certificación

Se realizó el ruteo del cableado de datos por la tubería EMT, además se poncharon ambos extremos del cable de acuerdo con el estándar TIA/EIA-568-B, como se observa en la figura 52.



Figura 52. Armado de punto de datos

En la figura 53, se observa la certificación realizada del punto de datos para verificar que su longitud de enlace no sobrepase los 90m, y que exista continuidad en ambos extremos.



Figura 53. Certificación del punto de datos

4.8. Etiquetado del cableado y componentes

Para marcar los cables de señales de control y de fuerza se utilizaron anillos marcadores, y para etiquetar los tableros y elementos dentro del tablero se empleó cinta Brady.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Análisis del proyecto

Exhaustivamente se revisa que el proyecto cumpla con los requerimientos previstos, tanto local como remotamente.

Se prueban que todos los accionamientos que se encuentran en el tablero del caldero y en la pantalla del HMI cumplan efectivamente con la activación o desactivación de todas las salidas del presente proyecto.

5.1.1. Comunicación entre HMI, PLC Y PC

Se establece comunicación entre dispositivos (HMI, PLC, y PC), por conexión ethernet hacia el switch. Ver figura 54.



Figura 54. Comunicación entre dispositivos

5.1.2. Elaboracion del manual del operador

Se elabora un manual para el operador, en el cual se indica de manera específica el manejo del sistema con sus respectivos botones e interfaces, como se observa en el ANEXO F.

5.1.3. Pruebas realizadas

Los indicadores de estados del tablero 1, funcionan correctamente desde la pantalla del HMI y la baliza remota. Ver figura 55.



Figura 55. Caldero y bomba encendido tablero 2

Cuando la bomba se encuentra encendida, su estado se puede observar en la interfaz gráfica del HMI, como se muestra en la figura 56.



Figura 56. Bomba encendida desde la pantalla HMI.

El comportamiento de los indicadores es similar en los dos tableros, pero en el tablero 1 solo se enciende la baliza local ya que este no cuenta con panel HMI. Ver figura 54.



Figura 57. Caldero y bomba encendido tablero 1

Cuando se genera alguna alarma en el sistema, se enciende una luz parpadeante roja y una sirena, la cual se aprecia fácilmente desde afuera del cuarto de caldero cumpliendo su función de alarmar, tal como se aprecian en las figuras 58 y 59.



Figura 58. Luz y sirena en cuarto del caldero



Figura 59. Luz y sirena en oficina de mantenimiento

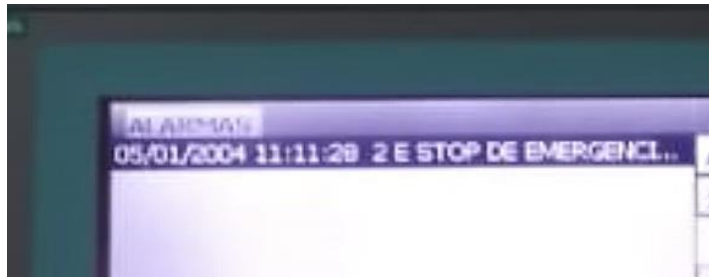


Figura 60. Visualización del tipo de alarma activada en la pantalla HMI

Las curvas de presión y temperatura muestran un valor fiel del parámetro que está siendo medido, y de manera visual se aprecia correctamente la fluctuación de datos a través del tiempo, además se cuenta con una tabla debajo de la gráfica, la cual muestra, en números, los valores que toman las curvas. Ver figura 61.

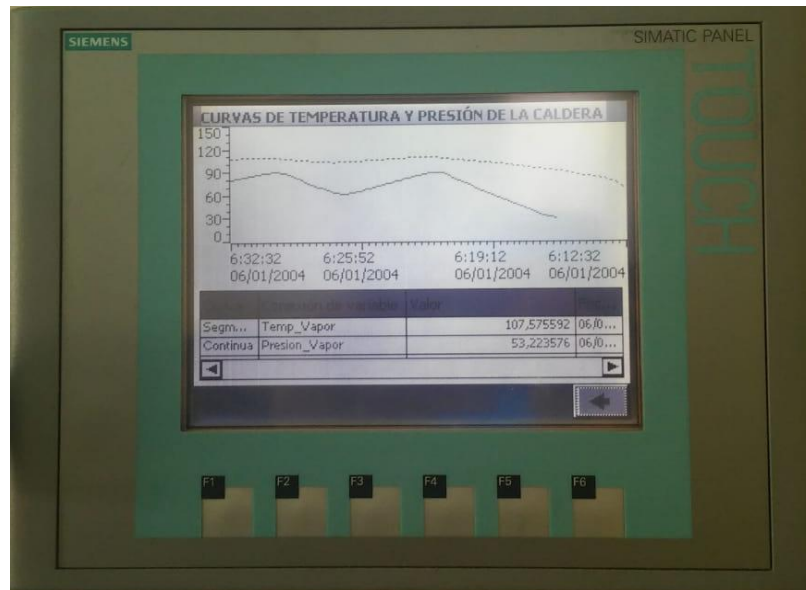


Figura 61. Curvas de temperatura y presión

CONCLUSIONES.

Mediante el sistema de supervisión y encendido remoto, se logró que el operador del autoclave de esterilización ya no se dirija al cuarto de caldero para encender el sistema, sino que mediante una llamada al departamento de esterilización los operadores en sitio enciendan el sistema.

El departamento de esterilización recibe vapor en menos tiempo, ya que el accionamiento del caldero se realiza más rápido.

El software de este proyecto está diseñado para que a futuro otros estudiantes puedan implementar más sensores y sistemas de adquisición de datos para su registro.

La implementación de sensores y tuberías fueron distribuidos de tal forma de que la caldera de ser necesario cambiar por una nueva, pueda ser sustituida sin ningún inconveniente.

El sistema de generación de vapor cuenta con alarmas de acuerdo con su funcionamiento, las cuales fueron automatizadas y sumados otros elementos tales como dos balizas luminosas y una sirena dando así mayor seguridad al sistema.

RECOMENDACIONES.

Probar todos los sensores, previo a su conexionado al PLC.

Realizar un mantenimiento cada 3 meses por cuestión limpieza y cada 6 meses del tablero eléctrico general con reajustes y verificación de terminales a bornas y elementos, ya que un falso contacto podría ocasionar una alarma en el sistema provocando así el paro del caldero.

Ejecutar mantenimientos periódicos al caldero, con la finalidad de estos sean preventivos mas no correctivos.

Es necesario purgar el agua del caldero después de cada uso, con el fin de eliminar las impurezas introducidas, ya que al no hacerlo hacemos que el sistema de la caldera sufra corrosiones y agrietamientos.

Se recomienda la instalación de una redcilla en el desagüe de la purga del caldero, con la finalidad de evitar tropezones o accidentes.

BIBLIOGRAFÍA.

- Alarcón, A., & Jirón, M. (2007). Implementación de un sistema de control mediante PLC para un horno de una fábrica de acero. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/589/1/CD-0983.pdf>
- Alvarado, C., & Méndez, M. (2014). Mejoramiento del tratamiento de desechos hospitalarios por esterilización en autoclaves. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2877/1/T-UCE-0017-81.pdf>
- Arian Control & Instrumentación. (s.f.). Pt100, su operación, instalación y tablas. Recuperado el 30 de junio de 2019, de Arian Control & Instrumentación: <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
- Arian Control & Instrumentación. (s.f.). Pt100, su operación, instalación y tablas. Recuperado el 40 de junio de 2019, de <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
- Autycom. (17 de Agosto de 2018). QUE ES UN SISTEMA HMI? Recuperado el 25 de junio de 2019, de <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-hmi/>
- Borja, J. (12 de diciembre de 2014). Supervisión de la instalación del sistema de vapor y condensado en la cocina, lavandería y área de esterilización en la construcción del Hospital Docente Calderón. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9017>
- Bravo, G. (2015). Diseño e implementación de un sistema SCADA. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/669/1/te309.pdf>
- Caicedo, F., & Núñez, P. (2011). Montaje y aplicación de una pantalla táctil para la simulación de procesos industriales. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1647/1/25T00146.pdf>
- Calderón, M. (abril de 2019). Diseño del plan de mantenimiento de los equipos de caldera para prevenir los riesgos y evitar accidentes laborales en el Hospital Universitario de Guayaquil. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad de Guayaquil:

[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41182/1/MARVIN%20CALDERO N%20LAVAYEN.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41182/1/MARVIN%20CALDERO%20N%20LAVAYEN.pdf)

- Carrillo, M., & Morales, F. (2015). Implementación de un módulo de Clasificación por materiales y tamaños con el PLC y pantalla táctil para el laboratorio de control y automatización de procesos industriales de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la ESPOCH. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5002/1/15T00639.pdf>
- Casilla, C., & Reyna, J. (2016). Diseño de un sistema de control automático para optimizar el manejo del equipo de autoclave de vapor en la central de esterilización del Hospital Cayetano Heredia. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad de Ciencias y Humanidades: <http://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/uch/48/casilla-jancco-claudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castañeda, J., & Gañán, L. (2016). Diseño e implementación de un sistema SCADA para una estación multivariable didáctica. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Tecnológica de Pereira: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8317/6298G111.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Claudio, B. (2015). Estrategias para mejorar el proceso de esterilización del material quirúrgico evitando infecciones en las heridas de los pacientes que acuden al centro de salud La Maná. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes: <http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/1029/1/TUALENF011-2015.pdf>
- Corleto, L. (2015). Eficacia de los procesos de esterilización mediante indicadores biológicos en una unidad de esterilización. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad de San Carlos de Guatemala: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/478/1/Corleto%20Alvarez.pdf>
- Cortes, J., & Suárez, U. (18 de marzo de 2015). Diseño del sistema de control de procesos para una autoclave híbrida. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio del Instituto Politécnico Nacional: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/13955/1/DISE%C3%91O%20DEL%20SISTEMA%20DE%20CONTROL%20DE%20PROCESOS%20PARA%20UNA%20AUTOCLAVE%20HIBRIDA.pdf>
- Cruz, M. (2014). Diseño sustentable para una autoclave. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de

México:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7145/DISE%C3%91O%20SUSTENTABLE%20PARA%20UNA%20AUTOCLAVE.pdf?sequence=1>

Cuzco, G., & Mejía, P. (2010). Desarrollo de un sistema HMI para la supervisión de caudales. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Nacional de Chimborazo:

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/812/1/UNACH-EC-IET-2010-0002.pdf>

Danfoss. (s.f.). Transmisores de presión. Recuperado el 01 de 07 de 2019, de <https://store.danfoss.com/es/es/Automatizaci%C3%B3n-Industrial/Transmisores-de-presi%C3%B3n/Transmisores-de-presi%C3%B3n%C2%A0/c/5006>

Eland Cables. (2017). Cables Belden. Recuperado el 30 de julio de 2019, de <https://www.elandcables.com/es/electrical-cable-and-accessories/cables-by-type/belden-cable>

Flores, M., & Vera, G. (15 de septiembre de 2017). Diseño del sistema de control y monitoreo para la distribución del producto terminado hacia las líneas de envasado dentro de una fábrica de detergente, utilizando las plataformas WinCC y STEP 7 con el PLC S7-400 de Siemens, a través de una red PROFIBUS DP. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/40774/D-CD38132.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

García, J., & Terán, P. (mayo de 2015). Diseño e implementación de un sistema SCADA en el sistema modular de producción, para la creación de una bodega inteligente, en la estación de almacenamiento, mediante el control con el PLC S7-300 y el protocolo de comunicación Ethernet. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10168/1/UPS%20-%20ST001805.pdf>

González, S., & Malca, S. (2015). Control y supervisión automatizada para la integración de los sistemas de producción y distribución de agua para inyección del laboratorio farmacéutico Medifarma S.A. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/887/BC-TES-4022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Google Maps. (2019). Hospital León Becerra de Guayaquil. Recuperado el 1 de 07 de 2019, de https://www.google.com/maps/place/Hospital+Le%C3%B3n+Becerra+de+Guayaquil/@-2.2138739,-79.8875942,15z/data=!4m2!3m1!1s0x0:0x841ca00bb3f5c376?sa=X&ved=2ahUKEwiy6pHfw9nkAhWDdt8KHUOkAlgQ_BlwCnoECA0QCA
- Grueso, J. (2008). Implementación de una Interfaz HMI para la operación del módulo control de procesos del laboratorio de robótica. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de Universidad de la Salle: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16663/T44.08%20G922i.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gusque, F. (septiembre de 2016). Propuesta de implementación de sistema SCADA en barrio 10 de agosto. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15805/1/TESIS%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20SCADA%20-%20ING.%20FAUSTO%20GUSQUE%20QUINDE%200..pdf>
- Gutiérrez, M. (2017). Implementación de un sistema SCADA para la dosificación de piezas con interfaz táctil y PLC. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Nacional Autónoma de México: <http://132.248.9.195/ptd2017/marzo/0756328/0756328.pdf>
- Hernández, A., Camacho, O., Espinosa, O., Galindo, L., & Gutiérrez, A. (abril de 2007). Diseño y construcción de un sistema básico de interacción y acción con procesos reales reconfigurable y de bajo costo HMI-CIC. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio del Instituto Politécnico Nacional: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8646/1/Verde118.pdf>
- Hernández, M., & Ledesma, D. (2010). Desarrollo de un sistema SCADA para la medición de voltajes con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/1137/1/25T00140.pdf>
- Infootec.net. (2018). Relé electromecánico. Recuperado el 30 de junio de 2019, de Infootec.net: <https://www.infootec.net/rele-electromecanico/>
- infoPLC.net. (2019). Automatización Industrial, Robótica e Industria 4.0. Recuperado el 01 de 09 de 2019, de <https://www.infoplcn.net/descargas/162->

siemens/pantallas-hmi/1866-empezar-a-trabajar-con-wincc-en-el-tia-portal-con-la-ktp600

- Ingenieria para todos. (2019). Introducción al PLC S7-1200 El controlador lógico programable (PLC). Recuperado el 30 de julio de 2019, de <https://www.ingenieriaparatodos.com/2016/10/s7-1200.html>
- Jiricek, J. (junio de 2007). Diseño y modelado de un autoclave de calor residual de gases de escape. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio del MIT: <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/40444/191730700-MIT.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Lojan, E., & Iñiguez, D. (2009). Diseño de un sistema HMI/SCADA para una planta de clasificación con Visión Artificial. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad del Azuay: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/258/1/07542.pdf>
- Masvoltaje.com. (s.f.). SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta, AC/DC/Relé. Recuperado el 02 de 08 de 2019, de <https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1198-simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-ac-dc-rele-6940408101319.html>
- Mera, E. (2016). Diseño de autoclave para la esterilización de desechos peligrosos hospitalarios en la ciudad de Guayaquil. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad de Guayaquil: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12885/1/TESIS%20MGA%20011_%20MAESTRIA%20TERMINADA.pdf
- Moromenacho, T. (abril de 2015). Diseño e implementación de un sistema Scada para la supervisión y control de la Central Térmica UNACEM-Cementos Selva Alegre. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/10272/T-ESPE-048818-D.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Mundo Compresor. (2019). Transmisor de Presión. Recuperado el 30 de junio de 2019, de Mundo Compresor - Portal industrial: <https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/transmisor-de-presion1>
- Newark An Avnet Company. (2019). 6EP1332-1SH43 - Fuente de Alimentación Carril DIN AC/DC, ITE, 1 Salida, 60 W, 24 VDC, 2.5 A. Recuperado el 30 de junio de 2019, de <https://mexico.newark.com/siemens/6ep1332-1sh43/ac-dc-converter-din-rail-1-o-p/dp/03M4788>
- Nueva Feria Argentina. (2018). Termoresistencias RTD Pt-100, Pt500, Pt-1000 Y Ni-100. Recuperado el 20 de 05 de 2019, de

<https://www.nuevaferia.com.ar/m-p.asp?n=Termoresistencias.-RTD-Pt-100,-Pt-500,-Pt-1000-y-Ni-100.|Mediterm-SRL&i=3939>

Ochoa, A., & Veloz, J. (2012). Montaje y Diseño de un Módulo para la Simulación del funcionamiento de una lavadora industrial utilizando una pantalla táctil con HMI. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo:

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2984/1/25T00190.pdf>

Pacheco, M. (2015). Automatización de un proceso industrial mediante autómatas. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universitat Politècnica de Valencia:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/58883/PACHECO-automatizacion.pdf?sequence=5>

Pérez, Francisco. (16 de Noviembre de 2017). AUTRACEN: WALKING THROUGH INDUSTRY 4.0. Recuperado el 25 de junio de 2019, de AUTRACEN: <http://www.autracen.com/conoce-la-interfaz-hmi/>

Piñeros, G. (2014). Diseño de un sistema automático para el control y supervisión de una autoclave. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad de La Salle:

<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21799/T44.14%20P658d.pdf?sequence=3>

Prutz, S. (2005). El papel de SCADA en el desarrollo de una empresa esbelta para operaciones de aguas residuales municipales. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio del MIT:

<https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/32471>

Pusdá, M. (2013). Auditoría energética del consumo de vapor en el área de esterilización del Hospital Carlos Andrade Marín. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional:

<https://es.scribd.com/document/240341327/Auditoria-Energetica-Del-Consumo-de-Vapor-en-El-Area-de-Esterilizacion-Del-Hospital-Carlos-Andrade-Marin>

Quezada, J., Quezada, V., Bautista, J., & Flores, E. (2014). Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Revistas UNAM - Ingeniería, Investigación y Tecnología en cosechado: <http://revistas.unam.mx/index.php/ingenieria/article/view/45791/41079>

Rey, D. (2019). Valorización de la eficacia del proceso de esterilización instrumental odontológico por autoclave y calor seco. Recuperado el 3 de septiembre de

2019, de Repositorio de la Universidad Nacional de Loja:
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21621/1/TESIS%20DIEGO%20REY.pdf>

Rojas, X., & Correa, G. (Abril de 2015). Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión HMI para máquina barnizadora de la empresa "El Telégrafo". Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10403/1/UPS-GT001448.pdf>

Salazar, D., & Villacreses, A. (2015). Diseño e implementación de un sistema SCADA para monitoreo de flujo y temperatura del sistema de llenado aséptico de jugo de maracuyá en la agroindustria Frutas de la Pasión Cía. Ltda. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10430/1/UPS-GT001516.pdf>

Sánchez, C., & Castillo, T. (2010). Implementación de un Sistema Scada para Integrar a Varios Dispositivos de Automatización en el Monitoreo y Control de un Prototipo de Invernadero de Rosas para la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato:
http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/190/3/Tesis_t540id.pdf

Sánchez, L., & Abonza, J. (junio de 2008). Sistema de supervisión control y adquisición de datos para el ahorro de energía. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio del Instituto Politécnico Nacional de México:

<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/5726/1/Tesis%2011680.pdf>

SanMarco, E. (diciembre de 2017). Propuesta de plan de validación del proceso de esterilización por calor húmedo en una central de esterilización de un hospital público de máxima complejidad. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Nacional de Córdoba:
<https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/6440/PI-IB-Sanmarco%2C%20Elena%20Mar%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Seminario, L. (2017). Eficacia en el proceso de esterilización empleado en la clínica odontológica de la UNA - PUNO 2016. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno:

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4781/Seminario_Castillo_Lizabeth_Nohelia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Serra, M. (2013). Guía para el manejo de autoclave en la central de esterilización del Hospital Universitario de Ceuta. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Insituto Nacional de Gestión Sanitaria - España: <http://www.ingesa.mscbs.gob.es/estadEstudios/documPublica/internet/pdf/Autoclave.pdf>

Siemens. (Noviembre de 2009). SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200 Manual de sistema. Recuperado el 30 de junio de 2019, de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

Siemens AG. (14 de junio de 2004). Electricidad General - Fuentes de alimentación SITOP / LOGO. Recuperado el 30 de junio de 2019, de <http://www.electricidadgeneral.com/descargas/automatizacion/Fuentes%20Sitop%20y%20Logo%20Power.pdf>

Siemens AG. (2011). SIMATIC HMI:Centrados en lo esencial: SIMATIC HMI Basic Panels. Recuperado el 25 de junio de 2019, de <https://www.fametal.com/wp-content/uploads/2014/12/Paneles-HMI-Basicos.pdf>

Siemens AG. (2012). Documentación didáctica SCE para la solución de automatización homogénea Totally Integrated Automation (TIA). Recuperado el 30 de junio de 2019, de https://w3.siemens.com/mcms/sce/de/fortbildungen/ausbildungsunterlagen/tia-portal_module/tabcardseiten/Documents/SCE_ES_010-080_R1209_S7-1200_HMI.pdf

Siemens AG. (2019). SIMATIC S7-1200. Recuperado el 30 de julio de 2019, de https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/controlador_basico_s71200/pages/s7-1200.aspx

Siemens AG. (2019). SIMATIC WinCC (TIA Portal) ES. Recuperado el 30 de junio de 2019, de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/tia-portal/hmi-sw-tia-portal/wincc-tia-portal-es/pages/default.aspx#Ventajas>

Simba, D. (junio de 2018). Diseño e implementación de un módulo electro-neumático didáctico para el laboratorio de mandos neumáticos de la EPN. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19477/1/CD-8874.pdf>

- SRC. (4 de abril de 2019). ¿Qué es un sensor PT100? Recuperado el 30 de junio de 2019, de SRC: <https://srcsl.com/que-es-un-sensor-pt100/>
- SRC. (4 de abril de 2019). ¿QUÉ ES UN SENSOR PT100? Recuperado el 30 de junio de 2019, de <https://srcsl.com/que-es-un-sensor-pt100/>
- Thomas, M. (1999). Modelado de interacción hombre-máquina en sistemas de producción para diseño de equipos. Recuperado el 3 de septiembre de 2019, de Repositorio del MIT: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/80503>
- Vaca, E. (20 de marzo de 2019). Implementación de un sistema scada mediante el software intouch para el control y visualización de procesos industriales. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8916>
- Vargas, S. (2014). Diseño e implantación de un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) para el proyecto USFQ-MOPS (Measurement of Ozone Production Sensor). Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de Repositorio de la Universidad San Francisco de Quito: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3195/1/000110557.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. CRONOGRAMA DE DURACION DEL PROYECTO

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Implementación de sensores y equipos.	■					
Culminar correcciones de errores.		■				
Automatizar electrónicamente el proceso de generación de vapor mediante un PLC.		■	■	■		
Elaboración de SCADA.			■	■		
Culminar el libro de titulación.					■	■

Tabla 3. Cronograma de proyecto de tesis

ANEXO B. PRESUPUESTO GENERAL DE MATERIALES UTILIZADOS

ELEMENTO	CANTIDAD	PREC-UNIT	PRECIO TOTAL
Tubo E.M.T. 3/4"	15	\$ 4,57	\$ 68,55
Unión E.M.T. 3/4"	15	\$ 0,21	\$ 3,15
Tubo E.M.T. IPAC 1/2"	15	\$ 4,00	\$ 60,00
Condulet tipo C 1/2	3	\$ 2,03	\$ 6,09
Condulet tipo C 3/4	2	\$ 2,52	\$ 5,04
Caja met. Dob. Fondo 30x30x16cm para PLC	1	\$ 42,40	\$ 42,40
Caja met. Dob. Fondo 60x40x20cm Liviana para HMI	1	\$ 57,65	\$ 57,65
Riel Din	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Cable TFF Flexible AWG #18 negro	200	\$ 0,21	\$ 42,22
Cableado de cobre Cat6 LANPRO grey	30	\$ 0,60	\$ 18,00
Cable EKKK Mult telf. 3P CAT.3	30	\$ 0,58	\$ 17,52
Cinta Brady Autolaminada de 1,50"	1	\$ 39,50	\$ 39,50
Cinta Brady Vinyl Blanco de 3/4"	1	\$ 27,00	\$ 27,00
Grapa EMT de 3/4"	20	\$ 0,07	\$ 1,40
Grapa EMT de 1/2	20	\$ 0,07	\$ 1,40
Taco Fisher F6	50	\$ 0,02	\$ 1,00
Tornillo de 1" x 8 mm cabeza avellanada	50	\$ 0,02	\$ 1,00
Tornillo de 1 1/2" x 10 mm cabeza avellanada	10	\$ 0,05	\$ 0,50
Acople para sensor y transductor HN	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Alambre galvanizado No. 18	1	\$ 1,00	\$ 1,00
Cable Conc. Sucre Flexib 4x18	10	\$ 0,91	\$ 9,09
Cable Conc. Sucre Flexib 3x18	30	\$ 0,73	\$ 21,83
Conector E.M.T. de 1/2"	10	\$ 0,24	\$ 2,38
Union E.M.T. de 1/2"	10	\$ 0,24	\$ 2,38
Conector E.M.T. de 3/4"	10	\$ 0,27	\$ 2,70
Paquete de amarrasa plasticas de 10 CM	2	\$ 0,61	\$ 1,22
Cinta de papel	1	\$ 0,80	\$ 0,80
Cinta Aislante color negro	1	\$ 0,75	\$ 0,75

Canaleta ranurada de 30x40 mm Dexson	1	\$ 12,00	\$ 12,00
Accesorios para colocar sensor electrodo en tanque de agua caliente	1	\$ 120,00	\$ 120,00
Accesorios para colocar sensor RTD y transductor de presion	1	\$ 80,00	\$ 80,00
Funda BX 1/2"	10	\$ 1,55	\$ 15,52
Conector F. Sellada 1/2"	8	\$ 0,95	\$ 7,56
Plug RJ45 Categoría 6	2	\$ 0,30	\$ 0,60
Capuchones	2	\$ 0,10	\$ 0,20
Canal Estructural Troquelado (CHANNEL)	2	\$ 5,34	\$ 10,68
Grapas channel de 3/4"	20	\$ 0,15	\$ 3,00
Grapas channel de 1/2"	20	\$ 0,15	\$ 3,00
SUBTOTAL			\$ 717,63
IVA 12%			\$ 86,12
TOTAL			\$ 803,75

Tabla 4. Material utilizado para el cableado

ELEMENTO	CANTIDAD	PREC-UNIT	TOTAL
Sensor RTD 0 - 300° C de 4" largo rosca de 1/2 NPT	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Transductor de presión 0 200 psi 4 - 20 mA toma fe 3/4 NTP	1	\$ 180,00	\$ 180,00
Breaker de 2 polos 2A riel	4	\$ 5,00	\$ 20,00
Mini relé 24 DC con base	6	\$ 30,00	\$ 180,00
Supervisor de nivel	1	\$ 67,00	\$ 67,00
Electrodos	3	\$ 20,00	\$ 60,00
Mini relé de 120 V con base	3	\$ 30,00	\$ 90,00
Baliza de 3 nivel	2	\$ 50,00	\$ 100,00
Contactador trifásico telemecanique LC1D32 Bobina 220 AC + 1 NA 1NC	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Stop de emergencia	2	\$ 8,00	\$ 16,00
Selector on - off	1	\$ 3,00	\$ 3,00
PLC Siemens	1	\$ -	\$ -
HMI	1	\$ -	\$ -
Fuentes de 24 V de 2.5 amp	2	\$ 50,00	\$ 100,00
Módulo de RTD	1	\$ -	\$ -
Módulo de entrada analógica configurable de 0 a 10 V 4 - 20 Ma	1	\$ -	\$ -
SUBTOTAL			\$926,00
IVA 12%			\$111,12
TOTAL			\$1037,12

Tabla 5. Elementos utilizados para las conexiones eléctricas y electrónicas

ANEXO C. DISEÑO DE TABLEROS 1 Y 2

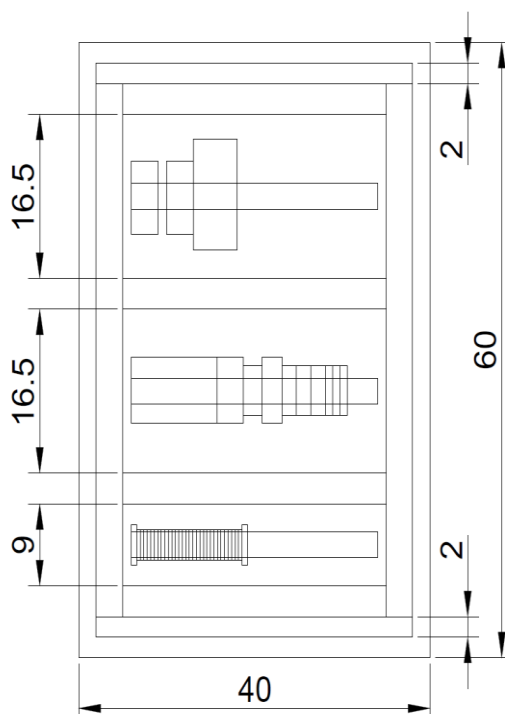


Figura 62. Medidas utilizadas para el tablero 1

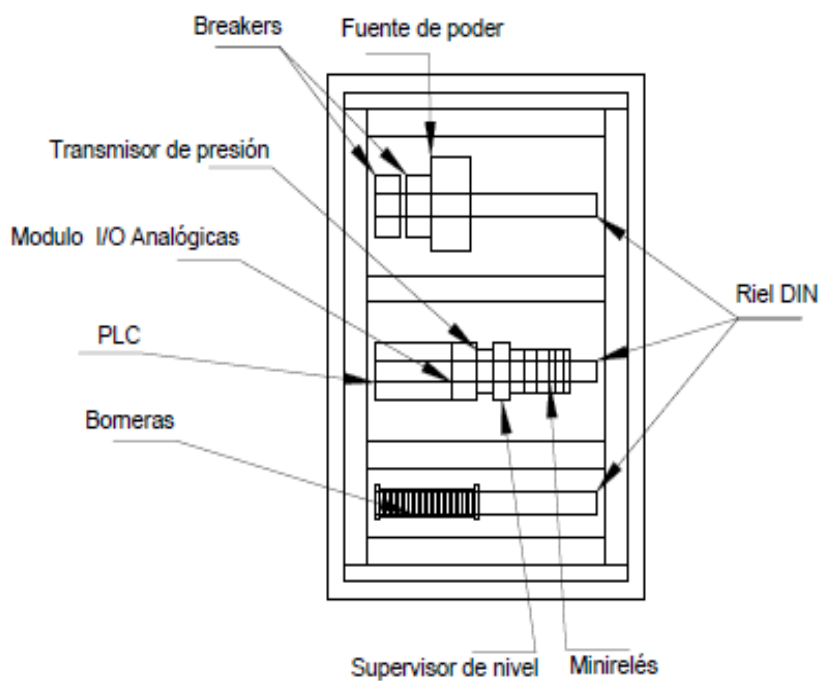


Figura 63. Componentes instalados en el tablero 1

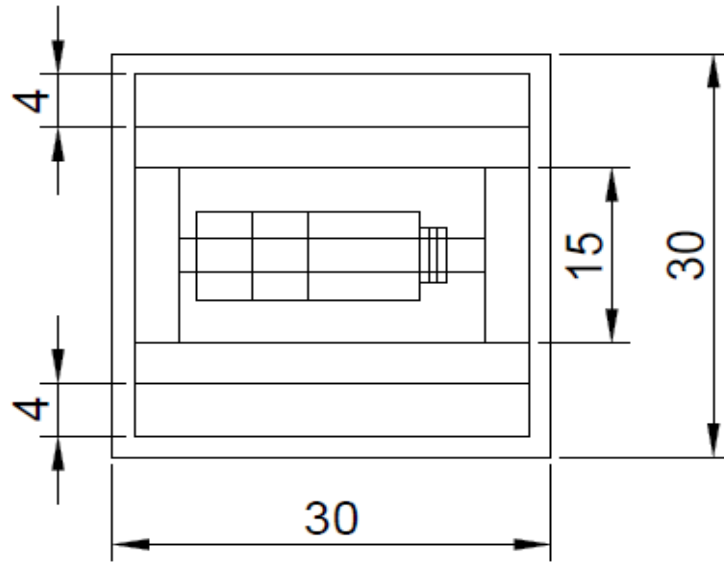


Figura 64. Medidas utilizadas para el tablero 2

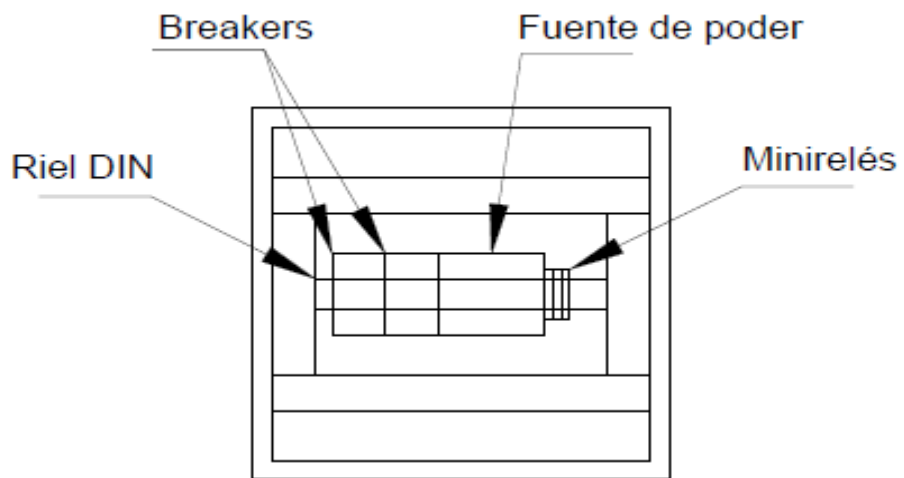


Figura 65. Componentes instalados en el tablero 2

ANEXO D. DIAGRAMAS

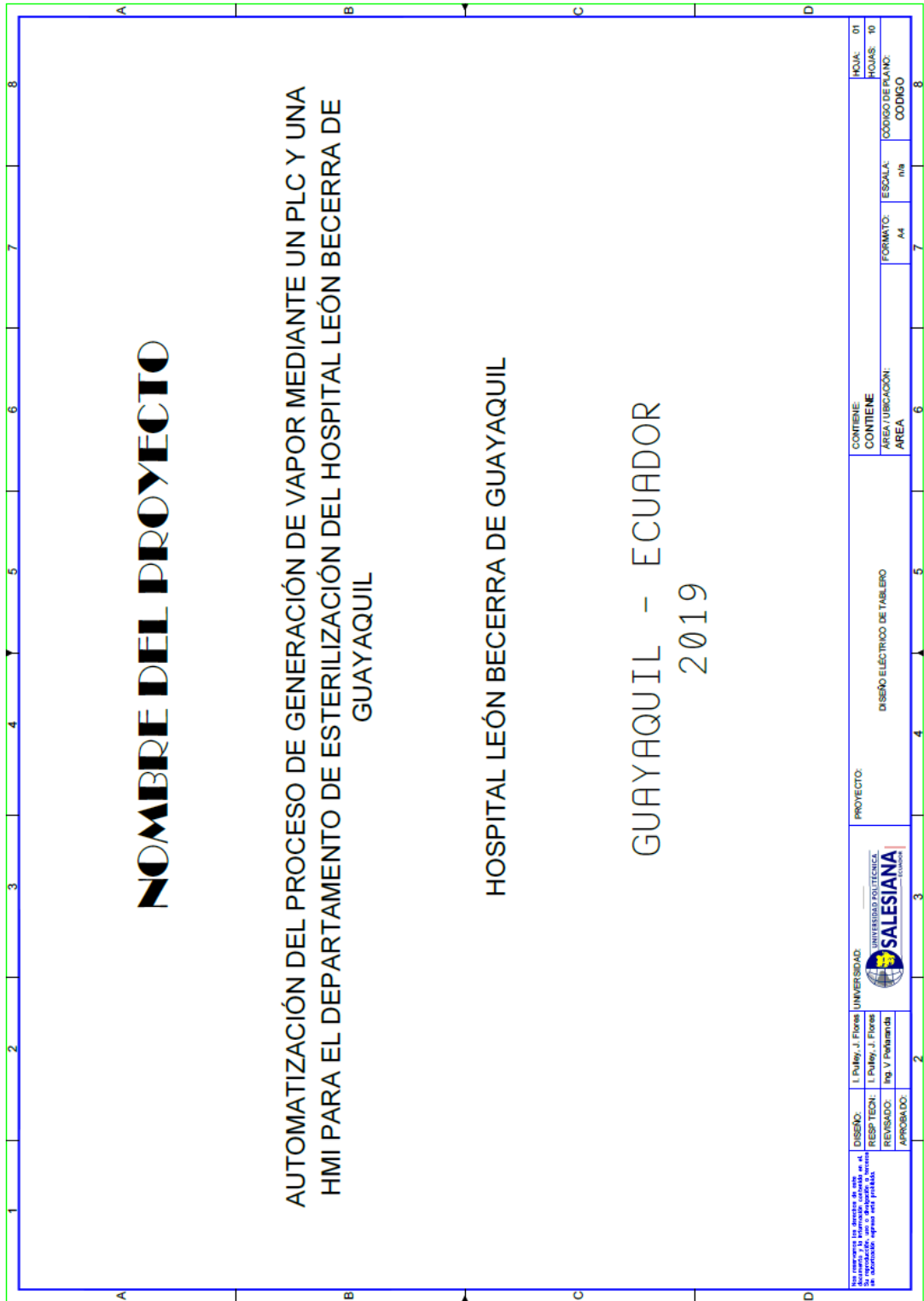


Figura 66. Sumarios de planos – AUTOCAD 1

Hoja	Descripción	Fecha de revisión
01	Presentación	01 - 09/09/2019
02	Sumario	01 - 09/09/2019
03	Simbología	01 - 09/09/2019
04	Bomba de caldero	01 - 09/09/2019
05	Transformación de voltaje	01 - 09/09/2019
06	Fuente de voltaje y PLC	01 - 09/09/2019
07	Entradas digitales I0.0 - I1.0	01 - 09/09/2019
08	Fuente de voltaje y HMI	01 - 09/09/2019
09	Salidas digitales Q0.0 - 00.6	01 - 09/09/2019
10	Transductor de presión y Sensor PT100	01 - 09/09/2019

SUMARIO		PROYECTO:		CONTIENE:		HUAJ - 02	
UNIVERSIDAD SALESIANA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		DISEÑO ELÉCTRICO DE TABLERO		CONTIENE		HOJAS 10	
DISEÑO: I. Pulay, J. Flores		DISEÑO ELÉCTRICO DE TABLERO		ÁREA/UBICACIÓN:		FORMATO: ESCALA:	
RESP TEND: I. Pulay, J. Flores		DISEÑO ELÉCTRICO DE TABLERO		ÁREA		A4	
REVISADO: V. Polvareda		DISEÑO ELÉCTRICO DE TABLERO		ÁREA		n/a	
APROBADO:		DISEÑO ELÉCTRICO DE TABLERO		ÁREA		CODIGO	
APROBADO:		DISEÑO ELÉCTRICO DE TABLERO		ÁREA		CODIGO	

Figura 67. Sumarios de planos – AUTOCAD 2

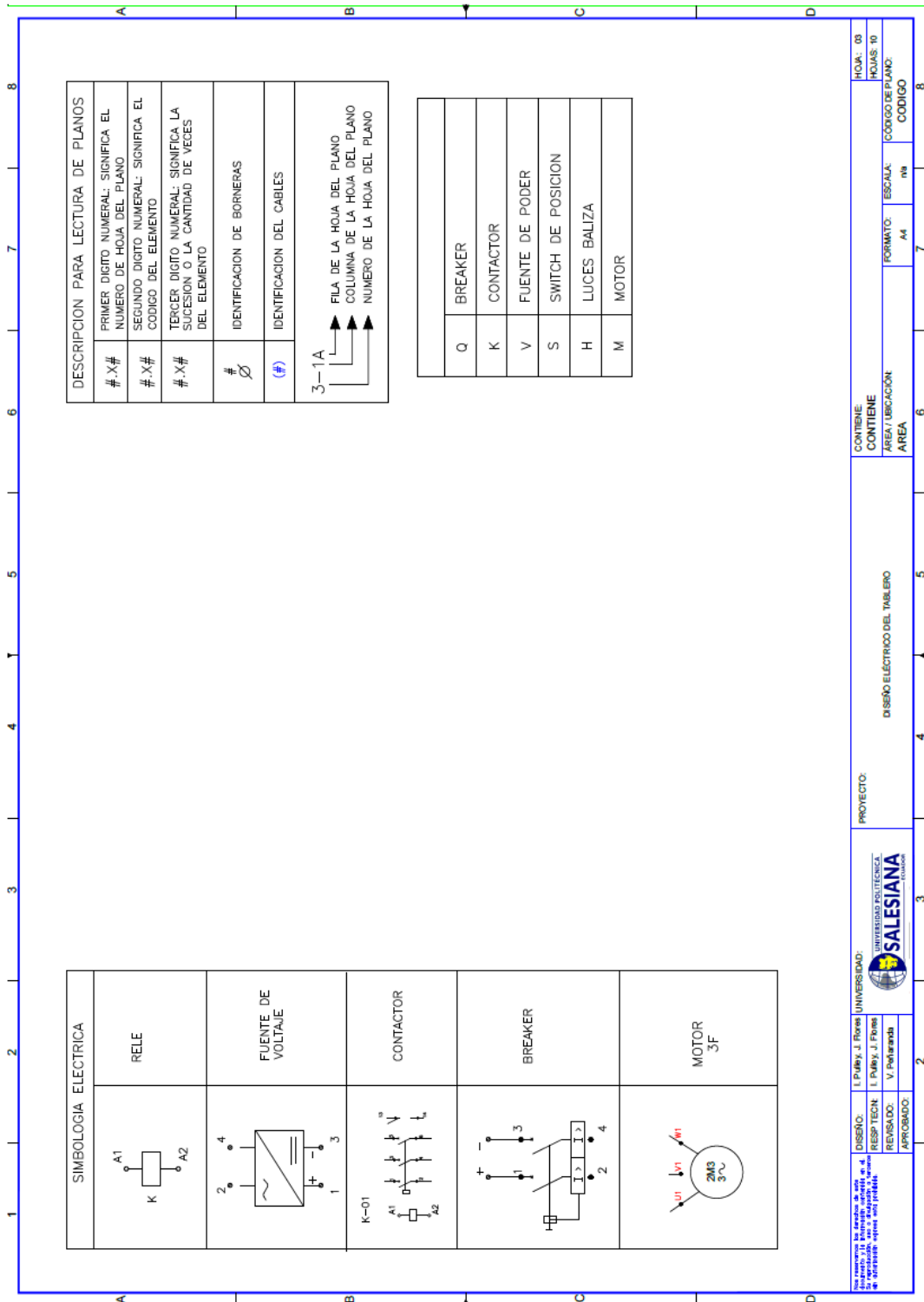


Figura 68. Sumarios de planos – AUTOCAD 3

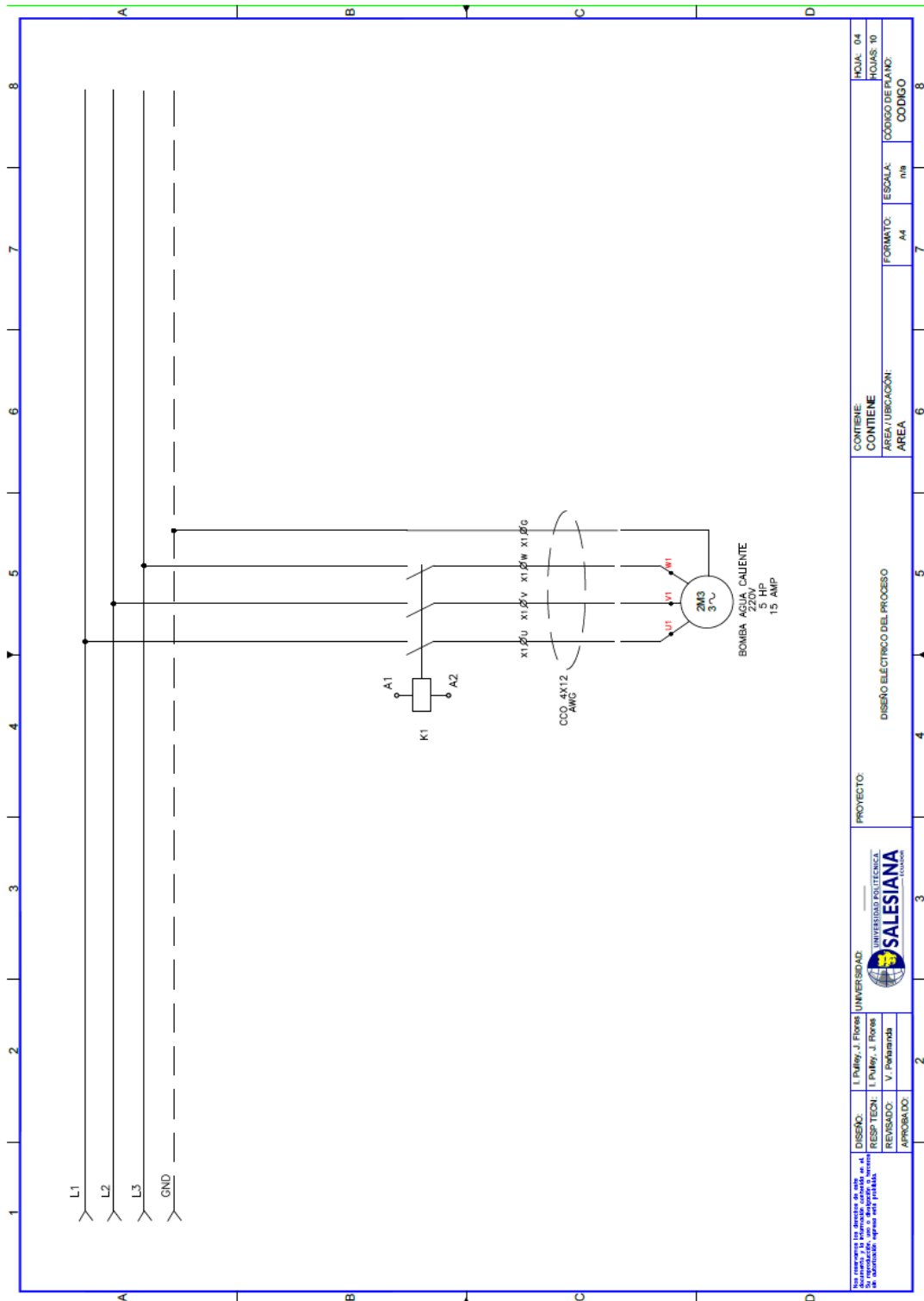
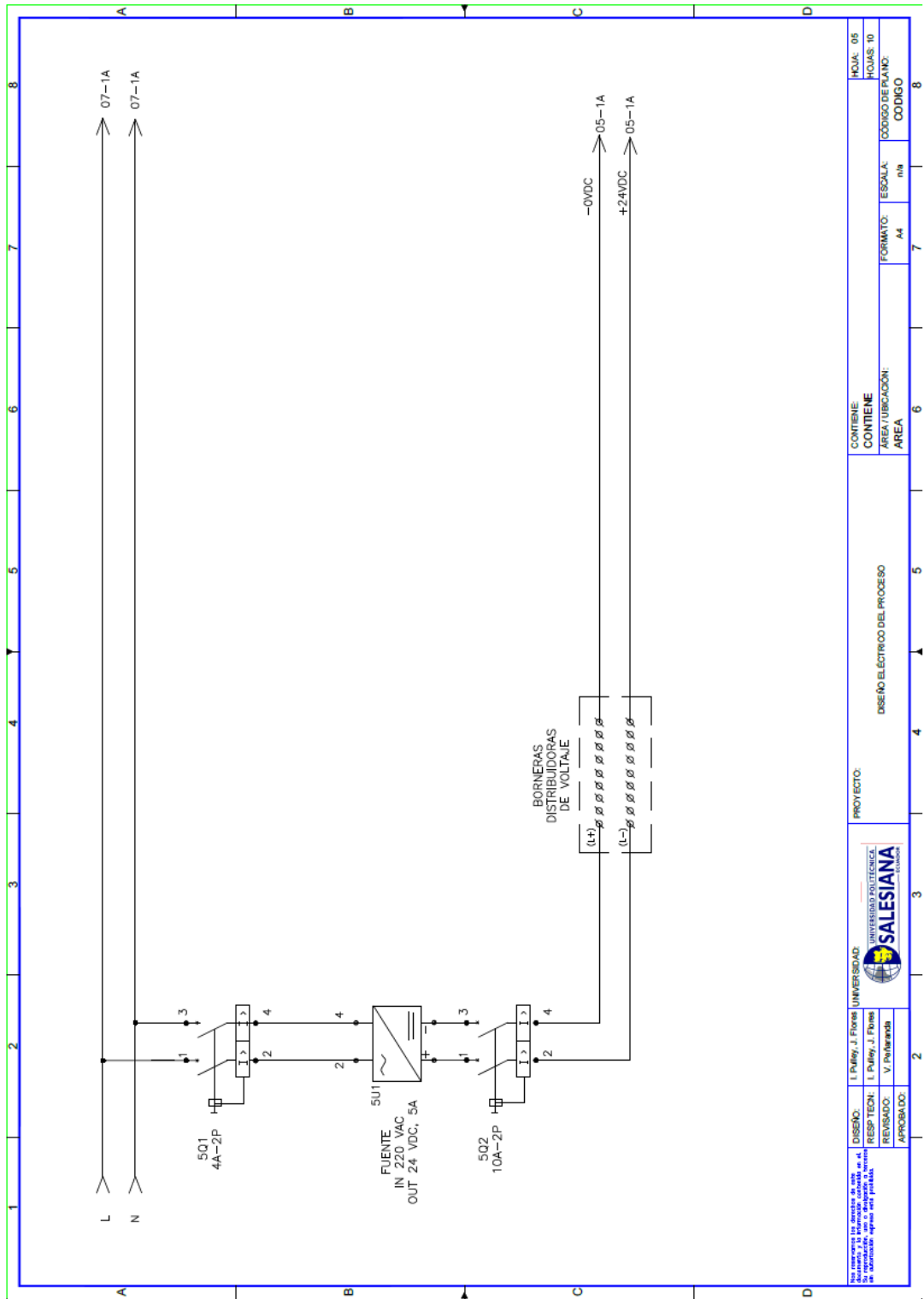
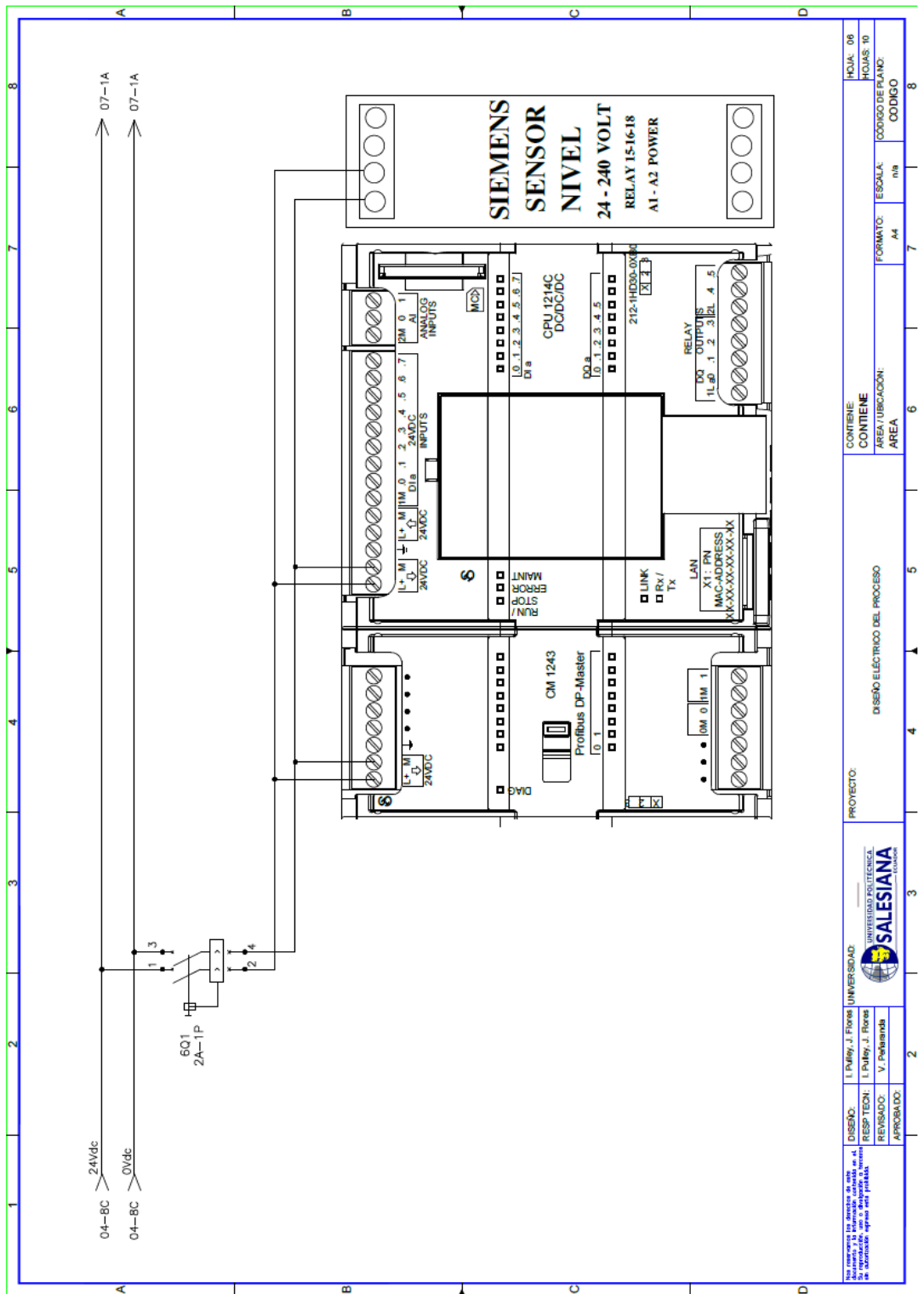


Figura 69. Sumarios de planos – AUTOCAD 4



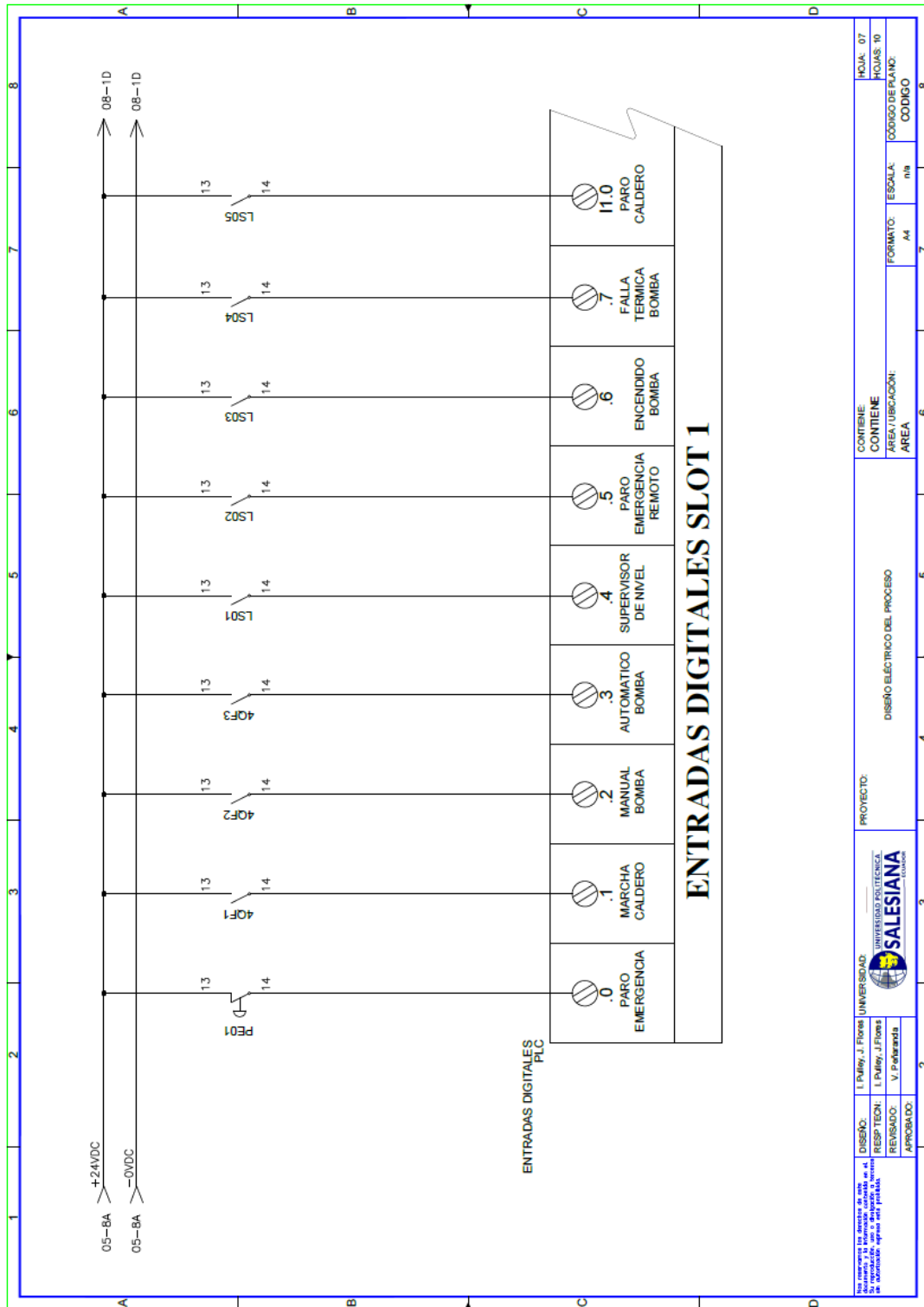
DISEÑO: L. Paluy, J. Flores RESP. TECH: L. Paluy, J. Flores REVISADO: V. Pulvirenti APROBADO:	UNIVERSIDAD SALESIANA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA	PROYECTO:		DISEÑO ELÉCTRICO DEL PROCESO		CONTIENE:		HOJA: 05	
		AREA / UBICACION:		AREA:		ESCALA:		HOJAS: 10	
		FORMATO: A4		NÚM:		CODIGO DE PLANO:		8	

Figura 70. Sumarios de planos – AUTOCAD 5



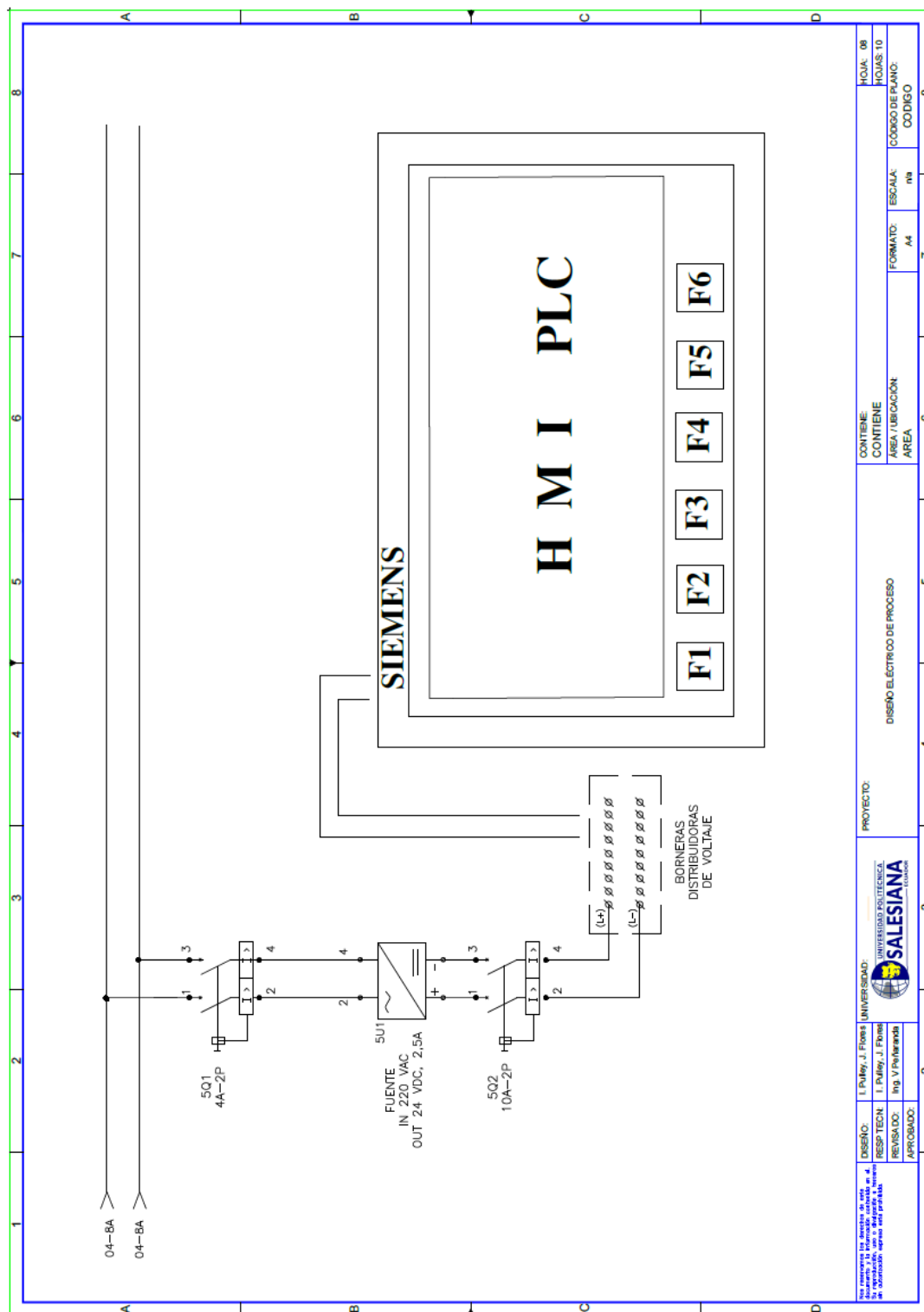
DISEÑO: I. Pulay, J. Flores REVISADO: I. Pulay, J. Flores APROBADO: V. Palomares		UNIVERSIDAD SALESIANA <small>UNIVERSIDAD POLITECNICA</small>		PROYECTO: DISEÑO ELECTRICO DEL PROCESO		CONTENIDO: CONTIENE AREA/UBICACION: AREA		FORMATO: A4		ESCALA: n/n		CODIGO DE PLANO: CODIGO	
		HDA: 06 HDA: 10											

Figura 71. Sumarios de planos – AUTOCAD 6



No se permite la entrega de este proyecto sin la conformidad de la Universidad Salesiana. Si se entrega sin la conformidad de la Universidad Salesiana, se entenderá que se entrega sin la conformidad de la Universidad Salesiana.	DISEÑO: L. Pulley, J. Flores REVISIÓN: L. Pulley, J. Flores REVISADO: V. Palmarola APROBADO:	UNIVERSIDAD SALESIANA INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ELECTRÓNICA	PROYECTO: DISEÑO ELÉCTRICO DEL PROCESO
HOJA: 07 HOJAS: 10	CONTIENE: CONTIENE	AREA/UBICACIÓN:	CÓDIGO DE PLANO:
ESCALA:	FORMATO:	AREA:	CÓDIGO:

Figura 72. Sumarios de planos – AUTOCAD 7



<small>Este documento es propiedad de SALESIANA y no puede ser reproducido ni utilizado sin la autorización expresa del propietario.</small> DISEÑO: I. Pulay, J. Flores RESP. TECN: I. Pulay, J. Flores REVISADO: Ing. V. Pizarro APROBADO:	UNIVERSIDAD SALESIANA SALESIANA <small>COLONIA</small>	PROYECTO: DISEÑO ELECTRICO DE PROCESO	CONTIENE:	HUJA: 08
			AREA / UBICACION: AREA	FORMATO: A4 ESCALA: na

Figura 73. Sumarios de planos – AUTOCAD 8

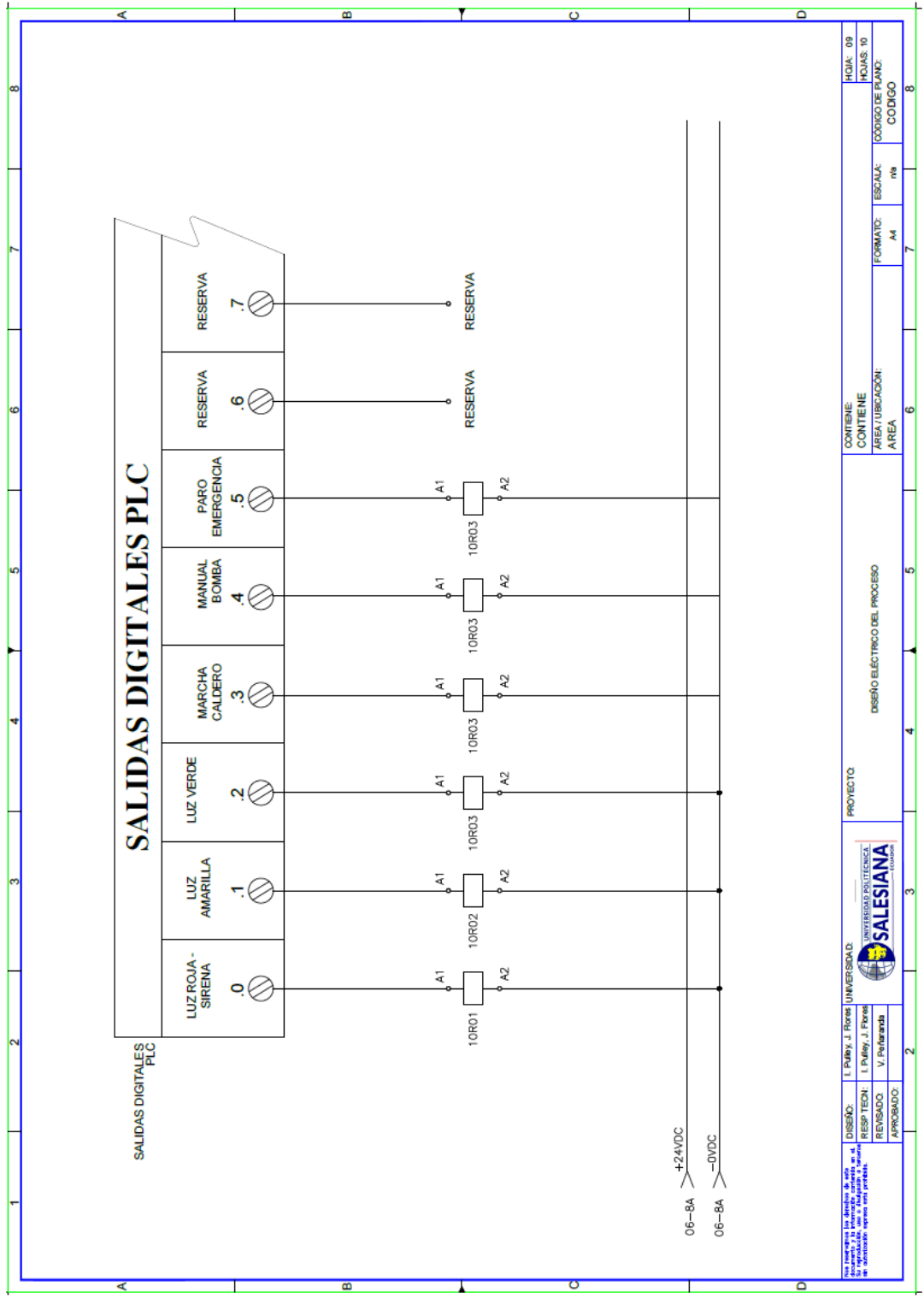


Figura 74. Sumarios de planos – AUTOCAD 9

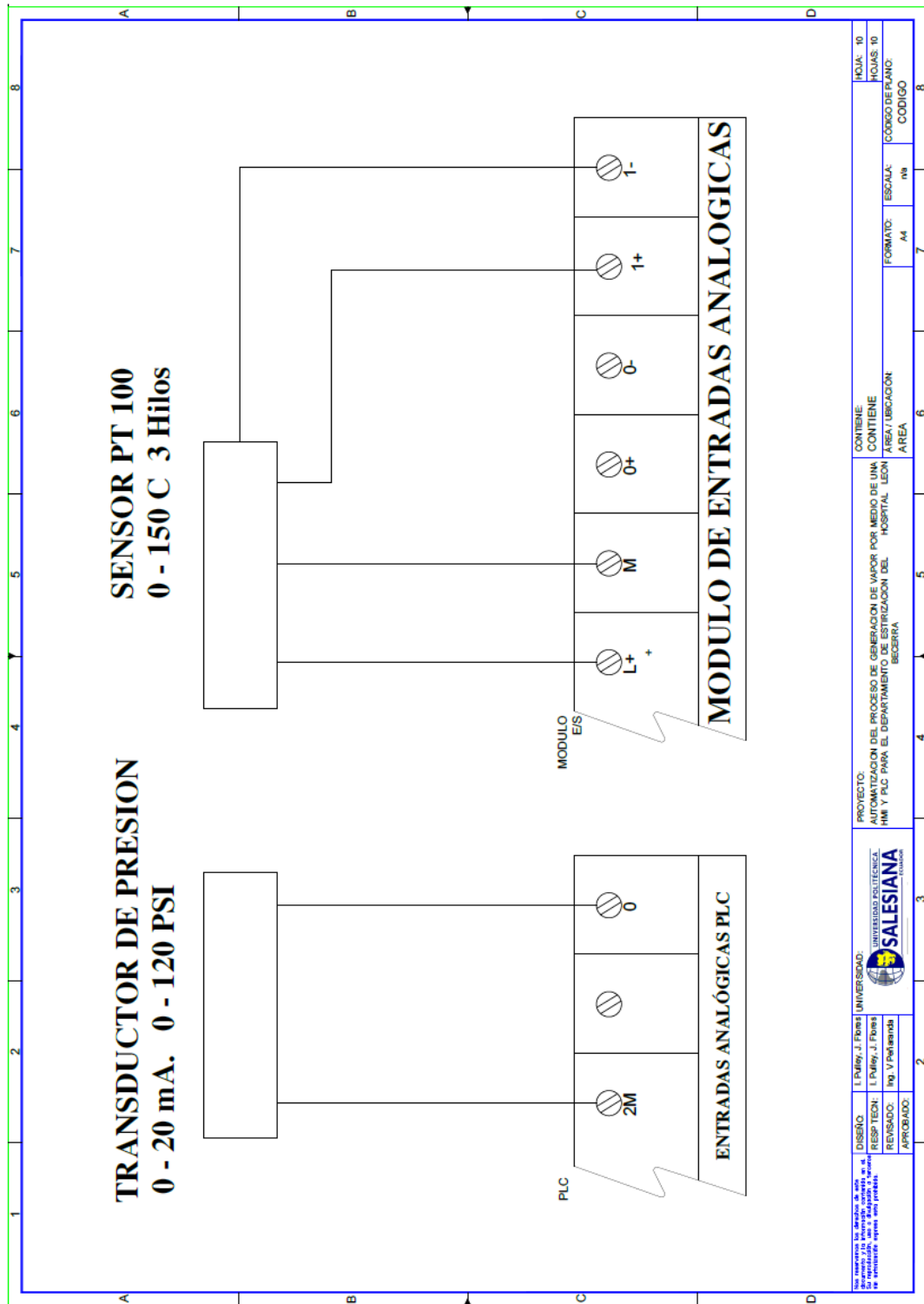


Figura 75. Sumarios de planos – AUTOCAD 10

ANEXO E. CERTIFICACIÓN DEL CABLEADO



Cable ID: 001

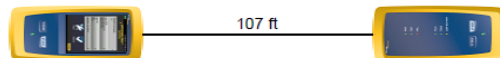
Date / Time: 04/09/2019 08:06:16 AM
 Headroom 5.3 dB (NEXT 12-36)
 Test Limit: TIA Cat 6 Channel
 Cable Type: Cat 6 U/UTP
 NVP: 69.0%

Operator: IVANA PULLEY
 Software Version: V6.0 Build 6
 Limits Version: V7.0
 Calibration Date:
 Main (Module): 06/05/2018
 Remote (Module): 06/05/2018

Test Summary: PASS

Model: DSX-5000
 Main S/N: 2937080
 Remote S/N: 2937096
 Main Adapter: DSX-CHA004
 Remote Adapter: DSX-CHA004

Length (ft), Limit 328	[Pair 78]	107
Prop. Delay (ns), Limit 555	[Pair 45]	167
Delay Skew (ns), Limit 50	[Pair 45]	10
Resistance (ohms)	[Pair 45]	5.58
Insertion Loss Margin (dB)	[Pair 36]	25.0
Frequency (MHz)	[Pair 36]	250.0
Limit (dB)	[Pair 36]	35.9



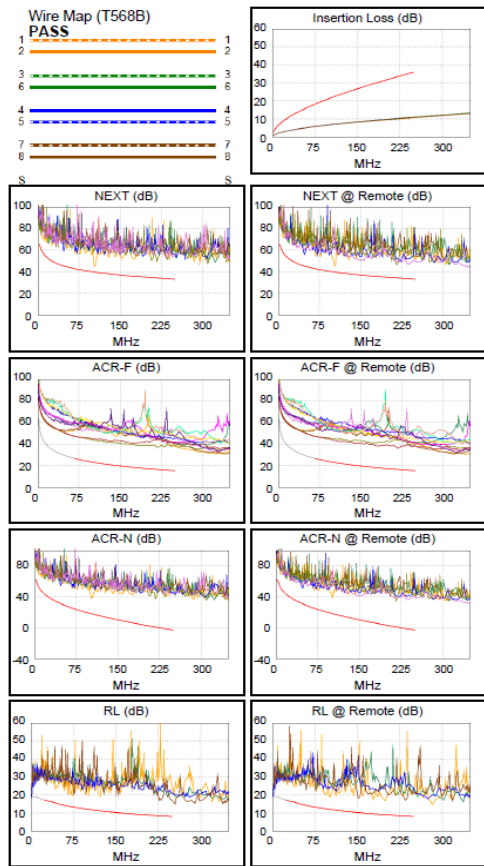
	Worst Case Margin		Worst Case Value	
	MAIN	SR	MAIN	SR
PASS				
Worst Pair	12-36	12-36	12-36	36-78
NEXT (dB)	5.3	5.7	5.3	10.8
Freq. (MHz)	103.0	103.0	103.0	216.5
Limit (dB)	39.7	39.7	39.7	34.2
Worst Pair	36	12	36	78
PS NEXT (dB)	7.8	8.4	7.8	11.9
Freq. (MHz)	103.0	103.0	103.0	216.5
Limit (dB)	36.9	36.9	36.9	31.2

	Worst Case Margin		Worst Case Value	
	MAIN	SR	MAIN	SR
PASS				
Worst Pair	12-36	12-36	36-45	45-36
ACR-F (dB)	19.2	19.2	20.0	19.7
Freq. (MHz)	8.5	5.1	217.5	217.0
Limit (dB)	44.7	49.1	16.5	16.5
Worst Pair	36	36	36	36
PS ACR-F (dB)	18.7	18.7	23.1	21.5
Freq. (MHz)	2.6	2.5	250.0	217.0
Limit (dB)	51.9	52.3	12.3	13.5

	Worst Case Margin		Worst Case Value	
	MAIN	SR	MAIN	SR
N/A				
Worst Pair	36-78	12-36	36-78	36-78
ACR-N (dB)	16.3	17.6	36.8	33.8
Freq. (MHz)	2.9	8.3	218.0	216.5
Limit (dB)	61.6	52.2	1.0	1.2
Worst Pair	36	36	36	78
PS ACR-N (dB)	16.2	18.8	39.4	34.9
Freq. (MHz)	2.9	8.4	218.0	216.5
Limit (dB)	58.6	49.5	-2.0	-1.8

	Worst Case Margin		Worst Case Value	
	MAIN	SR	MAIN	SR
PASS				
Worst Pair	12	12	78	12
RL (dB)	6.4	6.7	8.9	7.3
Freq. (MHz)	66.5	103.0	248.5	199.0
Limit (dB)	13.8	11.9	8.0	9.0

Compliant Network Standards:
 10BASE-T 100BASE-TX 100BASE-T4
 100BASE-T 2.5GBASE-T 5GBASE-T
 ATM-25 ATM-51 ATM-155
 100VG-AnyLan TR-4 TR-16 Active
 TR-16 Passive



LinkWare™ PC Version 9.9

Project: HOSPITAL LEON BECERRA

Untitled1



ANEXO F. MANUAL DEL OPERADOR

OBJETIVO

Este manual tiene como finalidad facilitar al usuario la operación del sistema de encendido local y remoto del caldero.

DESCRIPCION DEL SISTEMA

Se detallan las facilidades generadas por el sistema, las cuales son:

- Visualización del valor de temperatura en grados centígrados del vapor generado por el caldero.
- Visualización del valor de presión en psi de vapor generado por el caldero.
- Encendido del sistema de generación de vapor desde el cuarto del caldero. (Encendido Local)
- Encendido del sistema de generación de vapor desde la oficina de mantenimiento. (Encendido remoto)
- Visualización de estado de encendido de la bomba
- Encendido de la bomba, independiente del sistema de control, desde el cuarto del caldero.
- Visualización de curvas de temperatura y presión de vapor en tiempo real.
- Visualización de avisos y alarmas (visuales y audibles), las cuales son:
 - Bajo nivel de agua en reservorio
 - Reservorio sin agua
 - Alta temperatura de vapor
 - Alta presión de vapor
 - Paro de emergencia
 - Paro de emergencia remoto
- Reset de alarmas.
- Fecha y hora actual.

FUNCIONAMIENTO

Se detalla el proceso de manipulación, correspondientes al encendido remoto el cual se realiza desde la oficina de mantenimiento y del tablero de control en el cuarto del caldero:

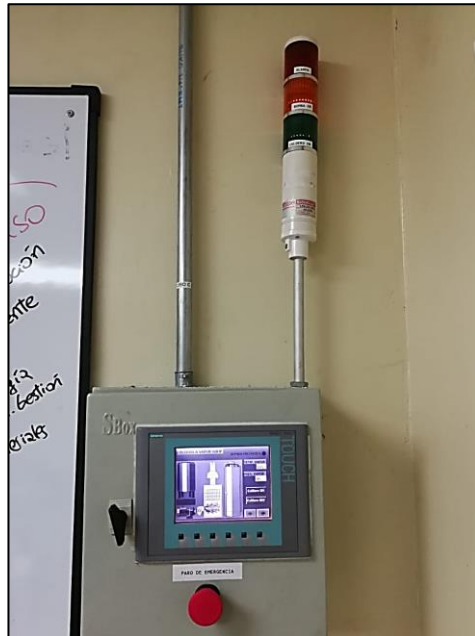


Figura 76. Tablero de control en departamento de mantenimiento

Pantalla de Bienvenida

En esta pantalla de bienvenida, se observan todos los datos correspondientes al proyecto realizado, también se encuentran 6 botones que vienen desde la letra F1 a F6 los cuales al pulsar no generan ningún cambio de estado o evento ya que no se encuentran configurados.



Figura 77. Pantalla de bienvenida

Para continuar con la siguiente pantalla, pulsar el botón en forma de flecha.

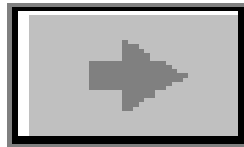


Figura 78. Botón para avanzar pantalla

En esta pantalla, se ilustra el proceso de generación de vapor y también los siguientes indicadores:

- Valor de temperatura en grados centígrados del vapor generado.
- Valor de presión en psi de vapor generado.
- Estado de encendido de la bomba.

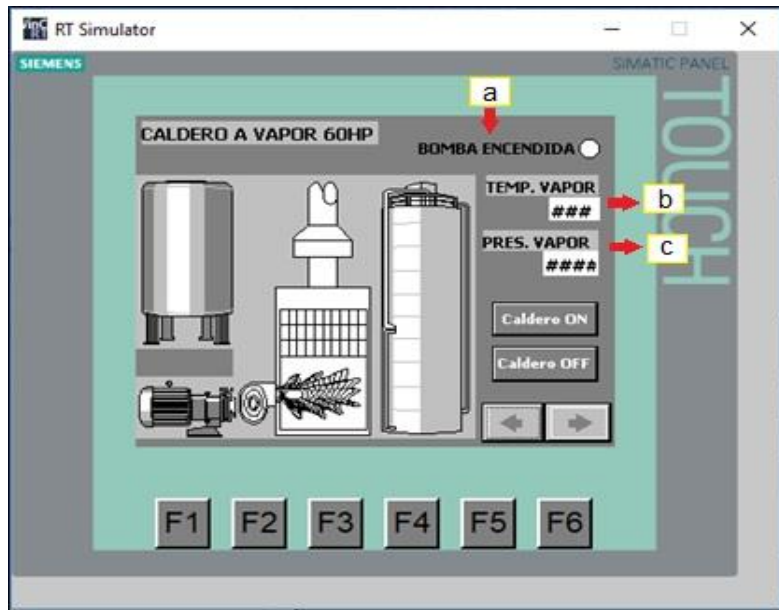


Figura 79. Pantalla del proceso de generación de vapor

En esta figura se encuentran los botones que encienden (Caldero ON) y detienen (Caldero OFF) de manera remota el sistema de generación de vapor.



Figura 80. Botón de encendido y apagado del sistema

Para continuar con las siguientes pantallas o regresar a las anteriores, pulsar los botones en forma de flecha.

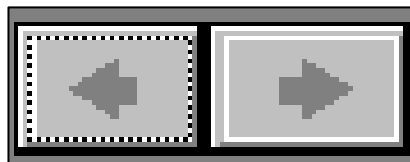


Figura 81. Botón de continuación y regreso de pantalla

En esta pantalla se muestran a las alarmas generadas en él sistema y los siguientes botones:

- a. Visualización de alarmas.
- b. Pantalla de avisos.
- c. Reset de alarmas.

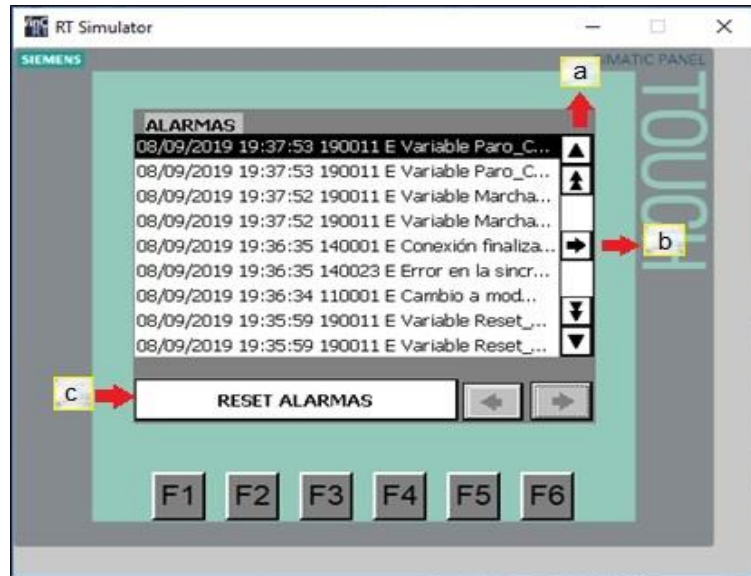


Figura 82. Pantalla de alarmas del sistema

En esta pantalla se visualizan los avisos generados en el sistema.

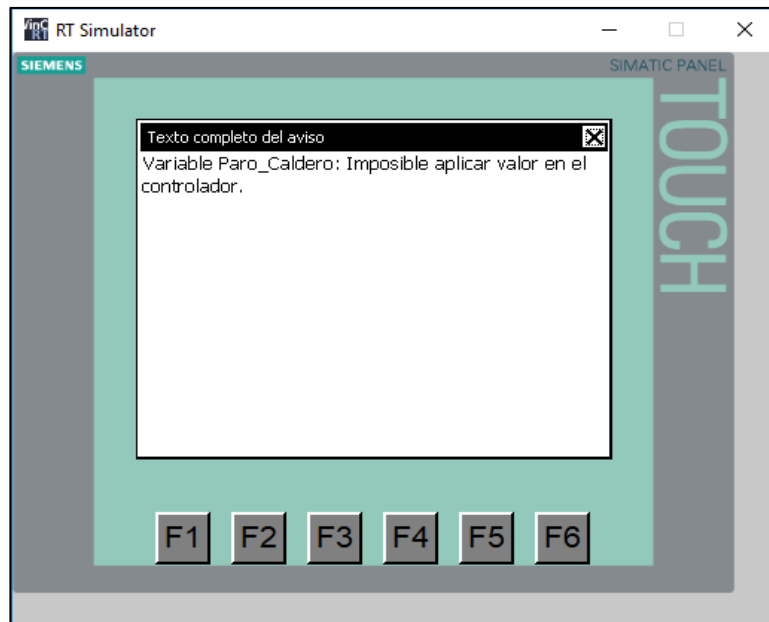


Figura 83. Avisos generados en el sistema

Esta es la pantalla de curvas de temperatura y presión de vapor, aquí se podrá visualizar en tiempo real el valor que toma cada parámetro, además de poder apreciar mediante la curva, la fluctuación que ha sufrido el parámetro a través del tiempo.

El siguiente botón nos muestra:

- a. Barra de desplazamiento de la tabla.



Figura 84. Pantalla de curvas de temperatura y presión de la caldera

Esta imagen muestra el tipo de curvas generadas tales como: " Segm..." que corresponde a la curva segmentada (Temperatura) y Continua (Presión).

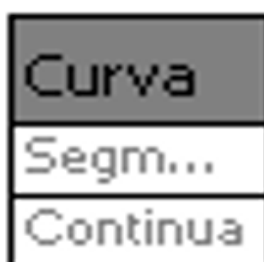


Figura 85. Tipo de curvas generadas para temperatura y presión



Figura 86. Tablero de control en cuarto de caldero.

Baliza indicadora:

- Parpadeo verde, indica caldero en marcha.
- Parpadeo naranja, indica bomba de agua encendida.
- Parpadeo rojo y sirena, indica activación de alarma y se detendrá la operación del caldero, hasta que se realice el reset de alarmas desde la localización remota (Oficina de mantenimiento).



Figura 87. Baliza indicadora

- Pulsante verde MARCHA, enciende el sistema de generación de vapor
- Pulsante rojo PARO, apaga el sistema de generación de vapor.



Figura 88. Pulsante MARCHA / PARO

Interruptor de bomba de agua:

- Izquierda manual, enciende la bomba en cualquier momento, implementado con propósitos de mantenimiento.
- Central apagado, deshabilita el encendido de la bomba.
- Derecha automático, la bomba funciona con el control de fabrica del caldero.



Figura 89. Switch bomba de agua MANUAL / AUTOMATICO

Pulsante de paro.




Para ambos tableros existe un pulsante de paro de emergencia el cual:

- Detiene en cualquier momento la operación del sistema de generación de vapor.
- El sistema no podrá volver a arrancar sino se resetea el pulsante de paro de emergencia.
- Para resetear el pulsante de paro de emergencia se debe girar el pulsante $\frac{1}{4}$ de giro hacia la derecha.



Figura 90. Botón PARO DE EMERGENCIA

ANEXO G. FACTURAS

 		15:49:47			
ELECTROLEG S.A. Ruc. : 0991159509001 Sucursal: GYE NORTE Dir. Sucursal: Av. Juan Tanca Mar Telefonos: 2592540		FACTURA No: 003-005-000016243 Número de Autorización 2201201901099115950900120030050000162430015839719 Fecha y hora de 22/01/2019 15:49:43 Autorización: Ambiente: Producción Emisión: Normal CONTRIBUYENTE ESPECIAL Resolución # 136 de Febrero 27/98 Clave de Acceso:			
Ciente: (T123) TOTAL TEK S.A. R.U.C. : 1791900359001 Dirección: AV. ISIDRO AYORA Y JOSE LUIS TAMAYO C.C. POLARIS Telef.: 6025289 Fecha : 22/01/2019 0 Guías :		 2201201901099115950900120030050000162430015839719 Obligado a llevar contabilidad: SI			
Plazo: 30 Dia(s) Vendedor: JOSE BRIONES PINCAY Celular: 0991603105		Vence: 21/02/2019 Ciudad: GUAYAQUIL Correo: jbriones@electroleg.com			
Cantidad	Código	Descripción	Precio	% Desc	Importe
10.00	CBL-063	* CABLE CONC. SUCRE FLEXIB 4X18	\$ 0.9094	35.00	\$ 9.094
30.00	CBL-097	* CABLE EKX MULT TELF. 3P CAT.3	\$ 0.5840	35.00	\$ 17.520
200.00	CBL-107 NG	* CABLE TFF FLEXIBLE AWG #18	\$ 0.2111	35.00	\$ 42.220
30.00	CBL-988	* CABLE UTP CAT. 6A CM 23AWG AZUL NEGRO NEW-9807312	\$ 1.0130	35.00	\$ 30.390
3.00	CJA-079	* CAJA CONDULEC C 1/2" TOPAZ	\$ 2.0300	35.00	\$ 6.090
1.00	CJAH010	* CAJA MET.DOB.FONDO 30X30X16CM	\$ 42.4000	35.00	\$ 42.400
1.00	CJAH013A	* CAJA MET.DOB.FONDO 60X40X20CM LIVIANA	\$ 57.6500	35.00	\$ 57.650
1.00	CLTC025	* CANALETA RANURADA 40X40MM DEXSON DKN10062	\$ 9.0700	35.00	\$ 9.070
8.00	CNT-025	* CONECTOR F.SELLADA 1/2" IMPORTADO	\$ 0.9450	35.00	\$ 7.560
10.00	CNT-042	* CONECTOR E.M.T. 1/2" IMPORTADO	\$ 0.2380	35.00	\$ 2.380
10.00	FDA-002	* FUNDA BX 1/2" USA	\$ 1.5520	35.00	\$ 15.520
20.00	GRP-027	* GRAFA EMT 1/2" IMPORTADO	\$ 0.0700	35.00	\$ 1.400
15.00	TUB-001	* TUBO E.M.T. IPAC 1/2"	\$ 4.0000	35.00	\$ 60.000
10.00	UNI-027	* UNION E.M.T. 1/2" IMPORTADO	\$ 0.2380	35.00	\$ 2.380

Parte Retención
cobranzas 2 @ electroleg.com

Forma de Pago:	
\$ 4.34	SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO
\$ 216.73	SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO

Son: Doscientos Veinte y Un 07/100 DOLARES AMERICANOS	Base 12.00%:	\$ 197.38
Observaciones: - IVANNA PULLEY	Base 0.00 %:	\$ 0.00
	Subtotal Sin Imp.:	\$ 303.67
	Descuento:	\$ 106.29
	Iva 12.00%:	\$ 23.69
	Flete:	\$ 0.00
	Total:	\$ 221.07

NOTA: Recibida la mercaderia no se admite devoluciones
 * Su factura electronica ingresando a:
 www.electroleg.com
 Usuario: 1791900359001

Obligado a llevar contabilidad: SI

Firma Autorizada	Recibi Conforme
Usuario: YULI	

SALIDA LA MERCADERIA DE NUESTRO ALMACEN CORREN POR CUENTA Y RIESGO DEL COMPRADOR FAVOR PAGAR CON CHEQUE CRUZADO A LA ORDEN DE ELECTROLEG S.A.

Figura 91. Factura de gastos realizados

ANEXO H. CARTA DE ACEPTACIÓN



Guayaquil, 17 de Septiembre del 2019

Estimado Msc.

Victor Huilcapi

Director de la carrera Ingeniería Electrónica
Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil

De nuestras consideraciones,

Por medio de la presente notificamos a usted que los estudiantes Pulley Muñoz Ivana Andrea con documento de identificación N° 0920919123, y Flores Heras John Enrique con documento de identificación N° 0919414227, cumplieron con éxito el proyecto técnico propuesto: "Automatización del proceso de generación de vapor mediante un PLC y una HMI para el departamento de esterilización del Hospital León Becerra de Guayaquil", el cual se encuentra totalmente operativo.

Suscribo el presente pronunciamiento, que será usado para trámites académicos.

Atentamente,



Dr. H. Ricardo Koenig
Presidente B.S.P.I.



Ing. Richar Valarezo E.
Jefe de Mantenimiento H.L.B.

Figura 92. Carta de aceptación del proyecto