



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

AUTOR:

OROZCO RUÍZ, HÉCTOR HUGO

**TEMA: AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE VACÍO Y LLENADO
MULTIPUNTO, PARA LA EXTRACCIÓN DE GASES E INGRESO
DE ACEITE DIELECTRICO A LOS TRANSFORMADORES
TRIFÁSICOS EN LA EMPRESA ECUATRAN S.A.,
CONTROLADO A TRAVÉS DE UN HMI.**

DIRECTOR: ING. FREIRE, WASHINGTON

CODIRECTOR: ING. SANCHEZ, WILSON

LATACUNGA, ENERO DEL 2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICADO

**ING. FREIRE, WASHINGTON (DIRECTOR)
ING. SANCHEZ, WILSON (CODIRECTOR)**

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado: **“Automatización de un sistema de vacío y llenado multipunto, para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico a los transformadores trifásicos en la empresa ECUATRAN S.A., controlado a través de un HMI”**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que ayudará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de 2 documentos empastados y 2 discos compactos los cuales contienen los archivos en formato portátil de Acrobat (PDF), Autorizan al señor Orozco Ruíz Héctor Hugo, que lo entregue a la Ing. Torres Katya, en su calidad de Directora de la Carrera.

Latacunga, Enero del 2015.

Ing. Freire, Washington.
DIRECTOR

Ing. Sánchez, Wilson.
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, OROZCO RUÍZ, HÉCTOR HUGO.

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado: **“Automatización de un sistema de vacío y llenado multipunto, para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico a los transformadores trifásicos en la empresa ECUATRAN S.A., controlado a través de un HMI”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

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

Latacunga, Enero del 2014.

Orozco Ruíz, Héctor Hugo

C.C: 172431299-4

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, OROZCO RUÍZ, HÉCTOR HUGO.

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo: **“Automatización de un sistema de vacío y llenado multipunto, para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico a los transformadores trifásicos en la empresa ECUATRAN S.A., controlado a través de un HMI”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de MI exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Enero del 2015.

Orozco Ruíz, Héctor Hugo

C.C: 172431299-4

DEDICATORIA

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle mi obra de Trabajo de Grado, plasmada en el presente Informe. Con todo mi cariño y amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, en primera instancia:

A MI PROGENITORA, Susy Ruíz.

Quien permanentemente me apoyo con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos motivándome y dándome la mano cuando sentía que el camino se terminaba, madre, no tengo como pagar lo que has hecho por mí. Espero ser lo que siempre soñaste. Dios y yo siempre estaremos contigo, a ti madre por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

AL AMOR DE MI VIDA, Sandra Peñaherrera.

Porque jamás me dejaste solo, por tu paciencia y comprensión, Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor. Ahora puedo decir que este proyecto de grado lleva mucho de ti. Tu paciencia, tu comprensión, tu empeño, tu fuerza, tu amor, tu voz de aliento, tu continua preocupación por esto y mucho más eres la persona que más ha sufrido las consecuencias del trabajo realizado. Realmente tú eres un pilar fundamental en mi vida que me inspira para seguir adelante y dar el máximo de mí, gracias por estar siempre a mi lado.

A MIS TRES HERMANOS, Andrea Orozco, Paul Velasco y Micaela Falconi.

Por apoyarme en todo momento, este logro también es suyo. Me siento muy orgulloso de tenerlos como hermanos. Gracias por creer en mí y los logros que obtenga serán también suyos. Por ustedes conquistare un futuro. Ustedes son uno de los principales cimientos para la construcción de mi vida profesional. Sentaron en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación. En ustedes tengo el espejo en el cual me reflejo, sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarlos cada día más.

A MI ABUELA, Dioselina Salamanca

Por los valores que herede de usted he podido llevar una vida sana y un camino recto, gracias por impulsarme para lograr mis metas y por estar siempre a mi lado apoyándome.

A mis tutores Ing. Washington Freire e Ing. Wilson Sánchez, quienes me han orientado en todo momento en la realización de este proyecto.

AGRADECIMIENTO

Doy infinitas gracias a Dios, quien me dio la vida y la ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a Él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría suficiente para culminar exitosamente mi carrera universitaria.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento, reconocimiento y cariño a mi madre por todo el esfuerzo que hizo para darme una profesión y hacer de mí una persona de bien, enseñándome que la vida no es fácil pero que es muy fácil ser buenos con la vida, Madre gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraste todos estos años.

Agradezco a mi esposa por estar siempre a mi lado, impulsándome en todo momento con sus consejos llenos de sabiduría e infinito amor y darme la oportunidad de amarla, cumpliendo objetivos en común. He alcanzado mis metas junto a ella y nunca a dejando de darme fuerzas, apoyándome desde el inicio hasta el final para poder lograr lo que en este día he hecho, gracias por amarme como solo tú lo sabes hacer.

Gracias a mi cuñado y hermanas quienes han sido mis amigos más fieles y sinceros, quienes pasaron mucho tiempo ayudándome en el desarrollo de esta meta ya cumplida, gracias por el inmenso amor que existe entre nosotros y la ayuda que siempre obtendré de ustedes desinteresadamente.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a crecer como personas y como profesional.

Agradezco también de manera especial a mi director y codirector de tesis quienes con sus conocimientos y apoyo supieron guiar el desarrollo de la presente, desde el inicio hasta su culminación.

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la

adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante universitario.

A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este Trabajo de Grado, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.

ÍNDICE GENERAL

CARATULA	i
CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODICCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. JUSTIFICACION	3
1.3. OBJETIVOS	6
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.4. ALCANCES	7
CAPÍTULO 2	8
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	8
2.1. TRANSFORMADORES	8
2.1.1. COMPONENTES BÁSICOS DE UN TRANSFORMADOR	10
a. NÚCLEO	11
b. DEVANADOS	12
c. PARTE ACTIVA	13
d. TANQUE PRINCIPAL	13
2.1.2. TIPOS DE TRANSFORMADORES	14
a. DEPENDIENDO DE LA RED DE SUMINISTRO DE ENERGÍA A LA CUAL SE CONECTE EL TRANSFORMADOR	14
a.1. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	14
a.2. TRANSFORMADORES TIPO SUBESTACIÓN	15
a.3. TRANSFORMADORES DE POTENCIA	15

b. CON RELACIÓN AL TIPO DE MEDIO AISLANTE Y REFRIGERANTE	15
b.1. TRANSFORMADORES SUMERGIDOS EN ACEITE	15
b.2. TRANSFORMADORES TIPO SECO	15
c. TRANSFORMADORES ESPECIALES	16
c.1. TRANSFORMADORES TIPO PEDESTAL O PAD MOUNTED	16
c.2. TRANSFORMADORES DE FRECUENCIA VARIABLE	16
c.3. TRANSFORMADORES AUTOPROTEJIDOS	16
2.1.3. REFRIGERACIÓN Y AISLAMIENTO.....	17
a. REFRIGERACIÓN	18
b. AISLAMIENTO	19
c. LUBRICACIÓN	19
2.2. BOMBA DE VACÍO	19
2.2.1. BOMBAS DE VACÍO	20
a. BOMBA ROTATIVAS DE PALETAS	20
b. BOMBA DE PISTONES.....	21
b.1. BOMBA DE PISTONES ROTATIVOS.....	21
2.3. ACEITE DIELECTRICO	22
2.3.1. PROPIEDADES DE LOS ACEITES DIELECTRICOS	23
a. PROPIEDADES FÍSICAS.....	23
a.1. VISCOSIDAD.....	23
a.2. PUNTO DE FLUIDEZ	24
a.3. PUNTO DE INFLAMACIÓN	25
a.4. TENSIÓN INTERFACIAL	25
a.5. PUNTO DE ANILINA	26
a.6. COLOR	26
b. PROPIEDADES QUÍMICAS.....	27
b.1. ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN.....	27
c. PROPIEDADES ELÉCTRICAS.....	27
c.1. FACTOR DE POTENCIA	27
c.2. RIGIDEZ DIELECTRICA	28
2.3.2. BENEFICIOS DEL ACEITE DIELECTRICO EN LOS TRANSFORMADORES.....	28
2.3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES DIELECTRICOS.....	29
2.4. VACÍO Y LLENADO DE TRANSFORMADORES.....	30
2.4.1. VACÍO DE TRANSFORMADORES.....	30
a. HUMEDAD	30

b. ELIMINACIÓN DE HUMEDAD	31
2.4.2. PROPÓSITOS DEL VACÍO	31
2.4.3. MÉTODOS DE VACÍO	31
a. MÉTODO CON ALTO VACÍO.....	31
b. MÉTODO CON ALTO VACÍO Y CALOR.....	32
2.4.4. LLENADO DE TRANSFORMADORES.....	32
2.4.5. PROPÓSITO DEL LLENADO	32
2.4.6. MÉTODOS PARA LLENADO DE ACEITE DIELECTRICO	32
a. MÉTODO CON ACEITE Y NITRÓGENO	32
b. MÉTODO CON ACEITE Y VACÍO	33
2.5. PANEL TÁCTIL.....	33
2.5.1. TIPOS DE TOUCH PANEL.....	33
a. RESISTIVAS	34
b. CAPACITIVAS	34
2.6. VÁLVULAS DE CONTROL.....	34
2.6.1. VÁLVULA SOLENOIDE.....	35
2.7. CONTACTOR	35
2.7.1. COMPONENTES.....	36
2.8. RELÉ.....	37
2.9. SENSORES DE NIVEL	38
2.9.1. INTERRUPTOR DE NIVEL TIPO FLOTADOR MAGNÉTICO	38
CAPÍTULO 3.....	40
3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	40
3.1. SELECCIÓN DEL PLC.....	41
3.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLC.....	42
3.1.2. SELECCIÓN DE LOS MÓDULOS DIGITALES Y ANALOGOS	43
a. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MÓDULO SM 1223	43
3.2. SELECCIÓN DE TOUCH PANEL	44
3.2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TOUCH PANEL	44
3.3. SELECCIÓN DE LOS SENSORES.....	45
3.3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS SENSORES.....	45
3.4. SELECCIÓN DE LOS CONTACTORES	46
3.4.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CONTACTORES	47
3.5. SELECCIÓN DE RELÉS TÉRMICOS.....	48
3.5.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RELÉ TÉRMICO	48

3.6. SELECCIÓN DE RELÉS	48
3.6.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RELÉ	49
3.7. SELECCIÓN DE BREAKER.....	49
3.7.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BREAKER	50
3.8. SELECCIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS	51
3.8.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ELECTROVÁLVULAS	51
3.9. SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN PARA EL PLC Y EL TOUCH PANEL .	52
3.9.1. CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN PARA EL PLC Y EL TOUCH PANEL	52
3.10. DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA DEL SISTEMA.....	53
3.10.1. PLANO DEL CIRCUITO DE FUERZA (Plano A-1, A-2, A-3)	54
3.10.2. PLANO DE DIAGRAMAS DE CONEXIONES (Plano B-1, B-2)	54
3.10.3. PLANO DEL CIRCUITO DE CONTROL (Plano B-3)	54
CAPÍTULO 4	56
4. DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL	56
4.1. PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	56
4.2. PROGRAMACIÓN DEL TOUCH PANEL	58
4.2.1. PANEL PRINCIPAL	58
4.2.2. PANEL INGRESO DE TIEMPO Y SELECCIÓN DE TUBERÍAS PARA VACÍO INICIAL.....	59
4.2.3. PANEL SELECCIÓN TUBERÍAS PARA VACÍO Y LLENADO MODO AUTOMÁTICO.....	61
4.2.4. PANEL DE INGRESO DE TIEMPO PARA VACÍO MODO AUTOMÁTICO	62
4.2.5. PANEL DE INICIO O RESET PARA MODO AUTOMÁTICO.....	63
CAPÍTULO 5	65
5. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	65
5.1. MONTAJE DE LOS EQUIPOS	65
5.1.1. MONTAJE DE TABLEROS	65
5.1.2. MONTAJE DE ELECTROVÁLVULAS.....	69
5.1.3. MONTAJE DE SENSOR DE NIVEL.....	70
5.1.4. MONTAJE DE VACUÓMETRO	70
5.2. RESUMEN DEL MONTAJE DEL SISTEMA DE VACÍO Y LLENADO	71
5.3. PRUEBAS Y RESULTADOS	72
CAPÍTULO 6	80
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
6.1. CONCLUSIONES.....	80
6.2. RECOMENDACIONES.....	81

BIBLIOGRAFÍA.....	82
REFERENCIAS.....	82
ANEXOS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Transformador ideal.	9
Figura 2.2. Núcleo del transformador.	11
Figura 2.3. Devanados del transformador.	12
Figura 2.4. Proceso de fabricación de devanados.	12
Figura 2.5. Parte activa de un transformador.	13
Figura 2.6. Tanque de un transformador.	13
Figura 2.7. Bomba de vacío.	19
Figura 2.8. Bomba de vacío rotativa de paletas.	20
Figura 2.9. Bomba de vacío de pistones.	21
Figura 2.10. Bomba de vacío de pistones rotativos.	21
Figura 2.11. Curva de viscosidad vs temperatura de los aceites dieléctricos.	24
Figura 2.12. Touch panel Simiens KTP 600 PN mono.	33
Figura 2.13. Estructura de una válvula solenoide.	35
Figura 2.14. Contactor estándar.	36
Figura 2.15. Inducción de un campo magnético debido a la circulación de corriente.	37
Figura 2.16. Componentes básicos de un relé.	38
Figura 2.17. Interruptor tipo reed switch.	38
Figura 2.18. Funcionamiento interruptor de nivel magnético.	39
Figura 3.1. PLC siemens S7-1200 CPU 1214C.	42
Figura 3.2. Módulo de expansión E/S digital SM 1223.	43
Figura 3.3. Touch panel KTP 600 basic mono PN.	44
Figura 3.4. Sensor tipo boya.	46
Figura 3.5. Contactor siemens sirius.	47
Figura 3.6. Relé siemens sirius.	48
Figura 3.7. Relé miniatura.	49
Figura 3.8. Breaker siemens.	50
Figura 3.9. Electroválvula.	51
Figura 3.10. Software TIA PORTAL.	52
Figura 4.1. Diagrama de flujo de la programación del PLC S7-1200.	57
Figura 4.2. Panel principal.	58
Figura 4.3. Panel ingreso de tiempo y selección de tuberías para vacío inicial.	59
Figura 4.4. Panel de selección de tuberías para vacío y llenado modo automático.	61
Figura 4.5. Panel de ingreso de tiempo para vacío modo automático.	62

Figura 4.6. Panel inicio o reset modo automático.	63
Figura 5.1. Tablero de control - vista interior.....	66
Figura 5.2. Tablero de control – vista exterior.....	67
Figura 5.3. Tablero de fuerza – vista interior.....	68
Figura 5.4. Tablero de fuerza – vista exterior.....	69
Figura 5.5. Tablero de fuerza – vista exterior.....	69
Figura 5.6. Reemplazo de válvulas de llenado.....	70
Figura 5.7. Sensor de nivel.	70
Figura 5.8. Vacuómetro instalado.	71
Figura 5.9. Resumen sistema automatizado.....	71
Figura 5.10. Simulación.	73
Figura 5.11. Encendido bomba de vacío.....	73
Figura 5.12. Encendido y apagado automático del enfriador.	74
Figura 5.13. Encendido y apagado automático del vacuómetro.	74
Figura 5.14. Selección de tuberías para vacío.	75
Figura 5.15. Apertura y cierre de electroválvulas de vacío.	75
Figura 5.16. Apertura y cierre de electroválvulas de llenado.	76
Figura 5.17. Apertura y cierre de electroválvulas de llenado.	76
Figura 5.18. Actuación del sensor de nivel.	77
Figura 5.19. Vacío inicial modo manual.	78
Figura 5.20. Vacío inicial modo manual.	78
Figura 5.21. Vacío y llenado - modo automático.	79
Figura 5.22. Tiempo de vacío automático.	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Viscosidad del aceite	24
Tabla 2.2. Factor de potencia permisible.....	28
Tabla 3.1. Salidas digitales – circuito de control.....	55
Tabla 4.1. Descripción panel principal.....	58
Tabla 4.2. Descripción panel ingreso de tiempo y selección de tuberías para vacío inicial	60
Tabla 4.3. Descripción panel selección tuberías para vacío y llenado modo automático.....	61
Tabla 4. 4. Descripción panel ingreso de tiempo para vacío modo automático.....	63
Tabla 4.5. Descripción de panel de inicio o reset en modo automático	64

RESUMEN

El proyecto que se pretende realizar consiste en la Automatización de un sistema de vacío y llenado multipunto, para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico en transformadores trifásicos. La automatización de este proceso permitirá controlar la extracción de gases y llenado de aceite dieléctrico purificado, por medio de la apertura y cierre de electroválvulas a través de señales emitidas por los sensores de nivel, las mismas que serán recibidas y procesadas por un PLC. A través de un touch panel se seleccionan las salidas de vacío y llenado. También se ajustan los tiempos de vacío de acuerdo a la potencia del transformador, con esto se garantiza el vacío aplicado a los mismos. Al ser este, un proceso multipunto con salidas independientes, el sistema será capaz de tener más de un transformador conectado a sus salidas, facilitando las labores de mantenimiento; es decir que si alguna salida requiere mantenimiento las otras seguirán realizando las tareas de producción, con ello se disminuirán las pérdidas en los tiempo de trabajo. Por tanto con la automatización del sistema se pretende disminuir los tiempos de vacío y llenado, disminuir las pérdidas de aceite dieléctrico, evitar fallo de la bomba de vacío, mejorando la producción y logrando de esta manera aumentar la eficiencia del proceso.

PALABRAS CLAVES: AUTOMATIZACIÓN, SISTEMA DE VACÍO Y LLENADO MULTIPUNTO, TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS, ACEITE DIELECTRICO.

ABSTRACT

The project to be carried out is the Automating a vacuum and filling multipoint for gas extraction and entry of dielectric oil phase transformers automation this process will control the extraction of gases and filled with dielectric oil purified by means of the opening and closing of valves via signals from the level sensors, the same that will be received and processed by a PLC. Through a touch panel and outputs filling selected empty, empty times according to the power transformer, ensures that the vacuum applied thereto are also adjusted. Since this is a multi-process with independent outputs, the system will be able to have more of a transformer connected to its outputs, facilitating maintenance; This means that if you exit maintenance continue performing other tasks of production, thus the losses will decrease in working time. So with the automation system aims to reduce the times of vacuum and filling, reduce losses of dielectric oil, prevent failure of the vacuum pump, improving production and thus achieving increased efficiency of the process.

KEYWORDS: AUTOMATION, VACUUM SYSTEM AND FILLING MULTI, TRANSFORMERS TRIFASICOS, OIL DIELECTRICO.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de fabricación de un transformador inicia con la elaboración del núcleo y el bobinado, el proceso de bobinado se lleva a cabo con máquinas bobinadoras de control numérico digital.

Los devanados de media tensión se fabrican con conductores de cobre, redondo o rectangular esmaltados cuya resistencia térmica y mecánica garantizan el adecuado funcionamiento del transformador, mientras que los de baja tensión son elaborados con láminas de cobre, de aluminio y en ciertos casos con conductores rectangulares.

El aislamiento se realiza con materias primas de alta calidad, recubiertas con resina epóxica, que permite a la bobina compactarse, brindando de esta forma al transformador gran resistencia mecánica frente a los fenómenos ocasionados por cortocircuitos externos, y que sumado a la alta rigidez dieléctrica, garantizan el aislamiento de la misma.

Los núcleos son construidos con láminas magnéticas de acero al silicio de grano orientado, con bajo nivel de pérdidas, que capturan y consolidan su campo electromagnético y son ensamblados de acuerdo a su tipo: toroidal, apilado o en columnas, para recuperar las propiedades de la lámina magnética, modificadas debido a los esfuerzos mecánicos durante el proceso de prensado en la construcción del núcleo, estos son sometidos a un proceso de recocido en hornos a elevadas temperaturas, garantizando de esta forma un nivel de pérdidas óptimo.

La estructura de los tanques se construye con láminas de acero al carbono, bajo el proceso de soldadura tipo MIG, capaces de soportar presiones internas provocadas por aumentos en la temperatura y esfuerzos

mecánicos, las unidades antes de ser pintadas se someten a un proceso de granallado con el fin de eliminar impurezas y obtener una superficie óptima para la perfecta adherencia de la pintura, garantizando la protección del tanque en condiciones de extrema salinidad e intemperie.

Elaboradas las bobinas, los núcleos y la estructura de los tanques, se procede a ensamblarlos para formar la parte activa del transformador, previamente se realiza un proceso de secado al horno, que garantiza la ausencia de humedad, ésta es introducida en el tanque para realizar el proceso de vacío y llenado al vacío con aceite dieléctrico mineral nuevo y purificado, libre de PCB's.

El vacío en el transformador se lo realiza desde la parte superior con el propósito de expandir y extraer el gas (en su mayoría aire), contenido dentro de un espacio cerrado, en este caso del tanque. Esta expansión de los gases ayuda a la expulsión de la humedad presente, a su vez reducción del punto de ebullición del agua contenida en forma de humedad dentro de los aislamientos, con lo cual su evaporación se acelera, al convertirse el agua en vapor, este puede ser evacuado rápidamente, junto con los gases por medio de la bomba de vacío.

El llenado del transformador con aceite se efectúa haciendo vacío e introduciendo el aceite desde su parte inferior, el aceite dieléctrico sirve como uno de los métodos más efectivos de refrigeración que consiste en sumergir en aceite las partes del transformador que conducen la electricidad, lo cual sirve para el propósito de facilitar la extracción del calor del núcleo y los devanados, en cuanto a aislamiento la función eléctrica de un aceite para transformador es prevenir la formación de arco entre dos conductores con una diferencia de potencial grande.

Finalmente, el transformador completamente ensamblado pasa al laboratorio de pruebas, donde es sometido a los más rigurosos controles de calidad que para el efecto estipulan las normas ANSI / IEEE C 57.12. [1]

1.1. ANTECEDENTES

En la Provincia de Tungurahua, un grupo de empresarios radicados en la ciudad de Ambato, deciden crear el 16 de Agosto de 1979 la empresa "ECUATRAN S.A.", la misma que brinda soluciones eléctricas al mercado nacional. [2]

Desde sus inicios hasta la actualidad la mayor parte del proceso de construcción de transformadores se lo realiza de forma manual, incluyendo el sistema de vacío y llenado para transformadores trifásicos; sin tener el control de la cantidad de aceite dieléctrico que se ocupa como aislante en el transformador, ni el tiempo necesario para lograr el vacío requerido para la extracción de gases.

Este proceso es utilizado en transformadores desde 15KVA hasta 5MVA.

Cabe señalar que al ser un proceso netamente controlado por un operador esta propenso a fallas humanas, como:

- El ingreso del aceite dieléctrico a la bomba de vacío en seco ocasionando inmediatamente su fallo.
- Contaminación de aceite dieléctrico purificado al ingresar a la bomba de vacío.
- Llenado excesivo de aceite dieléctrico en los transformadores, ocasionando pérdidas económicas a la empresa y aumentando tiempos de trabajo.

1.2. JUSTIFICACION

Ante el pedido realizado por la Empresa ECUATRAN S.A. para realizar la "Automatización de un sistema de vacío y llenado multipunto, para la

extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico en los transformadores”, se realizó un análisis previo, con la finalidad de conocer las condiciones en las que el sistema de vacío y llenado opera, concluyendo que en la actualidad el sistema presenta deficiencias de acuerdo a los parámetros que están involucrados en el proceso, debido a que en la actualidad no cuentan con un sistema apropiado de medición y corrección de las variables que intervienen en esta etapa.

Haciendo referencia al análisis de la situación actual, se consideran los siguientes problemas:

- El sistema de vacío, para la extracción de gases se opera manualmente realizándose vacío solo a un transformador.
- No se tiene control sobre el tiempo de vacío, ya que depende del operador y se rige a una instrucción de trabajo.
- El sistema de vacío no es apagado cuando el nivel de aceite cubre la parte activa del transformador, por esta razón el aceite ingresa a la bomba de vacío continuamente y sufre averías produciendo el fallo inmediato de la misma.
- El sistema de llenado para el ingreso a los transformadores de aceite dieléctrico se opera manualmente realizándose llenado solo a un transformador.
- Es necesario establecer dos niveles de aceite dieléctrico, el nivel que cubra la parte activa realizándose el vacío y el sobre nivel (*máximo nivel que puede tolerar el transformador*) para el llenado final sin vacío.
- No existen sensores que detecten el nivel, ni la cantidad de aceite que ingresa al transformador, el nivel de aceite en el transformador es

asumido solo por un visor y a criterio del operario.

- El proceso de llenado y vacío no es multipunto y el operador solo puede realizar el proceso de vacío y llenado a un solo transformador.
- Continuamente la bomba de vacío falla y sufre averías debido al ingreso de aceite.

En base a lo expuesto anteriormente, la Empresa ECUATRAN S.A., propone realizar un sistema automatizado multipunto que permita tener un control sobre el sistema de llenado y vacío de transformadores de la siguiente manera:

- Se requiere realizar un estudio previo de las condiciones en la que funciona el sistema de llenado de aceite con datos del área de ingeniería.
- Estudio de las condiciones en las que funciona el sistema de vacío con datos de ingeniería.
- Se habilitará la infraestructura que actualmente no se encuentra en uso, dotándola con un sistema de control moderno que facilitará las labores del operador.
- Con la automatización del sistema se pretende disminuir los tiempos de vacío y llenado, disminuir pérdidas de aceite dieléctrico y evitar fallo de la bomba de vacío logrando de esta manera aumentar la eficiencia del proceso.
- La implementación al sistema de un HMI le permitirá al usuario tener mayor flexibilidad en cuanto a las tareas que desee realizar, facilitando de esta manera el uso y manejo del sistema de vacío y llenado.

- Se controlará el nivel de aceite dieléctrico en el transformador mediante la implementación de un sensor de nivel.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Realizar un sistema automático multipunto de vacío y llenado para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico en los transformadores trifásicos de la Empresa ECUATRAN S.A.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un sistema de tomas multipunto para el vacío y el llenado de transformadores trifásicos.
- Desarrollar el programa de automatización del sistema de vacío y llenado, mediante un PLC y un TOUCH PANEL, de tal manera que facilite la interface entre el operador y el proceso.
- Implementar circuitos eléctricos de control comandados a través de un PLC.
- Realizar pruebas de funcionamiento en el sistema de vacío y llenado, para comprobar que todo el sistema funcione de acuerdo a las necesidades del operador.
- Implementar un sistema que tenga la capacidad de elegir el modo de operación en el que va a trabajar el sistema de vacío y llenado multipunto, es decir se puede seleccionar manual o automático.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Electromecánica en la elaboración de este proyecto.

1.4. ALCANCES

- Con el diseño e implementación de este proyecto, se pretende dotar a la infraestructura ya instalada de un sistema de automatización, que permita mejorar la eficiencia del proceso, disminuyendo así las pérdidas de aceite dieléctrico debido al llenado excesivo de los transformadores, evitando además daños en las bombas de vacío por el ingreso inesperado de aceite a las mismas alargando su tiempo de vida útil.
- Se mejorarán las labores de mantenimiento en el área de vacío y llenado de la empresa ECUATRAN con la implementación del sistema automatizado multipunto, ya que mientras una o varias salidas se encuentren operando, las restantes podrán someterse a mantenimientos ya planificados por parte de la empresa.
- Con la instalación de un touch panel, se ofrece al operador una interfaz amigable que le permita tener una mejor interrelación con el proceso.
- Al implementar este proyecto, los tiempos de vacío y llenado serán más exactos, pudiendo tener una mejor planificación en cuanto a producción y mantenimiento.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

Este capítulo trata acerca de las características técnicas de los equipos que se han seleccionado para esta aplicación, y también se detalla el diseño del sistema de control de la maquinaria.

2.1. TRANSFORMADORES

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética.

Los transformadores, independientemente que pueden aumentar o disminuir el voltaje, según sea el caso, tienen la propiedad de conservar siempre la misma frecuencia que posee la corriente alterna (C.A.) de la fuente de entrada original a la que se encuentra conectado.

Un transformador hace uso de la ley de Faraday y de las propiedades ferromagnéticas de un núcleo de hierro para subir o bajar eficientemente el voltaje de corriente alterna (AC). Por supuesto no puede incrementar la potencia de modo que si se incrementa el voltaje, la corriente es proporcionalmente reducida, y viceversa.

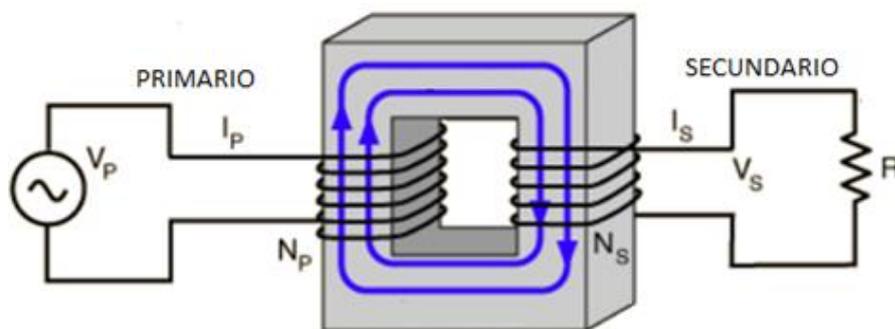


Figura 2.1. Transformador ideal.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

La relación de transformación del voltaje entre el bobinado "Primario" y el "Secundario" depende del número de vueltas que tenga cada uno. Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario, en el secundario habrá el triple de voltaje. La fórmula que relaciona voltajes con número de vueltas es:

$$\frac{\text{Número de espiras del primario } (N_p)}{\text{Número de espiras del secundario } (N_s)} = \frac{\text{Tensión del primario } (V_p)}{\text{Tensión del secundario } (V_s)} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Entonces:

$$V_s = V_p * \frac{N_s}{N_p} \quad \text{Ec. 2.2}$$

A la relación N_s/N_p se la conoce como relación de transformación. Si es menor que la unidad se trata de un transformador reductor; si es mayor que la unidad se trata de uno elevador.

Un transformador puede ser "elevador o reductor" dependiendo del número de espiras de cada bobinado. Si se supone que el transformador es ideal. (La potencia que se le entrega es igual a la que se obtiene de él, se desprecian las pérdidas por calor y otras), entonces:

$$\text{Potencia de entrada } (P_i) = \text{Potencia de salida } (P_s)$$

$$P_i = P_s \quad \text{Ec. 2.3}$$

Si se tiene los datos de corriente y voltaje de un dispositivo, se puede averiguar su potencia usando la siguiente fórmula.

$$\begin{aligned} \text{Potencia} &= \text{voltaje} \times \text{corriente} \\ P &= V \times I \text{ (Voltio*Amperio = watt)} \end{aligned} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Aplicando este concepto al transformador y como

$$P \text{ (bobinado primario)} = P \text{ (bobinado secundario)} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Entonces, la única manera de mantener la misma potencia en los dos bobinados es que cuando el voltaje se eleve, la corriente se disminuya en la misma proporción y viceversa.

Relación entre corrientes en un transformador, entonces:

$$\frac{\text{Número de espiras del primario } (N_p)}{\text{Número de espiras del secundario } (N_s)} = \frac{\text{Corriente en el secundario } (I_s)}{\text{Corriente en el primario } (I_p)} \quad \text{Ec. 2.6}$$

Así, para conocer la corriente en el secundario (I_s) se debe tener en cuenta:

- I_p (la corriente en el primario).
- N_p (espiras en el primario).
- N_s (espiras en el secundario).

Se utiliza siguiente fórmula:

$$I_s = N_p * \frac{I_p}{N_s} \quad \text{Ec. 2.7 [3]}$$

2.1.1. COMPONENTES BÁSICOS DE UN TRANSFORMADOR

En el desarrollo y perfeccionamiento de los transformadores han influido varios factores. Las propiedades físicas de los materiales de que están

construidos han mejorado en gran manera, particularmente los aislantes y materiales magnéticos para los núcleos.

La experiencia ha llevado a un empleo más eficaz de los materiales disponibles y a mejorar los métodos de ensamble de los mismos. Adicionalmente, los aceites actuando como medio de refrigeración y aislantes han facilitado la construcción de grandes transformadores de potencia de alta tensión.

El servicio que debe realizar un transformador determina las características físicas de su construcción. Los componentes generales son:

a. NÚCLEO

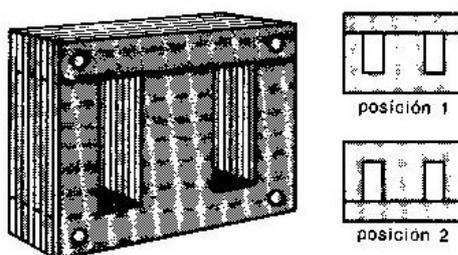


Figura 2.2. Núcleo del transformador.

Fuente: <http://ddtorres.webs.ull.es>

El núcleo de los transformadores está formado por chapas (láminas) delgadas de hierro magnético al silicio. En todos los transformadores el núcleo es asegurado por una estructura de prensado que permite reducir las vibraciones, el nivel de ruido y las corrientes de excitación, evitando el consecuente calentamiento por dichos fenómenos.

Los dos tipos fundamentales de estructura de transformador son el tipo de núcleo, en el cual dos grupos de devanados abrazan a un núcleo único, y el tipo acorazado, en el cual un único grupo de devanados abraza, al menos, dos núcleos dispuestos en paralelo. Una modificación de este tipo es el llamado tipo acorazado distribuido, corrientemente empleado en transformadores de distribución. Para transformadores de potencia y algunos

de distribución para alta tensión se utiliza con frecuencia la estructura tipo de núcleo.

La elección del tipo de construcción del núcleo se ve influenciada por las características eléctricas que debe aportar, costos de construcción y reparaciones, exigencias del espacio, refrigeración, aislamiento y robustez mecánica. [4]

b. DEVANADOS

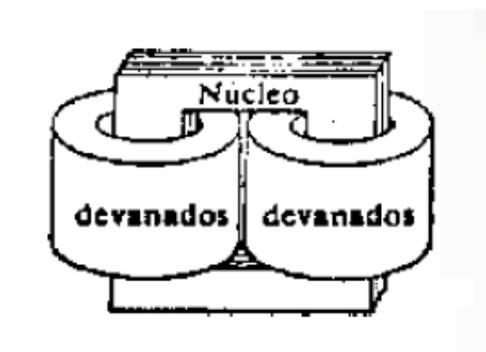


Figura 2.3. Devanados del transformador.

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

Los devanados de los transformadores sumergidos en aceite son en general de cobre electrolítico y, en algunos casos especiales, de aluminio. Dependiendo del tipo de bobina pueden tener forma redonda, rectangular o en fleje y, cuando se requiere, las soldaduras son en plata. En los transformadores pequeños para baja tensión se emplea hilo redondo, pero en los transformadores grandes los conductores suelen ser rectangulares.



Figura 2.4. Proceso de fabricación de devanados.

Fuente: <http://www.revistalideres.ec>

Tanto los devanados de baja tensión como los de alta, están provistos de canales de refrigeración para la circulación libre del aceite y están aislados con papel del tipo presspan, revestido con resina epóxica, estable ante las altas temperaturas, que pega íntegramente el papel al cobre del devanado formando un conjunto muy resistente a desplazamientos, lo cual permite después del secado obtener una adecuada resistencia al cortocircuito. [5]

c. PARTE ACTIVA



Figura 2.5. Parte activa de un transformador.

Fuente: <http://www.revistalideres.ec>

Los devanados y el núcleo están unidos en una estructura llamada “parte activa”. Este conjunto se encuentra inmobilizado dentro del tanque del transformador evitando que las vibraciones producidas durante el transporte lo afecten y también, que en el caso de un cortocircuito, no se presenten desajustes o deformación de las bobinas. [4]

d. TANQUE PRINCIPAL



Figura 2.6. Tanque de un transformador.

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

Los transformadores que emplean la refrigeración por líquido deben tener sus núcleos y devanados necesariamente encerrados en tanques que eviten las pérdidas del refrigerante.

Estos tanques están contruidos por chapas (láminas) lisas de acero, soldadas entre sí y pueden tener forma redonda, ovalada, elíptica o rectangular.

Estos tanques deben tener una holgura suficiente para permitir la dilatación y contracción térmicas del aceite. En los transformadores de distribución es corriente utilizar un tanque hermético con una cámara de aire suficiente entre la tapa y el aceite que permita que éste comprima o dilate el aire encerrado. En algunos transformadores grandes, la cámara sobre el aceite se llena de nitrógeno mantenido a una presión ligeramente superior a la atmosférica.

En general, a los transformadores grandes se les permite “respirar”. Un método utilizado para ello consiste en conectar al tanque principal un tambor “conservador de aceite” o tanque de expansión. El aceite refrigerante llena el tanque principal por completo y parcialmente el de expansión. En la parte superior de éste existe un orificio de respiración a la atmósfera. El respiradero puede estar equipado de un filtro químico que elimine la humedad y el oxígeno del aire que penetre en el tanque conservador. [4]

2.1.2. TIPOS DE TRANSFORMADORES

Los transformadores se clasifican en tres grupos.

a. DEPENDIENDO DE LA RED DE SUMINISTRO DE ENERGÍA A LA CUAL SE CONECTE EL TRANSFORMADOR

a.1. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Para montaje en postes, opera con potencias hasta de 150 kVA (kilo voltio amperio) y transformación de 13.200 a 240 o 120 Voltios. [4]

a.2. TRANSFORMADORES TIPO SUBESTACIÓN

Para montaje sobre el piso o en plataforma especialmente construida, opera con potencias de 225 a 2.000 kVA y tensiones hasta de 34.500 Voltios. [4]

a.3. TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Para montaje sobre el piso o en plataformas especiales, opera con potencias superiores a 2000 KVA y con tensiones hasta 115.000 Voltios; Normalmente las características técnicas están coordinadas con los requerimientos específicos de cada proyecto. [4]

b. CON RELACIÓN AL TIPO DE MEDIO AISLANTE Y REFRIGERANTE

b.1. TRANSFORMADORES SUMERGIDOS EN ACEITE

Pueden ser con ventilación natural o con ventilación forzada, ésta última aplicable por costos, a transformadores con potencias superiores a 2.000 kVA. Cuando por especificaciones muy particulares en el diseño o empleo se requieran sistemas especiales se pueden construir transformadores en los que por medio de bombas exteriores el aceite circula forzosamente a través de radiadores ventilados adecuadamente. [4]

b.2. TRANSFORMADORES TIPO SECO

Son de fabricación especial y se caracterizan porque el núcleo y los devanados no están sumergidos en un líquido aislante y refrigerante. Las bobinas están fabricadas con arrollamientos de aluminio y el aislamiento está constituido por una mezcla de resina epóxica y harina de cuarzo, siendo un material resistente a la humedad e ignífugo (no combustible, es decir no incendiabile).

Los transformadores tipo seco se utilizan bajo techo, y ocupan normalmente un espacio más reducido que un transformador sumergido en aceite. Son apropiados para operar en sitios con alto riesgo de incendio o explosión.

La refrigeración puede ser natural o forzada por medio de ventiladores controlados por temperatura con lo cual se logra un incremento de la potencia hasta un 40% para servicio permanente. [4]

c. TRANSFORMADORES ESPECIALES

De acuerdo con exigencias especiales del servicio se requieren transformadores con construcciones no convencionales. Dentro de estos casos se encuentran los siguientes:

c.1. TRANSFORMADORES TIPO PEDESTAL O PAD MOUNTED

Dichos transformadores están diseñados para montaje sobre una base de concreto y aptos para instalaciones a la intemperie.

Las características constructivas de este tipo de transformador permiten su instalación en lugares donde haya circulación de personas y/o donde el reducido espacio impida el montaje de una subestación tradicional. [4]

c.2. TRANSFORMADORES DE FRECUENCIA VARIABLE

Especialmente diseñados para accionamiento de motores de velocidad variable tales como los utilizados en equipos de exploración de petróleo. [4]

c.3. TRANSFORMADORES AUTOPROTEJIDOS

Incluyen interruptores o switches automáticos para desconectar el transformador cuando está sometido a una sobrecarga que conduce a

sobrecalentamiento o para separar el transformador de la red secundaria cuando ocurre un cortocircuito en ésta. Estos transformadores también vienen equipados con pararrayos. [4]

2.1.3. REFRIGERACIÓN Y AISLAMIENTO

El aislamiento está compuesto por dos clases de material aislante: Sólido y líquido. El material sólido utilizado es la celulosa o papel aislante que recubre a los devanados de alta y baja tensión, y el aislante líquido es el aceite que tiene como función principal la refrigeración.

En ciertas aplicaciones, como es el caso de los transformadores instalados en el interior de edificios, es indispensable reducir al mínimo el peligro de incendio a causa del transformador, por lo que no resultan convenientes los transformadores refrigerados por aceite y se emplean los refrigerados por aire, que circula libremente a través del equipo. Las dimensiones de un transformador refrigerado por convección del aire son algo mayores que las de un transformador de igual potencia refrigerado por aceite.

Cuando la tensión es inferior a 4000 voltios y convenga reducir el peso del transformador y el espacio requerido por el mismo, éste se puede refrigerar mediante un ventilador. La corriente de aire forzada por el ventilador circulará a través del equipo.

Uno de los métodos más efectivos de refrigeración consiste en sumergir en aceite las partes del transformador que conducen la electricidad, lo cual sirve para el doble propósito de facilitar la extracción del calor del núcleo y los devanados, y al mismo tiempo, como medio aislante para reducir las pérdidas de energía eléctrica a través del transformador.

La pérdida de energía a través del transformador ocurre por la resistencia que oponen sus partes al flujo de electricidad.

La analogía mecánica que permite comprender mejor este fenómeno se explica a continuación: cuando hay dos superficies en contacto y en movimiento entre sí, hay una fuerza de resistencia a dicho movimiento conocida como fricción, que obliga a gastar una parte de la energía disponible en vencer esta resistencia, por lo que se dice que hay pérdida de energía. Para el caso de los transformadores se habla de una fricción magnética, que es la fuerza que se opone al flujo de electricidad y causa pérdida de energía eléctrica.

Como resulta evidente, el aceite debe tener unas propiedades y características particulares que contribuyan a obtener la máxima eficiencia del transformador.

Un aspecto clave a vigilar es que el aceite para transformadores es muy volátil y si se vaporiza hay riesgos de explosión.

Aun cuando no explotara, el aceite puede quemarse produciendo una llama intensa y calor. Por ello los transformadores refrigerados por aceite deben funcionar preferiblemente en el exterior, y si estuvieran en un interior deben hallarse en recintos a prueba de incendio. [4]

a. REFRIGERACIÓN

Es un proceso que consiste en bajar o mantener el nivel de calor de un cuerpo o un espacio, la función más importante que debe desarrollar un aceite dieléctrico es la de enfriamiento y disipación del calor generado durante la operación de los transformadores.

Para cumplir de una forma eficaz con este propósito, el aceite debe poseer no solo una buena fluidez, sino también excelente estabilidad térmica y a la oxidación que le permita circular libremente sin dejar depósitos. Para esto se requiere un aceite de baja viscosidad cuidadosamente refinado para prevenir la formación de lodos. [4]

b. AISLAMIENTO

La función eléctrica de un aceite para transformador es prevenir la formación de arco entre dos conductores con una diferencia de potencial grande. Solamente con un aceite que esté esencialmente libre de contaminantes y permanezca así a través de todo el periodo de su vida de servicio pueden cumplirse totalmente los requisitos de aislamiento eléctrico. Para ser un excelente aislante el aceite debe tener baja viscosidad, buenas propiedades dieléctricas y buena capacidad de disipar el calor. [4]

c. LUBRICACIÓN

El aceite debe proveer una película químicamente inerte y de naturaleza apolar que asegure la protección de las partes metálicas y de los otros materiales presentes en un transformador, sin reaccionar con ellos. [4]

2.2. BOMBA DE VACÍO

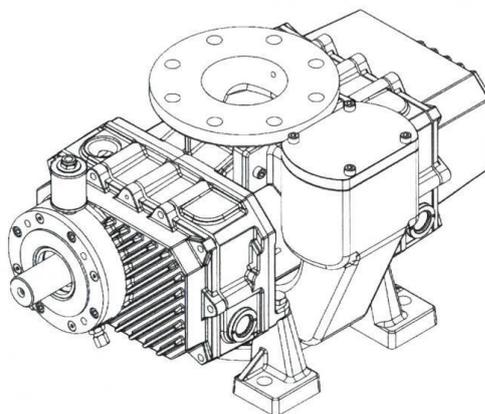


Figura 2.7. Bomba de vacío.

Fuente: <http://eurolocarno.es/invento/bombas-de-VACÍO.4/>

Una bomba de vacío extrae moléculas de gas de un volumen sellado, para crear un vacío parcial. Posee un motor que aprovecha energía eléctrica para generar una succión suficientemente potente para crear una presión de, aproximadamente, 0.02 atmósferas (en condiciones óptimas; frente a 1 atmósfera de presión normal, estándar.

El funcionamiento se define por la velocidad de bombeo y la cantidad de gas evacuado por una unidad de tiempo de las bombas de vacío.

Dos características esenciales de las bombas de vacío son:

- La presión límite, también llamada presión mínima de entrada.
- El tiempo necesario para alcanzar dicha presión.

Ambos factores no dependen necesariamente del tipo de bomba sino del recipiente a evacuar. [6]

2.2.1. BOMBAS DE VACÍO

a. BOMBA ROTATIVAS DE PALETAS

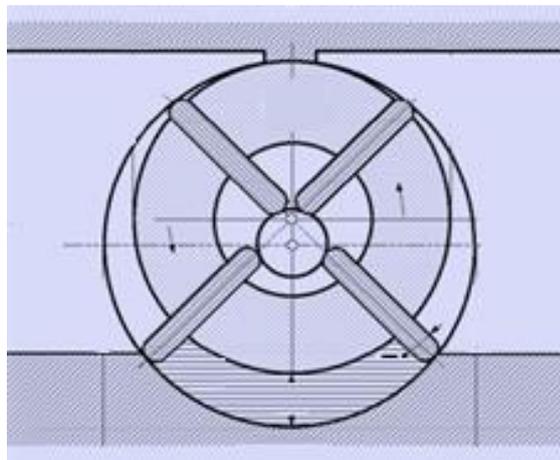


Figura 2.8. Bomba de vacío rotativa de paletas.

Fuente: <http://www.quiminet.com/articulos/principio-del-funcionamiento-de-las-bombas-de-paletas-28446.htm>

Las bombas de paletas cuentan con un conjunto de aletas con cinemática radial. El rotor es un cilindro hueco con ranuras radiales en las que oscilan o deslizan las aletas.

El rotor está colocado de forma excéntrica respecto al eje del cuerpo de la bomba. Las aletas realizan durante la rotación del rotor movimientos alternativos o de vaivén respecto al rotor.

Las paletas se aprietan con sus extremos a la superficie interior del estator y deslizan por éste. Este tipo de bombas se caracterizan por tener, una alta velocidad de bombeo en el campo de presión absoluta, comprendido entre 850 y 0,5 mbar, bajo nivel sonoro, ausencia de contaminación, refrigeración por aire, construcción particularmente robusta y un mantenimiento reducido. [7]

b. BOMBA DE PISTONES

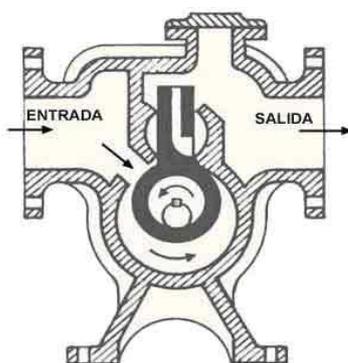


Figura 2.9. Bomba de vacío de pistones.

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

Este tipo de bombas de vacío son diseñadas para trabajar bajo las condiciones más difíciles de alto vacío y operan en seco. Gracias a su sistema de pistones en general, el vacío que pueden alcanzar es un poco mayor que las bombas de paletas, su duración es un poco menor que las bombas de vacío de paletas pero son igualmente robustas y sumamente utilizadas en la industria. [8]

b.1. BOMBA DE PISTONES ROTATIVOS



Figura 2.10. Bomba de vacío de pistones rotativos.

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

Proceso exento de aceite

- Grandes volúmenes.
- Alta eficiencia.
- Mantenimiento básico.
- Mínimo grado de contaminación.

El soplante de émbolos rotativos se compone fundamentalmente de un estator dentro del cual se alojan dos émbolos simétricos, con forma de engranaje tridentado que giran en sentido contrario y velocidad uniforme.

El fluido a vehicular penetra en la cámara formada por el estator y los émbolos que en su giro lo desplazan a la tobera de compresión. La presión final de servicio depende únicamente de la resistencia a vencer por rozamiento en las conducciones de fluido y las prestaciones específicas de utilización.

Manteniendo una presión constante y aumentando la velocidad del soplante, aumenta proporcionalmente el caudal del fluido impulsado. La potencia absorbida se ajusta automáticamente a la presión real de trabajo, evitando consumos de energía innecesarios. [9]

2.3. ACEITE DIELECTRICO

El Aceite para Transformadores, por su calidad de aceite básico libre de cera y filtrado por un catalizador, su riguroso proceso de elaboración es un aceite extremadamente limpio y estable, con excepcionales propiedades dieléctricas, alta estabilidad térmica y elevada resistencia a la oxidación.

Por las cualidades propias que le otorga su aceite base y las técnicas de manufactura, éste aceite provee una resistencia extraordinaria al óxido y una insuperable estabilidad térmica.

Es recomendado para aplicación en transformadores, interruptores y otros equipos eléctricos auxiliares con baño de aceite que requieran un aceite mineral que se desempeñe como dieléctrico, refrigerante, disipador del calor, desplazador del aire o gases atrapados, extintor en contactos eléctricos y que cumpla con los límites de las especificaciones.

Este aceite está procesado y envasado de manera que el producto está totalmente libre de contaminación al momento del despacho. El usuario debe extremar los cuidados para evitar su contaminación, almacenando el producto en un ambiente limpio y libre de humedad. [10]

2.3.1. PROPIEDADES DE LOS ACEITES DIELECTRICOS

Para que un aceite dieléctrico cumpla adecuadamente con su trabajo debe tener ciertas características físicas, químicas y eléctricas. Las principales son:

a. PROPIEDADES FÍSICAS

a.1. VISCOSIDAD

Por definición, la viscosidad de un fluido es la resistencia que dicho fluido presenta al moverse o deslizarse sobre una superficie sólida. Mientras más viscoso es el aceite, mayor será la resistencia que ofrecerá a moverse dentro del transformador y será menos efectiva su función de refrigeración. Por esta razón, los aceites dieléctricos deben tener una baja viscosidad para facilitar la disipación del calor generado en la operación del transformador. [4]

Las viscosidades máximas establecidas para aceites dieléctricos, a las diferentes temperaturas de evaluación, mediante el método ASTM D-445 o D-88, son:

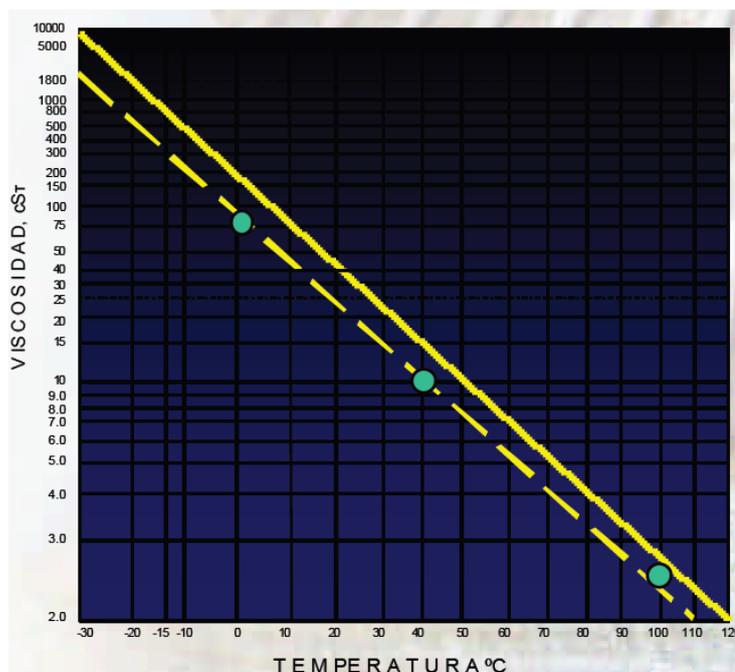
Tabla 2.1.

Viscosidad del aceite

Temperatura	Viscosidad
100oC	3 cSt
40oC	12 cSt
0oC	76 cSt

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

La figura ilustra el comportamiento típico de la viscosidad de un aceite dieléctrico con las variaciones de temperatura.

**Figura 2.11.** Curva de viscosidad vs temperatura de los aceites dieléctricos.Fuente <http://www.brettis.com/>**a.2. PUNTO DE FLUIDEZ**

Se define como la temperatura a la cual el aceite deja de fluir, mientras se somete a un proceso de enfriamiento progresivo. Este dato sirve para identificar diferentes tipos de aceites aislantes. Un punto de fluidez igual o mayor que 0°C indica la presencia dominante de hidrocarburos parafínicos,

en tanto que puntos de fluidez del orden de -10°C son propios de las fracciones de petróleo en las cuales predominan los hidrocarburos isoparafínicos. Las fracciones de hidrocarburos nafténicos tienen puntos de fluidez entre -20 a -35°C y las fracciones de hidrocarburos aromáticos llegan a tener puntos de fluidez del orden de los -40 a -60°C .

Puntos de fluidez aceptables para aceites dieléctricos, evaluado mediante el método ASTM D-97, es de -40°C a -50°C . [11]

a.3. PUNTO DE INFLAMACIÓN

Se define como la mínima temperatura a la cual el aceite emite una cantidad de vapores que es suficiente para formar una mezcla explosiva con el oxígeno del aire en presencia de una llama. El punto de inflamación de los aceites dieléctricos se ha fijado con un valor mínimo de 145°C y mientras más alto, será más segura su utilización en transformadores e interruptores de potencia. [4]

a.4. TENSIÓN INTERFACIAL

Conviene recordar que la solubilidad de un líquido en otro y también la viscosidad de ellos dependen, en buena parte, de su tensión superficial. Así por ejemplo, cuando dos líquidos tienen una tensión superficial muy diferente son insolubles, tal como sucede con el aceite y el agua.

Ahora bien, en la interface o superficie de contacto de dos líquidos insolubles, se sucede una interacción molecular que tiende a modificar la tensión superficial de ambos líquidos en la zona de contacto; en este caso se habla de tensión interfacial, la cual casi siempre es referida al agua, como patrón de comparación.

Existen compuestos que se forman de la descomposición natural de los aceites dieléctricos de origen mineral, que son igualmente solubles tanto en

el agua como en el aceite, modificando su tensión interfacial, causando un aumento considerable de la humedad de saturación del aceite y haciéndolo más conductor de la electricidad.

La tensión interfacial mínima aceptada para aceites dieléctricos, evaluada por el método ASTM D-971, es de 40 dinas/cm. [4]

a.5. PUNTO DE ANILINA

Temperatura a la cual un aceite dieléctrico se disuelve en un volumen igual de anilina. Sirve como parámetro de control de calidad, ya que un aceite dieléctrico con alto contenido de aromáticos disuelve la anilina a menor temperatura.

Temperaturas de disolución entre 78 y 86°C corresponden a un buen dieléctrico. El punto de anilina aceptado para aceites dieléctricos, evaluado mediante el método ASTM D-611, es de 63 a 84°C. [4]

a.6. COLOR

La intensidad de color del aceite dieléctrico depende de los tipos de hidrocarburos que predominen en dicho aceite. Así por ejemplo, las fracciones parafínicas e isoparafínicas son blancas y transparentes, color agua.

Las nafténicas varían de amarillo claro a amarillo verdoso. Las aromáticas poseen coloraciones que van desde el amarillo rojizo (naranja) al marrón oscuro.

Para los aceites dieléctricos se ha fijado un color máximo de 0,5 (amarillo claro), buscando que el aceite sea predominantemente nafténico. El color se determina mediante el método ASTM D-1500. [4]

b. PROPIEDADES QUÍMICAS

b.1. ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN

Los aceites dieléctricos, en razón de su trabajo, están expuestos a la presencia de aire, altas temperaturas y a la influencia de metales catalizadores tales como hierro y cobre, lo cual tiende a producir en el aceite cambios químicos que resultan en la formación de ácidos y lodos. Los ácidos atacan el tanque del transformador y reducen significativamente la capacidad aislante del aceite con las consecuentes pérdidas eléctricas. Los lodos interfieren en la transferencia de calor (enfriamiento), haciendo que las partes del transformador estén sometidas a más altas temperaturas, situación que también conduce a pérdidas de potencia eléctrica.

Como resulta obvio, es importante reducir al mínimo posible la presencia de estas sustancias perjudiciales (ácidos y lodos). Por esta razón es esencial el uso de aceites refinados que posean óptima resistencia a la oxidación y estabilidad química que garanticen amplios periodos de funcionamiento y alarguen la vida de los equipos. [11]

c. PROPIEDADES ELÉCTRICAS

c.1. FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia mide las pérdidas de corriente que tienen lugar dentro del equipo cuando se encuentra en operación. Estas pérdidas de corriente son debidas a la existencia de compuestos polares en el aceite y a su vez son la causa de los aumentos anormales de temperatura que se suceden en los equipos bajo carga. [4]

El factor de potencia máximo permisible (%), evaluado mediante el método ASTM D-924, es:

Tabla 2.2.

Factor de potencia permisible

Temperatura	Porcentaje
25°C	0,05%
100°C	0,3%

Fuente <http://www.brettis.com/>**c.2. RIGIDEZ DIELECTRICA**

La rigidez dieléctrica de un aceite aislante es el mínimo voltaje en el que un arco eléctrico ocurre entre dos electrodos metálicos. Indica la habilidad del aceite para soportar tensiones eléctricas sin falla. Una baja resistencia dieléctrica indica contaminación con agua, carbón u otra materia extraña. Una alta resistencia dieléctrica es la mejor indicación de que el aceite no contiene contaminantes. Los contaminantes que disminuyen la rigidez dieléctrica pueden usualmente ser removidos mediante un proceso de filtración (filtroprensa) o de centrifugación. [11]

2.3.2. BENEFICIOS DEL ACEITE DIELECTRICO EN LOS TRANSFORMADORES

- Mayor estabilidad a la oxidación.
- Tiene excelente fluidez a baja temperatura.
- Está libre de humedad y partículas.
- Alta resistencia eléctrica y gran estabilidad térmica.
- Alto punto de inflamación.
- No contienen ningún tipo de azufre corrosivo [10]

2.3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES DIELECTRICOS

Las propiedades y el comportamiento de los aceites dieléctricos son similares en muchos aspectos a los aceites para turbinas. Ambos circulan a temperaturas de medianas a altas (40 a 95⁰C) por largos períodos de tiempo y en continuo contacto con aire y metales. Los aceites dieléctricos se caracterizan por ser de color claro y de baja viscosidad (ISO 15 o menor).

Las especificaciones de los aceites dieléctricos han sido establecidas, a nivel internacional, por organismos oficiales y asociaciones de profesionales e industriales con el objeto de garantizar:

- a. Una calidad uniforme en su producción.
- b. Un desempeño óptimo durante todo el tiempo de servicio que, en todo caso, no debe ser menor de cinco años, cuando se emplean racionalmente en equipos de alta potencia.

Las especificaciones internacionales más conocidas y adoptadas son las de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (American Society of Testing and Materials, ASTM), que clasifica los aceites dieléctricos, mediante la norma ASTM D-3487, como aceites tipo 1 y tipo 2.

Los aceites dieléctricos tipo 1 se definen como aceites para equipos eléctricos donde se requiere una resistencia normal a la oxidación, y los de tipo 2 para aquellas aplicaciones donde la resistencia a la oxidación debe ser mayor.

Los aceites tipo 1 se conocen como aceites no inhibidos, porque solamente contienen hasta 0,08% en peso de aditivo antioxidante, y los tipos 2 son aceites inhibidos, en los que el inhibidor de oxidación llega hasta 0,3% en peso. [4]

2.4. VACÍO Y LLENADO DE TRANSFORMADORES

2.4.1. VACÍO DE TRANSFORMADORES

Por definición, el término “vacío” significa un espacio cuyo contenido de aire o gases es teóricamente cero; con el concepto anterior se define el “vacío absoluto”. En la práctica el término vacío se aplica a cualquier espacio cuyo contenido de aire o gases provocan una presión absoluta, menor que la atmosférica medida a nivel del mar, el rango de variación de la presión de los gases debajo de la atmosférica es lo que determina los diferentes “grados” de vacío.

El objetivo de realizar el proceso de eliminación de gases a un transformador es minimizar la humedad y los gases que permanecen en el bobinado y el núcleo, logrando que estos elementos se encuentren dentro de los límites normativos y confiables para la correcta operación del transformador.

Normalmente los aislamientos sólidos de los transformadores de potencia, están compuestos principalmente por papel, cartón o madera, los cuales llegan a representar el 95% de los aislamientos. Estos materiales en sus diferentes tipos y variantes son altamente higroscópicos conteniendo hasta 8 o 10 % de su peso en humedad en malas condiciones de operación. [12]

a. HUMEDAD

El papel aislante tiene una gran afinidad por el agua y mucho menor por el aceite aislante por lo que generalmente absorberá agua además de aceite. La cantidad de agua en el papel siempre será mayor que en el aceite; el papel seco absorbe agua más rápidamente que el papel impregnado de aceite, el cual tiene un rango más bajo de absorción de humedad. La

humedad dentro del papel afecta la rigidez dieléctrica, el factor de potencia, envejecimiento y rigidez mecánica. [12]

b. ELIMINACIÓN DE HUMEDAD

La eliminación de la humedad presente en los aislamientos es necesario transformarla en vapor y expulsarla a la atmosfera. Lo anterior se puede lograr disminuyendo la temperatura de ebullición del agua, por medio de alto vacío o sea bajar la presión interna en la cuba o tanque a niveles donde el agua se vaporice y se pueda extraer en forma de gas. [12]

2.4.2. PROPÓSITOS DEL VACÍO

Expansión y extracción del gas (en su mayoría aire) contenido dentro de un espacio cerrado, en este caso de una cuba o tanque cerrad. Esta expansión de los gases ayuda a la expulsión de la humedad presente. Reducción del punto de ebullición del agua contenida en forma de humedad dentro de los aislamientos, con lo cual su evaporación se acelera. Al convertirse el agua en vapor, este puede ser evacuado rápidamente, junto con los gases por medio de la bomba de vacío. [12]

2.4.3. MÉTODOS DE VACÍO

a. MÉTODO CON ALTO VACÍO

Uno de los métodos para eliminar humedad en un transformador dentro de su tanque, consistente en someterlos a vacíos muy altos a temperatura ambiente durante largos periodos de tiempo, de acuerdo con la expansión y extracción de su humedad a los límites establecidos.

Para lograr los vacíos muy altos requeridos es necesario utilizar bombas de alto vacío de pistón rotatorio de un solo paso o doble paso, selladas con aceite y capaces de alcanzar vacíos del orden de 10 micrones (0.01 mm hg)

y en algunos casos complementar estas bombas con un reforzador o BOOSTER en serie con las mismas, con lo que es posible alcanzar mejores vacíos de un micrón (0.001mm Hg) y mejorar los tiempos de secado. [12]

b. MÉTODO CON ALTO VACÍO Y CALOR

El método de secado con alto vacío y calor aplicado tiene por objeto acelerar la evolución, expansión y extracción del agua en forma de vapor, obteniéndose el secado de transformadores en tiempos más cortos.

El alto vacío se logra de la misma manera que en el método anterior, el calor es proporcionado por aceite previamente calentado por circulación a través de un grupo de resistencias y a su vez circulado dentro del tanque del transformador por un rociador bañando los devanados. [12]

2.4.4. LLENADO DE TRANSFORMADORES

Los transformadores se llenan con aceite dieléctrico para lograr el medio aislante y evita la formación de arcos eléctricos, la ruptura eléctrica de los gases acompañados por la descarga y la ionización resultante conocida como corona. Además, el aceite se utiliza como refrigerante. [13]

2.4.5. PROPÓSITO DEL LLENADO

Alcanzar alta resistencia dieléctrica, excelente factor de potencia, buena tensión interfacial, baja acidez y elevado punto de inflamación. [4]

2.4.6. MÉTODOS PARA LLENADO DE ACEITE DIELECTRICO

a. MÉTODO CON ACEITE Y NITRÓGENO

Consiste en llenar el tanque con aceite a través de la válvula de drenaje mientras se descarga gradualmente el nitrógeno contenido en el tanque. La

presión del nitrógeno contenido en el tanque del transformador debe conservarse entre 0,05 y 0,2 kg/cm² durante el llenado de aceite. [13]

b. MÉTODO CON ACEITE Y VACÍO

Consiste en efectuar el llenado de aceite después de efectuar el inicial vacío en el transformador, el llenado es realizado en vacío para así lograr extraer las partículas de oxígeno existentes en el aceite al momento de llenado. [13]

2.5. PANEL TÁCTIL

Una pantalla táctil es una pantalla que mediante un toque directo sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes al dispositivo, y a su vez muestra los resultados introducidos previamente; actuando como periférico de entrada y salida de datos, así como emulador de datos interinos erróneos al no tocarse efectivamente.

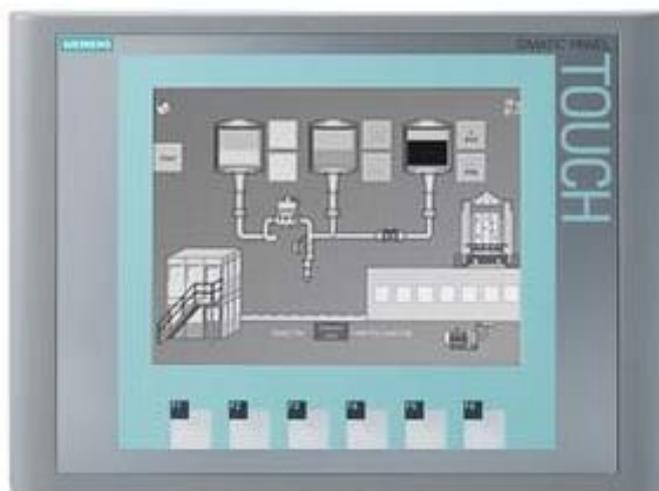


Figura 2.12. Touch panel Simiens KTP 600 PN mono.

Fuente: <http://support.automation.siemens.com/>

2.5.1. TIPOS DE TOUCH PANEL

Según la tecnología que usen, hay dos tipos de pantallas táctiles de uso habitual:

a. RESISTIVAS

Son más baratas y no les afectan el polvo ni el agua salada y, además de ser más precisas, pueden ser usadas con un puntero o con el dedo. Sin embargo, tienen hasta un 25% menos de brillo y son más gruesas, por lo que están siendo sustituidas por otras en los dispositivos móviles que precisan un tamaño y un peso ajustado y mayor brillo en la pantalla por la posibilidad de estar expuestos a la luz directa del sol. [14]

b. CAPACITIVAS

Basadas en sensores capacitivos, consisten en una capa de aislamiento eléctrico, como el cristal, recubierto con un conductor transparente, como el ITO (tin-doped indium oxide). Como el cuerpo humano es también un conductor eléctrico, tocando la superficie de la pantalla resulta una distorsión del campo electrostático de la pantalla, la cual es medida por el cambio de capacitancia (capacidad eléctrica). Diferentes tecnologías pueden ser usadas para determinar en qué posición de la pantalla fue hecho el toque. La posición es enviada al controlador para el procesamiento.

La calidad de imagen es mejor, tienen mejor respuesta y algunas permiten el uso de varios dedos a la vez (multitouch). Sin embargo, son más caras y no se pueden usar con puntero normal, sino con uno especial para las pantallas capacitivas. [14]

2.6. VÁLVULAS DE CONTROL

En el control automático de los procesos industriales, la válvula de control juega un papel muy importante en el bucle de regulación. Realiza la función de variar el caudal de fluido de control, comportándose como un orificio de área continuamente variable. Dentro del bucle de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador.

2.6.1. VÁLVULA SOLENOIDE

Este tipo de válvula es controlada variando la corriente que varía a través de un solenoide, la cual al circular por este genera un campo magnético que atrae un embolo móvil el cual regula el paso de fluido por la válvula.

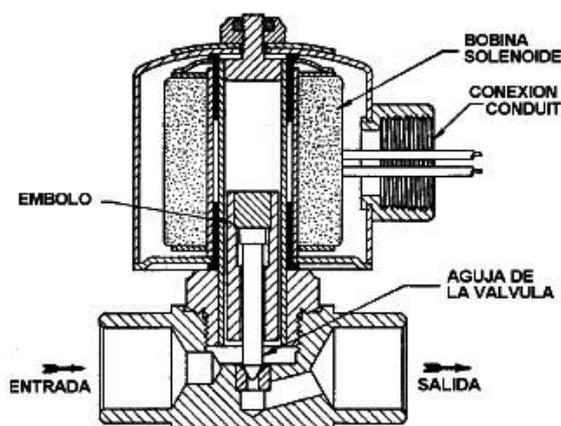


Figura 2.13. Estructura de una válvula solenoide.

Fuente: http://www.tecnoficio.com/electricidad/VÁLVULA_solenoide.php

Hay muchas variedades de válvulas, las cuales trabajan con el mismo principio básico pero se pueden agrupar de acuerdo a su aplicación, construcción o forma. Las más usadas son las de acción directa en la cual el sello del asiento se fija al núcleo del solenoide, en condición desenergizada, se cierra el orificio del asiento que opera cuando la válvula se energiza. [15]

2.7. CONTACTOR

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos), con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.



Figura 2.14. Contactor estándar.

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

2.7.1. COMPONENTES

Un contactor es de constitución parecida a la del relé pero tiene la capacidad de soportar grandes cargas en sus contactos principales. Entre sus componentes principales existen:

- **CARCASA:** Es el soporte fabricado en material no conductor que posee rigidez y soporta el calor no extremo, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores al contactor.
- **ELECTROIMÁN:** Es el elemento motor del contactor, compuesto por una serie de dispositivos, los más importantes son el circuito magnético y la bobina.
- **BOBINA:** Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado con un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético. Éste a su vez produce un campo electromagnético, superior al par resistente de los muelles, que a modo de resortes separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente.
- **NÚCLEO:** Es una parte metálica, de material ferromagnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.

- **ARMADURA:** Elemento móvil, cuya construcción es similar a la del núcleo, pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito eléctrico una vez energizadas las bobinas, ya que debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina cota de llamada. [16]

2.8. RELÉ

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. Un electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

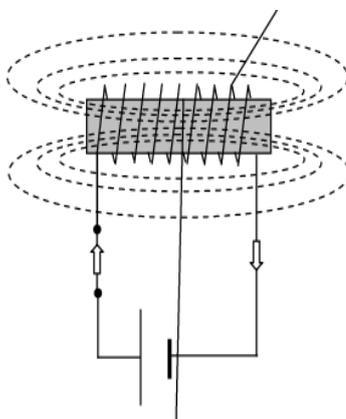


Figura 2.15. Inducción de un campo magnético debido a la circulación de corriente.

Fuente: <http://educalab.es/intef>

El relé más sencillo está formado por un electroimán como el descrito anteriormente y un interruptor de contactos. Al pasar una pequeña corriente por la bobina, el núcleo se imanta y atrae al inducido por uno de sus extremos, empujando por el otro a uno de los contactos hasta que se juntan, permitiendo el paso de la corriente a través de ellos. Esta corriente es, normalmente, mucho mayor que la que pasa por la bobina. [17]

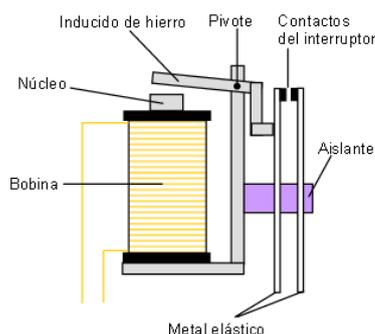


Figura 2.16. Componentes básicos de un relé.

Fuente: <http://educalab.es/intef>

2.9. SENSORES DE NIVEL

Los sensores de nivel son de mucha importancia dentro de los procesos industriales para el correcto funcionamiento del mismo, la estimación de materias primas y también para estimar de manera precisa el nivel de un fluido de manera directa en sitios donde no puede acceder un operador.

Existen diversos tipos de sensores según el tipo de medición que realizan sea midiendo directamente la altura del líquido, su presión hidrostática o sus características eléctricas (resistividad). [18]

2.9.1. INTERRUPTOR DE NIVEL TIPO FLOTADOR MAGNÉTICO

Aplican el funcionamiento de los sensores tipo reed switch que consisten en dos o tres cuchillas ferromagnéticas herméticamente cerradas en el interior de una envoltura de vidrio. Los cuales en presencia de un campo magnético se unen cerrando el circuito.

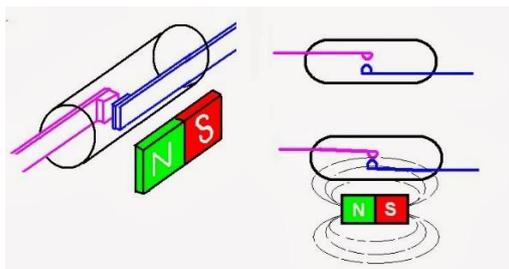


Figura 2.17. Interruptor tipo reed switch.

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

Este tipo de interruptores de nivel cuentan con un poderoso imán permanente colocado en el flotador que cuando este asciende y desciende con el nivel del líquido, el campo magnético, generado activa un interruptor magnético herméticamente sellado (cerrando un circuito eléctrico). [18]

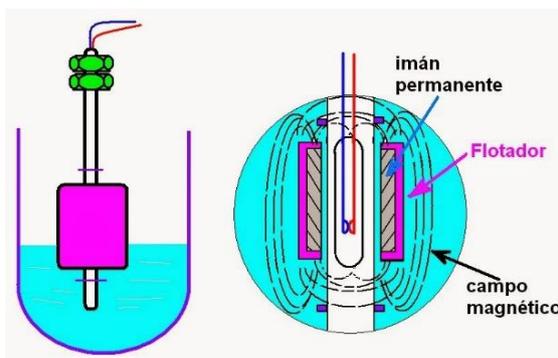


Figura 2.18. Funcionamiento interruptor de nivel magnético.

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

CAPÍTULO 3

Este capítulo tratara la selección y las características técnicas de los equipos y elementos que serán empleados para la construcción y montaje de un sistema automatizado de vacío y llenado para transformadores trifásicos en la empresa ECUATRAN S.A.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control a seleccionarse debe cumplir con ciertas especificaciones, para poder satisfacer las necesidades del operador en el sistema de vacío y llenado, personal de mantenimiento y de la empresa en general.

Estas necesidades fueron analizadas cuidadosamente y se concluyó lo siguiente:

1. El sistema debe poseer la capacidad de elegir el modo de operación (manual o automático) y realizar el vacío y llenado de forma multipunto sin importar las potencias de los transformadores.

En el modo manual el operador ingresará el tiempo de vacío, además se podrá elegir las tuberías por las cuales se realizara el vacío.

En el modo automático el operador seleccionará las tuberías para realizar el vacío y llenado e ingresará los tiempos de vacío dependiendo de la potencia del transformador.

2. El sistema multipunto a implementarse debe facilitar las labores al operador y personal de mantenimiento realizando el vacío y llenado de varios transformadores en forma simultánea.

3. El sistema debe poseer partes y piezas modernas, de tal manera que los repuestos se los pueda encontrar fácilmente en el mercado para su reemplazo.
4. El sistema debe poseer una buena señalización con el objetivo de que el operador pueda conocer el estado en el cual se encuentra el proceso vacío y llenado.
5. El sistema de control debe ser lo suficientemente flexible con la finalidad de que facilite las tareas del operador en el momento de realizar el vacío y llenado a los transformadores de potencia.
6. A través del nuevo sistema de control se pretende aumentar la vida útil de las bombas reduciendo los tiempos de encendido.

Para satisfacer las necesidades anotadas anteriormente se decidió implementar un sistema de control basado en PLC (Controladores Lógicos Programables), Touch Panel y componentes electromecánicos.

A continuación se presenta las características más importantes de los equipos y elementos utilizados para la automatización del sistema de vacío y llenado.

3.1. SELECCIÓN DEL PLC

Para seleccionar el PLC correcto para la automatización del sistema de vacío y llenado, es necesario conocer el proceso en el cual se va a involucrar y evaluar no solamente las necesidades actuales si no también los requerimientos futuros, para ello se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ PLC moderno, fácil de encontrar en el mercado para el remplazo en caso de daño.

- ✓ Número de entradas y salidas digitales de alta velocidad
- ✓ Tipo de conexión interface (Ethernet).
- ✓ Tamaño de memoria.
- ✓ Tipo de programación.
- ✓ Restricciones físicas y ambientales.
- ✓ Escalabilidad – expansión.
- ✓ Comunicación fácil con otros controladores y equipos HMI
- ✓ Tipo de alimentación.
- ✓ Tipo de salidas – relé.

3.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PLC

A continuación se muestra las características técnicas del PLC S7 1200:



Figura 3.1. PLC siemens S7-1200 CPU 1214C.

Fuente: <http://automation.siemens.com>

Referencia:	6ES7 214-1BE30-0XB0
Memoria de usuario:	50 KB de memoria de trabajo
E/S digitales integradas:	14 entradas/10 salidas
E/S analógicas integradas:	2 entradas
Área de marcas:	(M) 8192 bytes
Ampliación con módulos de señales:	8 SMs máx.
Número de puertos:	1 Tipo Ethernet
Rango de tensión:	85 a 264 V AC 20,4 a 28,8 V DC
Frecuencia de línea:	47 a 63 Hz
Conexiones:	

- ✓ 3 para HMI
- ✓ 1 para la programadora
- ✓ 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario
- ✓ 3 para CPU a CPU [19]

Información adicional (ver ANEXO F-1)

3.1.2. SELECCIÓN DE LOS MÓDULOS DIGITALES Y ANALOGOS

Módulo SM 1223: Este módulo es del tipo salidas a relé, estas son utilizadas para enviar señales de mando emitidas desde y hacia el PLC, este dispositivo controla todos los mandos digitales que posee el proceso, por ejemplo, activación de las electroválvulas de llenado y vacío, activación de los motores de las bombas, activación del vacuómetro y enfriador; de igual manera recibe las señales emitidas por los sensor de nivel de aceite de ubicado en el transformador.

Los relés de este módulo soportan una corriente máxima de 2A con un voltaje de 250V AC o 35 V DC. Este módulo está formado por 16 salidas a relé y 16 entradas.

a. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MÓDULO SM 1223

A continuación se muestra las características técnicas de este módulo:



Figura 3.2. Módulo de expansión E/S digital SM 1223.
Fuente: <http://automation.siemens.com>

Tensión de alimentación:	24 V DC:
Rango admisible, límite inferior (DC):	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC):	28,8 V
Corriente de entrada:	5 V DC, máx.:180 mA
Entradas digitales:	16 en grupos de 2
Salidas digitales:	16 en grupos de 4 [19]

Información adicional (ver ANEXO F-2)

3.2. SELECCIÓN DE TOUCH PANEL

Para seleccionar el Touch Panel, es necesario verificar que posea conexión Ethernet y tenga compatibilidad con el PLC SIEMENS S7-1200; además debe ser fácil de configurar y tener una interfaz amigable, que permita mejorar la interacción entre el operador del equipo y el proceso.

3.2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL TOUCH PANEL

A continuación se muestra las características técnicas del Touch Panel:

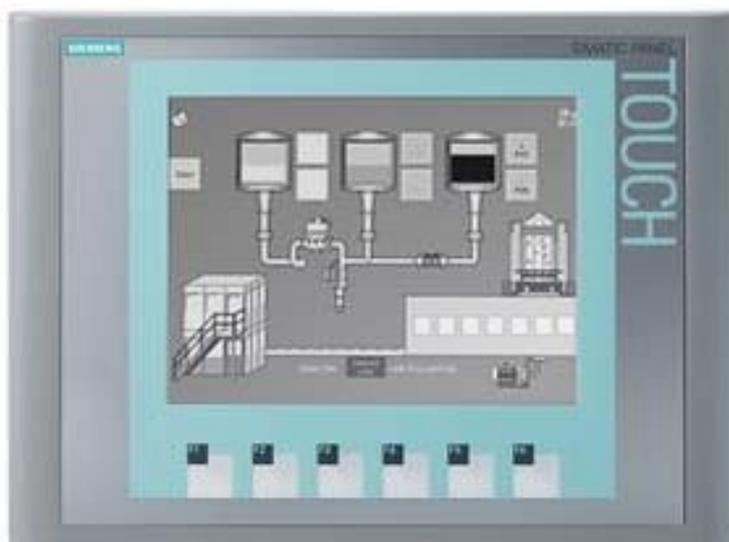


Figura 3.3. Touch panel KTP 600 basic mono PN.

Fuente: <http://automation.siemens.com>

Tipo de display: STN

Diagonal de pantalla:	5,7 in
Achura del display;	115,2 mm
Altura del display:	86,4 mm
Nº de colores:	4 tonos de gris
Nº de teclas de función:	6
Teclas con LED:	No
Teclas del sistema:	No
Teclado numérico:	Sí; Teclado en pantalla
Teclado alfanumérico:	Sí; Teclado en pantalla
Tensión de alimentación:	24 V DC
Rango admisible, límite inferior:	19,2 V DC
Rango admisible, límite superior:	28,8 V DC
Intensidad de entrada (valor nominal):	0,24 A
Potencia (Consumo):	6 W [19]

Información adicional (ver ANEXO F-3)

3.3. SELECCIÓN DE LOS SENSORES

Para la selección de los sensores de nivel se debe tomar en cuenta todos los parámetros físicos del aceite, con el objetivo que el sensor emita una señal adecuada hacia el PLC, el mismo que posteriormente realizará el control sobre dicha variable en el proceso de llenado y vacío.

Luego de estudiar al proceso detenidamente, se decidió utilizar sensores tipo boya, ya que estos dispositivos nos permiten sensar el nivel de aceite en el interior del transformador a altas temperaturas y altas presiones.

3.3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS SENSORES

A continuación se muestra las características técnicas del sensor de nivel:



Figura 3.4. Sensor tipo boya.

Fuente: <http://www.retena.ec/>

Contactos:	NO + NC
Max Power:	10W
Max Voltaje de conmutación:	100V DC
Max Corriente de conmutación:	0.5A
Min Tensión:	220V DC
Corriente Max Load:	1.0A
Resistencia de contacto máxima:	100 mW
Rango de temperatura:	10 ~ 125 grados C
Flotador Bola Partes:	acero inoxidable
Flotador Material del cuerpo:	acero inoxidable
Cuerpo Longitud total:	240mm
Float Tamaño de la bola:	26 * 26mm
Tornillo de rosca Diámetro:	10mm
Retención Diámetro Clip:	14.6mm
Longitud del cable:	35cm
Peso:	71 g [20]

3.4. SELECCIÓN DE LOS CONTACTORES

La selección de los contactores, se realiza tomando en cuenta las especificaciones técnicas del motor eléctrico que da movimiento a la bomba de vacío, y de acuerdo al tipo de trabajo.

A continuación se muestra las características de los motores:

Voltaje:	220v
Corriente:	10A
Potencia:	10HP
Frecuencia:	60Hz

En base a las características del motor indicadas anteriormente, se seleccionó el contactor marca SIEMENS SIRIUS 3RT2027-1AN20, que será el encargado de realizar el control eléctrico de encendido y apagado las bombas.

3.4.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CONTACTORES

A continuación se muestra las características técnicas del contactor:



Figura 3.5. Contactor siemens sirius.

Fuente: <http://automation.siemens.com>

Voltaje de bobina:	220v
Tamaño:	S0
Intensidad AC3:	32A
Potencia del motor 220v:	12HP
Contactos auxiliares:	1NA+1NC [21]

3.5. SELECCIÓN DE RELÉS TÉRMICOS

Los relés térmicos de bilaminas son los más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas, se debe tener en cuenta al momento de su selección las características de los equipos a proteger.

3.5.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RELÉ TÉRMICO

A continuación se muestra las características generales del relé térmico:



Figura 3.6. Relé siemens sirius.
Fuente: <http://automation.siemens.com>

Tripolares:	Motores trifásicos
Compensados:	Insensibles a cambios de temperatura
Rearme:	Automático o manual
Visualización de la graduación:	En amperios
Tamaño:	S0
Contactos auxiliares:	1NA+1NC
Botón de parada:	Si [21]

3.6. SELECCIÓN DE RELÉS

La selección de relés industriales se realiza tomando en cuenta el voltaje de la bobina, el número de contactos abiertos y cerrados, la corriente y el voltaje que los contactos soportan en condiciones normales de trabajo.

Los relés son muy comunes para la protección de entradas y salidas del PLC, ya que cualquier imprevisto podría dañar primero el relé en lugar de la salida del PLC.

3.6.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RELÉ

A continuación se muestra las características generales del relé industrial:



Figura 3.7. Relé miniatura.

Fuente: <http://automation.siemens.com>

Numero de pines:	14
Corriente max en contactos:	4A
Numero de contactos:	2NA+2NC
Voltaje bobina:	230v [21]

3.7. SELECCIÓN DE BREAKER

El breaker es capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un corto circuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos garantizando un desconexión segura.

Para seleccionar el breaker debemos tener presente lo siguiente:

- Corriente nominal: corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo.

- Tensión de trabajo: tensión para la cual está diseñado el breaker
- Poder de corte: intensidad máxima que el breaker puede interrumpir.
- Poder de cierre: intensidad máxima que puede circular por el dispositivo al momento del cierre sin que éste sufra daños por choque eléctrico.
- Número de polos: número máximo de conductores que se pueden conectar al breaker.

3.7.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BREAKER

A continuación se muestra las características generales del Breaker:



Figura 3.8. Breaker siemens.
Fuente: <http://automation.siemens.com>

Tipo de actuador:	Manual
Marca / Serie:	Serie CQD
Número de polos:	3
Corriente máx:	30A
Tensión, Grado:	480 / 277VAC
Dimensiones:	4,9 L x 2.88 Win.
Tipo de montaje:	Riel DIN
Tipo primario:	Circuit Breaker
Tipo de cierre:	Térmico / magnético [21]

3.8. SELECCIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS

Las electroválvulas fueron seleccionadas de acuerdo a las características del fluido, costo y disponibilidad en el mercado.

3.8.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ELECTROVÁLVULAS

A continuación se muestra las características técnicas de la electroválvula utilizada para realizar el vacío en el transformador:



Figura 3.9. Electroválvula.

Fuente: <http://www.unid.com.tw/>

Estructura:	Diafragma
Presión:	Presión media
Energía:	Solenoide
Material:	Acero inoxidable
Temperatura de medios:	-5~185C
Medios:	Agua/aire/vacío
Tamaño del Puerto:	1 1/2" NPT
Número de Modelo:	SUS-40
Voltaje:	220 vac / 24 vcd
Frecuencia:	60Hz [22]

3.9. SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN PARA EL PLC Y EL TOUCH PANEL

La selección del software de programación va ligada a la selección del PLC ya que durante la implementación del sistema el usuario debe programar el controlador y se deberá examinar cuidadosamente las capacidades del software, que generalmente están a la medida para controlar el hardware disponible en el controlador.

La selección de un controlador programable afecta a muchos factores, de tal suerte que el diseñador debe determinar qué características son deseables en el sistema de control y cuál es el mejor controlador que se ajusta a las presentes y futuras necesidades de la aplicación.

3.9.1. CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN PARA EL PLC Y EL TOUCH PANEL



Figura 3.10. Software TIA PORTAL.

Fuente: <http://automation.siemens.com>

SIMATIC es considerado en la actualidad el número uno mundial en el terreno de la automatización. Este hecho en parte también se debe a que SIMATIC ofrece las seis propiedades del sistema típicas de Totally Integrated Automation:

- **Ingeniería:** Máxima eficiencia en ingeniería, durante todas las fases del ciclo de vida de la máquina o instalación.
- **Comunicación:** Máxima transparencia de datos a todos los niveles de automatización, basada en estándares probados.
- **Diagnóstico:** Minimización de tiempos de parada, gracias a métodos de diagnóstico eficientes.
- **Safety:** Protección de personas y máquinas, encuadrado en un sistema global, homogéneo e integrado.
- **Security:** Seguridad de datos en un mundo conectado en red, gracias a sistemas de seguridad escalables y plenamente compatibles.
- **Robustez:** Máxima aptitud para entornos industriales, gracias a gran robustez.

Por otro lado, SIMATIC se caracteriza por otras dos propiedades del sistema:

- **Tecnología:** Más posibilidades, menos complejidad gracias a las funciones tecnológicas integradas.
- **Alta disponibilidad:** Máxima disponibilidad, gracias a soluciones redundantes a todas las escalas. [21]

3.10. DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA DEL SISTEMA

Para realizar la automatización del sistema de vacío y llenado, es necesario la implementación de circuitos de control y fuerza, que permitan

tener un control sobre el proceso de extracción de gases y llenado de aceite dieléctrico.

A continuación se describe el objetivo para el cual fue implementado de cada circuito:

3.10.1. PLANO DEL CIRCUITO DE FUERZA (Plano A-1, A-2, A-3)

En el plano No. 1, se muestra toda la parte de potencia del sistema de extracción de gases y llenado de aceite dieléctrico, este, está formado por dos motores trifásicos, un motor acciona la bomba de vacío para extraer los gases existentes en el transformador, el otro motor acciona la bomba de refrigeración, que es la encargada de mantener a una temperatura adecuada a la bomba de vacío, además se ha agregado un vacuómetro para medir la presión negativa existente en la línea. (ANEXO B-1, B-2, B-3).

3.10.2. PLANO DE DIAGRAMAS DE CONEXIONES (Plano B-1, B-2)

En el plano No. 2, se muestra el circuito de entradas digitales, a estas entradas ingresan las señales provenientes de los sensores de nivel que controlan la cantidad máxima de aceite dieléctrico que debe contener al transformador. (ANEXO C-1, C-2).

3.10.3. PLANO DEL CIRCUITO DE CONTROL (Plano B-3)

En el plano No. 3, se muestra el circuito con las salidas digitales que fueron usadas para la automatización del sistema, las salidas del PLC se encargan de accionar las electroválvulas de vacío y llenado, los motores trifásicos de las bombas y el vacuómetro. (Ver ANEXO C-3).

Las salidas digitales están distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 3.1.

Salidas digitales – circuito de control

N° Salidas	Detalle
8	Electroválvula de vacío
8	Electroválvula de llenado
1	Motor bomba de vacío
1	Motor bomba de enfriador
1	Vacuómetro

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL

En este capítulo se tratará sobre el diseño y características de los diferentes Paneles Frontales que servirán de enlace entre el usuario y el control del proceso en general.

4.1. PROGRAMACIÓN DEL PLC

La programación de un PLC se realiza mediante periféricos del autómata, como pueden ser un PC, una consola de programación, un grabador EPROM, etc.

El programa que más se ha utilizado hasta ahora ha sido el STEP 7 en sus diferentes versiones, pero se están empezando a utilizar nuevos programas más completos, como el TIA PORTAL.

La programación del PLC s7-1200 se realizó con el software STEP 7 Basic, ofrece un entorno amigable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como PLCs y dispositivos HMI.

STEP 7 basic ofrece dos lenguajes de programación (KOP y FUP) que permiten desarrollar el programa de control de la aplicación de forma fácil y eficiente. Así mismo, incluye las herramientas para crear y configurar los dispositivos HMI en el proyecto.

A continuación se presenta en la **Figura 4.1.**, el diagrama de flujo de la programación del PLC S7-1200.

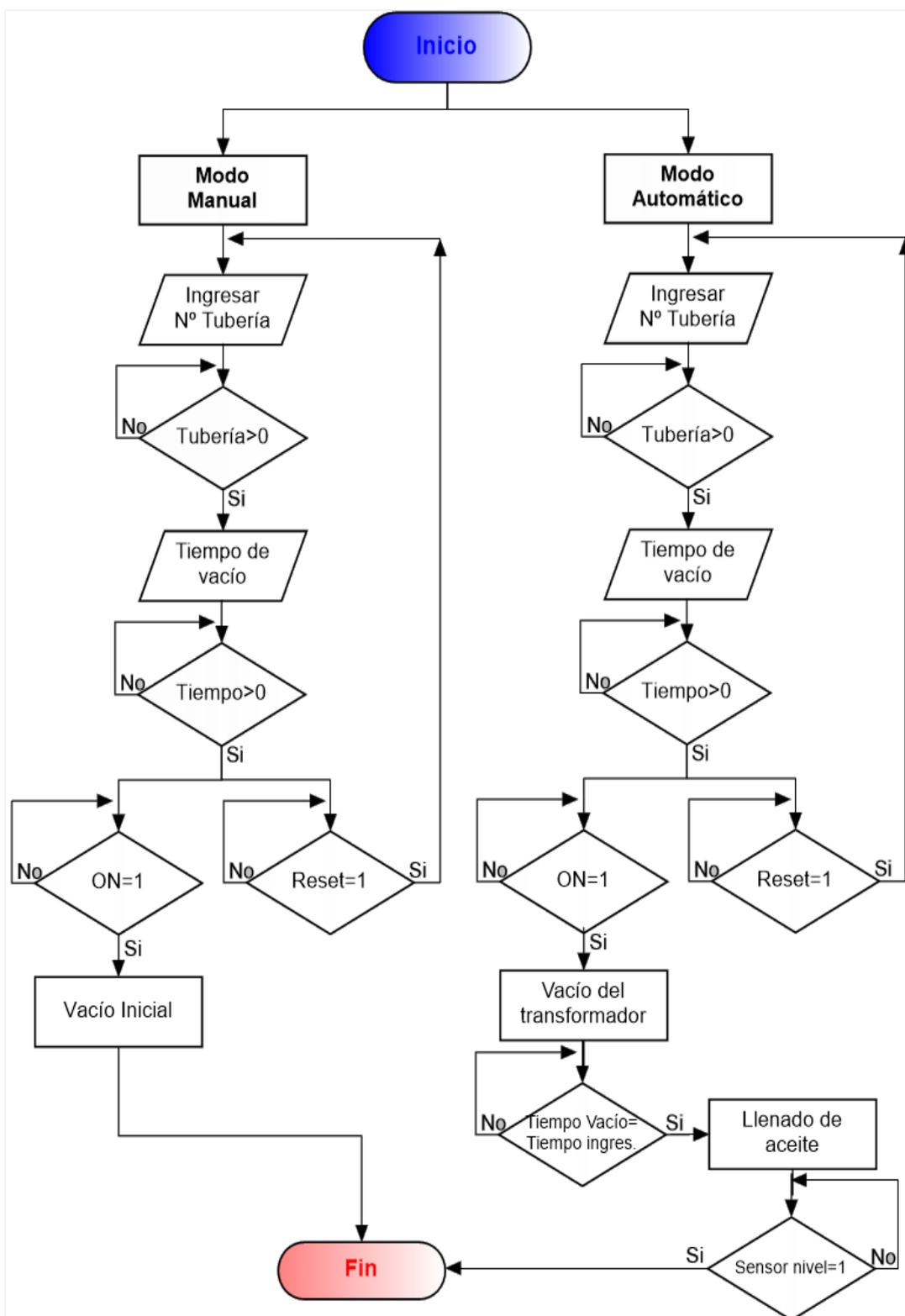


Figura 4.1. Diagrama de flujo de la programación del PLC S7-1200.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

4.2. PROGRAMACIÓN DEL TOUCH PANEL

4.2.1. PANEL PRINCIPAL

El panel principal, describe el objetivo del proceso a realizar, muestra los datos de fecha y hora, y permite al operador de la maquinaria desplegar el panel de ingreso de tiempo y selección de tuberías para vacío inicial.

En este Panel existe 1 botón, en la **Figura 4.2.**, se muestra dicho Panel:

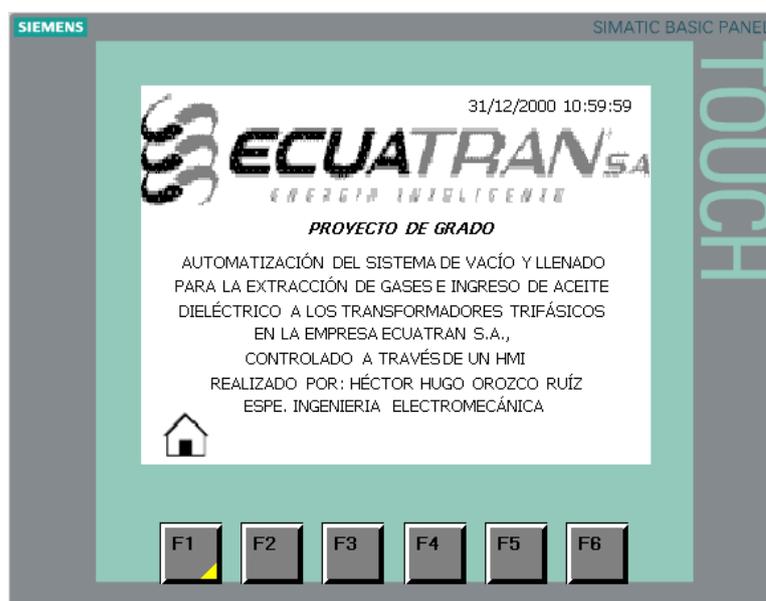


Figura 4.2. Panel principal.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Tabla 4.1.

Descripción panel principal

ICONO	DETALLE	DESCRIPCION
	Fecha y hora del sistema	Permite visualizar la fecha y hora actual

Continua

	Símbolo tecla F1	Símbolo de la tecla F1
	Tecla F1	Despliega el siguiente panel: “panel de ingreso de tiempo y selección de tuberías para vacío inicial”

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

4.2.2. PANEL INGRESO DE TIEMPO Y SELECCIÓN DE TUBERÍAS PARA VACÍO INICIAL.

El panel de ingreso de tiempo y selección de tuberías para vacío inicial, permite al operador del sistema ingresar el tiempo de vacío en modo manual y seleccionar las tuberías por las cuales se va a realizar el proceso de extracción de gases en los transformadores trifásicos de potencia y habilita el siguiente panel.

En este Panel existen 12 botones, en la **Figura 4.3.**, se muestra dicho Panel:

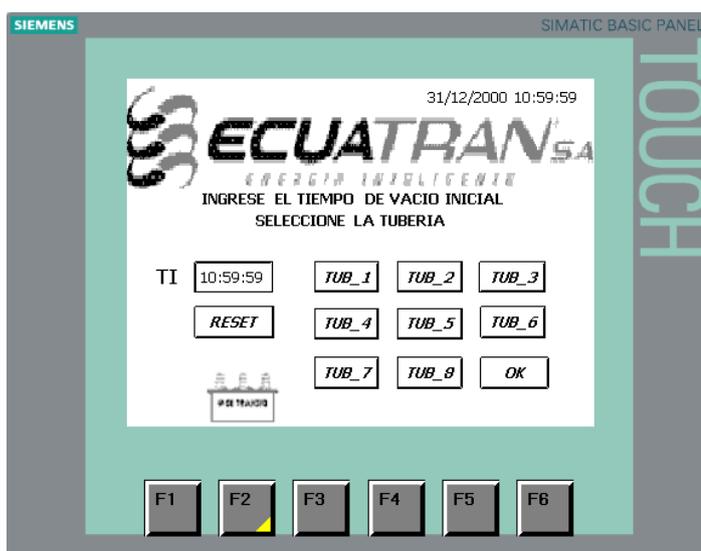
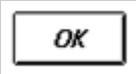


Figura 4.3. Panel ingreso de tiempo y selección de tuberías para vacío inicial.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Tabla 4.2.

Descripción panel ingreso de tiempo y selección de tuberías para vacío inicial.

ICONO	DETALLE	DESCRIPCION
	Símbolo tecla F2	Símbolo de la tecla F2
	Tecla F2	Despliega el siguiente panel: "panel selección tuberías para vacío y llenado modo automático"
	Label TI	Casilla para el ingreso de tiempo de vacío inicial en modo manual
	Tecla TUB_1 a Tecla TUB_8	Selección de la tubería por la cual se realizará el vacío inicial en modo manual
	Tecla OK	Botón para inicio de vacío inicial en modo manual
	Tecla RESET	Botón para borrar el tiempo y número de tubería seleccionadas en modo manual

4.2.3. PANEL SELECCIÓN TUBERÍAS PARA VACÍO Y LLENADO MODO AUTOMÁTICO

El panel de selección de tuberías para vacío y llenado modo automático, permite al operador del sistema seleccionar las tuberías por las cuales se va a realizar el proceso en forma automática de extracción de gases y llenado de aceite dieléctrico en los transformadores trifásicos de potencia, y habilita el siguiente panel.

En este Panel existen 10 botones, en la **Figura 4.4.**, se muestra dicho Panel:



Figura 4.4. Panel de selección de tuberías para vacío y llenado modo automático.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Tabla 4.3.

Descripción panel selección tuberías para vacío y llenado modo automático.

ICONO	DETALLE	DESCRIPCION
	Símbolo tecla F3	Símbolo de la tecla F3

Continua 

	Tecla F3	Despliega el siguiente panel: “panel ingreso de tiempo para vacío modo automático”
Tecla TUB_1 a Tecla TUB_8		Selección de la tubería por la cual se realizará el vacío y llenado en modo automático

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

4.2.4. PANEL DE INGRESO DE TIEMPO PARA VACÍO MODO AUTOMÁTICO

El panel de ingreso de tiempo para el vacío en modo automático, permite al operador del sistema seleccionar el tiempo de extracción de gases de los transformadores trifásicos de potencia escogidos anteriormente, además habilita el siguiente panel.

En este Panel existen 10 botones, en la **Figura 4.5.**, se muestra dicho Panel:

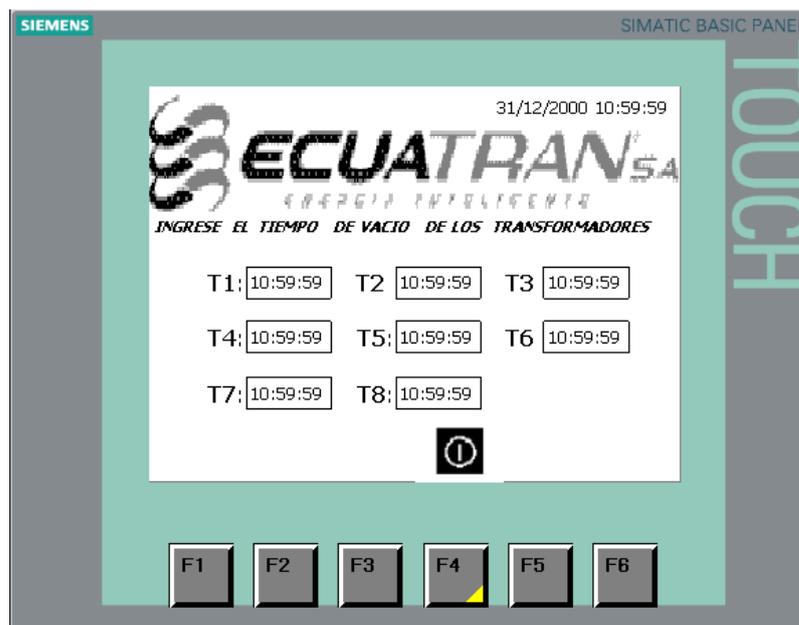
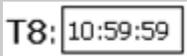


Figura 4.5. Panel de ingreso de tiempo para vacío modo automático.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Tabla 4. 4.

Descripción panel ingreso de tiempo para vacío modo automático

ICONO	DETALLE	DESCRIPCION
	Símbolo tecla F4	Símbolo de la tecla F4
	Tecla F4	Despliega el siguiente panel: "panel de inicio o reset para modo automático"
	Label TI - T8	Casilla para el ingreso de tiempo de vacío inicial en modo automático.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

4.2.5. PANEL DE INICIO O RESET PARA MODO AUTOMÁTICO

El panel de inicio o reset para el modo automático, permite al operador del sistema iniciar el proceso automático de extracción de gases de los transformadores trifásicos de potencia o a su vez puede eliminar los todos ingresados y reiniciar el proceso nuevamente.

En este Panel existen 3 botones, en la **Figura 4.6.** se muestra dicho Panel:

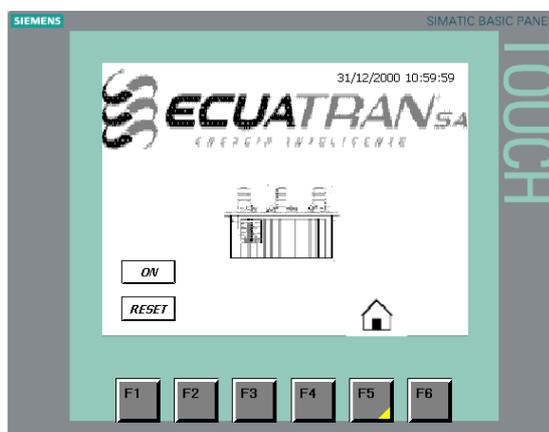
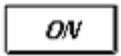


Figura 4.6. Panel inicio o reset modo automático.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Tabla 4.5.

Descripción de panel de inicio o reset en modo automático

ICONO	DETALLE	DESCRIPCION
	Símbolo tecla F5	Símbolo de la tecla F5
	Tecla F5	Permite regresar al panel principal
	Tecla ON	Botón para inicio de vacío y llenado en modo automático
	Tecla RESET	Botón para borrar el tiempo y número de tubería seleccionadas en modo automático y reiniciar el proceso nuevamente

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

CAPÍTULO 5

5. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Este capítulo trata sobre la implementación, montaje de los circuitos eléctricos, elementos electromecánicos y sensores que intervienen en el proceso de automatización, del sistema de vacío y llenado en los transformadores trifásicos de potencia de la empresa ECUATRAN S.A.

Se describen las pruebas realizadas y los resultados obtenidos a medida de que se implementa cada parte del sistema.

5.1. MONTAJE DE LOS EQUIPOS

5.1.1. MONTAJE DE TABLEROS

Para el montaje de los dispositivos de control y elementos electromecánicos se construyeron dos tableros (armarios metálicos DIM), en donde se aloja el todo equipamiento eléctrico y conexasionado encargado de controlar y accionar el proceso de vacío y llenado en la empresa ECUATRAN S.A.

Tableros:

- ✓ El tablero #1: fue diseñado para el control del sistema, en él se instaló el plc, el módulo de entradas y salidas digitales, los relés amplificadores de señal, el interruptor termo magnético, touch panel y los fusibles de protección.

- ✓ El tablero #2: fue diseñado para la parte de potencia, en él se instaló los contactores, el interruptor termo magnético y fusibles de protección.

En la **Figura 5.1.**, se muestra una fotografía del interior, en la cual se enumera cada una de las partes con las que cuenta el tablero #1 de Control.

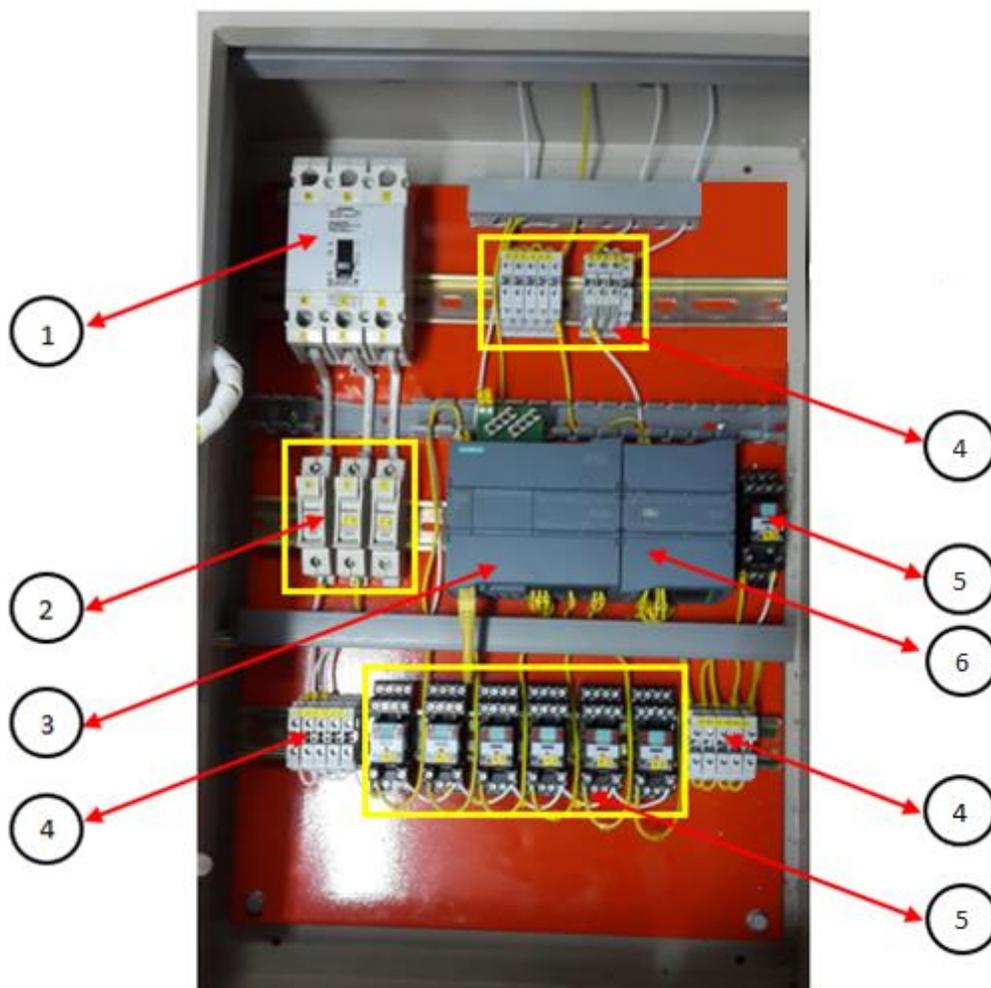


Figura 5.1. Tablero de control - vista interior
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

A continuación se indican cada uno de los elementos numerados en la **Figura 5.1.**

1. Breaker de líneas principales
2. Fusibles para protección de control eléctrico
3. Controlador lógico programable
4. Borneras para conexiones
5. Relés amplificadores de salida del PLC
6. Módulo de expansión E/S digitales

En la **Figura 5.2.**, se muestra una fotografía del exterior, en la cual se enumera cada una de las partes con las que cuenta el tablero #1 de Control.

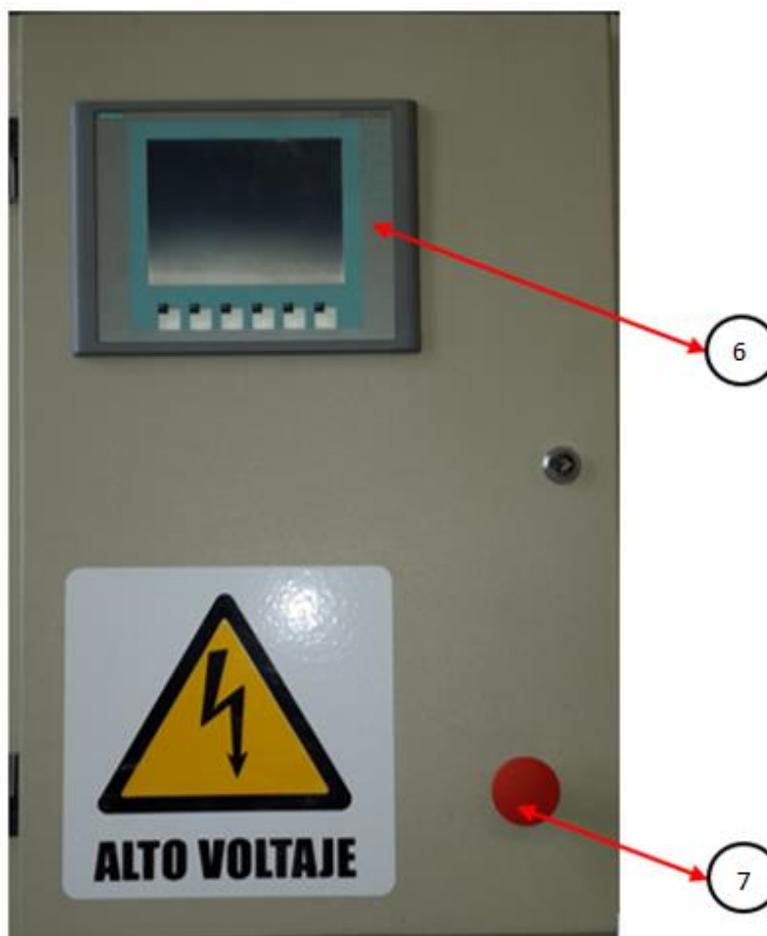


Figura 5.2. Tablero de control – vista exterior.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

A continuación se indican cada uno de los elementos numerados en la **Figura 5.2.**

- 6. Panel operador mono/Touch Panel
- 7. Paro de emergencia

¡Atención!



En la **Figura 5.3.**, se muestra una fotografía del interior, en la cual se enumera cada una de las partes con las que cuenta el tablero #2 de fuerza.

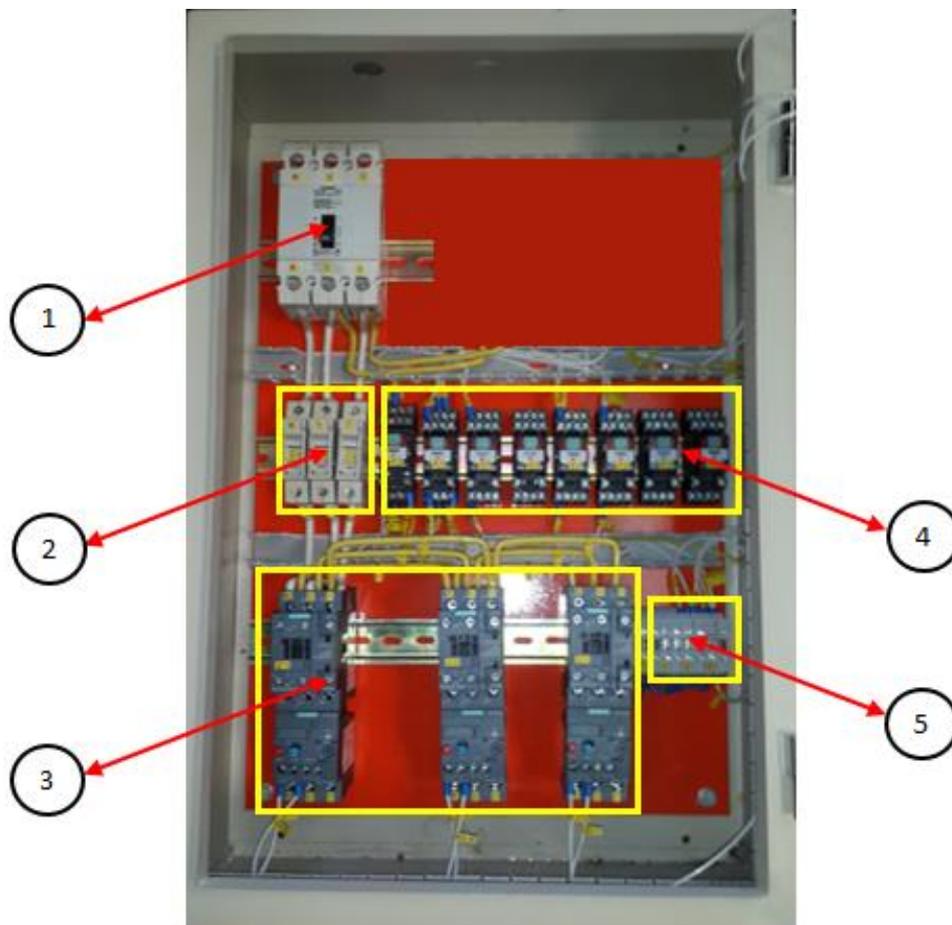


Figura 5.3. Tablero de fuerza – vista interior.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

A continuación se indican cada uno de los elementos numerados en la **Figura 5.3.**

1. Breaker de líneas principales
2. Fusibles para protección de control eléctrico
3. Contactores
4. Relés amplificadores de salida del PLC
5. Borneras para conexiones

En la **Figura 5.4.**, se muestra una fotografía del exterior, en la cual se enumera cada una de las partes con las que cuenta el tablero #2 de fuerza.



Figura 5.4. Tablero de fuerza – vista exterior.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

5.1.2. MONTAJE DE ELECTROVÁLVULAS

Para poder controlar la apertura y cierre de las válvulas, se remplazaron las válvulas manuales existentes en la tubería de vacío y llenado, por electroválvulas controladas por señales emitidas desde el PLC.

En la **Figura 5.5.** y **Figura 5.6.**, se muestra una fotografía del remplazo de las electroválvulas.



Figura 5.5. Tablero de fuerza – vista exterior.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo



Figura 5.6. Reemplazo de válvulas de llenado.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

5.1.3. MONTAJE DE SENSOR DE NIVEL

Para tener control sobre el nivel de aceite que ingresa al transformador, se instaló un sensor tipo boya en la parte superior, el mismo que es el encargado de interrumpir el ingreso de aceite.

En la **Figura 5.7.**, se muestra una fotografía en la que se indica el lugar donde se instaló el sensor de nivel.

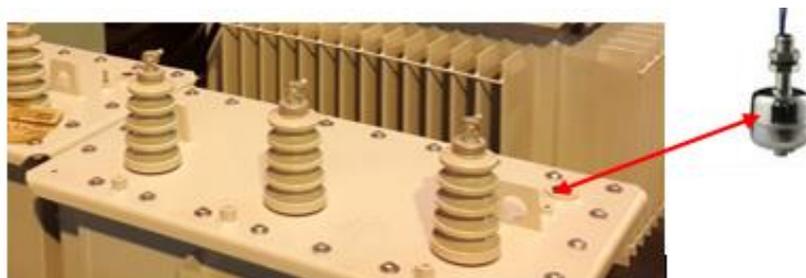


Figura 5.7. Sensor de nivel.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

5.1.4. MONTAJE DE VACUÓMETRO

Se realizó la instalación del vacuómetro, para que el operador tenga conocimiento de la presión existente en la línea principal de vacío; también se realizaron las conexiones para controlar el encendido y apagado del vacuómetro en forma automática, evitando así, daños en el equipo por encendido sin vacío en la línea.

En la **Figura 5.8.**, se muestra una fotografía del vacuómetro instalado en la línea principal.



Figura 5.8. Vacuómetro instalado.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

5.2. RESUMEN DEL MONTAJE DEL SISTEMA DE VACÍO Y LLENADO

A continuación se indica el proyecto implementado en su totalidad luego de la automatización realizada en el área de vacío y llenado en la empresa ECUATRAN S.A.

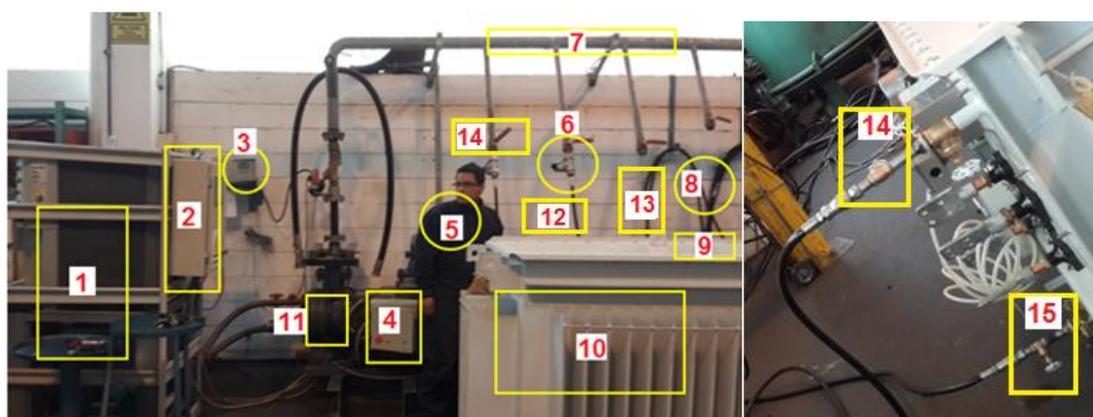


Figura 5.9. Resumen sistema automatizado.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

A continuación se indican cada uno de los elementos numerados en la **Figura 5.9.**

1. Enfriador de la bomba de vacío.
2. Tablero de control.
3. Vacuómetro.
4. Tablero de fuerza.
5. Operador.
6. Electroválvula de vacío.
7. Tubería de vacío.
8. Tubería de llenado de aceite.
9. Sensor de nivel.
10. Transformador.
11. Bomba de vacío.
12. Manguera para vacío.
13. Manguera para llenado.
14. Válvula manual para vacío.
15. Válvula manual para llenado

5.3. PRUEBAS Y RESULTADOS

En primera instancia se realizaron pruebas por separado de los equipos que conforman el control del sistema de vacío y llenado y los resultados fueron satisfactorios, ya que estos funcionaron de acuerdo al diseño realizado y requerimientos de la empresa.

Posteriormente se desarrolló el software de control mediante un PLC, módulos de expansión y un touch panel, se armaron los circuitos eléctricos para el funcionamiento de la bomba de vacío, llenado, sensores de nivel enfriador de la bomba y vacuómetro, dando como resultado un funcionamiento satisfactorio.

Finalmente se implementó el proyecto en el sistema de vacío y llenado, y se realizaron las siguientes pruebas de funcionamiento:

Prueba # 1: Simulación del proceso de vacío y llenado a través del PLC, el módulo de expansión y touch panel.

En esta prueba se forzaron las señales de entrada que ingresan al PLC con la ayuda del touch panel un dip switch.

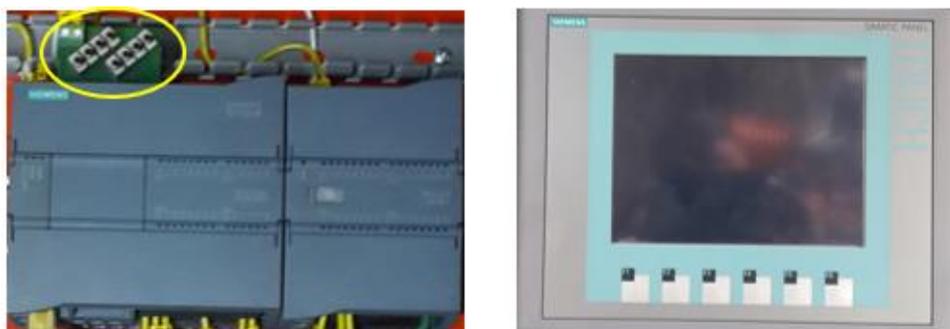


Figura 5.10. Simulación.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Resultado: Al forzar las entradas del PLC, se observó que las salidas responden de acuerdo a la programación realizada para el control del proceso de llenado y vacío, y que el touch panel envía correctamente los estados de las variables.

Prueba # 2: Encendido y apagado de la bomba de vacío.

En esta prueba se forzó a nivel de programación el contacto que habilita el encendido y apagado de la bomba de vacío.



Figura 5.11. Encendido bomba de vacío.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Resultado: Al forzar el contacto M1.7 se comprobó que la salida asignada se activó y desactivo, y la bomba de vacío se encendió y apago de acuerdo a lo programado.

Prueba # 3: Encendido y apagado automático del enfriador.

En esta prueba se cambió el PLC de estado STOP a modo RUN a nivel de programación para iniciar el encendido y apagado automático del enfriador.



Figura 5.12. Encendido y apagado automático del enfriador.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Resultado: Al cambiar el PLC a modo RUN y STOP se comprobó que la salida asignada se activó y desactivo, encendiéndose el enfriador y apagándose de acuerdo a lo programado.

Prueba # 4: Encendido y apagado automático del vacuómetro.

En esta prueba se forzó a nivel de programación el contacto que habilita el encendido y apagado del vacuómetro.

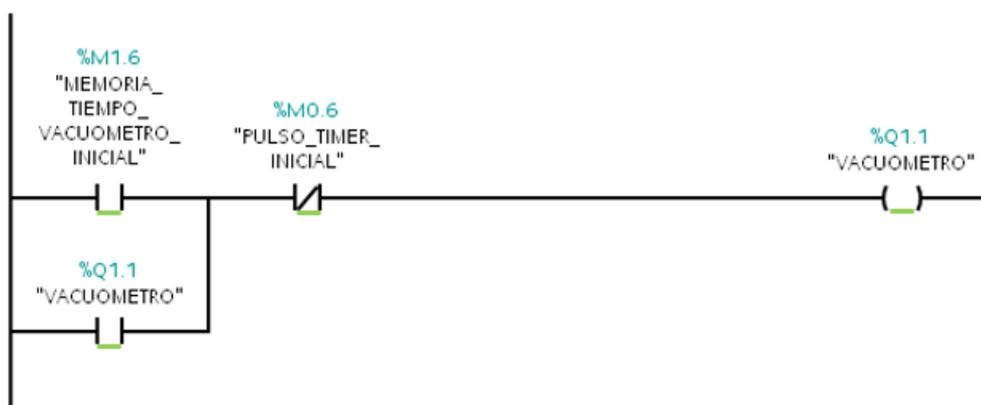


Figura 5.13. Encendido y apagado automático del vacuómetro.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Resultado: Al forzar el contacto M1.6 se comprobó que la salida asignada se activó y desactivo, y el vacuómetro se encendió y apago de acuerdo a lo programado.

Prueba # 5: Apertura y cierre de electroválvulas de vacío.

En esta prueba se seleccionaron mediante el touch panel las tuberías para vacío y se forzó a nivel de programación el contacto que habilita la apertura y cierre de las electroválvulas de vacío.

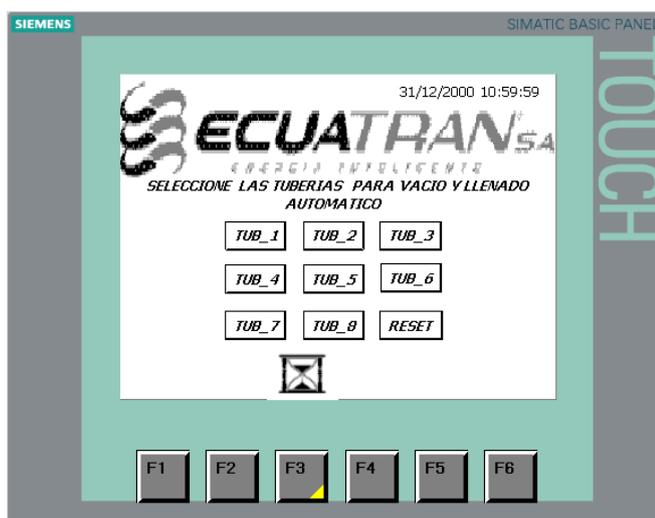


Figura 5.14. Selección de tuberías para vacío.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

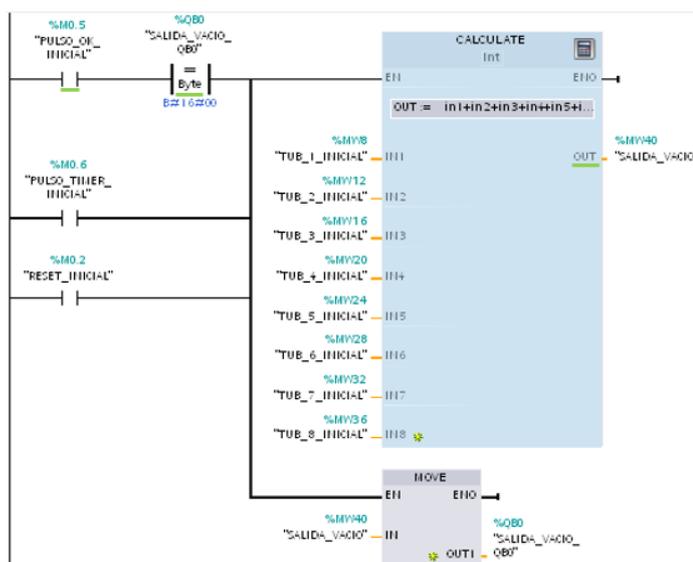


Figura 5.15. Apertura y cierre de electroválvulas de vacío.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Resultado: Al seleccionar las tuberías para el vacío y forzar el contacto M0.5 se comprobó que las salidas asignadas se activaron y desactivaron, y las electroválvulas se abrieron y cerraron de acuerdo a lo programado.

Prueba # 6: Apertura y cierre de electroválvulas de llenado.

En esta prueba se seleccionaron mediante el touch panel las tuberías para llenado y se forzó a nivel de programación el contacto que habilita la apertura y cierre de las electroválvulas de llenado.



Figura 5.16. Apertura y cierre de electroválvulas de llenado.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

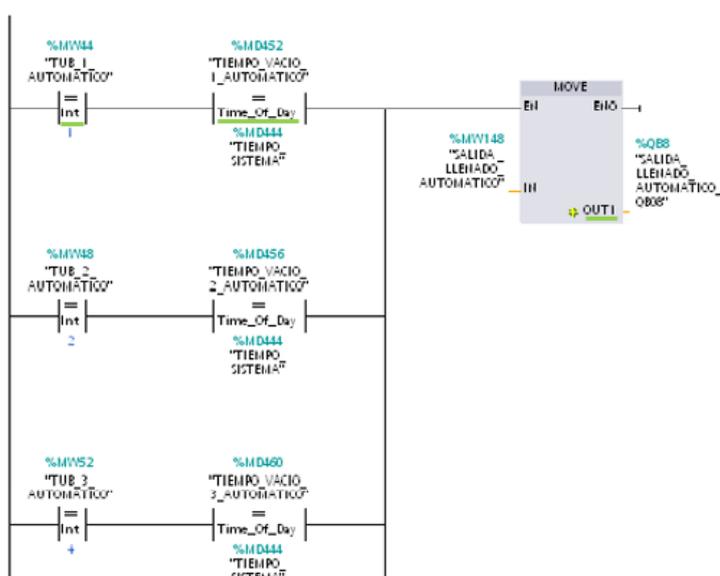


Figura 5.17. Apertura y cierre de electroválvulas de llenado.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Resultado: Al seleccionar las tuberías para el vacío y forzar el contacto MD452 se comprobó que las salidas asignadas se activaron y desactivaron, y las electroválvulas se abrieron y cerraron de acuerdo a lo programado.

Prueba # 7: Actuación del sensor de nivel.

En esta prueba se activó el sensor de nivel manualmente.

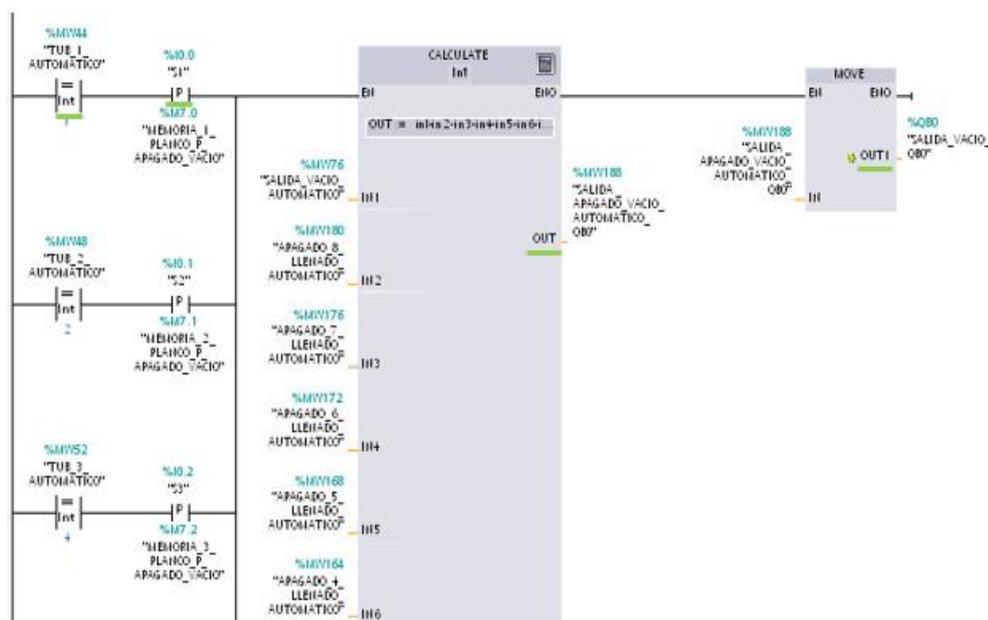


Figura 5.18. Actuación del sensor de nivel.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Resultado: Al activar manualmente el sensor de nivel se activó la entrada I0.0 y envió la señal para el cierre de las electroválvulas de acuerdo a lo programado.

Prueba # 8: Vacío inicial modo manual.

Para la prueba de vacío inicial en modo manual, se ingresó en el touch panel el tiempo requerido para realizar el vacío del transformador y se eligió la tubería de prueba como se indica en la **Figura 5.47**.

Para la prueba se seccionó la tubería TUB_2 y se ingresó un tiempo de vacío de 11 segundos.

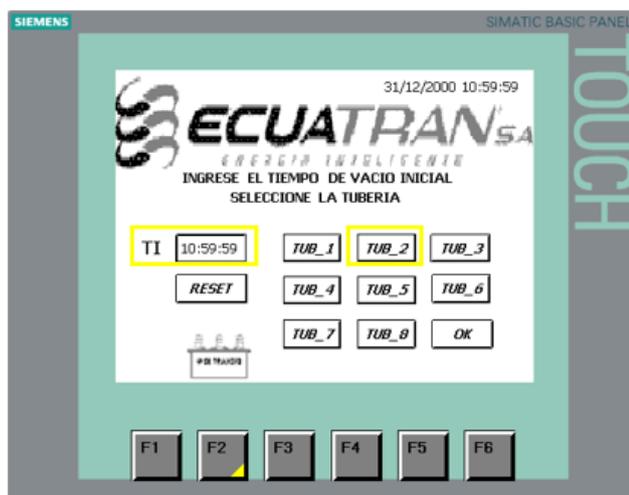


Figura 5.19. Vacío inicial modo manual.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo



Figura 5.20. Vacío inicial modo manual.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Resultado: El sistema realizó de manera satisfactoria el vacío al transformador durante 11 segundos. La prueba finalizó sin novedad dando por terminado el proceso de vacío.

Prueba # 9: Vacío y llenado modo automático.

Para la prueba de vacío y llenado en modo automático, se seleccionó la tubería de prueba y se ingresó el tiempo de vacío como se indica en las **Figuras 5.21 y 5.22.**

Para la prueba se seccionaron las tuberías TUB_3 y se ingresó un tiempo de vacío de 11 segundos.



Figura 5.21. Vacío y llenado - modo automático.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

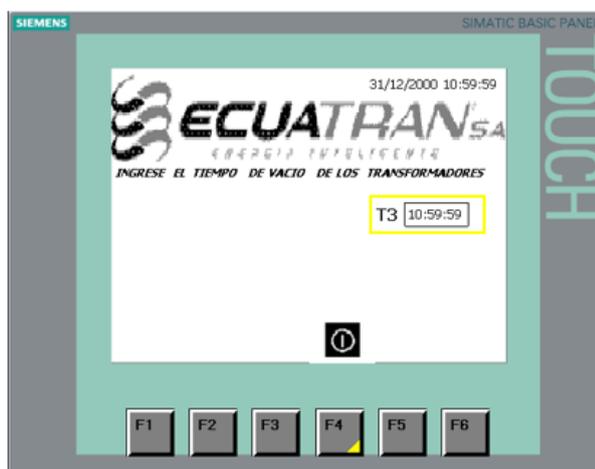


Figura 5.22. Tiempo de vacío automático.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo



Figura 5.23. Vacío y llenado modo automático.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

Resultado: El sistema realizó el vacío durante 11 segundos e inmediatamente inicio el llenado de aceite hasta que el sensor de nivel finalizo el proceso en las tuberías seleccionadas.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se realizó un sistema automático multipunto de vacío y llenado para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico en los transformadores trifásicos de la Empresa ECUATRAN S.A., cumpliendo con los requerimientos de la empresa y los objetivos propuestos en este proyecto
- Con la automatización del sistema multipunto para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico, se logró reducir los tiempos de trabajo de las bombas de vacío y llenado en un 50%.
- El proyecto de automatización realizado es viable, y ayudará en la reducción de costos de energía y mano de obra, por ende la inversión se recuperará aproximadamente en 1 año.
- Con la implementación de este proyecto, en la Empresa Ecuatran S.A. se logró habilitar la infraestructura multipunto que se encontraba sin ser utilizada por falta de un sistema automatizado.
- La automatización realizada es flexible, ya que permite al operador seleccionar el modo de trabajo; es decir automático o manual. Esto dependerá de los requerimientos de la empresa y la experiencia del operador.
- Al implementar tomas multipunto para el vacío y el llenado de transformadores trifásicos se realizó el proceso a más de un transformador a la vez, pudiendo realizarse hasta ocho transformadores con un solo operador.

- Se desarrolló el programa de automatización del sistema de vacío y llenado, mediante el software TIA PORTAL. Software muy amigable con el programador ya que permite programar tanto el PLC como el TOUCH PANEL a la vez.
- La interface realizada para la interacción entre el operador del sistema y el proceso de manufactura en general, es dinámico y de fácil operación, ya que a medida que se habilitan las ventanas se ingresan los requerimientos y finalmente se inicia el proceso.

6.2. RECOMENDACIONES

- Es importante realizar pruebas de funcionamiento en el sistema de vacío y llenado, para comprobar que todo el sistema funcione de acuerdo a las necesidades del operador.
- Se recomienda a los operadores del sistema de vacío y llenado seguir cuidadosamente el Manual del Usuario, para la normal operación y funcionamiento de la misma.
- Se recomienda al personal de mantenimiento no realizar modificaciones al sistema de vacío y llenado.
- Este proyecto puede ser el inicio de la automatización completa y más finita del sistema de vacío y llenado para transformadores trifásicos y monofásicos de la empresa ECUATRAN S.A.
- Para realizar un proyecto de automatización, se debe recolectar correctamente la información preferiblemente del área de ingeniería y estar en contacto permanente con el operador.

BIBLIOGRAFÍA

Creuss, A., Instrumentación Industrial, México: Alfaomega Grupo Editor, 2011.

M. A. Laughton, Libro de referencias para los ingenieros eléctricos, México: Newnes, 2002.

Mott, R., Mecánica de Fluidos, México: Pearson Educación Grupo Editor, 2006.

M. Sabaca, Automatismos y cuadros eléctricos, México: McGraw Hill, 2009.

Schneider Electric, Manual electrotécnico Telesquemario, España, Centro de Formación Schneider Electric, 2009.

REFERENCIAS

- [1] ECUATRAN S.A., «SICOS Ecuatran,» 26 06 2012. [En línea]. Available: <http://www.ecuatran.com/catalogos/padmouted.pdf>. [Último acceso: 05 09 2013].
- [2] Class International Rating, «Emisión de Obligaciones ECUATRAN S.A.,» 11 08 2014. [En línea]. Available: <http://classinternationalrating.com/index.php/ecuatran-s-a/finish/118/316>. [Último acceso: 8 09 2013].
- [3] J. Luis, «El Transformador,» 11 01 2011. [En línea]. [Último acceso: 2 11 2013].
- [4] Brettis, «Aceites Dieléctricos Para Transformadores,» 22 11 1999. [En línea]. Available: <http://www.brettis.com/Tutorial/08Transformadores.pdf>. [Último acceso: 04 11 2013].

- [5] Revista Lideres.ec, «Ecuatran SA: La transformación de la energía impulsa su crecimiento regional,» 03 09 2012. [En línea]. [Último acceso: 06 11 2013].
- [6] Edwards, «Bombas de Vacío y Deshidratación,» 02 01 2012. [En línea]. [Último acceso: 11 11 2013].
- [7] QuimiNet, «Principio del Funcionamiento de las Bombas de Paletas,» 01 08 2011. [En línea]. Available: <http://www.quiminet.com/articulos/principio-del-funcionamiento-de-las-bombas-de-paletas-28446.htm>. [Último acceso: 12 11 2013].
- [8] hidravsa, «Bombas de Vacío - Ingeniería Hidráulica y Neumática,» 27 05 2012. [En línea]. Available: <http://www.hidravsa.com/bombas-VACÍO/index.php>. [Último acceso: 15 11 2013].
- [9] Pedro Gil, «BOMBAS DE EMBOLOS ROTATIVOS - pedro gil sl,» 22 03 2006. [En línea]. Available: http://www.pedrogil.com/en/Man_BombasCastella_internet.pdf. [Último acceso: 17 11 2013].
- [10] Widman International SRL, «Aceite Dieléctrico | Widman - Widman International,» 01 01 2014. [En línea]. Available: http://www.widman.biz/Productos/DIELÉCTRICO_files/American_Transformer_Oil__Aceit.html. [Último acceso: 21 11 2013].
- [11] Prezi, «Lubricación en Transformadores Electricos - Prezi,» 28 10 2013. [En línea]. [Último acceso: 08 11 2013].
- [12] Bombas de vacío y deshidratación S.A. de C.V., «Bombas de vacío y deshidratación,» 13 03 2008. [En línea]. Available: http://www.bombasdeVACÍO.com.mx/desgas_procedsecadotransforma potencia.html. [Último acceso: 26 11 2013].
- [13] Abb, «Manual del Usuario - Abb,» 15 04 2008. [En línea]. Available: <http://www05.abb.com/global/scot/scot252.nsf/veritydisplay/57330bb67>

3de21eb852573fa007b1791/\$file/1zcl000001eg-es_manual%20del%20usuario.pdf. [Último acceso: 02 12 2013].

- [14] Movilquick, «Partes de un smartphone: la pantalla | Blog Movilquick,» 06 09 2012. [En línea]. Available: <http://movilquick.net/blog/partes-de-un-smartphone-la-pantalla/>. [Último acceso: 11 12 2013].
- [15] La llave, «Cómo SELECCIONar una válvula solenoide de acuerdo a su aplicación,» 12 06 2007. [En línea]. Available: <http://www.la-llave.com/ec/news7/info.php>. [Último acceso: 16 12 2013].
- [16] blogs, «CONTACTORES,» 02 09 2014. [En línea]. Available: <http://todocontactores.blogspot.com/>. [Último acceso: 19 12 2013].
- [17] P. J. C. Gil-Toresano, «EL RELÉ,» 06 10 2003. [En línea]. Available: <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/RELÉ.pdf>. [Último acceso: 23 12 2013].
- [18] Coparoman, «coparoman: Interruptores de Nivel Tipo. Flotador Magnético,» 25 03 2014. [En línea]. Available: <http://coparoman.blogspot.com/2014/03/interruptores-de-nivel-tipo-flotador.html>. [Último acceso: 26 12 2013].
- [19] SIEMENS, «SIMATIC S7-1200,» 06 10 2012. [En línea]. Available: https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sc_e_educacion/documentacion/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf. [Último acceso: 02 01 2014].
- [20] Retena S.A., «RETENA S.A. - Reparaciones Técnicas y Mantenimiento,» 23 05 2008. [En línea]. Available: <http://www.retena.ec/>. [Último acceso: 05 01 2014].
- [21] SIEMENS SUPPORT, «Siemens Industry Online Support,» 03 02 2014. [En línea]. Available:

<https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/Lista%20de%20Pecios%20Final%20Siemens%20Industry%20Ecuador.pdf>. [Último acceso: 05 01 2014].

- [22] miT-UniD, «miT-UniD® -cns,» 18 07 2008. [En línea]. Available: <http://www.unid.com.tw/>. [Último acceso: 12 01 2014].

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A-1 MANUAL DE OPERACIÓN

ANEXO B-1 CIRCUITO DE FUERZA BOMBA DE VACÍO

ANEXO B-2 CIRCUITO DE FUERZA BOMBA DE ENFRIADOR

ANEXO B-3 CIRCUITO DE FUERZA VACUÓMETRO

ANEXO C-1 DIAGRAMA DE CONEXIONES PLC

ANEXO C-2 DIAGRAMA DE CONEXIONES MÓDULO E/S

ANEXO C-3 DIAGRAMA DE CONEXIONES RELÉS

ANEXO C-4 CIRCUITO DE CONTROL

ANEXO D-1 PROGRAMACIÓN PLC

ANEXO E-1 PROGRAMACIÓN TOUCH

ANEXO F-1 DATA CHIP PLC S7-1200

ANEXO F-2 DATA CHIP MÓDULO SM-1223

ANEXO F-3 DATA CHIP TOUCH KTP-600

GENERALIDADES

El sistema de vacío y llenado multipunto, para la extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico en los transformadores trifásicos de la empresa ECUATRAN S.A., controlado a través de un HMI", se encuentra automatizado para controlar la extracción de gases y llenado de aceite dieléctrico purificado, por medio de la apertura y cierre de electroválvulas a través de señales emitidas por los sensores de nivel, las mismas que son recibidas y procesadas por un PLC.

A través de un touch panel se seleccionan las salidas de vacío y llenado, también se ajustan los tiempos de vacío de acuerdo a la potencia del transformador, con esto se garantiza el vacío aplicado a los mismos.

Al ser este, un proceso multipunto con salidas independientes, el sistema es capaz de tener más de un transformador conectado a sus salidas, facilitando las labores de mantenimiento; es decir que si alguna salida requiere mantenimiento las otras seguirán realizando las tareas de producción, con ello se disminuye las pérdidas en los tiempo de trabajo.

1. PRESCRIPCIONES GENERALES

El presente manual pretende ser una guía para:

- la seguridad de funcionamiento.
- los operadores y personal de mantenimiento del sistema.
- el procedimiento de arranque, funcionamiento y de reparación del sistema.

2. PRESCRIPCIONES DE SEGURIDAD

¡ATENCIÓN!

LEER ATENTAMENTE LAS SIGUIENTES PRESCRIPCIONES.

Todas las precauciones indicadas en esta página deben seguirse cuidadosamente para evitar daños, en algunos casos graves a las personas o al sistema.

- Informarse de la ubicación del lugar de primeros auxilios en el interior de la planta y leer atentamente las recomendaciones de seguridad y de primeras intervenciones médicas vigentes.
- Disponer SIEMPRE de equipos contra incendios lo más cerca posible.
- Las eventuales intervenciones en el sistema y las bombas deben ser SIEMPRE efectuadas por al menos 2 personas calificadas y expresamente autorizadas.
- Las conexiones eléctricas de los motores de las bombas, de todas las conexiones y aparatos electrónicos deben llevarse a cabo SIEMPRE por personal autorizado y competente.
- No desmontar NUNCA las protecciones de los elementos con el sistema en funcionamiento.
- No hacer funcionar NUNCA las bombas con el sentido de giro contrario al indicado.
- No meter NUNCA las manos o los dedos en los agujeros o aberturas del grupo electrobomba y del sistema.

- Desmontar SIEMPRE los equipos retirando la tensión de la línea de alimentación.
- Asegurarse del correcto aislamiento de los componentes y de haber realizado la conexión a la toma de tierra antes de conectar la tensión eléctrica.
- Las bombas y las tuberías donde se conectará, no deben tener NUNCA presión cuando se tenga que efectuar cualquier intervención.
- No apoyarse NUNCA sobre el sistema, bomba o sobre las tuberías de unión.
- Comprobar SIEMPRE la correcta fijación del sistema, la bomba y de su estabilidad en todas las fases de la vida de la máquina.

3. EN CASO DE EMERGENCIA

Si el sistema funciona mal y/o pierde el gas transportado o el líquido de servicio, quitar inmediatamente la tensión de alimentación y avisar al personal responsable de la instalación que debe intervenir con al menos dos personas y que operará con la debida atención que requiera el caso:

La bomba puede transportar fluidos peligrosos y/o dañinos para la salud de las personas y del ambiente.

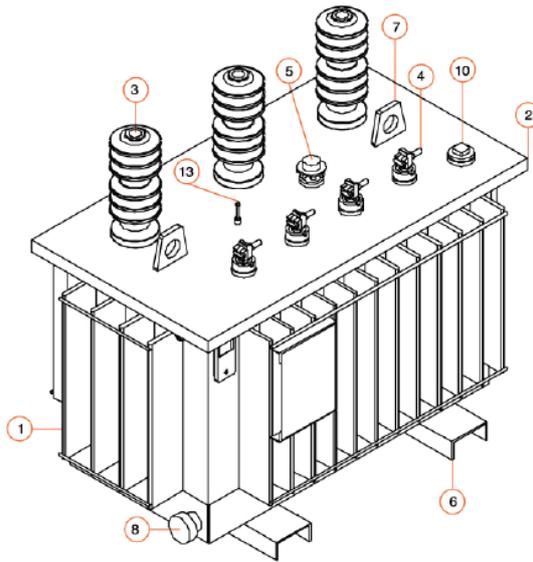
Una vez resueltos todos los problemas que ha producido la emergencia, deberemos efectuar todos los controles necesarios para la puesta en marcha.

3.1. PRIMEROS AUXILIOS GENÉRICOS

Si a pesar de las precauciones previstas, sucediera algún accidente es necesario:

1. Desenergizar totalmente el sistema mediante el interruptor principal.
2. Contactarse inmediatamente con el médico de la planta o personal capacitado en primeros auxilios.
3. Informar inmediatamente al jefe de área.

4. DESCRIPCIÓN PARTES DEL TRANSFORMADOR



ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	Cuba del transformador	8	1	Válvula de descarga
2	1	Tapa empernada	9	1	Placa de características
3	3*	Pasatapas de media tensión	10	1	Tapón de llenado
4	4*	Pasatapas de baja tensión	11	1	Válvula de sobrepresión
5	1	Cambiador de derivaciones de 5 pos.	12	1	Nivel de aceite
6	2	Chasis	13	1	Válvula de nitrógeno
7	2	Soportes de izado	14	2	Conectores a tierra

Figura 2. Partes transformador trifásico.

Fuente: Ecuatran S.A.

5. DESCRIPCIÓN PARTES DEL SISTEMA

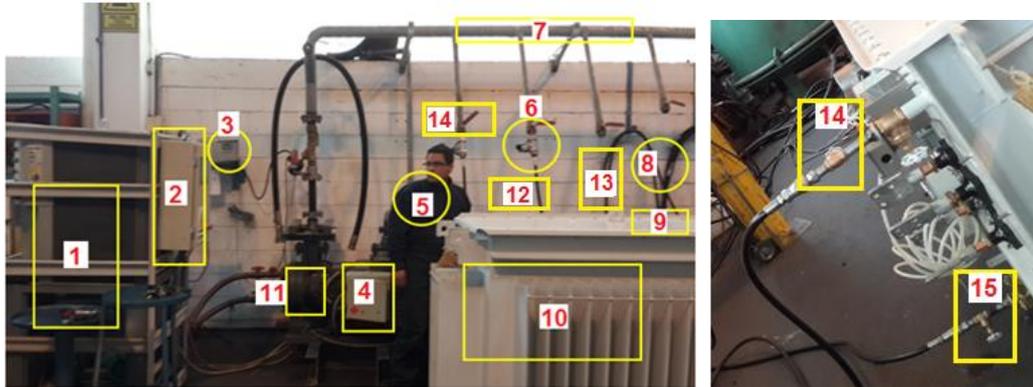


Figura 3. Partes sistema de vacío y llenado.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

1. a. Enfriador de la bomba de vacío.
2. a. Tablero de control.
3. a. Vacuómetro.
4. a. Tablero de fuerza.
5. a. Operador.
6. a. Electroválvula de vacío.
7. a. Tubería de vacío.
8. a. Tubería de llenado de aceite.
9. a. Sensor de nivel.
10. a. Transformador.
11. a. Bomba de vacío.
12. a. Manguera para vacío.
13. a. Manguera para llenado.
14. a. Válvula manual para vacío.
15. a. Válvula manual para llenado

6. CONEXIONES

Las conexiones deben estar bien realizadas sin ninguna clase de fuga o ruptura en cables o mangueras en caso contrario comunicar al personal de mantenimiento e informar al jefe de área.

6.1. CONEXIÓN MANGUERA PARA VACÍO



Figura 4. Manguera de vacío.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

1. Conectar válvula con acople rápido en la parte superior del transformador (parte 10).
2. Identificar manguera para vacío (parte 12.a.) y conectar mediante el acople rápido al transformador (parte 10.a.).
3. Verificar que las válvulas manuales se encuentren abiertas (parte 14.a.).

6.2. CONEXIÓN MANGUERA PARA LLENADO



Figura 5. Manguera de llenado.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

1. Conectar válvula con acople rápido en la parte inferior del transformador (parte 8).
2. Identificar manguera para llenado (parte 13.a.) y conectar mediante el acople rápido al transformador (parte 10.a.).
3. Verificar que las válvulas manuales se encuentren abiertas (parte 15.a.).

6.3. CONEXIÓN SENSOR DE NIVEL

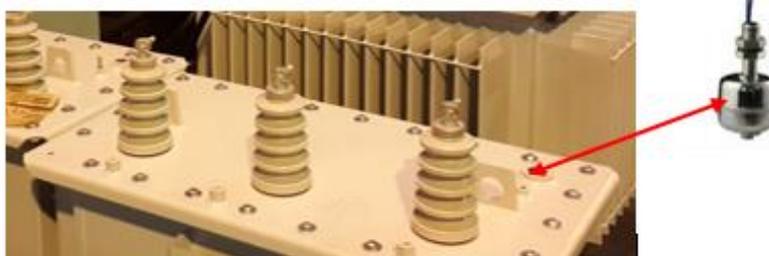


Figura 6. Sensor de nivel.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

1. Retirar tapón del transformador (parte 8).
2. Limpiar el sensor para evitar el ingreso de impurezas al transformador.
3. Ingresar el sensor de nivel (parte 9.a.) por la parte 8 y ajustar prensa estopa al nivel que es necesario de acuerdo al tamaño del transformador.

4. Verificar que los cables del sensor se encuentren en buenas condiciones para que transmita las señales al PLC.

7. OPERACIÓN DEL SISTEMA

El sistema de extracción de gases e ingreso de aceite dieléctrico consta de dos operaciones las cuales son vacío inicial modo manual y vacío y llenado modo automático.



Figura 7. Interruptor principal.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

1. Encender el sistema ubicando el interruptor del breaker en posición I.



Figura 8. Ventana de inicio.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

2. Presionar F1 para validar la siguiente ventana.

7.1. OPERACIÓN DE VACÍO



Figura 9. Ventana de vacío inicial.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

1. Ingresar tiempo de vacío (TI) en formato h/m/s.
2. Seleccionar tuberías (TUB_#) por las cuales se realizara el vacío.
3. Iniciar vacío con la tecla OK o resetear los datos ingresados con la tecla RESET.
4. Presionar F2 para validar la siguiente ventana.

En caso de presionar la tecla Ok el proceso iniciara de la siguiente manera:

El sistema encenderá la bomba de vacío y el enfriador. Las electroválvulas de las tuberías seleccionadas se abrirán instantáneamente durante el tiempo ingresado, permitiendo a la bomba de vacío realizar la extracción de gases e impurezas; diez minutos después se prenderá el vacuómetro de la línea principal, y al transcurrir el tiempo ingresado se cerraran las electroválvulas de vacío, finalmente el proceso terminará con el apagado de la bomba, el enfriador y el vacuómetro.

7.2. OPERACIÓN DE VACÍO Y LLENADO MODO AUTOMÁTICO



Figura 10. Ventana de selección de tuberías para vacío y llenado.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

1. Seleccionar tuberías (TUB_#) por las cuales se realizara el vacío y llenado.
2. Presionar F3 para validar la siguiente ventana.

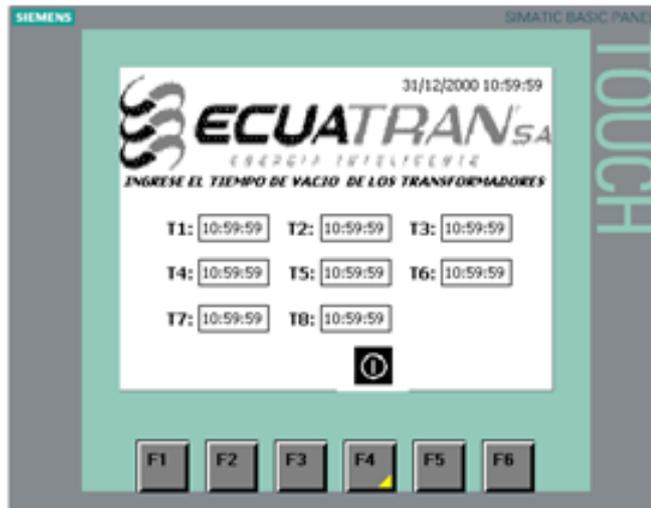


Figura 11. Ventana de ingreso de tiempo para vacío.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

3. Ingresar tiempos (T#) en formato h/m/s para el vacío.
4. Presionar F4 para validar la siguiente ventana.



Figura 12. Ventana de inicio o reset.

Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

5. Verificar conexiones de mangueras y sensores.
6. Presionar ON para iniciar vacío y llenado o RESET para borrar tuberías seleccionadas, tiempos ingresados y validar ventana anterior de selección de tuberías para vacío y llenado.
7. Presionar F5 para validar la ventana de inicio.

En caso de presionar la tecla ON el proceso iniciara de la siguiente manera:

El sistema encenderá la bomba de vacío y el enfriador. Las electroválvulas de las tuberías seleccionadas se abrirán instantáneamente durante el tiempo ingresado, permitiendo a la bomba de vacío realizar la extracción de gases e impurezas; diez minutos después se prendera el vacuómetro de la línea principal y a medida que transcurre el tiempo ingresado para cada tubería, se cerrarán las electroválvulas de vacío con menor tiempo, y paulatinamente se irán cerrando hasta llegar a la de mayor tiempo; en ese instante se abrirán las electroválvulas de llenado e iniciara el ingreso de aceite dieléctrico, cuando el sensor de nivel envíe la señal se cerraran las electroválvulas de vacío y llenado, y así continuara el proceso para cada tubería.

Así continuara el proceso para cada tubería seleccionada, el proceso finalizara cuando todas las electroválvulas se cierren, y 10 min después se apagará la bomba, el enfriador y el vacuómetro.

8. PARO DE EMERGENCIA



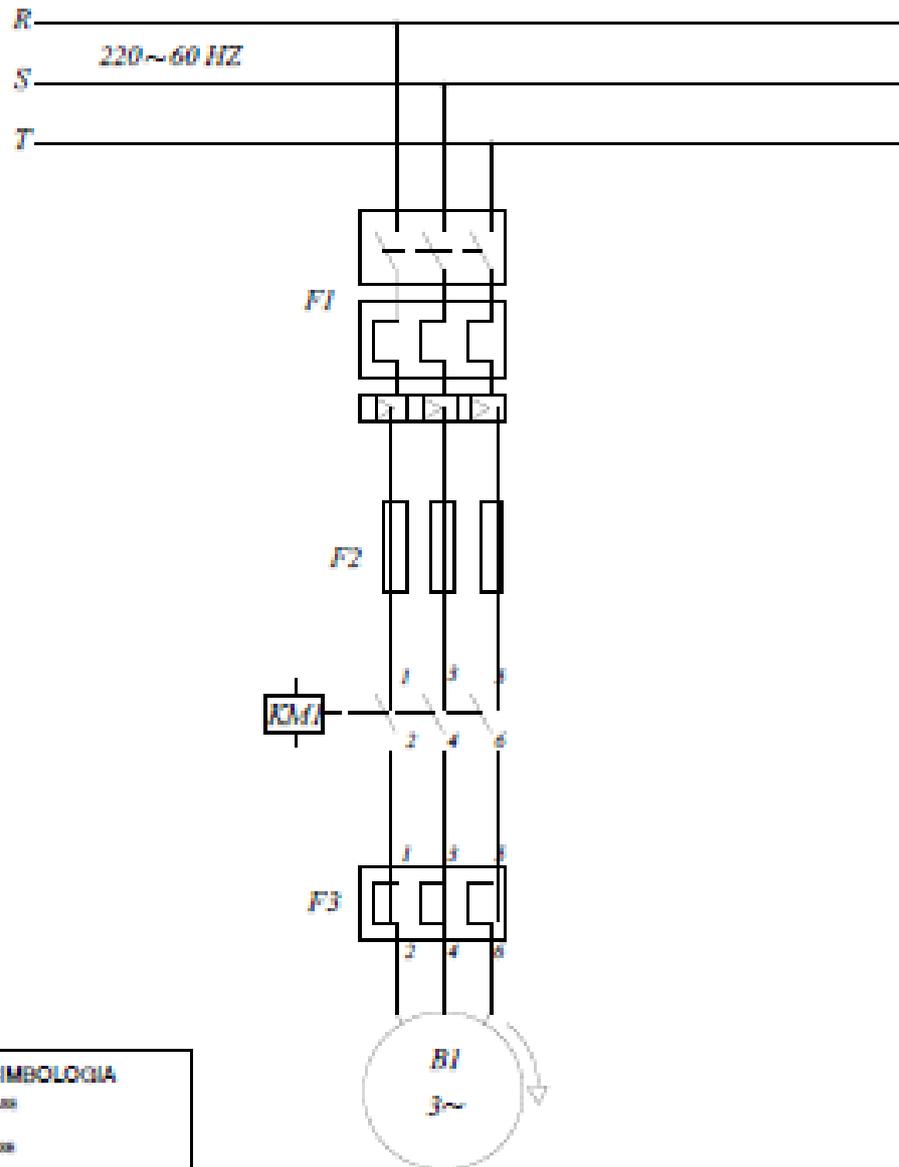
Figura 13. Ventana de inicio o reset.
Elaborado por: Orozco Ruíz, Héctor Hugo

1. Pulsar el botón tipo hongo que es el paro general del sistema.
2. Llamar inmediatamente al personal de mantenimiento.
3. informar al supervisor de área.

9. EQUIPO DE PROTECCION PARA OPERADORES

PROTECCIÓN	SIMBOLOGÍA	APLICACIÓN
CASCO		<ul style="list-style-type: none">-Caída de objetos.-Golpes e Impactos en la cabeza (frontales o laterales) contra objetos fijos, tales como tuberías o vigas.-Contacto con conductores eléctricos descubiertos.
GAFAS		<ul style="list-style-type: none">-Protegen los ojos y el área alrededor de los ojos contra impactos, polvo, y salpicaduras. Algunos anteojos protectores se pueden usar sobre lentes de prescripción (Graduados)
TAPONES AUDITIVOS		<ul style="list-style-type: none">-Protege la zona auditiva para evitar la pérdida de audición por exposición directa a fuertes ruidos.
GUANTES		<ul style="list-style-type: none">-Protege contra Quemaduras, Magulladuras, Abrusiones, Cortaduras, Pinchazos, Fracturas, Amputaciones y Exposición a Químicos.
BOTAS		<ul style="list-style-type: none">-Se deberán considerar botas con punteras resistentes al impacto y suelas resistentes al calor que protejan contra las superficies calientes, comunes en techados, pavimentaciones e industrias con metales calientes.
OVEROL		<ul style="list-style-type: none">-Se utiliza como uniforme de trabajo y protección corporal para evitar accidentes por salpicaduras, temperaturas y proporciona capacidad de trabajo.

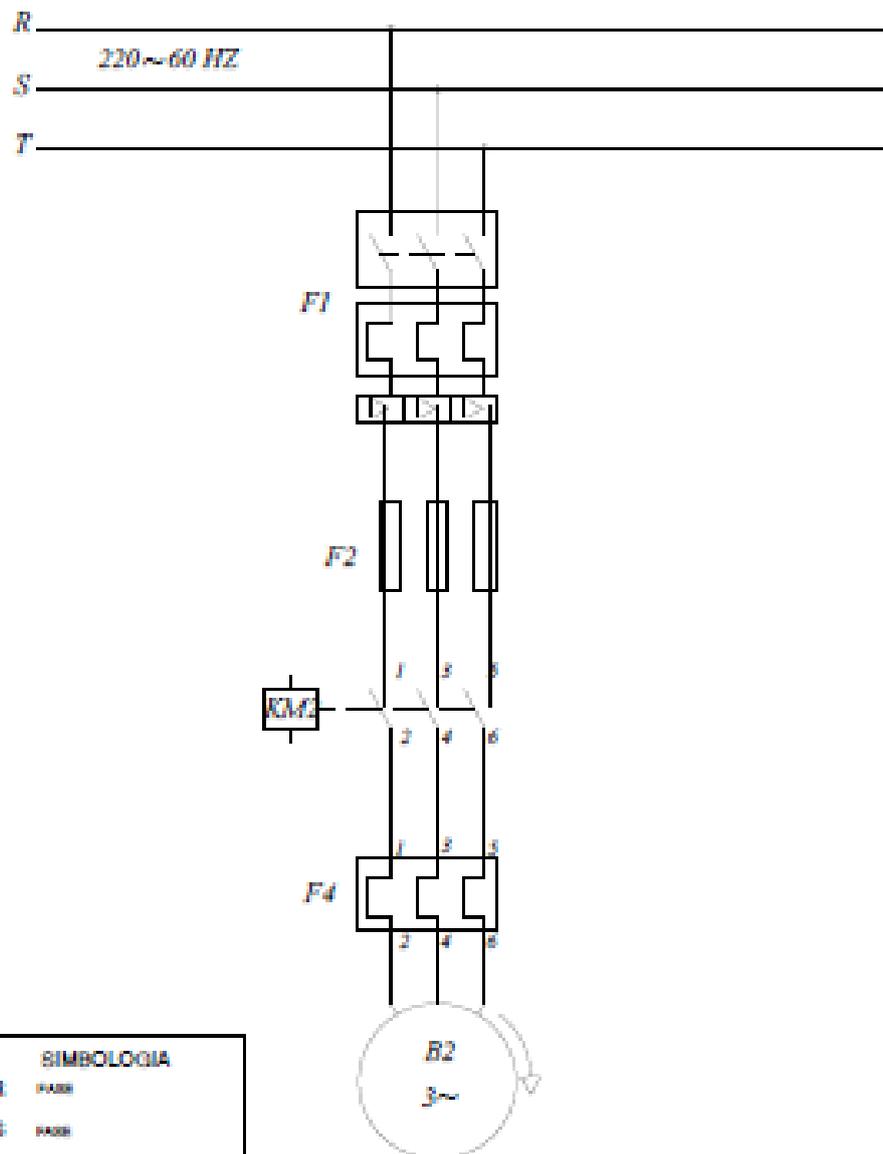
CIRCUITO DE POTENCIA BOMBA DE VACÍO



SIMBOLOGIA	
R	FASE
S	FASE
T	FASE
F1	INTERRUPTOR TERMO-MAGNÉTICO
F2	FUSIBLES DE LÍNEAS
F3	RELÉ TÉRMICO
KM1	CONTACTOR
B1	BOMBA DE VACÍO
3~	TRIFÁSICO

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS			
PROVINCIA DE COTACAJE			
PROYECTO: PROYECTO DE GRADO		CONTROL: CIRCUITO DE POTENCIA BOMBA DE VACÍO	
ESPE	FECHA: JUNIO DEL 200	EDICIÓN: 1 / 1	A-1
_____	_____	_____	_____

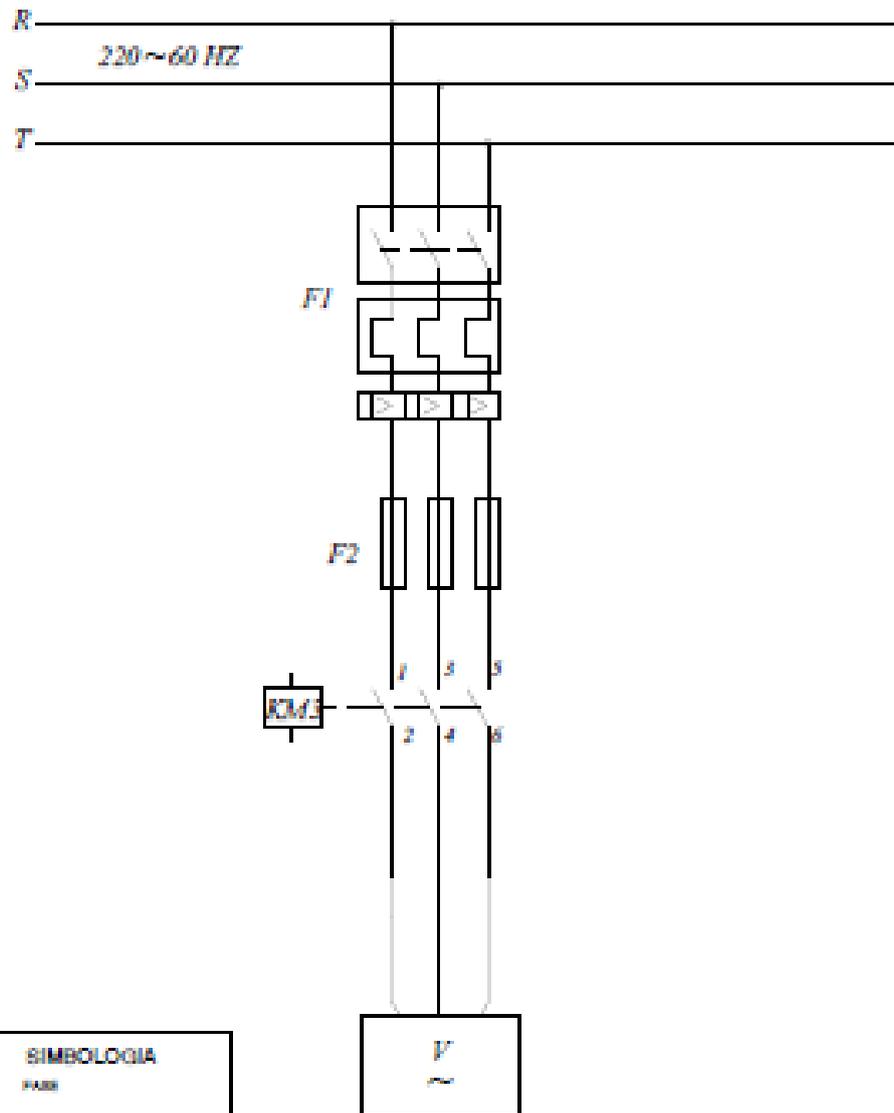
CIRCUITO DE POTENCIA BOMBA DE ENFRIADOR



SIMBOLOGIA	
R	FASE
S	FASE
T	FASE
F1	INTERRUPTOR TERMOELECTRÓNICO
F2	FUSIBLES DE LINEAS
F4	RELÉ TÉRMICO
KM2	CONTACTOR
B2	BOMBA DE VACÍO
3~	TRIFÁSICO

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS PROVINCIA DE COTACACHI			
ASIGNATURA: PROYECTO DE GRADO		CONTENIDO: CIRCUITO DE POTENCIA BOMBA DE ENFRIADOR	
ESPE	ESCALA: DIBUJO DEL DISEÑO	ESCALA: 1:1	FECHA: A-2
Ing. FRANCISCO PARRON DE SOLÍS	Ing. FRANCISCO PARRON DE SOLÍS	Ing. FRANCISCO PARRON DE SOLÍS	

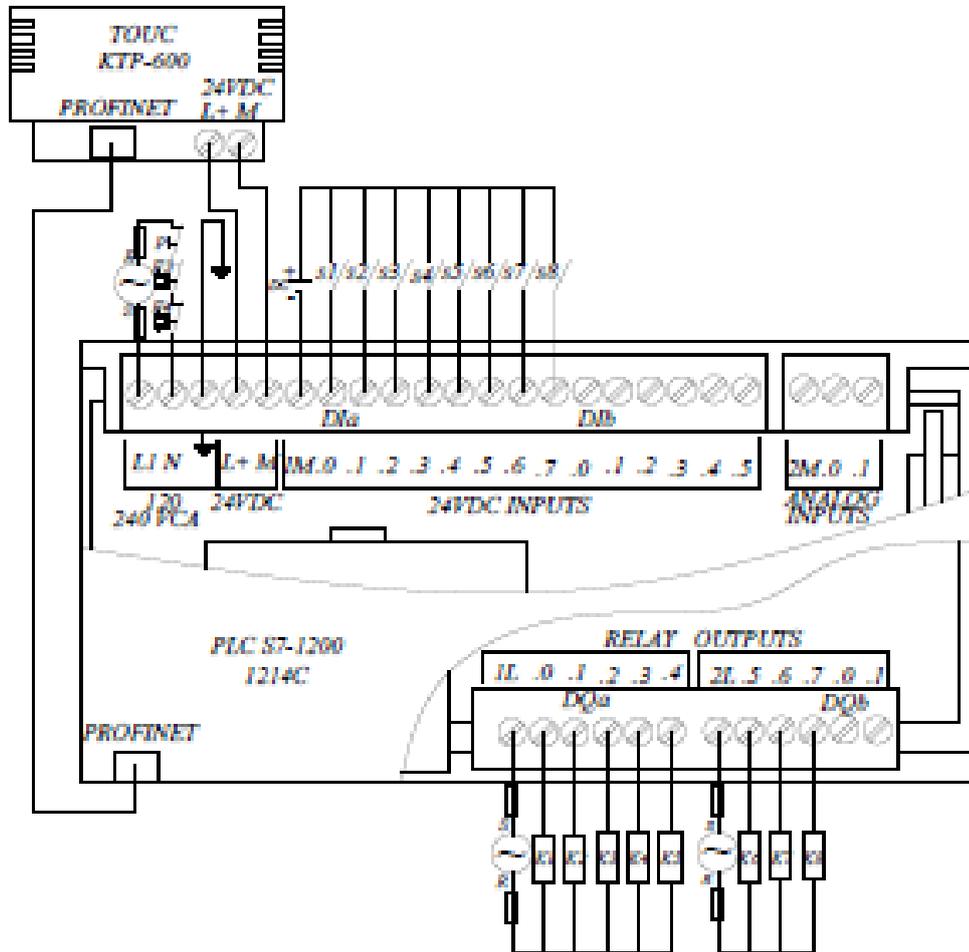
CIRCUITO DE POTENCIA VACUÓMETRO



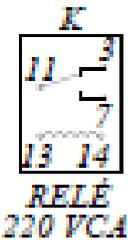
SIMBOLOGIA	
R	FASE
S	FASE
T	FASE
F1	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
F2	FUSIBLES DE LÍNEA
KM	CONTACTOR
V	VACUÓMETRO
$3 \sim$	TRES FASES

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS			
PROVINCIA DE COTACAJE			
PROYECTO: PROYECTO DE GRADO		CONTENIDO: CIRCUITO DE POTENCIA VACUÓMETRO	
ESPE	FECHA: JUNIO DEL 2011	ESCALA: 1:1	HOJA: 4-3
Ing. <i>[Nombre]</i>	Ing. <i>[Nombre]</i>	Ing. <i>[Nombre]</i>	Ing. <i>[Nombre]</i>

DIAGRAMA DE CONEXIONES PLC

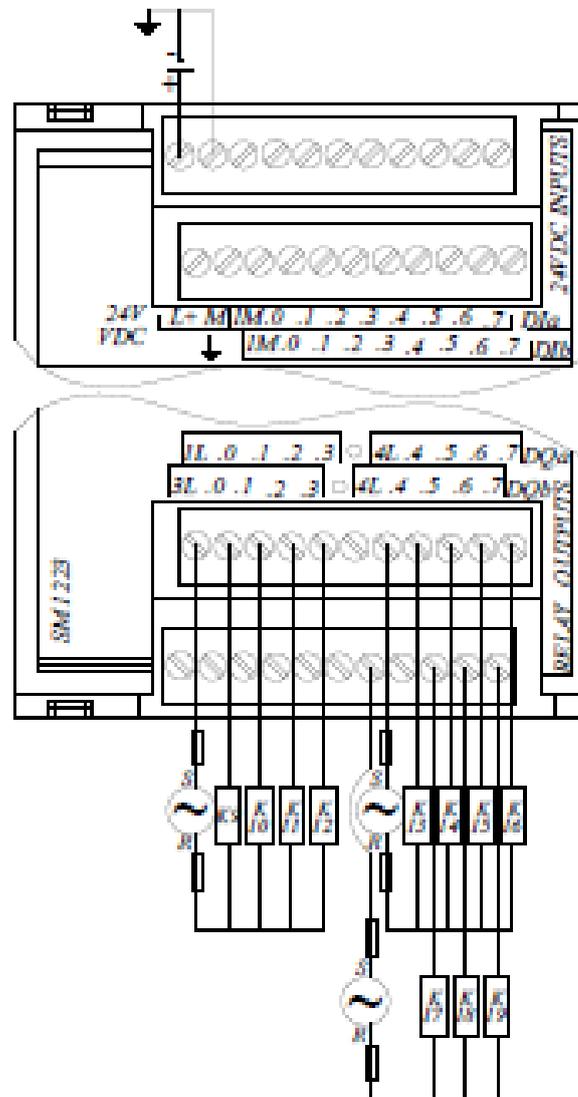


SIMBOLOGIA	
	PUERBOLA PE
	FASE
	FASE
	PARO DE EMERGENCIA
	POSITIVO 24V
	NEGATIVO 24V
	220 VCA 50 Hz
	CONTACTO DE RELÉ TÉRMICO
	24 VDC
	SEÑALES DE NIVEL
	RELÉS PARA VÁLVULA
	ENTRADA DIGITAL
	SALIDA DIGITAL
	FASE



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS			
PROFUNDIDAD DE COTOPACBI			
PROYECTO:	PROYECTO DE GRADO		CONTENIDO:
			DIAGRAMA DE CONEXIONES PLC
ESPE	FECHA:	ESCALA:	B-1
	ENERO DEL 2021	1:1	
INGENIERO EN SISTEMAS DE CONTROL	INGENIERO EN SISTEMAS DE CONTROL	INGENIERO EN SISTEMAS DE CONTROL	

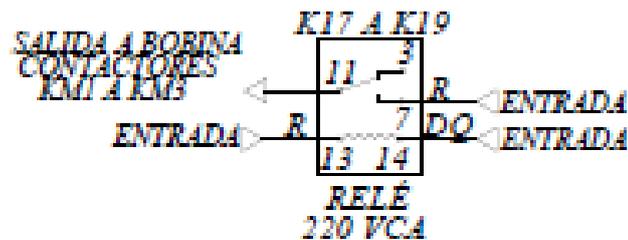
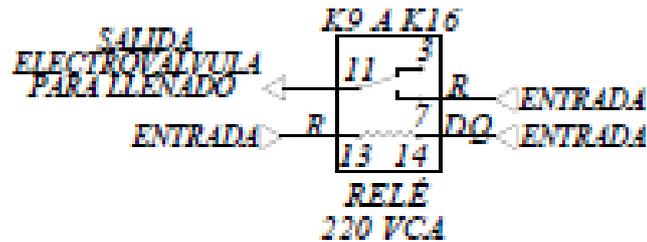
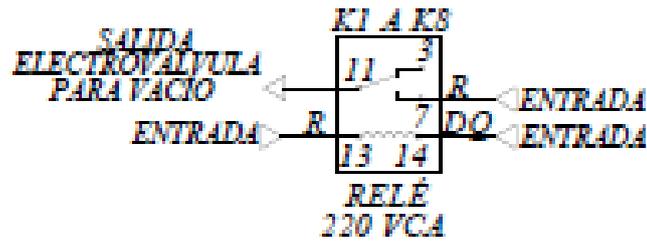
DIAGRAMA DE CONEXIONES MÓDULO E/S DIGITALES



SIMBOLOGIA	
	ALIMENTACION
R	FASE
S	FASE
L+	POSITIVO 24V
M	NEGATIVO 24V
	220 VCA 50 Hz
	24 VCC
SI	SEÑAL DE NIVEL
K0-K19	RELÉS DE ALIMENTADO
DI	ENTRADA DIGITAL
DO	SALIDA DIGITAL
L1	FASE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS PROVINCIA DE COTACACHI		
PROYECTO: PROYECTO DE GRADO		TÍTULO: DIAGRAMA DE CONEXIONES MÓDULO E/S DIGITALES
ESPE	FECHA: JUNIO DEL 2011	BOLETÍN: 1-1
		B-2
ING. EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN	ING. EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN	ING. EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN

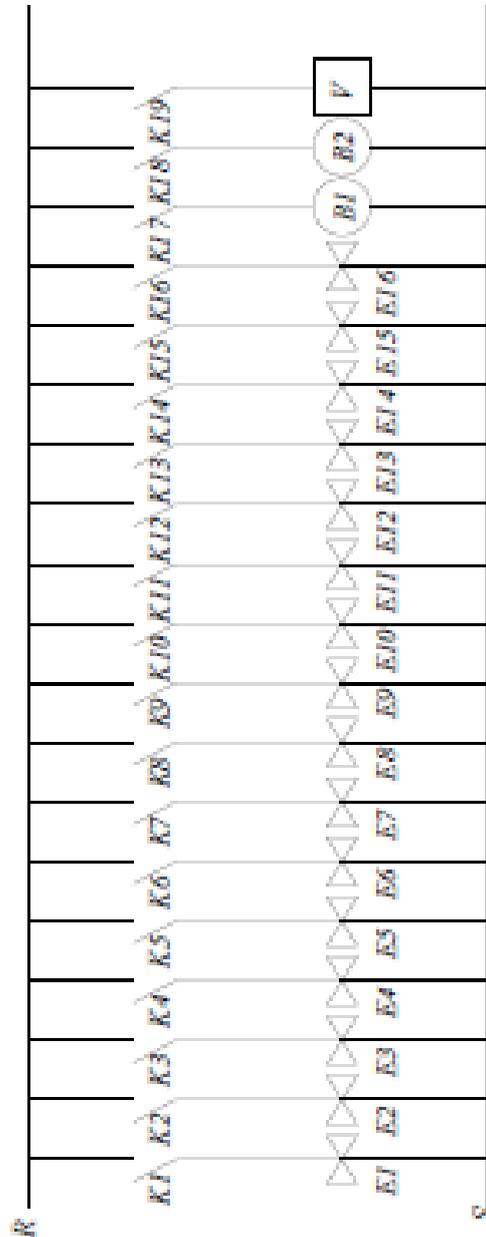
DIAGRAMA DE CONEXIONES RELÉS



SIMBOLOGIA	
R	FASE
S	FASE
K1-K8	RELÉS PARA VACIO
K9-K16	RELÉS PARA LLENADO
K17-K19	RELÉS PARA KM
DQ	SEÑAL DIGITAL

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS			
PROVINCIA DE COTACACHI			
PROYECTO:	PROYECTO DE GRADO	CENTRO: DIAGRAMA DE CONEXIONES RELÉS	
ESPE	BOLETA: ENERO DEL 2011	BOLSA: 1/1	B-3
Ing. FRANCISCO ESCOBAR CARRERA	Ing. FRANCISCO ESCOBAR CARRERA	Ing. FRANCISCO ESCOBAR CARRERA	

DIAGRAMA CONEXIONES SALIDAS



SIMBOLOGIA	
K1-K19	TERMINAL
E1-E16	RELAY
B1-B2	RELAY
V	RELAY
R	LINE
S	LINE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS			
PROVINCIA DE COTACACHI			
PROYECTO:		CONTENIDO:	
PROYECTO DE GRADO		DISEÑO DE UN CIRCUITO DE CONTROL	
ESPE	FECHA:	BOLETA:	B-4
	ENERO DEL 2011	1 / 1	
Ing. JUAN CARLOS VILLALBA	Ing. JUAN CARLOS VILLALBA	Ing. JUAN CARLOS VILLALBA	

▼ **Título del bloque:** "SISTEMA DE LLENADO Y VACIO"

▶ "AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE VACÍO Y LLENADO PARA LA EXTRACCIÓN DE GASES E INGRESO

- ▶ **Segmento 1:** ON_ENFRIADOR
- ▶ **Segmento 2:** ON_BOMBA VACIO_INICIAL
- ▶ **Segmento 3:** TIEMPO_VACUOMETRO
- ▶ **Segmento 4:** ON_VACUOMETRO
- ▶ **Segmento 5:** HORA DEL SISTEMA _ TIEMPO INICIAL
- ▶ **Segmento 6:** CONVERSION TIEMPO_VACIO_INICIAL
- ▶ **Segmento 7:** SUMA BITS TUB_INICIAL PARA SALIDA QB0_INICIAL
- ▶ **Segmento 8:** ESTADO DE PULSADORES TUB_INICIAL
- ▶ **Segmento 9:** SET OK PARA TIMER _ PULSO PARA SUMA DE BITS
- ▶ **Segmento 10:** RESET OK _ PULSO PARA RESET DE BYTS
- ▶ **Segmento 10:** RESET OK _ PULSO PARA RESET DE BYTS
- ▶ **Segmento 11:** RESET DE BYTS_INICIAL
- ▶ **Segmento 12:** SUMA BYTS TUB_AUTOMATICO
- ▶ **Segmento 13:** DESIGNACION VARIABLES DE ESTADO_TIEMPO
- ▶ **Segmento 14:** SUMA VARIABLES ESTADO_TIEMPO
- ▶ **Segmento 15:** MEMORIA_ESTADO_TUBERIAS Y TIEMPO_AUTOMATICO
- ▶ **Segmento 16:** SALIDA QB0_AUTOMATICO Y PULSO_ON_AUTOMATICO
- ▶ **Segmento 17:** RESET DE TUB_AUTOMATICO
- ▶ **Segmento 18:** EXTRACCION TIEMPO DEL SISTEMA Y CONVERSION
- ▶ **Segmento 19:** SALIDA TIEMPOS DE VACIO_AUTOMATICO
- ▶ **Segmento 20:** RESET SALIDA BYTS VACIO
- ▶ **Segmento 21:** RESET TIEMPOS_AUTOMATICO
- ▶ **Segmento 22:** RESET TIEMPOS DE VACIO_AUTOMATICO
- ▶ **Segmento 23:** DESIGNACION VARIABLES PARA LLENADO_AUTOMATICO Y SUMA DE VARIABLES PARA SALIDA
- ▶ **Segmento 24:** SALIDA LLENADO_AUTOMATICO
- ▶ **Segmento 25:** RESET SALIDA BYTS LLENADO
- ▶ **Segmento 26:** RESER SALIDAS BYTS DE LLENADO
- ▶ **Segmento 27:** DESIGNACION VARIABLES APAGADO_LLENADO_AUTOMATICO
- ▶ **Segmento 28:** SALIDA APAGADO_AUTOMATICO_QB8
- ▶ **Segmento 29:** SALIDA APAGADO_AUTOMATICO_QB0
- ▶ **Segmento 30:** MEMORIA ESTADO FINAL_AUTOMATICO

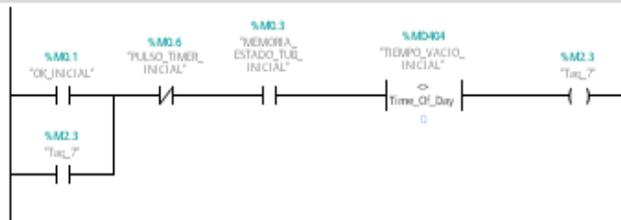
▼ Título del bloque: "SISTEMA DE LLENADO Y VACIO"

▶ "AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE VACÍO Y LLENADO PARA LA EXTRACCIÓN DE GASES E INGRESO

▼ Segmento 1: ON_ENFRIADOR



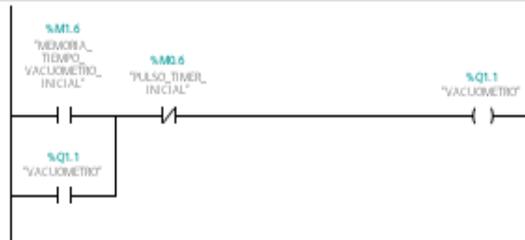
▼ Segmento 2: ON_BOMBA VACIO_INICIAL



▼ Segmento 3: TIEMPO_VACUOMETRO



▼ Segmento 4: ON_VACUOMETRO



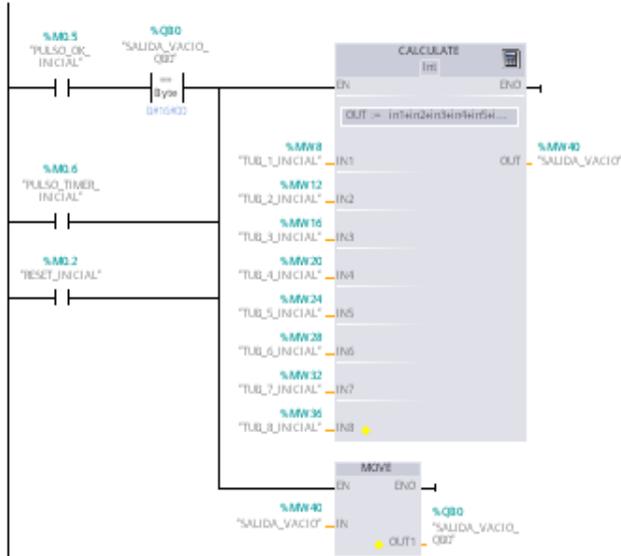
▼ Segmento 5: HORA DEL SISTEMA _ TIEMPO INICIAL



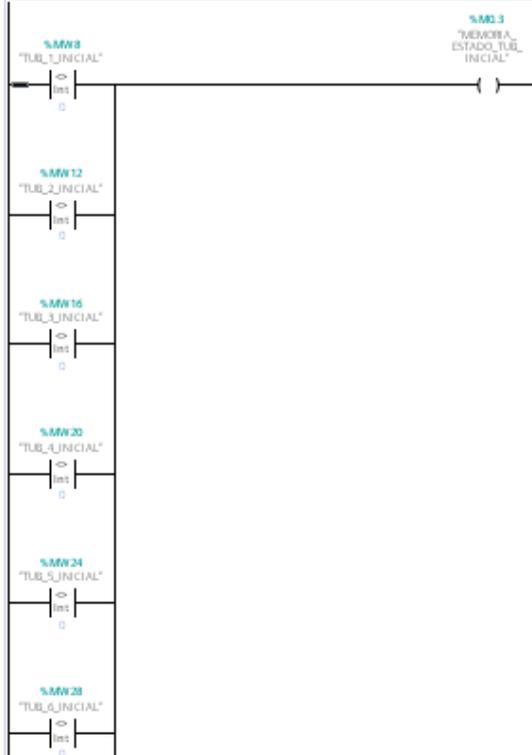
Segmento 6: CONVERSION TIEMPO_VACIO_INICIAL



Segmento 7: SUMA BITS TUB_INICIAL PARA SALIDA QB0_INICIAL



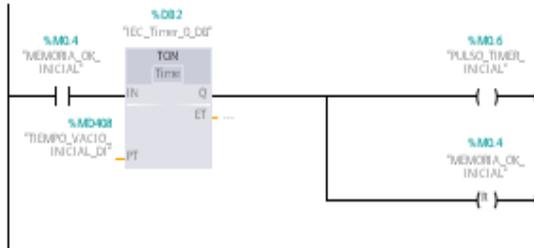
Segmento 8: ESTADO DE PULSADORES TUB_INICIAL



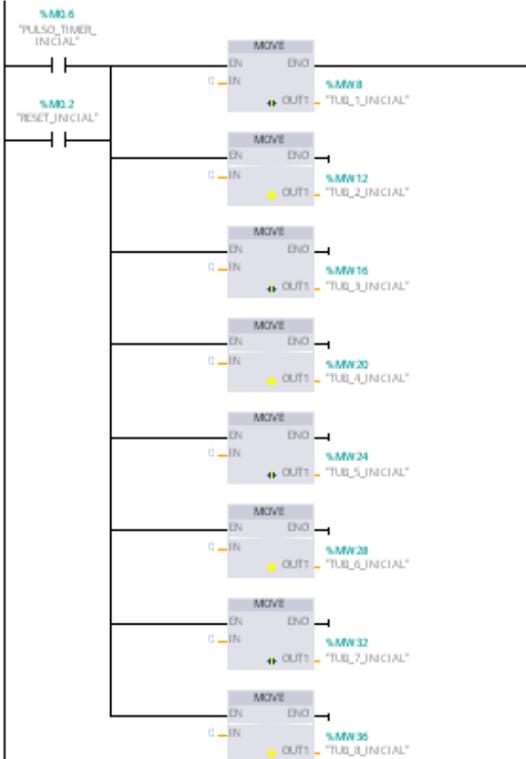
Segmento 9: SET OK PARA TIMER_PULSO PARA SUMA DE BITS



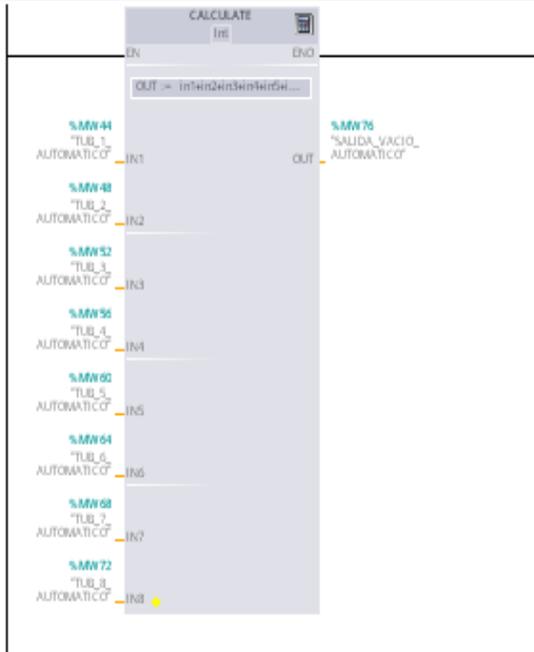
Segmento 10: RESET OK_PULSO PARA RESET DE BYTS



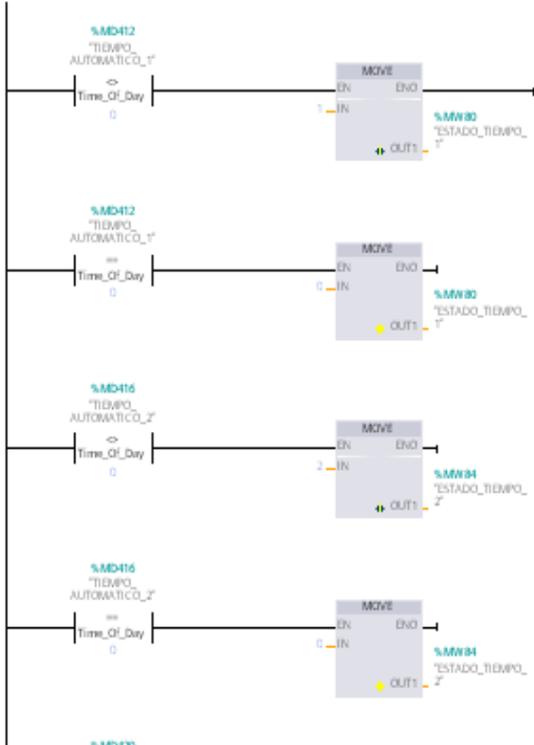
Segmento 11: RESET DE BYTS_INICIAL



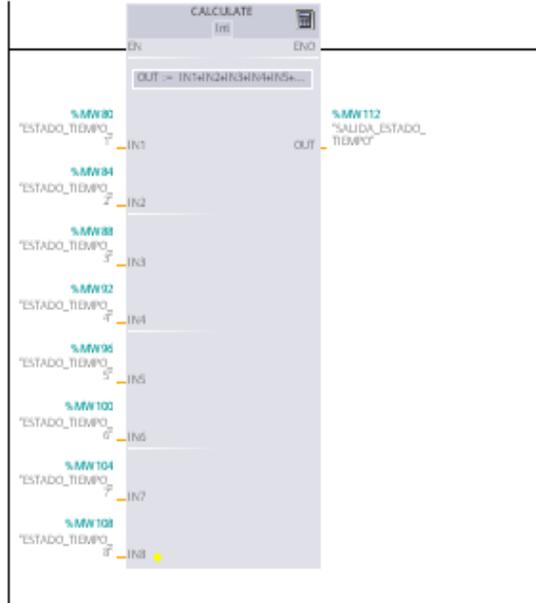
Segmento 12: SUMA BYTS TUB_AUTOMATICO



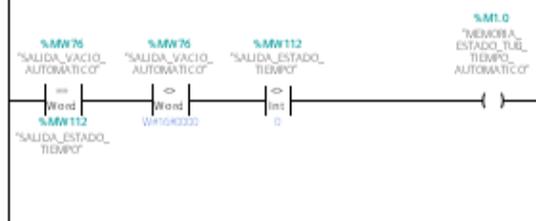
Segmento 13: DESIGNACION VARIABLES DE ESTADO_TIEMPO



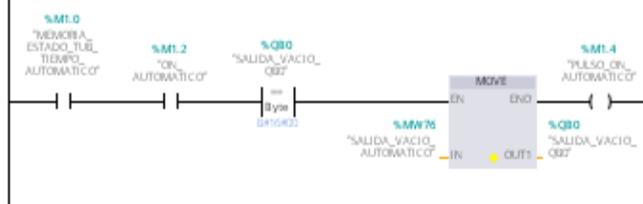
Segmento 14: SUMA VARIABLES ESTADO_TIEMPO



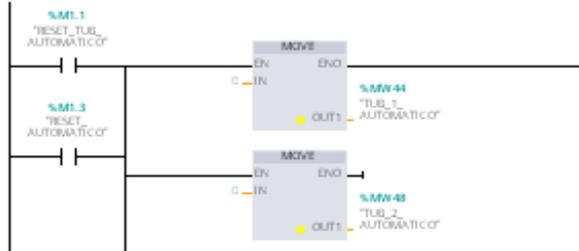
Segmento 15: MEMORIA_ESTADO_TUBERIAS Y TIEMPO_AUTOMATICO



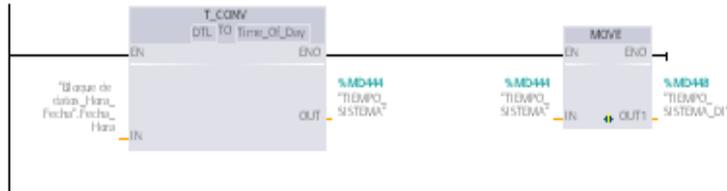
Segmento 16: SALIDA QB0_AUTOMATICO Y PULSO_ON_AUTOMATICO



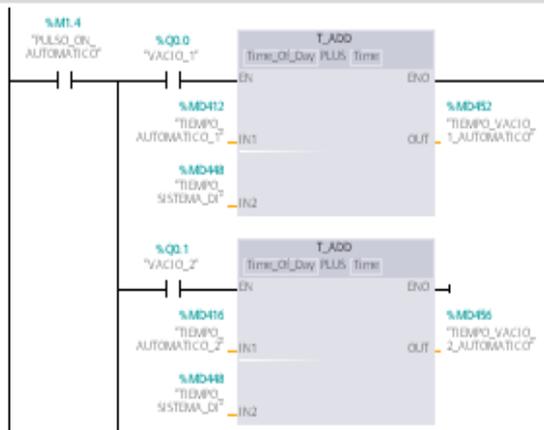
Segmento 17: RESET DE TUB_AUTOMATICO



Segmento 18: EXTRACCIÓN TIEMPO DEL SISTEMA Y CONVERSION



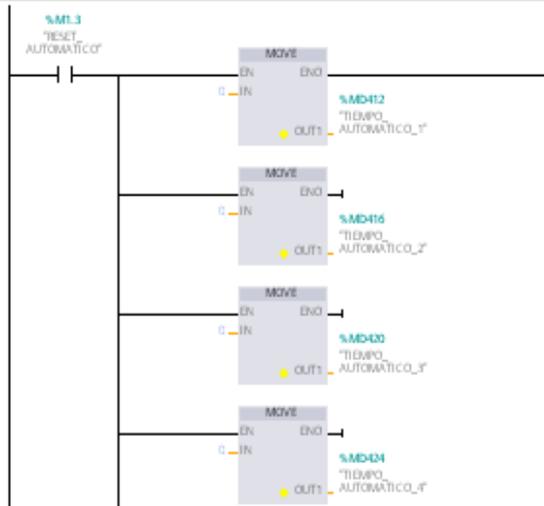
Segmento 19: SALIDA TIEMPOS DE VACIO_AUTOMATICO



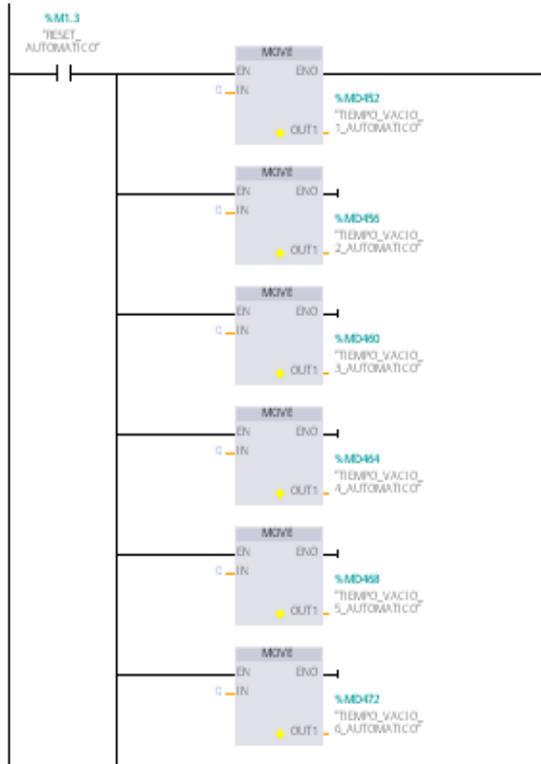
Segmento 20: RESET SALIDA BYTS VACIO



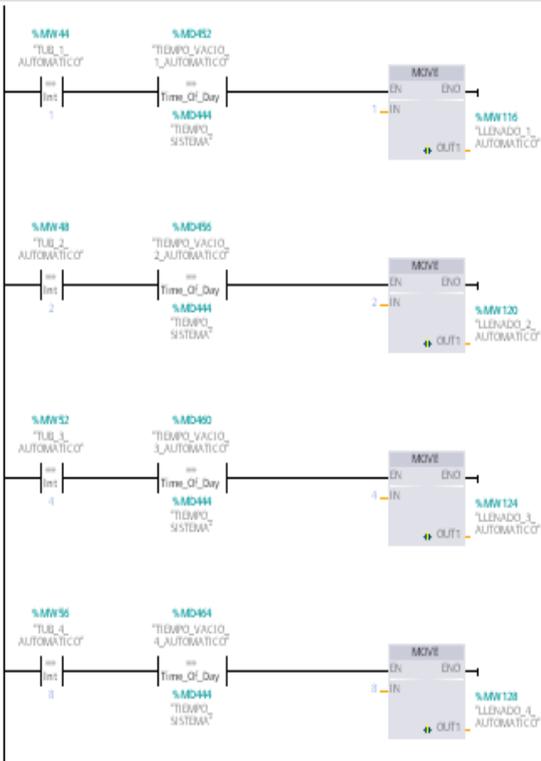
Segmento 21: RESET TIEMPOS_AUTOMATICO



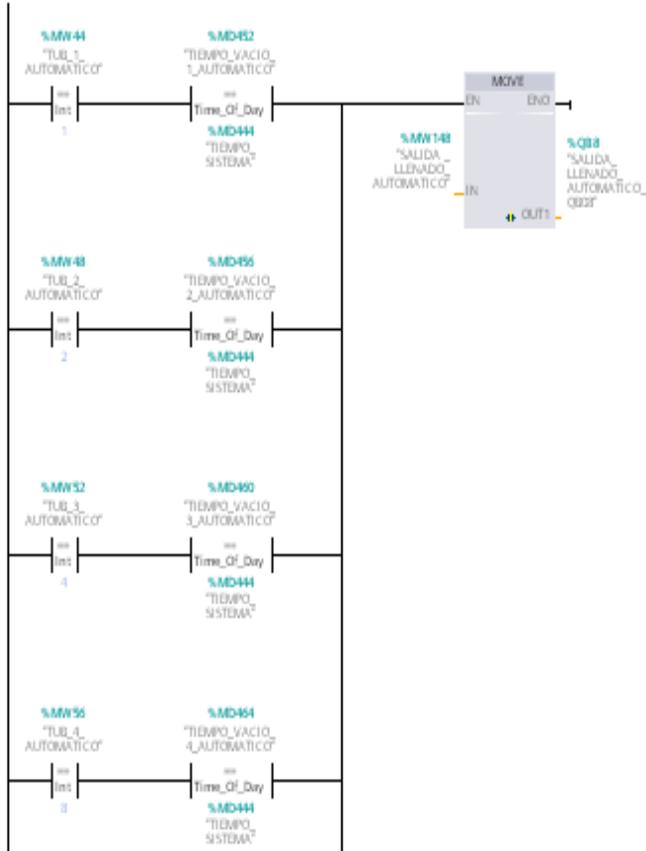
▼ **Segmento 22:** RESET TIEMPOS DE VACIO_AUTOMATICO



▼ **Segmento 23:** DESIGNACION VARIABLES PARA LLENADO_AUTOMATICO Y SUMA DE VARIABLES PARA SALIDA



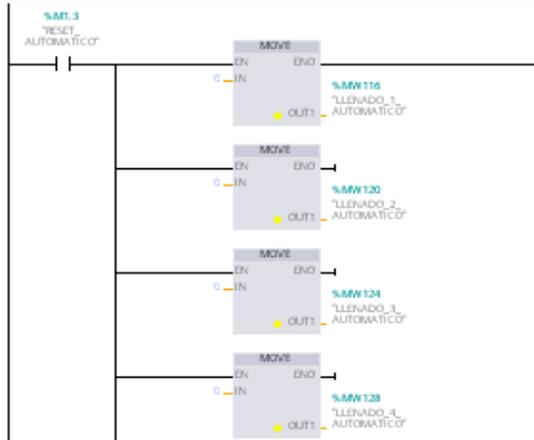
▼ Segmento 24: SALIDA LLENADO_AUTOMATICO



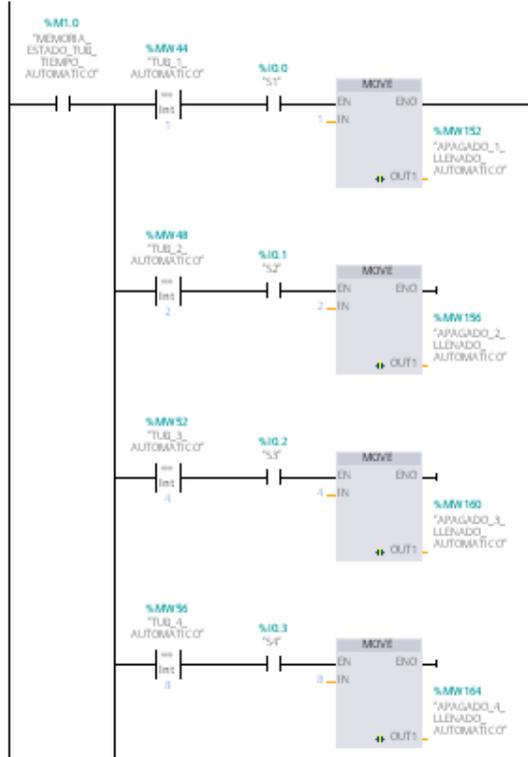
▼ Segmento 25: RESET SALIDA BYTS LLENADO



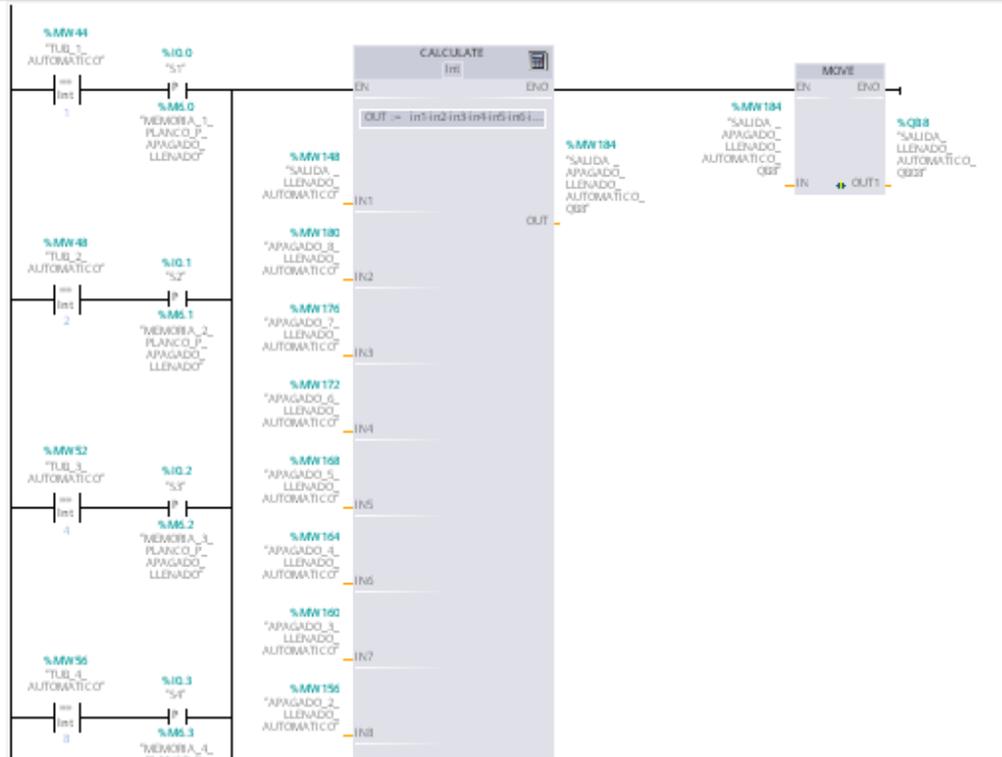
▼ Segmento 26: RESER SALIDAS BYTS DE LLENADO



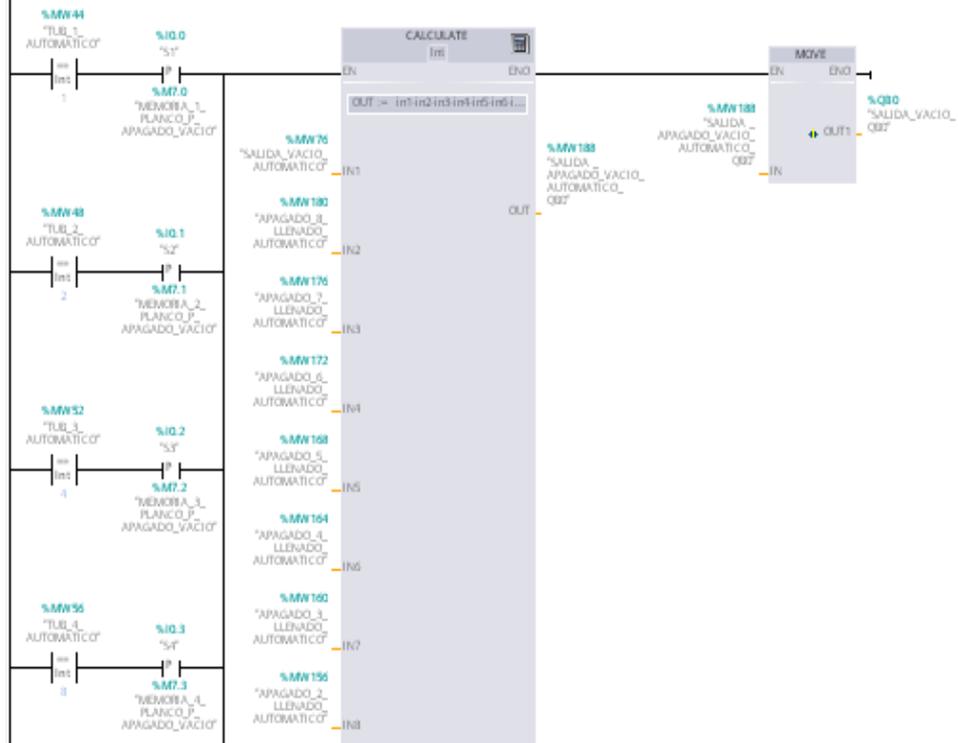
Segmento 27: DESIGNACION VARIABLES APAGADO_LLENADO_AUTOMATICO



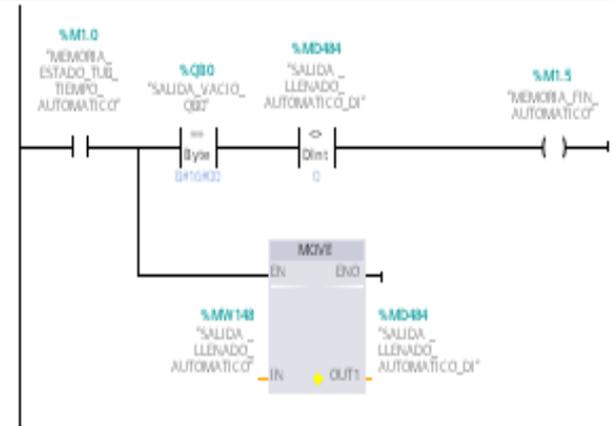
Segmento 28: SALIDA APAGADO_AUTOMATICO_QB8

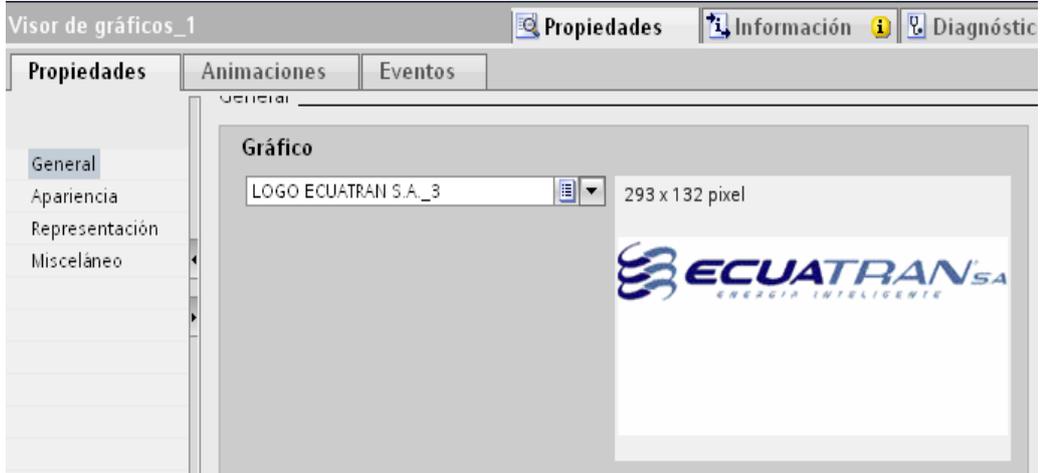
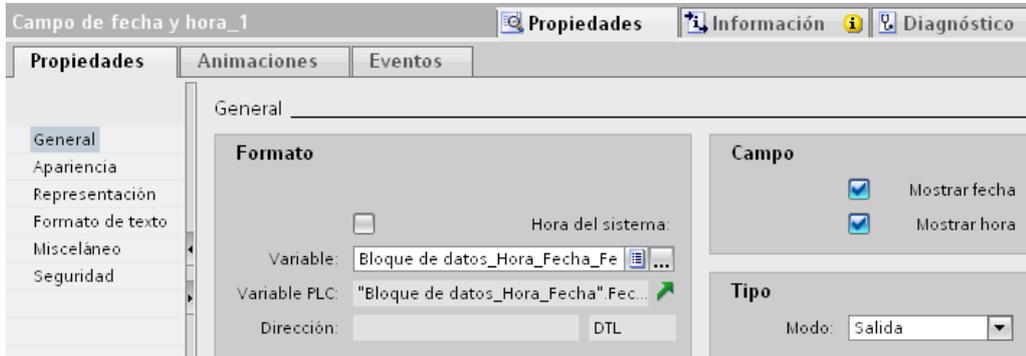
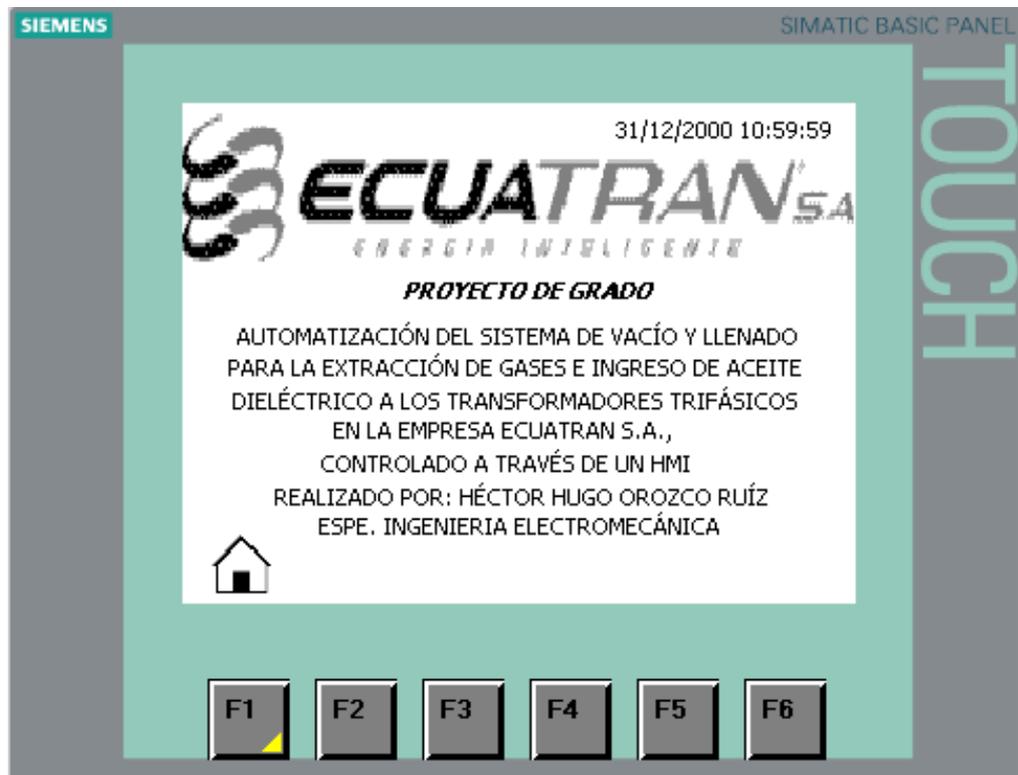


Segmento 29: SALIDA APAGADO_AUTOMATICO_QB0



Segmento 30: MEMORIA ESTADO FINAL_AUTOMATICO





Campo de texto_5   

Propiedades Animaciones Eventos

General

Texto

PROYECTO DE GRADO

Estilo Fuente: Tahoma, 11px, s...

Adaptación del tamaño Adaptar objeto al contenido



Softkey_F1  

Propiedades Eventos

General

Configuración

Asignación: Utilizar plantilla local

Gráfico: NavigateHome_HMI_1

Autorización de uso:

Variable LED: Bit: 0

Campo de texto_1   

Propiedades Animaciones Eventos

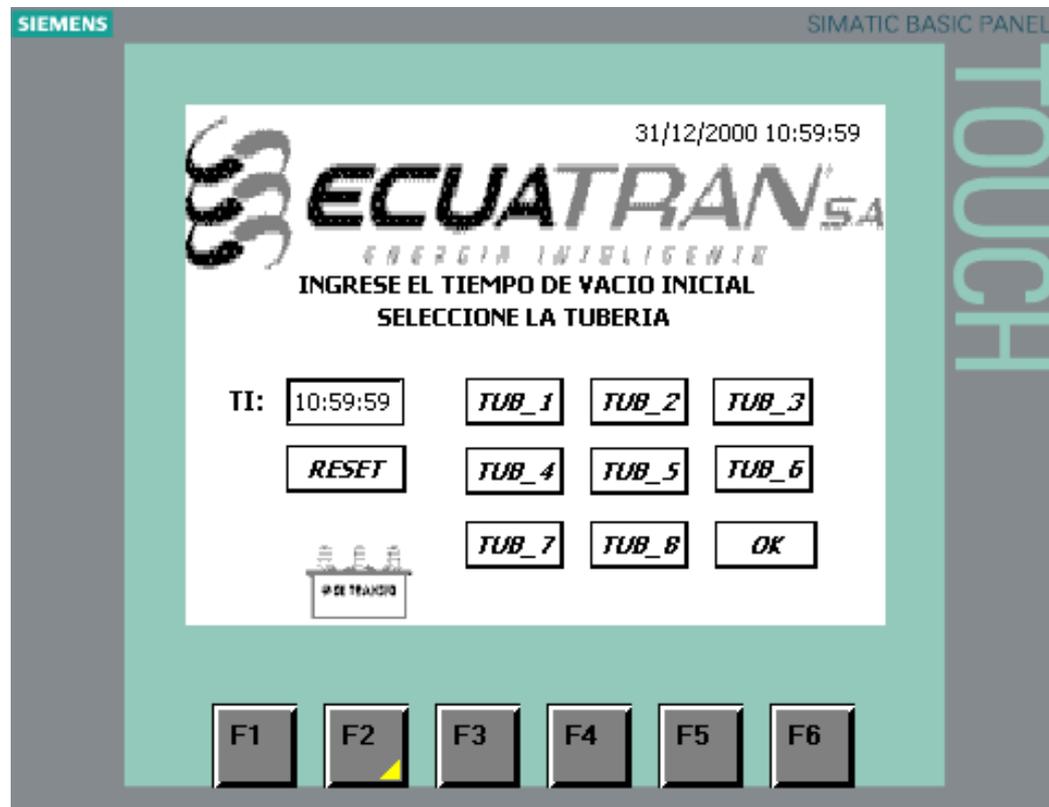
General

Texto

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE VACÍO Y LLENADO

Estilo Fuente: Tahoma, 11px

Adaptación del tamaño Adaptar objeto al contenido



Propiedades Animaciones Eventos

Propiedades

General

Formato

Variable: TIEMPO_VACIO_INICIAL

Variable PLC: TIEMPO_VACIO_INICIAL

Dirección: Time_Of_D

Campo

Mostrar fecha

Mostrar hora

Tipo

Modo: Entrada/salida

Propiedades Animaciones Eventos

Propiedades

Hacer clic

Pulsar

Soltar

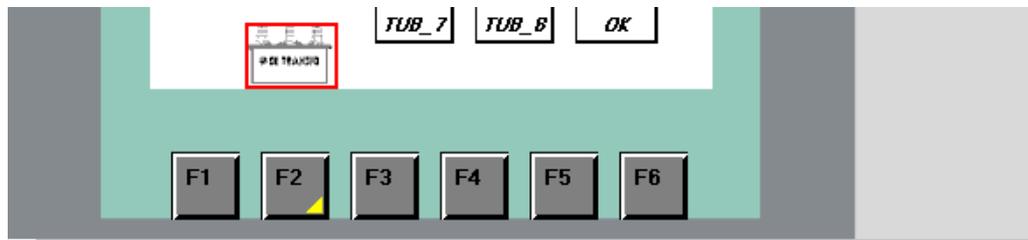
Activar

Desactivar

Cambio

DefinirVariable

Variable (Salida)	TUB_1_INICIAL
Valor	1
<Agregar función>	



Softkey_F2

Propiedades Información

Propiedades Eventos

Pulsar tecla
Soltar tecla

▼ ActivarImagen		
Nombre de imagen		Imagen_2
Número de objeto		0
<Agregar función>		

Softkey_F2

Propiedades Información

Propiedades Eventos

Pulsar tecla
Soltar tecla

▼ ActivarImagen		
Nombre de imagen		Imagen_2
Número de objeto		0
<Agregar función>		

Botón_9

Propiedades Animaciones Eventos

Hacer clic
Pulsar
Soltar
Activar
Desactivar
Cambio

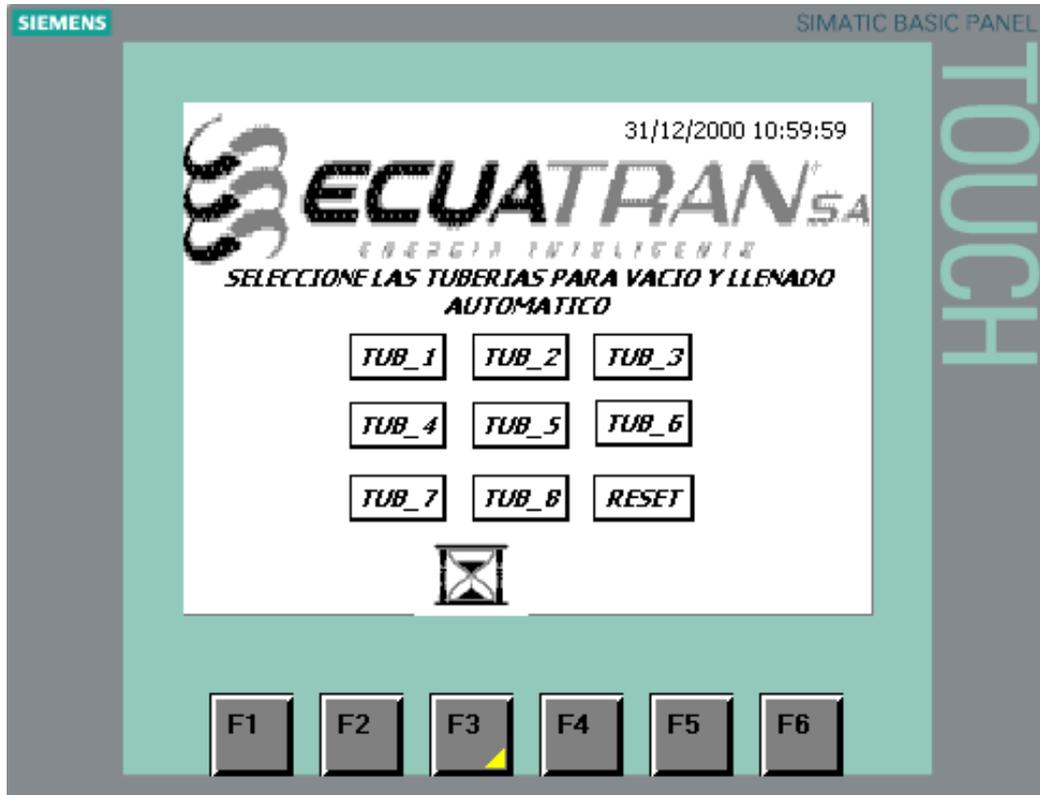
▼ ActivarBit		
Variable (Entrada/salida)		OK_INICIAL
<Agregar función>		

Botón_9

Propiedades Animaciones Eventos

Hacer clic
Pulsar
Soltar
Activar
Desactivar
Cambio

▼ ActivarBit		
Variable (Entrada/salida)		RESET_INICIAL
<Agregar función>		

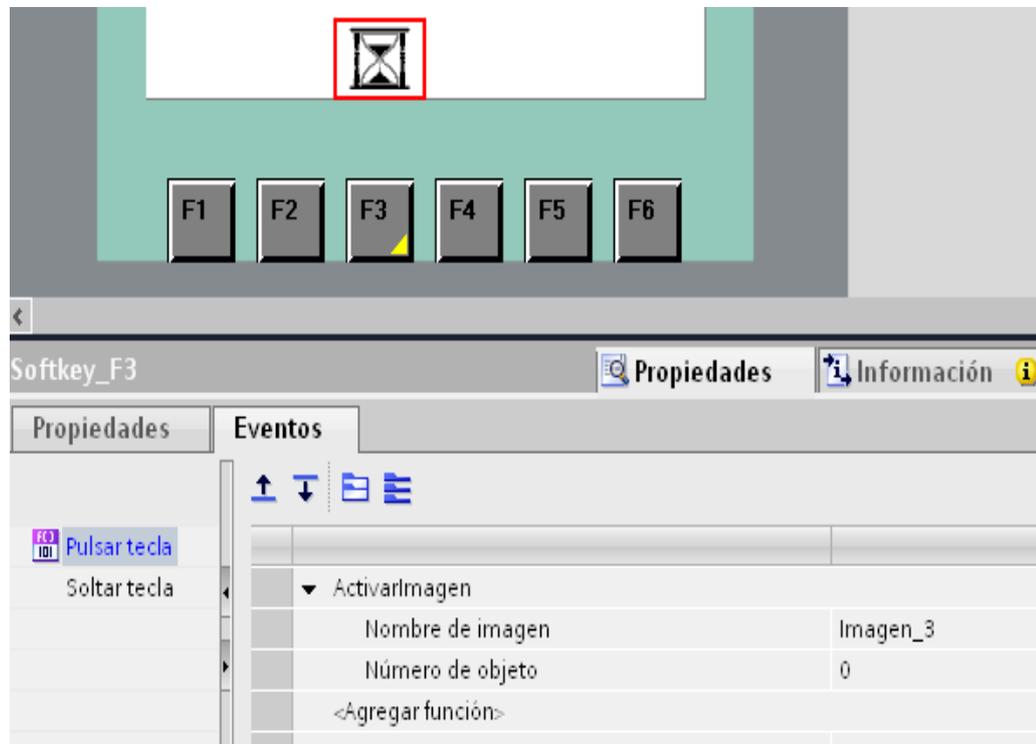


Botón_1 Propiedades Información

Propiedades	Animaciones	Eventos						
Hacer clic								
Pulsar		<ul style="list-style-type: none"> DefinirVariable <table border="1"> <tr> <td>Variable (Salida)</td> <td>TUB_1_AUTOMATICO</td> </tr> <tr> <td>Valor</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><Agregar función></td> </tr> </table> 	Variable (Salida)	TUB_1_AUTOMATICO	Valor	1	<Agregar función>	
Variable (Salida)	TUB_1_AUTOMATICO							
Valor	1							
<Agregar función>								
Soltar								
Activar								
Desactivar								
Cambio								

Botón_10 Propiedades Información

Propiedades	Animaciones	Eventos				
Hacer clic						
Pulsar						
Soltar		<ul style="list-style-type: none"> ActivarBit <table border="1"> <tr> <td>Variable (Entrada/salida)</td> <td>RESET_TUB_AUTOMATICO</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><Agregar función></td> </tr> </table> 	Variable (Entrada/salida)	RESET_TUB_AUTOMATICO	<Agregar función>	
Variable (Entrada/salida)	RESET_TUB_AUTOMATICO					
<Agregar función>						
Activar						
Desactivar						
Cambio						



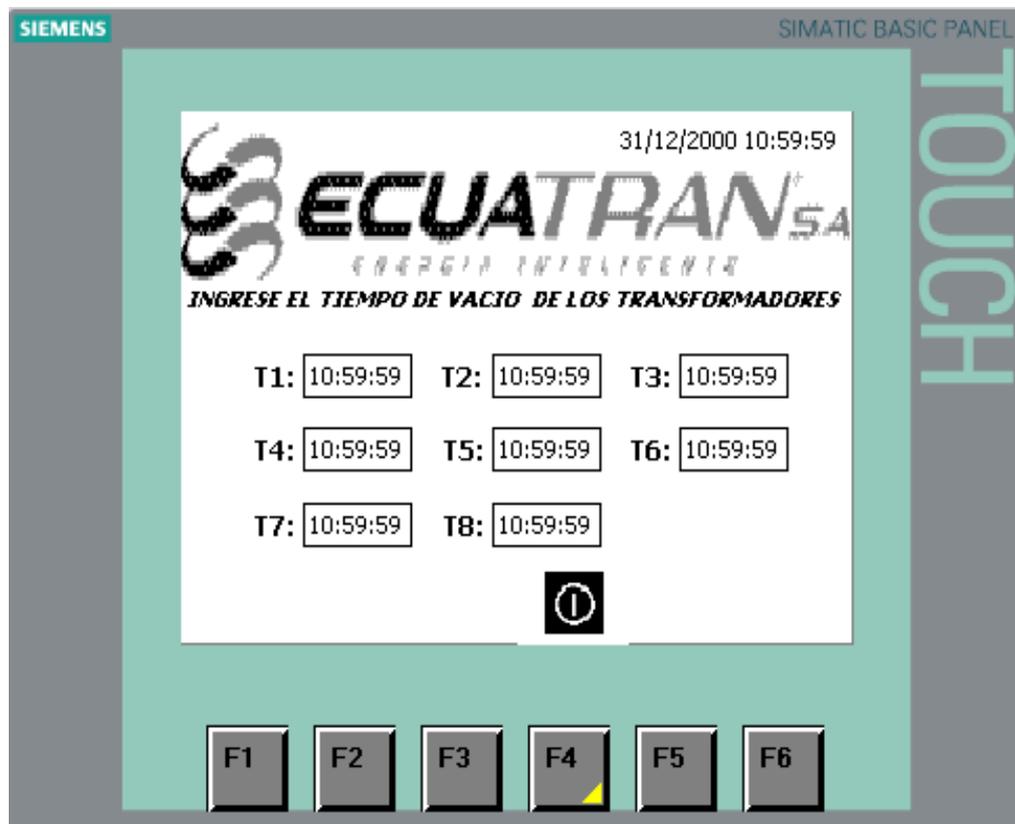
Softkey_F3 Propiedades Información

Propiedades **Eventos**

Pulsar tecla

Soltar tecla

▼ ActivarImagen	
Nombre de imagen	Imagen_3
Número de objeto	0
<Agregar función>	



SIEMENS SIMATIC BASIC PANEL

31/12/2000 10:59:59

ECUATRAN SA
ENERGIA INTELIGENTE

INGRESE EL TIEMPO DE VACIO DE LOS TRANSFORMADORES

T1: 10:59:59 T2: 10:59:59 T3: 10:59:59

T4: 10:59:59 T5: 10:59:59 T6: 10:59:59

T7: 10:59:59 T8: 10:59:59

F1 F2 F3 F4 F5 F6

TOUCH

Campo de fecha y hora_1

Propiedades Información Diagnóstico

Propiedades Animaciones Eventos

General

Formato

Hora del sistema:

Variable: TIEMPO_AUTOMATICO_1

Variable PLC: TIEMPO_AUTOMATICO_1

Dirección: Time_Of_D

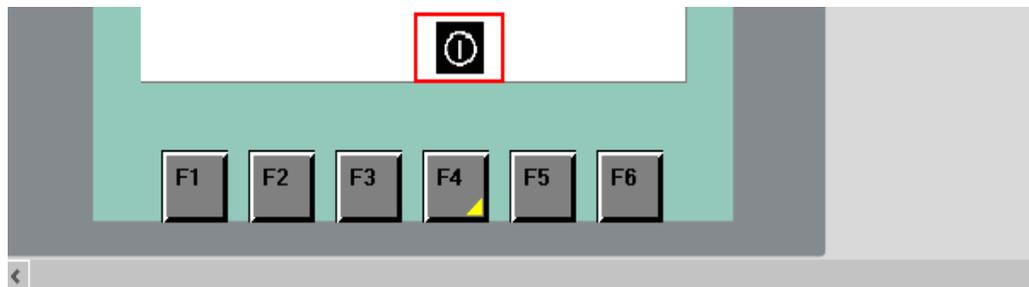
Campo

Mostrar fecha

Mostrar hora

Tipo

Modo: Entrada/salida



Softkey_F4

Propiedades Información

Propiedades Eventos

General

Configuración

Asignación: Utilizar asignación general

Gráfico: ExitRuntime_HMI_1

Autorización de uso:

Variable LED: Bit: 0

Campo de texto_1

Propiedades Información Diagnóstico

Propiedades Animaciones Eventos

General

Texto

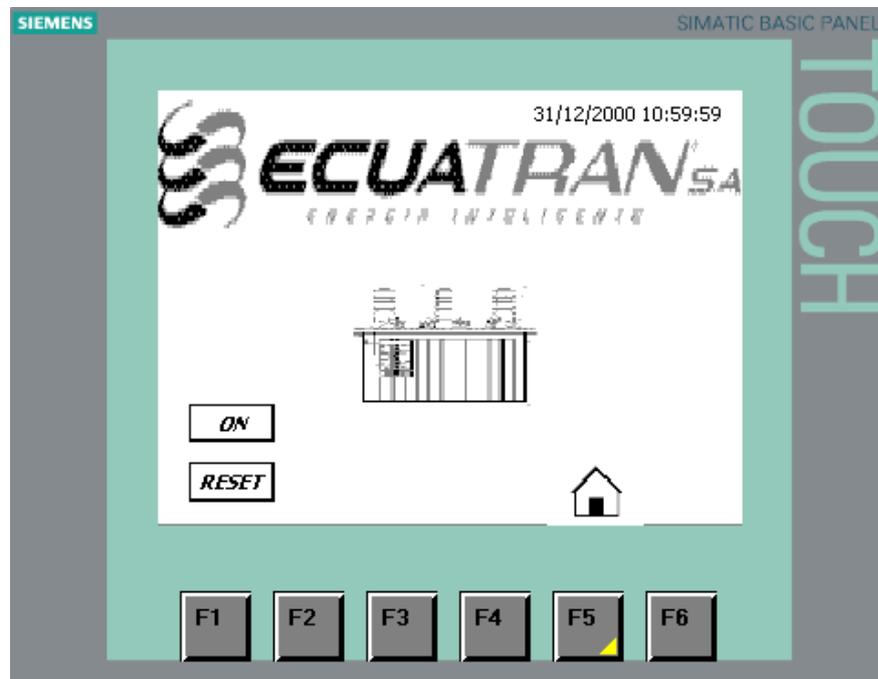
INGRESE EL TIEMPO DE VACIO DE LOS TRANSFORMADORES

Estilo

Fuente: Tahoma, 9px, sty...

Adaptación del tamaño

Adaptar objeto al contenido



Botón_3 Propiedades Información

Propiedades	Animaciones	Eventos
Hacer clic		
Pulsar		<ul style="list-style-type: none"> ActivarBit <ul style="list-style-type: none"> Variable (Entrada/salida): ON_AUTOMATICO <Agregar función>
Soltar		
Activar		
Desactivar		
Cambio		

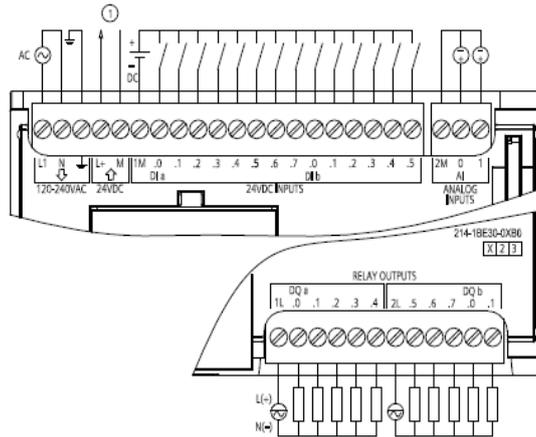
Softkey_F5 Propiedades Información

Propiedades	Eventos
Pulsar tecla	
Soltar tecla	<ul style="list-style-type: none"> ActivarImagen <ul style="list-style-type: none"> Nombre de imagen: Imagen raíz Número de objeto: 0 <Agregar función>

*Datos técnicos**A.2 CPUs*

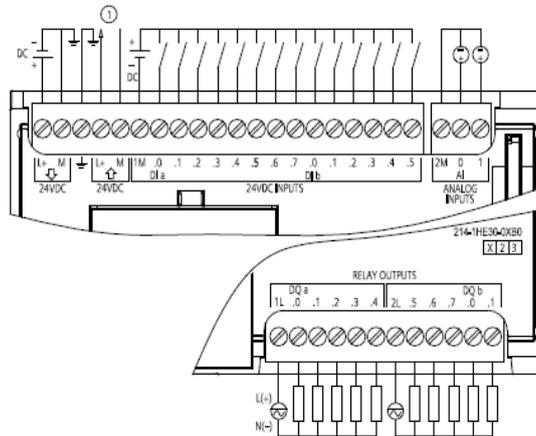
Datos técnicos			
Modelo	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
Rechazo de interferencias	10, 50 ó 60 Hz (consulte las frecuencias de muestreo en Tiempos de respuesta de las entradas analógicas (Página 346))		
Impedancia	≥100 KΩ		
Aislamiento (campo a lógica)	Ninguno		
Precisión (25°C / 0 a 55°C)	3,0% / 3,5% de rango máximo		
Rechazo en modo común	40 dB, DC a 60 Hz		
Rango de señales operativo	La tensión de señal más la tensión en modo común debe ser menor que +12 V y mayor que -12 V		
Longitud de cable (metros)	10 trenzado y apantallado		
Salidas digitales			
Número de salidas	10		
Tipo	Relé, contacto seco		Estado sólido - MOSFET
Rango de tensión	5 a 30 V DC ó 5 a 250 V AC		20,4 a 28,8 V DC
Señal 1 lógica a intensidad máx.	--		20 V DC mín.
Señal 0 lógica con carga de 10 KΩ	--		0,1 V DC máx.
Intensidad (máx.)	2,0 A		0,5 A
Carga de lámparas	30 W DC/200 W AC		5 W
Resistencia en estado ON	Máx. 0,2 Ω (si son nuevas)		0,6 Ω máx.
Corriente de fuga por salida	--		10 µA máx.
Sobrecorriente momentánea	7 A si están cerrados los contactos		8 A durante máx. 100 ms
Protección contra sobrecargas	No		
Aislamiento (campo a lógica)	1500 V AC durante 1 minuto (bobina a contacto) Ninguno (bobina a lógica)		500 V AC durante 1 minuto
Resistencia de aislamiento	100 MΩ mín. si son nuevas		--
Aislamiento entre contactos abiertos	750 V AC durante 1 minuto		--
Grupos de aislamiento	2		1
Tensión de bloqueo inductiva	--		L+ menos 48 V DC, disipación de 1 W
Retardo de conmutación (Qa.0 a Qa.3)	10 ms máx.		1,0 µs máx., OFF a ON 3,0 µs máx., ON a OFF
Retardo de conmutación (Qa.4 a Qb.1)	10 ms máx.		50 µs máx., OFF a ON 200 µs máx., ON a OFF
Frecuencia de tren de impulsos (Qa.0 y Qa.2)	No recomendado		100 KHz máx., 2 Hz mín.
Vida útil mecánica (sin carga)	10.000.000 ciclos abiertos/cerrados		--
Vida útil de los contactos bajo carga nominal	100.000 ciclos abiertos/cerrados		--
Reacción al cambiar de RUN a STOP	Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)		
Número de salidas ON simultáneamente	10		
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 150 no apantallado		

Diagramas de cableado



① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-7 CPU 1214C AC/DC/relé (6ES7 214-1BE30-0XB0)



① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-8 CPU 1214C DC/DC/relé (6ES7 214-1HE30-0XB0)

*Datos técnicos**A.3 Módulos de señales digitales (SMs)***A.3.3 Datos técnicos del módulo de entradas/salidas digitales SM 1223**

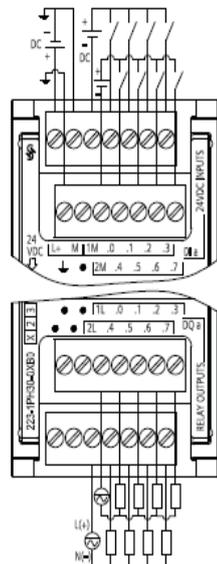
Datos técnicos				
Modelo	SM 1223 DI 8x24 V DC, DQ 8xrelé	SM 1223 DI 16x24 V DC, DQ 16xrelé	SM 1223 DI 8x24 V DC, DQ 8x24 V DC	SM 1223 DI 16x24 V DC, DQ16x24 V DC
Referencia	6ES7 223-1PH30-0XB0	6ES7 223-1PL30-0XB0	6ES7 223-1BH30-0XB0	6ES7 223-1BL30-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	45 x 100 x 75	70 x 100 x 75	45 x 100 x 75	70 x 100 x 75
Peso	230 gramos	350 gramos	210 gramos	310 gramos
Disipación de potencia	5,5 W	10 W	2,5 W	4,5 W
Consumo de corriente (bus SM)	145 mA	180 mA	145 mA	185 mA
Consumo de corriente (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada 11 mA/bobina de relé utilizada		4 mA/entrada utilizada	
Entradas digitales				
Número de entradas	8	16	8	16
Tipo	Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)			
Tensión nominal	24 V DC a 4 mA, nominal			
Tensión continua admisible	30 V DC máx.			
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0,5 seg.			
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA			
Señal 0 lógica (máx.)	5 V DC a 1 mA			
Aislamiento (campo a lógica)	500 V AC durante 1 minuto			
Grupos de aislamiento	2	2	2	2
Tiempos de filtro	0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,2, 6,4 y 12,8 ms, seleccionable en grupos de 4			
Número de entradas ON simultáneamente	8	16	8	16
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 300 no apantallado			
Salidas digitales				
Número de salidas	8	16	8	16
Tipo	Relé, contacto seco		Estado sólido - MOSFET	
Rango de tensión	5 a 30 V DC ó 5 a 250 V AC		20,4 a 28,8 V DC	
Señal 1 lógica a intensidad máx.	--		20 V DC mín.	
Señal 0 lógica con carga de 10 K Ω	--		0,1 V DC, máx.	
Intensidad (máx.)	2,0 A		0,5 A	
Carga de lámparas	30 W DC/200 W AC		5 W	
Resistencia en estado ON (contactos)	Máx. 0,2 Ω (si son nuevas)		0,6 Ω máx.	
Corriente de fuga por salida	--		10 μ A máx.	
Sobrecorriente momentánea	7 A si están cerrados los contactos		8 A durante máx. 100 ms	
Protección contra sobrecargas	No			
Aislamiento (campo a lógica)	1500 V AC durante 1 minuto (bobina a contacto) Ninguno (bobina a lógica)		500 V AC durante 1 minuto	
Resistencia de aislamiento	100 M Ω mín. si son nuevas		--	

*Datos técnicos**A.3 Módulos de señales digitales (SMs)*

Datos técnicos				
Modelo	SM 1223 DI 8x24 V DC, DQ 8xrelé	SM 1223 DI 16x24 V DC, DQ 16xrelé	SM 1223 DI 8x24 V DC, DQ 8x24 V DC	SM 1223 DI 16x24 V DC, DQ 16x24 V DC
Aislamiento entre contactos abiertos	750 V AC durante 1 minuto		--	
Grupos de aislamiento	2	4	1	1
Intensidad por neutro	10A	8 A	4 A	8 A
Tensión de bloqueo inductiva	--		L+ menos 48 V, disipación de 1 W	
Retardo de conmutación	10 ms máx.		50 μ s máx. OFF a ON 200 μ s máx. ON a OFF	
Vida útil mecánica (sin carga)	10.000.000 ciclos abiertos/cerrados		--	
Vida útil de los contactos bajo carga nominal	100.000 ciclos abiertos/cerrados		--	
Reacción al cambiar de RUN a STOP	Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)			
Número de salidas ON simultáneamente	8	16	8	16
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 150 no apantallado			

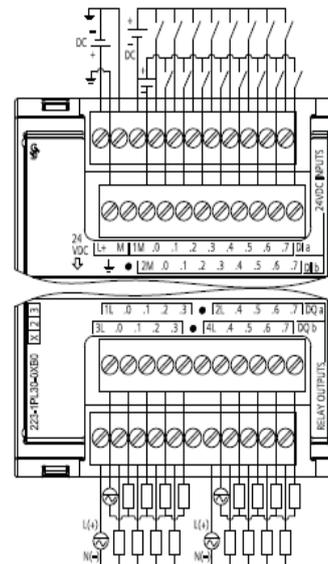
Diagramas de cableado

SM 1223 DI 8 x 24 V DC, DQ 8 x relé



6ES7 223-1PH30-0XB0

SM1223 DI 16 x 24 V DC, DQ 16 x relé

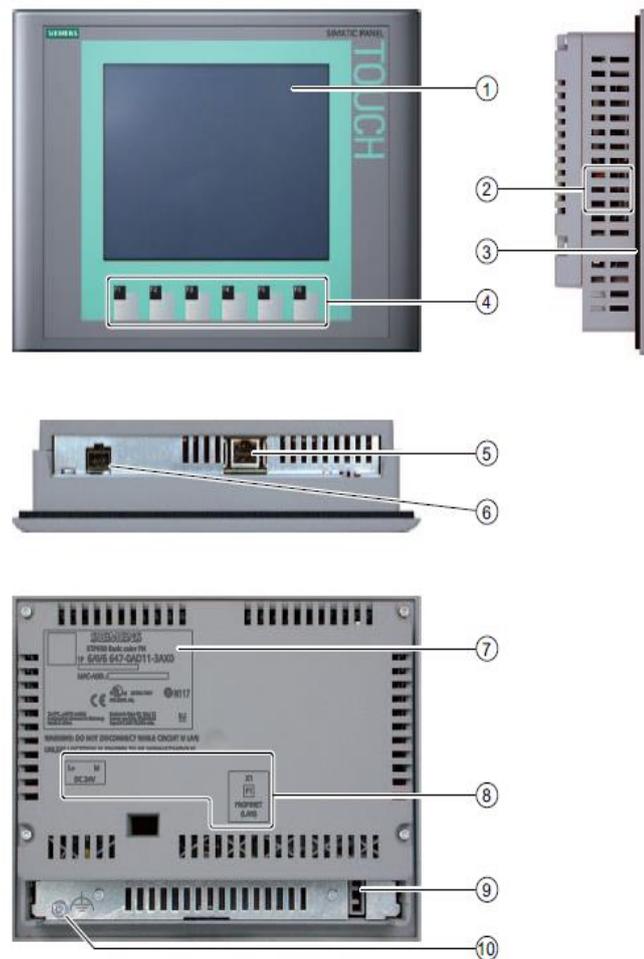


6ES7 223-1PL30-0XB0

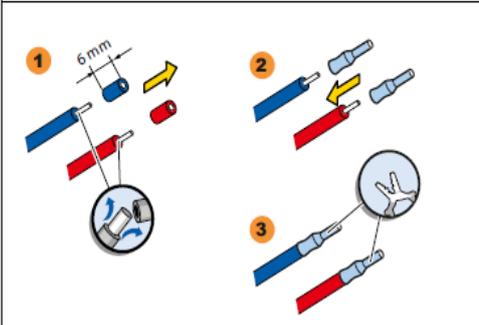
Overview

1.4 Design of the KTP600 PN Basic

1.4 Design of the KTP600 PN Basic



- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| ① Display / touch screen | ⑥ Power supply connector |
| ② Recesses for mounting clamps | ⑦ Rating plate |
| ③ Mounting seal | ⑧ Interface name |
| ④ Function keys | ⑨ Guide for labeling strips |
| ⑤ PROFINET interface | ⑩ Connection for functional ground |

*Mounting and connecting**3.3 Connecting the HMI device***3.3.3 Connecting the power supply****Stripping the cable**


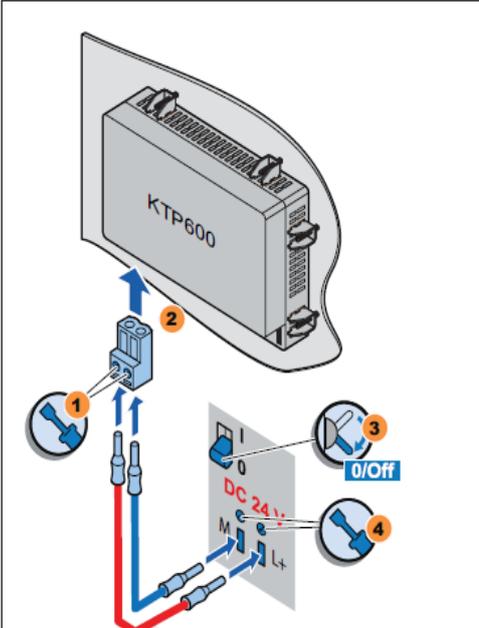
Use power supply cables with a maximum cross-section of 1.5 mm².

1. Strip the ends of both power supply cables to a length of 6 mm.
2. Insert the cable sleeve onto the bare cable ends.
3. Fix the cable sleeve onto the cable ends using the crimp pliers.

Procedure**CAUTION****24 VDC only**

An incorrectly dimensioned power supply can lead to destruction of the HMI device.

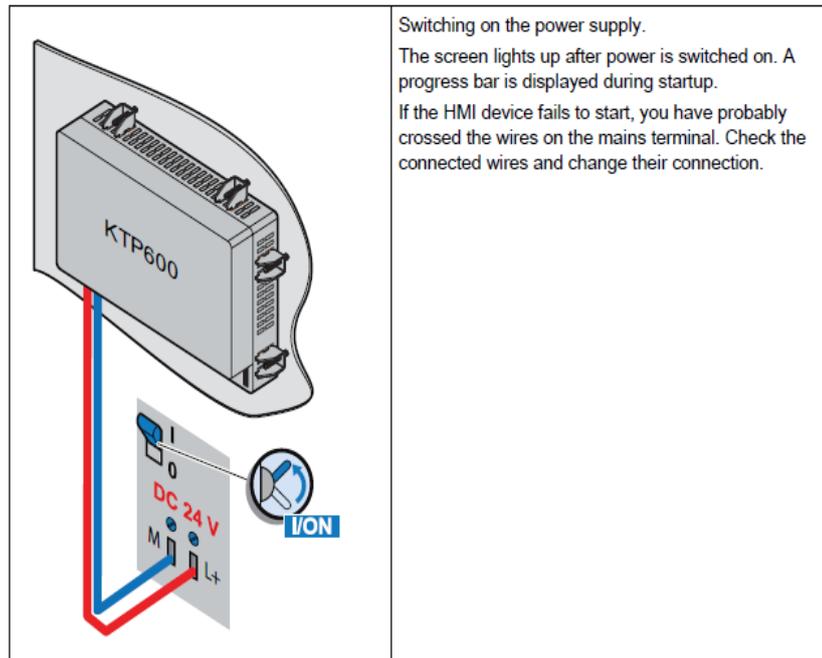
Use a 24 VDC power supply with adequate amperage; see Specifications (Page 105).



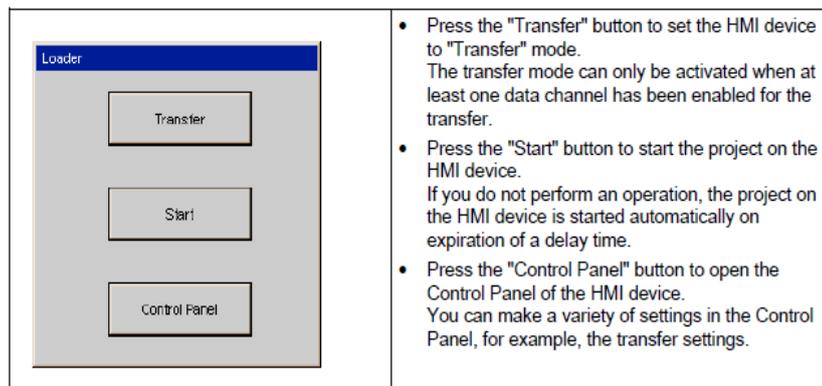
1. Insert the two power cables into the mains terminal and secure them with a slotted screwdriver.
2. Connect the HMI device to the mains terminal.
3. Switch off the power supply.
4. Insert the two remaining cable ends into the power terminal and secure them with the slotted screwdriver. Ensure correct polarity.

*Mounting and connecting**3.4 Switching on and testing the HMI device***3.4 Switching on and testing the HMI device**

Switching on the HMI device.



The Loader opens after the operating system has started.



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
INGENIERÍA ELECTRÓMECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Orozco Ruíz, Héctor Hugo bajo mi supervisión.

Ing. Freire, Washington.
DIRECTOR

Ing. Sánchez, Wilson.
CODIRECTOR

ING. Torres, Katya
DIRECTORA DE CARRERA

DR. Vaca, Rodrigo
SECRETARIO ACADÉMICO