



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO
PARA ACEITES DIELECTRICOS PARA TRANSFORMADORES”**

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

NOMBRE

Efrén José Lojano Lucero

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a mis padres y hermanos que siempre estuvieron apoyándome a lo largo de mis estudios en altos y bajos momentos.

A los profesores que estuvieron en proceso de formación académica y los consejos que me daban para ser un buen profesional.

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres y hermanos por el apoyo brindado en la etapa académica.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....
MSc. Alberto Larco

PROFESOR EVALUADOR

.....
PhD. Wilton Agila

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Efrén José Lojano Lucero

RESUMEN

El presente trabajo es dedicado a la mejora de la automatización de una máquina de termofiltrado de aceite dieléctrico para transformadores, describe el funcionamiento actual de la máquina, las mejoras y el costo a implementar.

Debido a que al aceite de los transformadores deben tener mantenimientos para evitar los fallos, se debe tener en cuenta varios factores que producen el deterioro del aceite como son: el contenido de agua, partículas sólidas y gases disueltos en el aceite. Se deben hacer pruebas físicas y químicas para verificar que este en buen estado el aceite, caso contrario cambiar por uno nuevo o tratar el mismo aceite pero conservando las propiedades.

Describir el funcionamiento del proceso y la ingeniería actual de la máquina para tener una idea clara que instrumentos y equipos están funcionando. Cuando se tiene todo claro el proceso, nos enfocaremos en los equipos faltantes que se utilizarán para realizar el proceso automático.

Cuando se tiene todo el análisis de la máquina, se procederá a realizar el presupuesto del costo de la implementación, al finalizar el trabajo solo realizará la simulación de cómo quedaría en la implementación.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
CAPÍTULO # 1	1
1. Antecedentes y justificación	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivo	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos.....	4
1.4. Alcance.....	5
CAPÍTULO # 2.....	6
2. Diseño y Mejora de la propuesta.....	6
2.1. Descripción del proceso de tratamiento de termofiltrado de aceite dieléctrico.....	6
2.2. Ingeniería de detalle actual.....	8
2.2.1. Circuito de control y fuerza	8
2.3. Equipos y accesorios actuales.	14
2.4. Ingeniería de detalle propuesta	14
2.5. Arquitectura de control.	16
2.6. Sistema de control propuesto.....	16
2.5.1. Control de temperatura.....	17

2.5.2. Control de nivel.....	19
2.7. Controlador PID.....	21
CAPÍTULO # 3.....	25
3. Diseño y Resultado	25
3.1. Análisis económico.....	25
3.2. Ahorro del aceite.	26
3.3. Protocolo de comunicación.....	26
3.4. Capacidad de almacenamiento del PLC Y HMI.....	30
3.5. Pantalla de HMI	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
BIBLIOGRAFÍA.....	35
ANEXO A.....	36
ANEXO B.....	45
ANEXO C.....	47
ANEXO D.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Diagrama de flujo.....	7
Figura 2.2: PLC Allen Bradley Micrologix 1500.....	8
Figura 2.3: Módulo de expansión 1 y 2 de entrada.....	9
Figura 2.4: Módulo de expansión de salida y entrada analógica.....	10
Figura 2.5: Diagrama de fuerza de calentadores.....	12
Figura 2.6: Diagrama de fuerza de las bombas.....	13
Figura 2.7: Diagrama de flujo mejorada.....	15
Figura 2.8: Arquitectura de control.....	16
Figura 2.9: Diagrama de flujo de temperatura.....	18
Figura 2.10: Diagrama de flujo para nivel del tanque.....	20
Figura 2.11: Controlador PID.....	21
Figura 2.12: PID configuración.....	24
Figura 3.1: Configuración del PLC para comunicarse al computador.....	27
Figura 3.2: Conexión entre HMI y PLC.....	28
Figura 3.3: Comunicación PLC y HMI serial.....	29
Figura 3.4: Comunicación Ethernet.....	29
Figura 3.5: Menú principal y parámetros.	31
Figura 3.6: Proceso del aceite termofiltrado.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de entrada y salida.....	11
Tabla 2: Costo de materiales.....	25

CAPÍTULO # 1

1. Antecedentes y justificación

1.1. Antecedentes

La importancia de los transformadores en los sistemas de potencia radica en los niveles de tensión que permiten trabajar para pasar de transmisión a distribución y luego a consumo.

Cuando un transformador presenta fallas, durante su funcionamiento puede causar explosiones o eventos en cadena, como consecuencias a estos eventos se tengan daños de equipos que estén conectados al transformador, infraestructuras e inclusive a personas que se encuentren a su alrededor.

Las causas de fallos en transformadores pueden ser por pérdidas de aislamiento de bobinados o del aceite dieléctrico, la contaminación externa, cambios de cargas, sobretensiones de origen atmosférico o conexiones mal realizadas en los terminales del transformador.

Es extremadamente importante dar mantenimientos regulares que incluyan pruebas de diagnóstico para prevención de fallos inherentes al desgaste del aislamiento del bobinado o del aceite dieléctrico por condiciones de uso.

Para predecir el deterioro del aislamiento del aceite dieléctrico, se realiza la prueba de rigidez dieléctrica que consiste en sumergir un par de electrodos dentro de una muestra de aceite del transformador, establecer un potencial entre los electrodos e incrementarlo hasta que se presente una disrupción en la muestra de aceite. La prueba es no satisfactoria cuando el nivel de potencial alcanzado no supera los mínimos requeridos en las normas aplicables tanto IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) [1] y IEEE

(Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica) [2], según el estándar de construcción del transformador.

Cuando un aceite no supera la prueba de rigidez dieléctrica es un indicio que el aceite se encuentra con humedad o partículas que reducen su capacidad dieléctrica. El paso a seguir es el tratamiento del aceite para reducir la humedad, partículas que lo contaminan y causan la reducción de su capacidad dieléctrica. Este tratamiento se lo realiza mediante máquinas diseñadas para este fin.

En la actualidad existen máquinas de termofiltrado que ofrecen una variedad de servicios como: una interfaz amistosa para el usuario, generación de registros, comunicación con el usuario, etc.

La empresa MACRONIVEL S.A, dedicada al mantenimiento de transformadores, cuenta con una máquina de termofiltrado de aceite dieléctrico marca ENERVAC, serie E865A y año de fabricación 2005 que se requiere repotenciar para brindar un mejor servicio a sus clientes.

Actualmente la instrumentación de la máquina no se encuentra integrada en su totalidad al control de la misma, la supervisión y control no son las más idóneas, carece de una interfaz amistosa para el usuario y no cuenta con un almacenamiento de datos del proceso que permita la generación de reportes de cada trabajo realizado.

El presente trabajo constituye el planteamiento de mejoras y la ingeniería básica de detalle de las mismas y la implementación de un sistema SCADA para el control de la máquina termofiltrado ENERVAC.

1.2. Justificación

La adquisición de una máquina nueva tiene un presupuesto mayor en comparación a la repotenciación de la existente, se considera que la repotenciación constaría como máximo el 20% del costo de una máquina nueva.

El sistema actual de control de la maquina presenta algunas deficiencias como:

El HMI (Human Machine Interface) se la realiza mediante un tablero de control compuesto por comandos y luces indicadores que no ofrecen una interfaz idónea para el usuario, tanto para el control como para la supervisión del proceso de termofiltrado.

Existen modificaciones en los instrumentos de tal modo que la instrumentación no se integra en su totalidad al control del proceso y no permite las ventajas de un sistema centralizado para su operación y supervisión.

El sistema actual de control no asegura el cumplimiento de estándares de normas IEC y IEEE vigentes.

No cuenta con la capacidad de almacenamiento de datos o procesamiento centralizado de datos.

Finalmente, para realizar el proceso de termofiltrado el operador debe activar los interruptores según su experiencia, por tal motivo el proceso no es lo

adecuado ya que no podría alcanzar el mínimo porcentaje de residuo de agua que contiene el aceite dieléctrico.

En este contexto, las falencias de la maquina son superable mediante la implementación de un sistema SCADA que incluya una interfaz gráfica amistosa para que el usuario replantee el control de la planta. Para realizar dichas mejoras, se debe tener en cuenta las funciones de operación de la máquina, indicando cuáles son sus principales elementos que son necesarios para su correcto funcionamiento.

1.3. Objetivo

1.3.1. Objetivo general

Simulación y análisis de un sistema SCADA para la planta de tratamiento de aceite dieléctrico ENERVAC serie E865A.

1.3.2. Objetivos

Estudiar el sistema de control de la máquina para comprender las estrategias de control implementadas actualmente y descubrir las falencias del sistema de control.

Realizar la ingeniería básica y de detalle del sistema actual de la máquina, ante la inexistencia de las mismas, para una mejor comprensión del sistema de control actual.

Plantear mejoras al sistema actual de control que supere las falencias detectadas.

Replantear las estrategias de control para perfeccionar el control de la máquina.

Realizar la ingeniería básica y de detalle de las mejoras a la máquina que guíen en la implementación de las mismas.

Realizar el análisis de costo de obra y su implementación.

1.4. Alcance

En la actualidad la máquina no posee planos eléctricos ni del diagrama P&ID por tal motivo se tiene que obtener el circuito de control y fuerza para tener una idea más clara de que instrumentos están en funcionamiento.

Se procederán a realizar los nuevos planos eléctricos de la máquina, el diagrama de flujo con los nuevos instrumentos a utilizar, para así mantener el aceite libre de residuo de agua y gases.

Al final del trabajo se llegará a diseñar el diagrama de tuberías e instrumentos de cómo sería en el HMI y la rutina de programación del PLC basándose a los requerimientos de los dispositivos utilizados y el costo a implementar.

CAPÍTULO # 2

2. Diseño y Mejora de la propuesta

2.1. Descripción del proceso de tratamiento de termofiltrado de aceite dieléctrico.

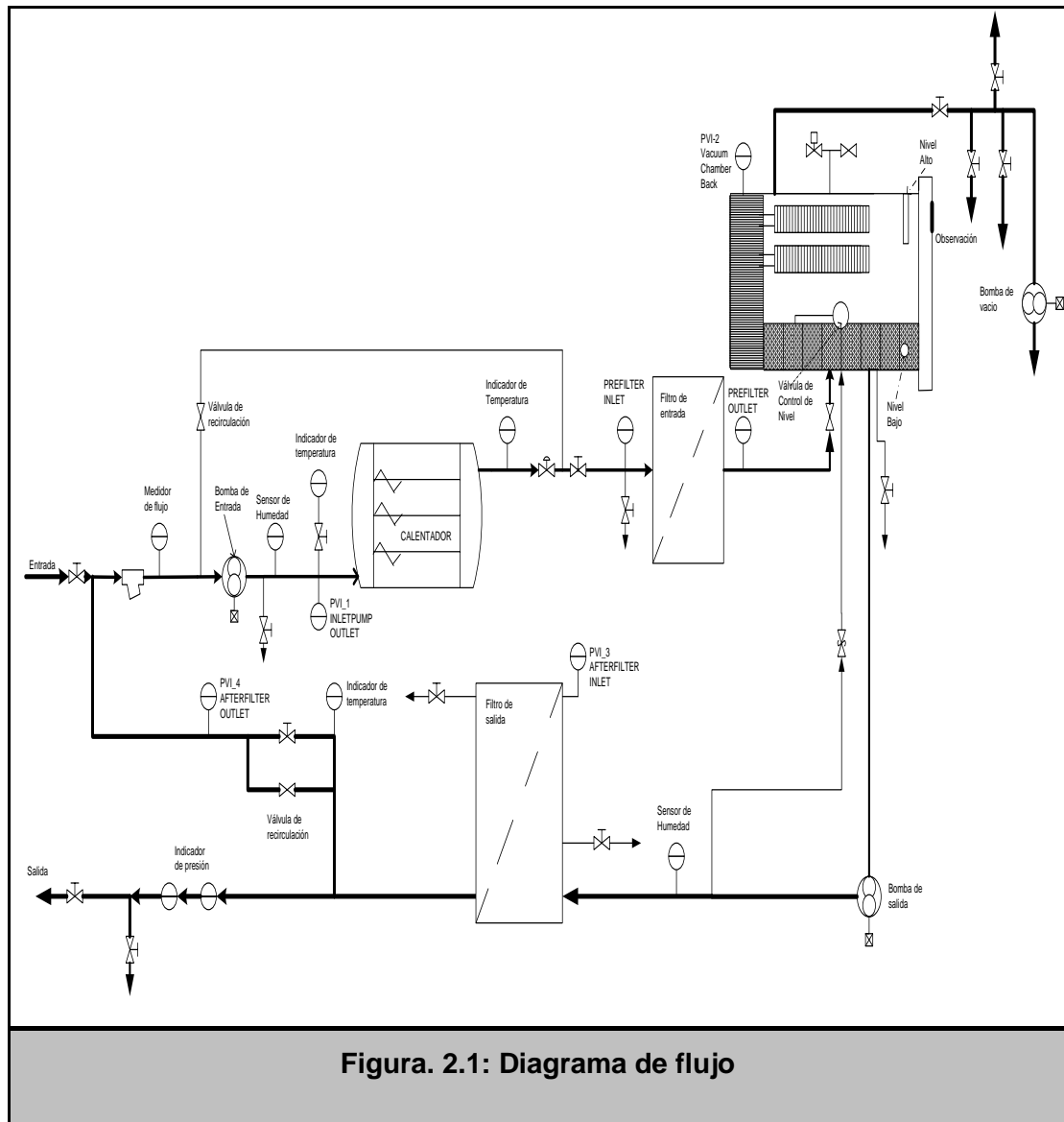
En la figura 2.1 muestra como está constituido la máquina actualmente y describe su funcionamiento, al iniciar se verifica que las fases estén correcta, el tanque está vacío de aceite y debe encenderse la bomba de vacío para extraer el aire.

El aceite es extraído del transformador o de un tanque de almacenamiento por una bomba de entrada que pasa primero por un filtro donde retiene las partículas más grande, pasa por un indicador de flujo, indicador de humedad, indicador de temperatura e indicador de presión. Recorre atreves del calentador para poder evaporar la humedad contenida en el aceite aquí indica la temperatura y el operario debe apagar los calentadores si la temperatura es mayor a 50°C, indica la presión. El filtro de entrada de 5 micrones para partículas grandes que se han generado, nuevamente pasa por un indicador de presión.

En la cámara de vacío el operador debe verificar el nivel alto y espuma del aceite para apagar la bomba de entrada y los calentadores, aquí indica la presión y hay un manómetro de indicación de vacío.

Cuando el aceite está listo la bomba de salida es accionada, el operador observa la cantidad de humedad que tiene el aceite, pasa por un filtro de salida de 0,5 micrones para partículas pequeñas aquí contiene un indicador de presión, pasa por un indicar de temperatura y un indicador de flujo.

En la parte final del proceso, cuando hay todavía presencia de humedad u otras sustancias, se procede a dar recirculación manual para así obtener un aceite limpio listo para ser utilizado.

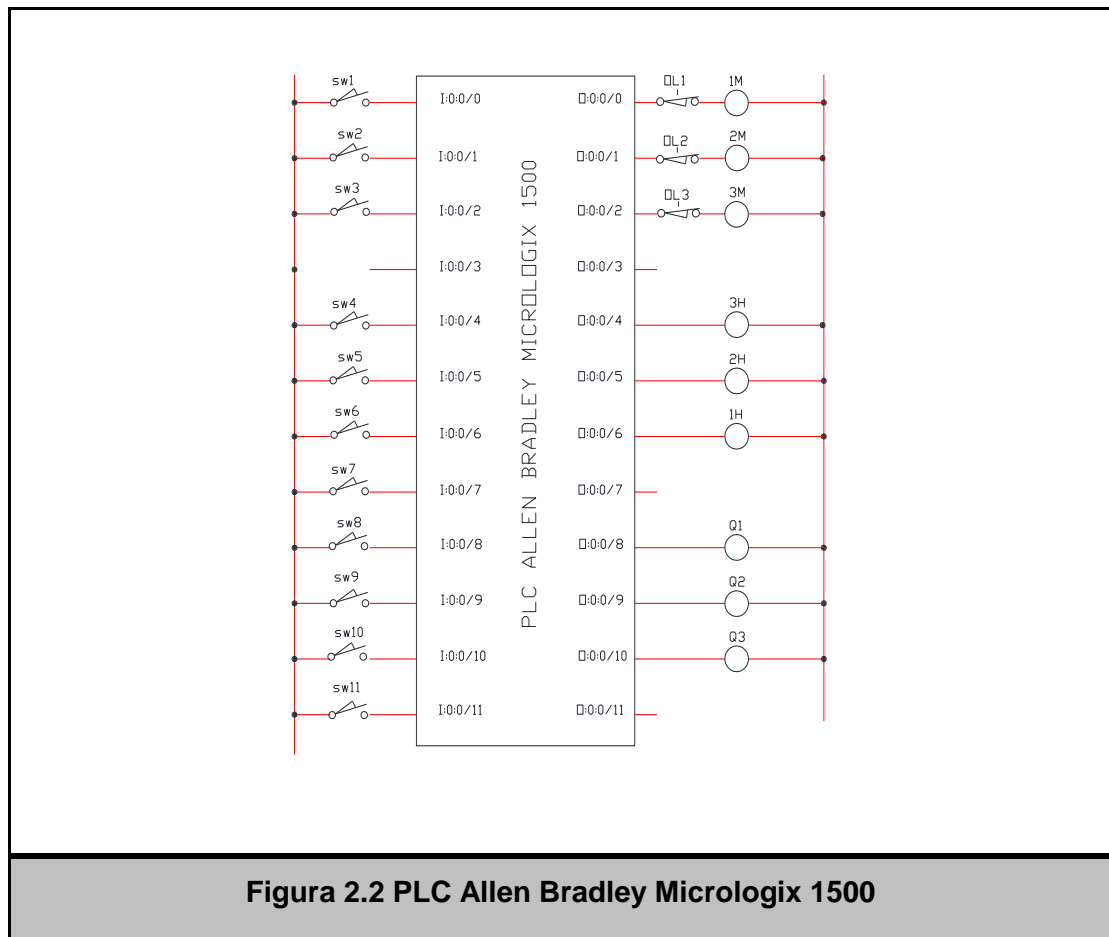


2.2. Ingeniería de detalle actual.

Presenta como está la maquina actualmente, los equipos instalados y se describe a continuación:

2.2.1. Circuito de control y fuerza

Para hacer el control se ha utilizado el Controlador Lógico Programable (PLC) de la marca Allen Bradley MicroLogix 1500. La figura 2.2 presenta el PLC principal con sus respectivas conexiones de entrada y salida, esto es sensores y actuadores respectivamente.



El PLC principal las entradas no son suficientes se utilizan módulos expansión como se muestra la figura 2.3 que son entrada digital.

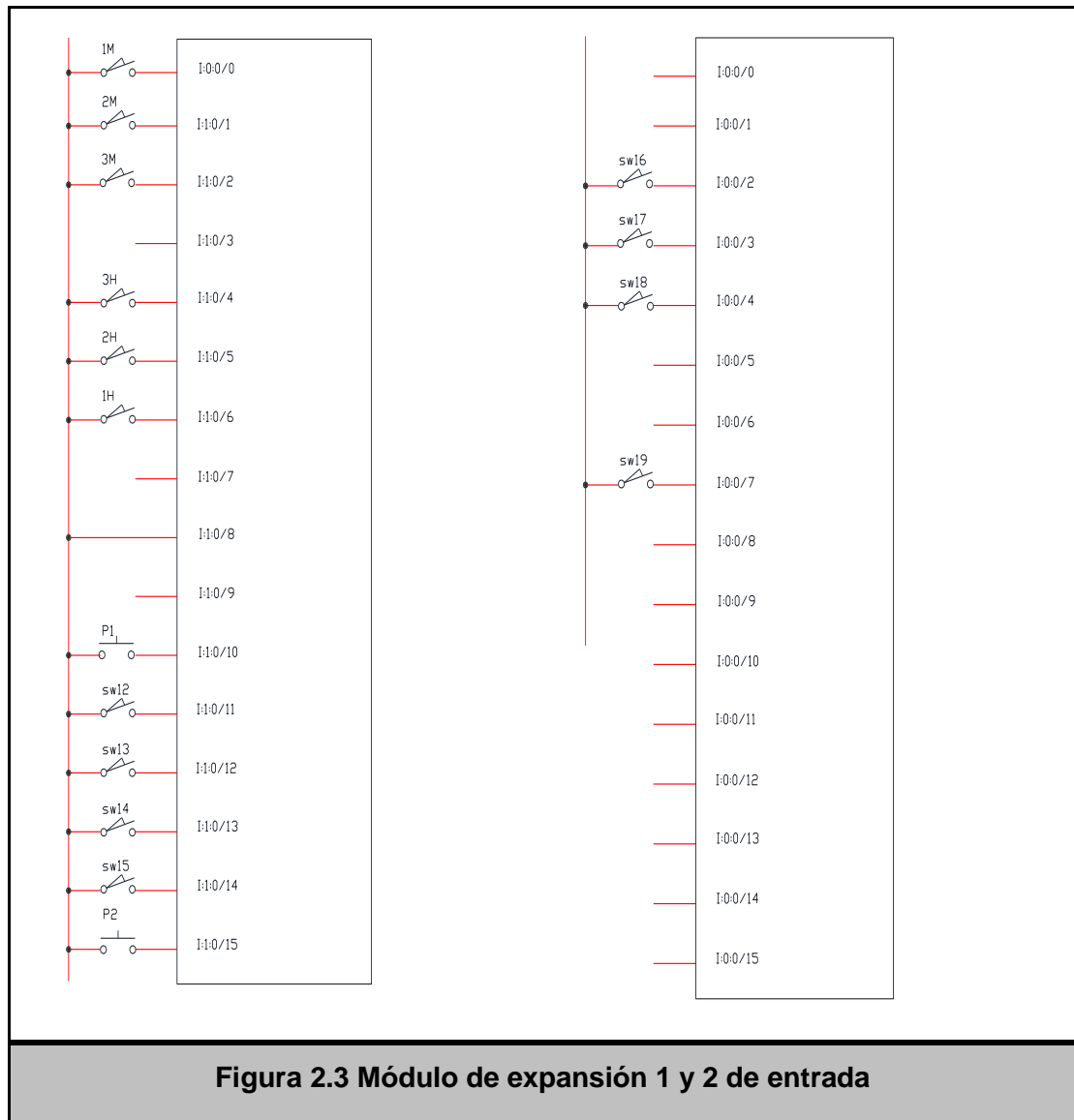
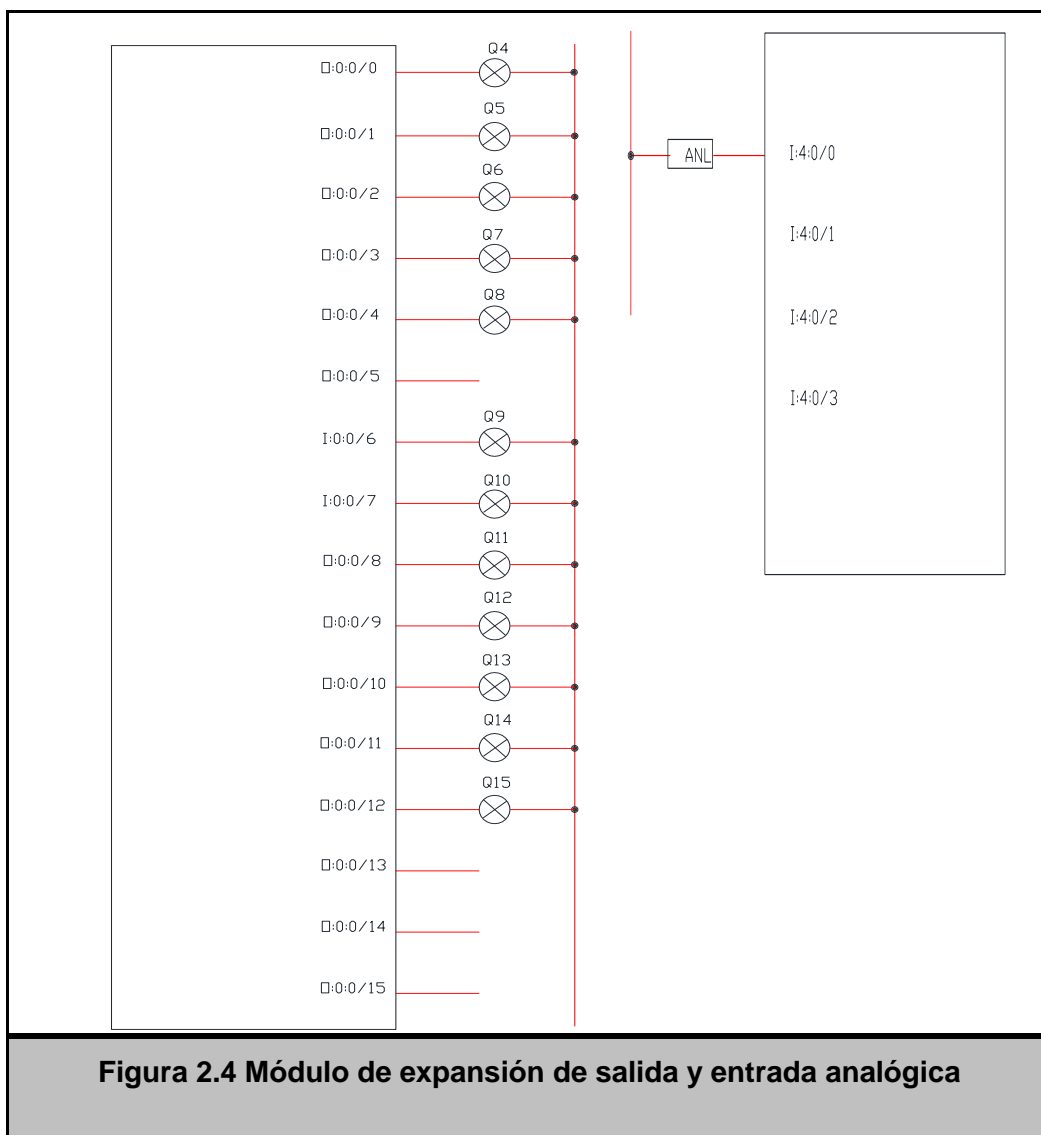


Figura 2.3 Módulo de expansión 1 y 2 de entrada

En la figura 2.4 el primer módulo es de salida digital donde se puede observar si los equipos están en funcionamiento y el segundo es de entrada analógico de transmisión de presión a corriente.



Actualmente la máquina termifiltrado funciona manualmente tan solo se podrá visualizar y dar una solución según la experiencia del operador, donde debe estar pendiente en todo el proceso y no dejar pasar algún detalle que afecte el rendimiento del aceite al finalizar.

La tabla 1 se presenta el significado de cada abreviatura de los sensores y actuadores conectados al PLC principal y módulos de expansión

ENTRADA	DESCRIPCION	SALIDA	DESCRIPCION
PLC ALLEN BRADLY MICROLOGIX 1500			
SW1	Detector de fase	OL1	Termico 1M
SW2	Bomba de vacio OFF	OL2	Termico 2M
SW3	Bomba de vacio ON	OL3	Termico 3M
SW4	Bomba de entrada manual	1M	Bomba de salida
SW5	Bomba de entrada auto	2M	Bomba de entrada
SW6	Bomba de salida manual	3M	Bomba de vacio
SW7	Bomba de salida auto	3H	Grupo de calentador 1
SW8	Calentador 1	2H	Grupo de calentador 2
SW9	Calentador 2	1H	Grupo de calentador 3
SW10	Calentador 3	Q1	Control de valvula al vacio
SW11	Monitoreo de nivel	Q2	Alarma
		Q3	Bobina de rele (activa 110V)
ENTRADA DE MODULO DE EXPACION 1		SALIDA DE MODULO DE EXPACION 3	
1M	Contacto auxiliar bomba de salida	Q4	No flow
2M	Contacto auxiliar bomba de entrada	Q5	Low Vacuum
3M	contacto auxiliar bomba de vacio	Q6	Low level
3H	Contacto auxliar calentador 1 y 2	Q7	Nvel de espuma alto
2H	Contacto auxiliar calentador 3 y 4	Q8	Bomba de vacion ON
1H	Contacto auxiliar calentador 5 y 6	Q9	Bomba de entrada ON
P1	Pulsante de alarma	Q10	Bomba de salida ON
SW12	Contacto de Nivel de espuma	Q11	Grupo de calentador 1 ON
SW13	Contacto de Nivel medio	Q12	Grupo de calentador 2 ON
SW14	Contacto de Nivel bajo	Q13	Grupo de calentador 3 ON
SW15	Contacto del sensor de flujo	Q14	Perdida de nivel
P2	Set level	Q15	Monitor de nivel ON
ENTRADA DE MODULO DE EXPACION 2			
SW16	Contacto de temperatura		
SW17	Contacto de temperatura		
SW18	Contacto del indicador de vacio		
SW19	Bomba de vacio apagado automatico		
ENTRADA DE MODULO DE EXPACION 4 ANALOGICO			
ANL	Transmisor de presion a corriente		

Tabla 1 Descripción de entrada y salida

En la figura 2.5 se muestra el diagrama de fuerza, cada breaker maneja dos calentadores. Estos calentadores pueden estar activado todos a la vez.

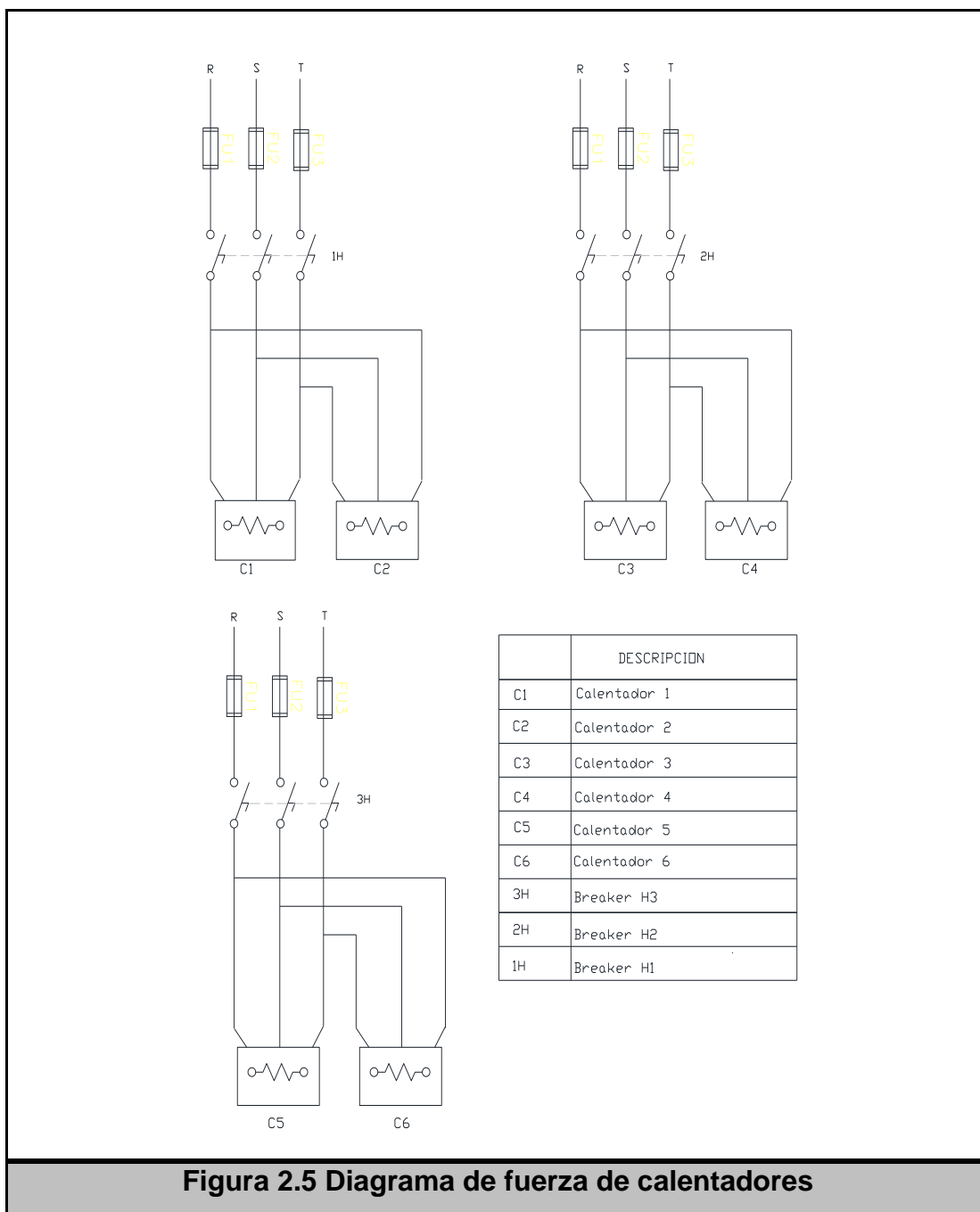


Figura 2.5 Diagrama de fuerza de calentadores

En la figura 2.6 está el circuito de fuerza para comandar las bombas, cada bomba tiene su respectivo térmico y fusible

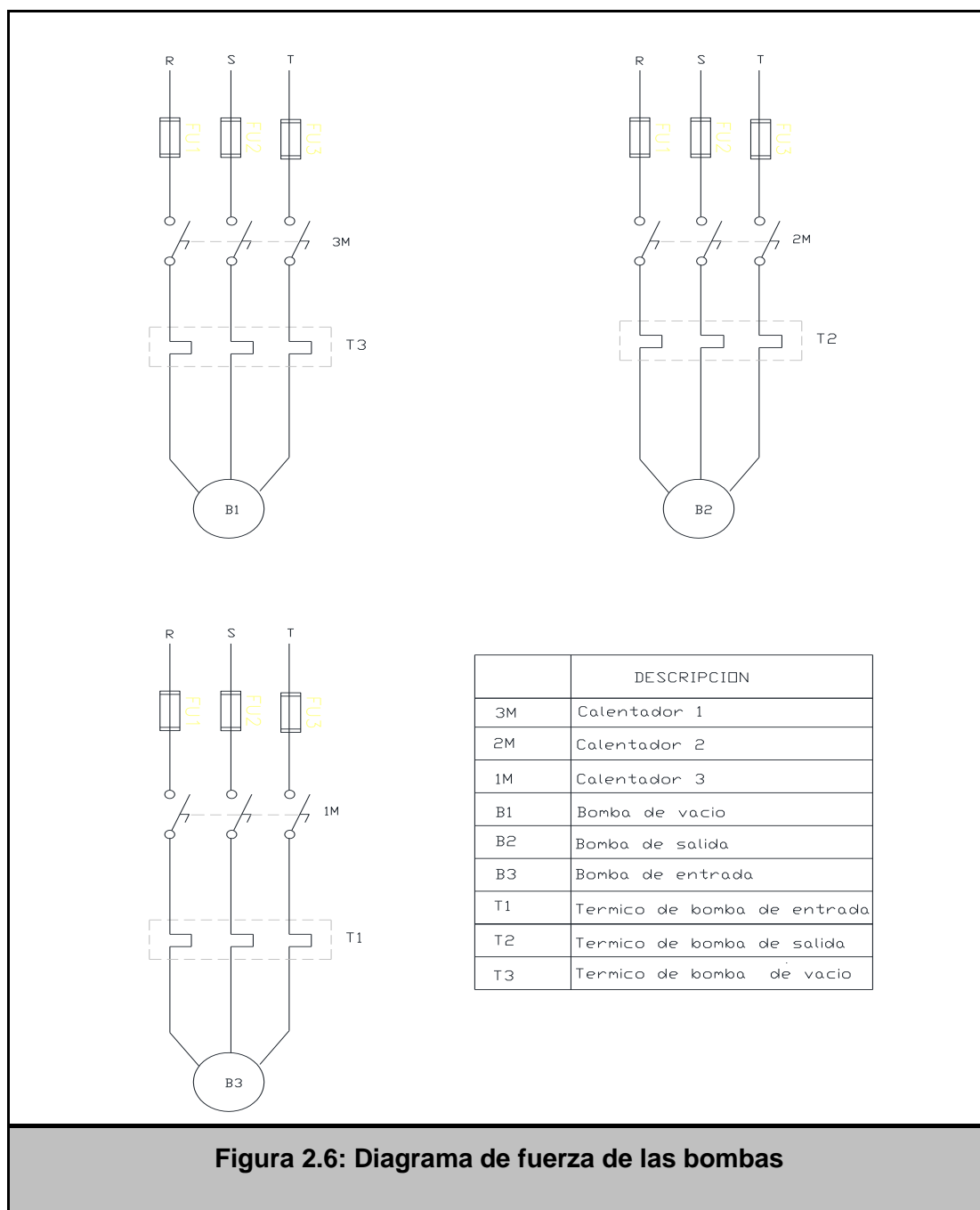


Figura 2.6: Diagrama de fuerza de las bombas

2.3. Equipos y accesorios actuales.

Los equipos e instrumentos que están constituida la maquina termofiltrado se presenta a continuación:

- Control lógico programable.
- Indicador de presión.
- Indicador de temperatura.
- Breaker del calentador.
- Bomba de salida y entrada:
- Bomba de vacío.
- Filtro de entrada y salida.
- Indicador de vacío.
- Indicador de humedad.

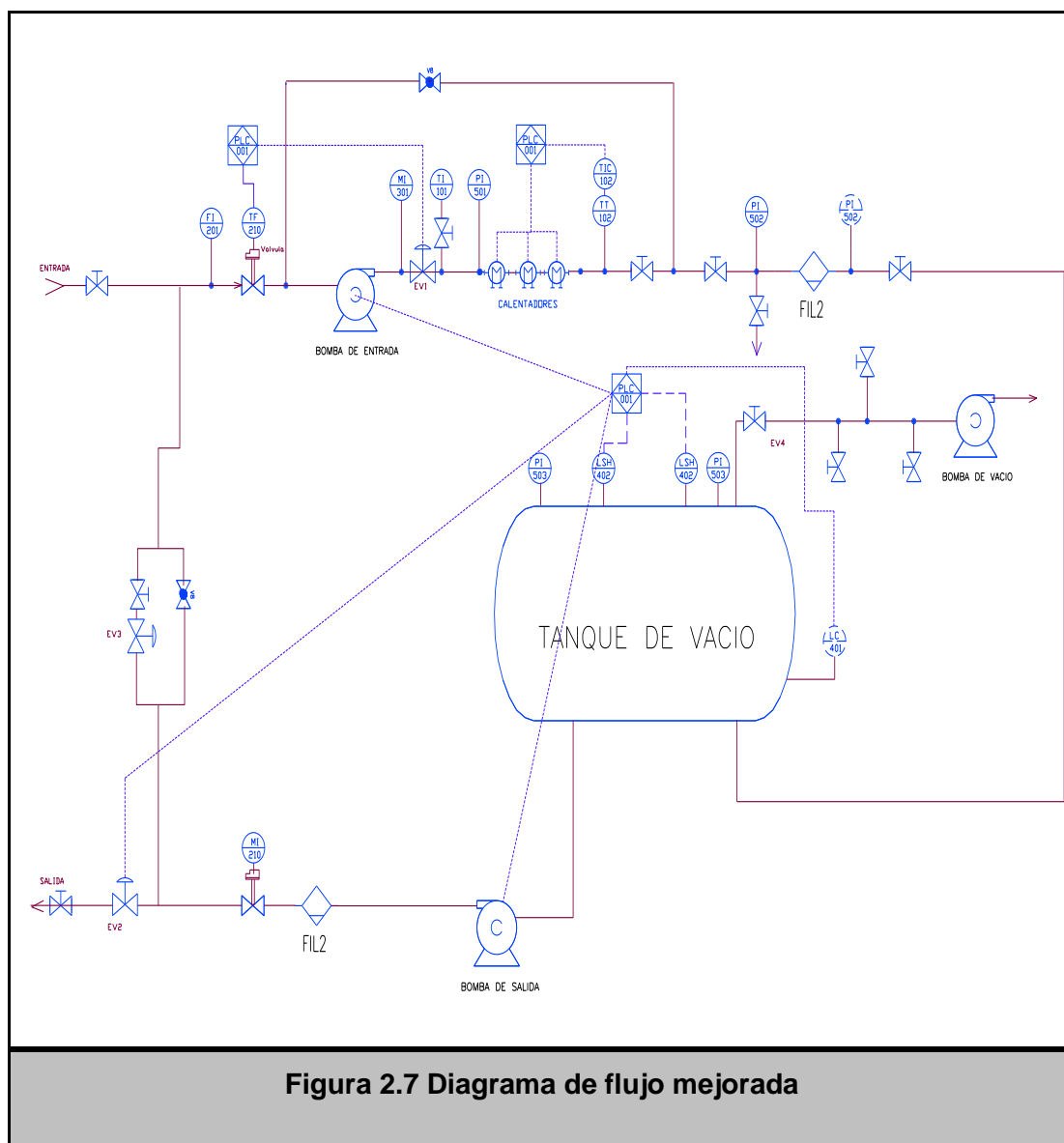
Una descripción en detalle de estos componentes comprende en la hoja de datos que están en anexo A.

2.4. Ingeniería de detalle propuesta

Unas de las falencias que se observó durante el reconocimiento de la planta fueron: que el proceso es manual, las entradas y salida están conectado al PLC como si fuese manual si hay alguna falla durante el proceso en el PLC no podrán continuar.

Con el pasar los años la se han incluido sensores para monitorear manualmente, estos equipos no están conectado al controlador PLC, entonces el operador debe chequear continuamente para evitar que el aceite no pierda las propiedades químicos y físicos. Según la figura 2.7 se presenta

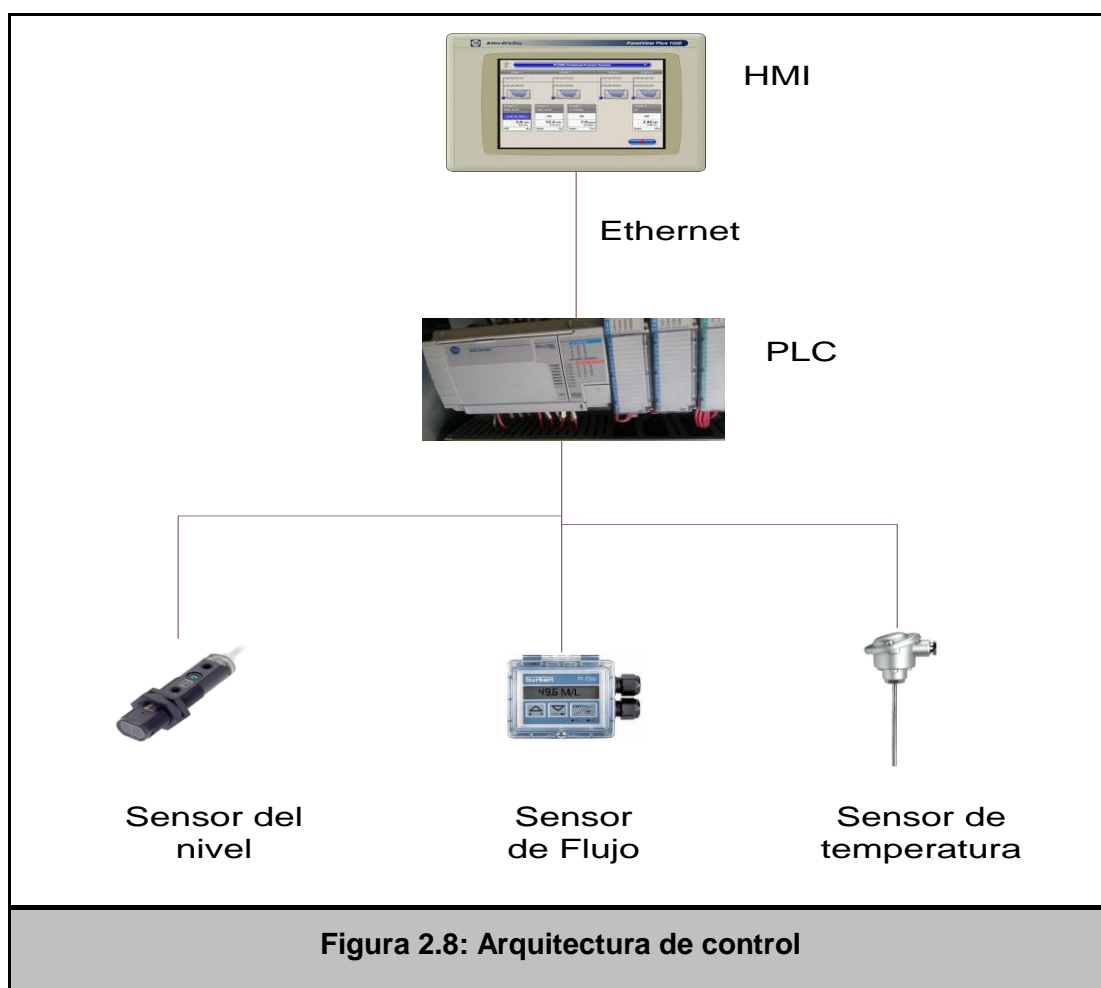
la mejora del sistema presentado en el diagrama de tuberías e instrumentación.



Para el sistema funcione automáticamente se va utilizar sensores de nivel de espuma, nivel de aceite, sensor de flujo, electroválvulas y sensor de temperatura. Con estos instrumentos se podrá mejorar la máquina termofiltrado.

2.5. Arquitectura de control.

En la figura 2.8 se presenta la arquitectura de control del sistema como estarían conectados el PLC, HMI y sensores.



2.6. Sistema de control propuesto.

Los datos de los instrumentos que se usara se encuentran en anexo B, detalla los parámetros del fabricante.

Los equipos e instrumentos que se usaran deberán ser lo siguientes:

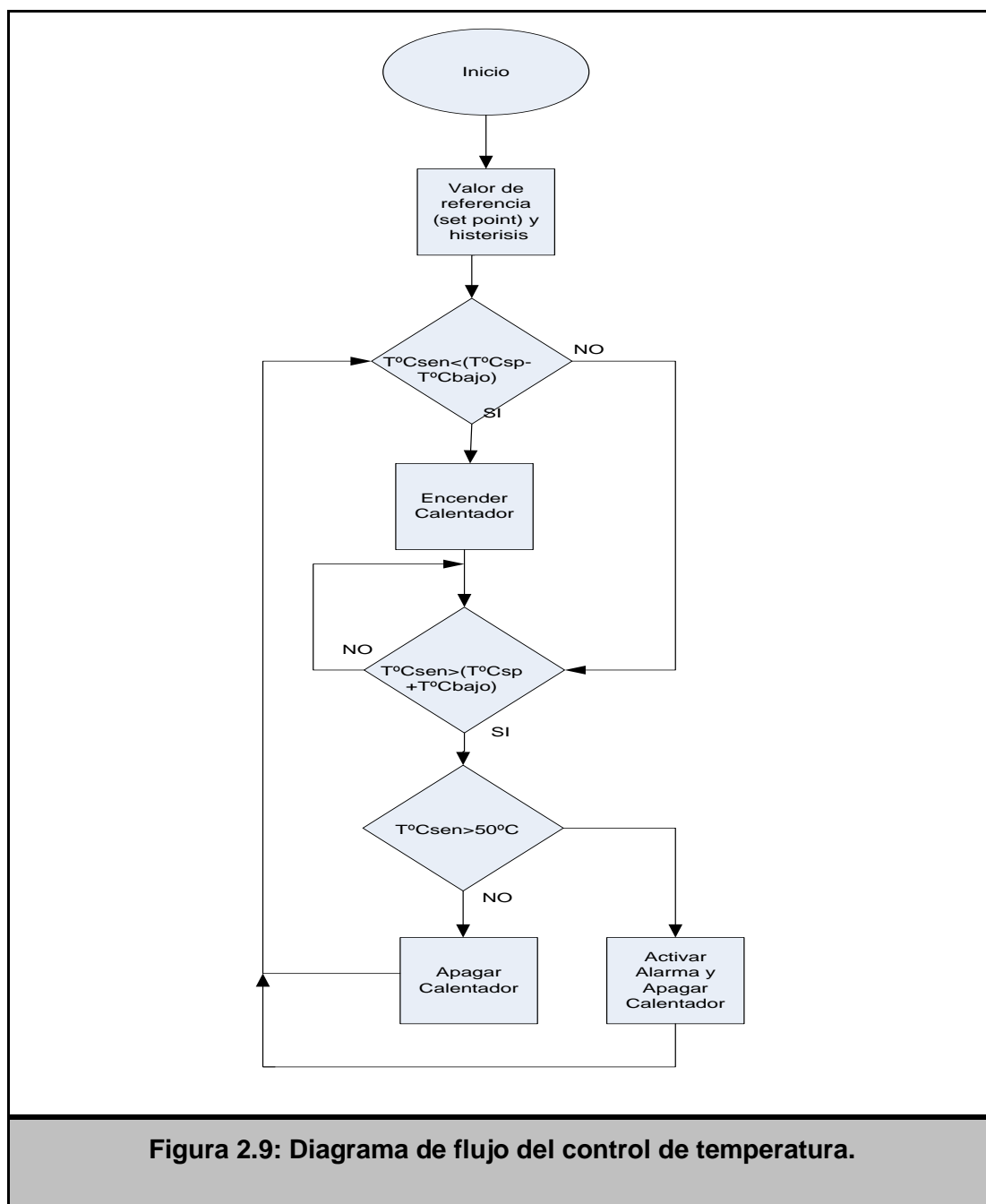
- Sensor de nivel de espuma.
- Sensor de nivel alto.
- Sensor de nivel bajo.
- Sensor de flujo.
- Electroválvulas.

2.5.1. Control de temperatura

Para esto se utilizará los equipos que están actualmente instalado en la maquina termofiltrado, para controlar la temperatura existe dos métodos que son utilizados y se elegirán uno para la solución del problema.

Los métodos utilizados serán los siguientes:

- La primera solución es: En la siguiente figura 2.9 se presenta el diagrama de flujo para la temperatura, primero se ajusta el valor de referencia sp (set point), luego debe ingresarse los parámetros de temperatura bajo y de alto. Si la temperatura actual ($T^{\circ}c_{sen}$) es menor a la $T^{\circ}c_{sp}-T^{\circ}c_{bajo}$ enciende los calentadores hasta cuando la temperatura actual es mayor a $T^{\circ}c_{sp}+T^{\circ}c_{alto}$, los calentadores se apagan. Cuando la temperatura es mayor a $50^{\circ}c$ se apagan los calentadores y activa la alarma. En el anexo C se puede ver la rutina de programación para un sistema on-off de temperatura.



- La segunda solución: esta solución quedará para una próxima propuesta, se realizará un control PID (proporcional, integral y diferencial) y se deberán hacer pruebas para obtener los datos de los parámetros de k_c (constante proporcional), t_i y t_d (tiempo

integral y derivada). Para encender los calentadores utilizara SCR (rectificador controlado de silicio) donde el voltaje de salida dependerá del ángulo de disparo del SCR.

La opción que se tomará para realizar el control será la solución uno ya que se cuenta con los instrumentos para realizar el encendido de los calentador.

2.5.2. Control de nivel

Aquí se controla el nivel bajo y nivel alto del tanque para ello se utilizará control on-off debido a que hay elementos e instrumentos actualmente instalado.

El la figura 2.9 se presenta el diagrama de flujo para el control de nivel, primero da inicio al sistema donde se enciende la bomba de entrada y cuando detecta el flujo de aceite activa la electroválvula, así comenzar a llenar el tanque de vacío, cundo el nivel del aceite es menor que el nivel de alto entonces la bomba de entrada sigue activado hasta cuando llegue el nivel alto, durante el llenado el aceite genera espuma entonces también deberá haber un sensor de espuma para desactivar la bomba de entrada.

Una vez llenado el tanque de vacío se enciende la bomba de salida y la electroválvula hasta cuando el sensor de nivel de bajo se active y de la orden de pagar la bomba de salida, la electroválvula y vuelve al estado inicial del llenado.

El sensor de flujo tiene dos función de salida: primero salida digital (relé) y el segundo salida analógico de corriente (4ma – 20ma). Para nuestro caso se va utilizarse a salida digital debido a que control es on-off.

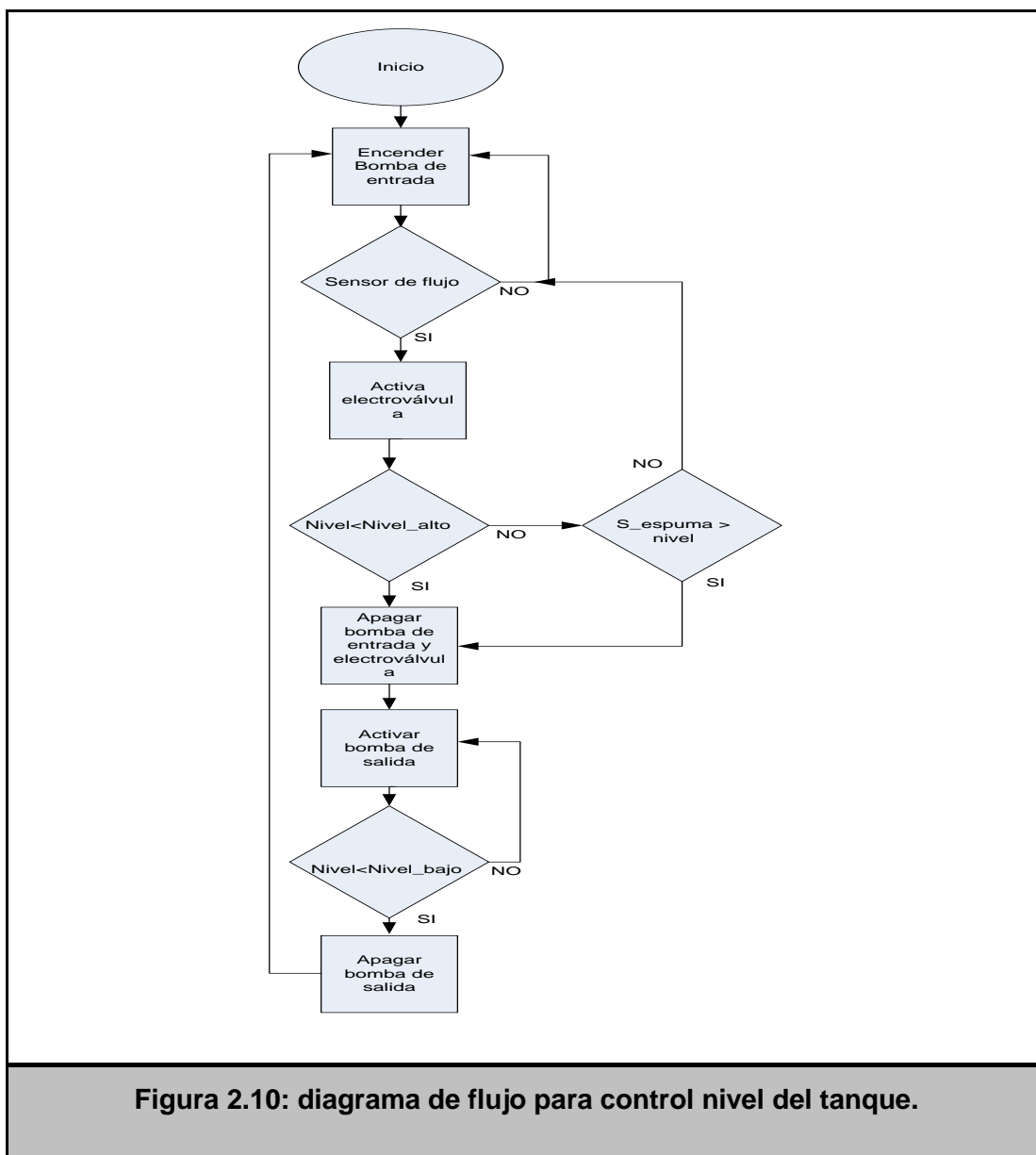


Figura 2.10: diagrama de flujo para control nivel del tanque.

2.7. Controlador PID

El controlador PID genera un valor en la señal de control en función de la diferencia de la señal de referencia y la variable controlada, basta una perturbación o un cambio de referencia el controlador trata de mantener el sistema estable. En la figura 2.10 se observa el diagrama de bloque del controlador PID.

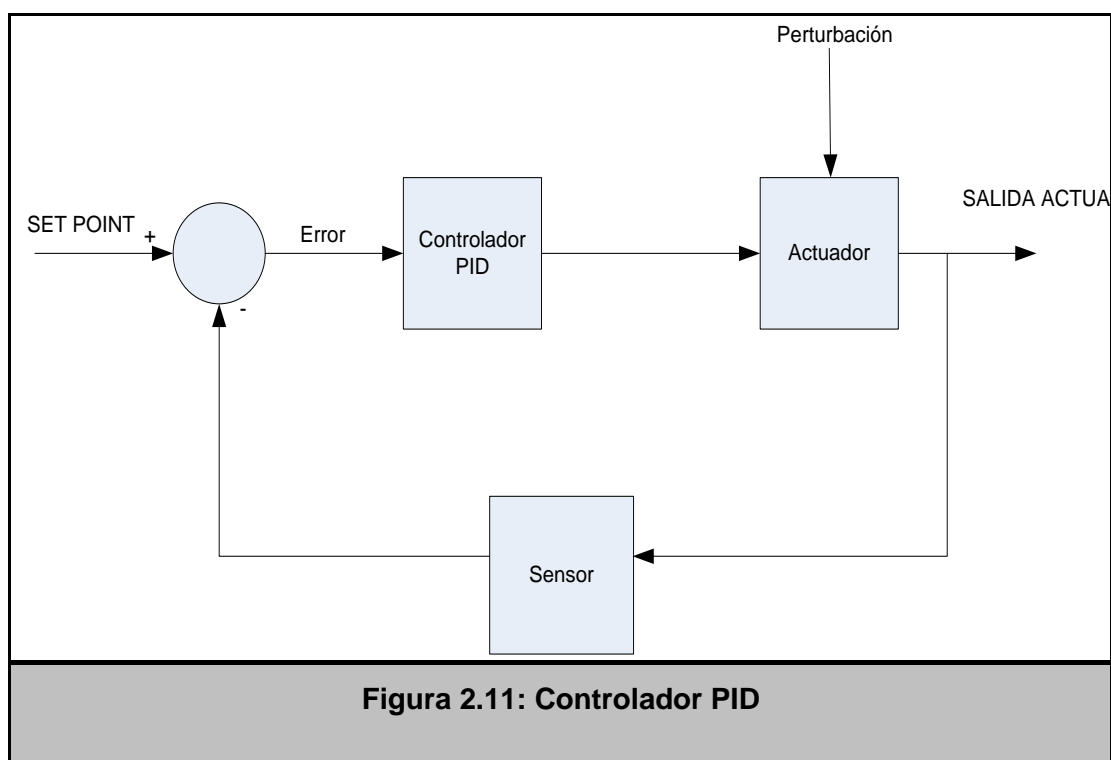


Figura 2.11: Controlador PID

Los parámetros de controlador PID actúa en la siguiente ecuación [3].

$$\mu(t) = k \left[e(t) + \frac{1}{Ti} \int_0^t e(\tau) d\tau + Td \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (2.1)$$

Donde:

U(t) : señal de control.

e(t): error (ref(t) – y(t))

K: ganancia del controlador

Ti, Td: tiempo integral y derivativo

- Acción de control proporcional [3]: Es una salida del controlador es decir $u(t) = k \cdot e(t)$, donde k es ganancia proporcional, es un amplificador con una ganancia ajustable.
- Acción de control integral [3]: La salida es proporcional al error acumulado, su control es lento, en la acción integral la variable de control u(t) se mantiene mientras no se anule el error. La acción integral se suele denominar Velocidad de reajuste.

$$\mu(t) = ki \int_0^t e(t) dt \quad (2.2)$$

- Acción de control derivativa [3]: Determina la reacción del tiempo en el que produce el error, es útil cuando el desfase en el proceso a controlar es excesivo, la acción de control derivativo en ocasiones se denomina Control de Velocidad.

$$\mu(t) = \left[Td * \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (2.3)$$

- En la figura 2.11 se observa los parámetros a configurar el PID del PLC micrologix 1500 a continuación describe cada parámetro:
- Variable del proceso PV: es la variable que almacena valores de entrada de proceso también puede ser entrada analógica a digital, pueden incluir número entero entre 0 a 16383.

- Variable de control CV: es la variable que almacena los valores de salida del PID, este valor puede oscilar entre 0 a 16383 y la salida se puede seleccionar rango de operación.

Pantalla de configuración (setup screen): aquí se completa los parámetros PID.

- Kc: ganancia del controlador tiene un rango de 0 a 3276.7
- TI: valor que representa minutos puede ser desde 0 a 3276.7
- Td: valor que representa minutos varía desde 0 a 327.67
- Loop update: es el intervalo de tiempo que de pasar antes de cada actualización de la salida del PID entre 0.01 a 10.23 segundo.
- Error (control mode): resultado de la variable controlada y la variable del proceso.
- PID control: selecciona modo manual o automático.
- Modo de tiempo (Time mode): aquí la salida se actualiza a la velocidad específica
- Cuando se utiliza el modo de tiempo (TIMED), su procesador de tiempo debe explorar en menos de diez veces más rápido que el tiempo de actualización de lazo para evitar imprecisiones o perturbaciones de tiempo.
- Con el modo STI seleccionado, el PID actualiza su salida cada vez que se escanea.
- Setpoint sp: es el valor deseado para el control.

Estos son los parámetros más importantes del controlador PID.

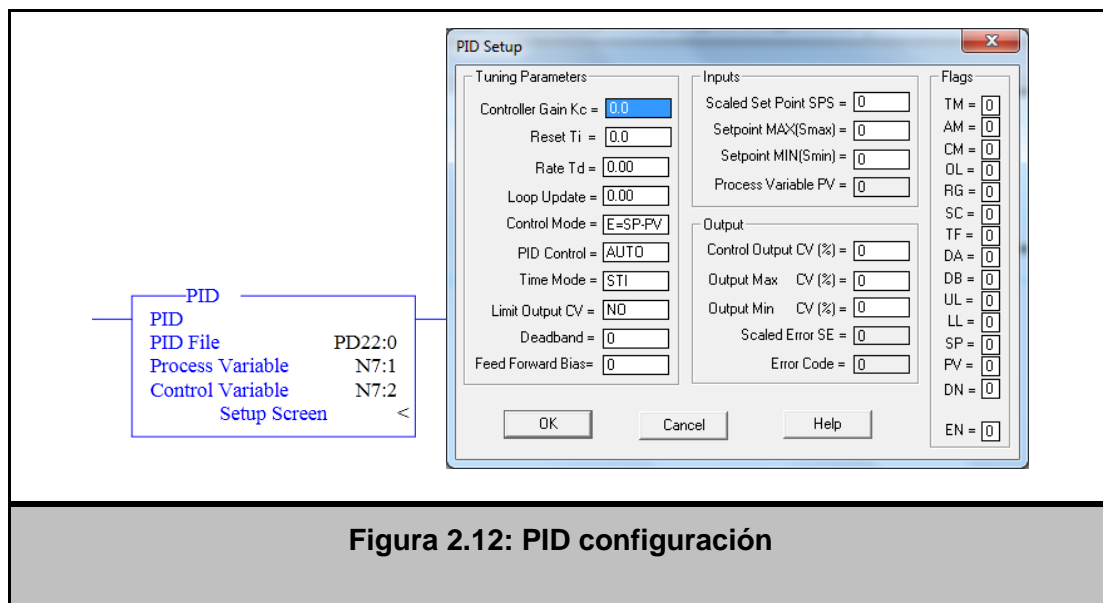


Figura 2.12: PID configuración

CAPÍTULO # 3

3. Diseño y Resultado

3.1. Análisis económico.

En la tabla 3.1 se muestra el costo parcial para la implementación, los equipos e instrumentos necesario ya se cuentan en la actualidad solo se incluirá el HMI y las electroválvulas.

Para obtener la ganancia por proceso tiene que tomarse en cuenta varios factores como: mantenimiento, operador y transporte. Por cada transformador de 100 KVA hay aproximadamente 290 litros de aceite dieléctrico, con esta cantidad de aceite se puede recuperar en 3 o 4 procesos. También incluye el costo de la ingeniería el cual se tomó el 30 % del costo de los materiales.

ITEM	CANTIDAD	VALOR POR UNIDAD	VALOR TOTAL	DESCRIPCIÓN
1	1	780,21	780,21	Panel View Component C1000 Touch 6 in 2711C T6C
2	2	250	500	Electroválvula 1"
3	1	534,3	534,3	Ingeniería
TOTAL			1814,51	

Tabla 2 Costo de materiales

A partir de esto la empresa tendrá ganancia y el proceso será mucho más eficiente y rápido, en el futuro tendrá mayor beneficio si se mejora la maquina completamente ahí la ganancia se incrementaría, con relación a lo que actualmente percibe.

3.2. Ahorro del aceite.

La capacidad de bombeo es de 50 a 6000 Litros / hora regulable manualmente y capacidad del tanque de vacío es de 662323,13 cm³ (662,23 Litros), cuando ocurre una elevación de temperatura es decir mayor a 50°C debido que el operador no se percató, entonces por cada litro la empresa pierde 5 dólares, los gastos de transporte y del operador.

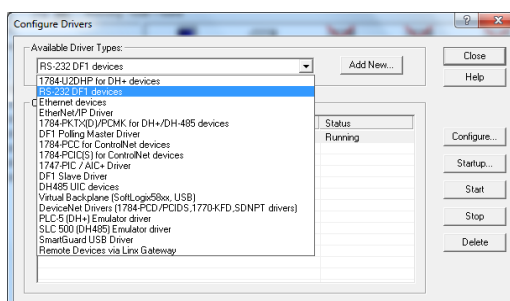
Cuando la temperatura es mayor que 50 ° centígrados el aceite pierde la propiedad física y química, si se envía un aceite con estas características pueden provocar accidente al operario y daños materiales durante el funcionamiento del transformador entonces deben desechar el aceite y cambiarlo por uno nuevo.

Para un transformador de 100KVA de 290 litros de aceite si ocurre un incremento de temperatura mayor a su límite permitido tendría un costo de 1.450 dólares de pérdida que son cifras que no se pueden recuperar, con esta mejora se evitará estas pérdidas innecesarias.

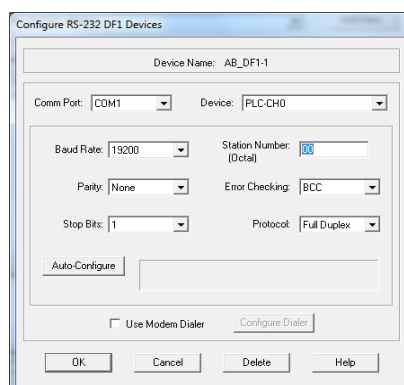
3.3. Protocolo de comunicación

Cuando está hecho la línea de programación RSlogix500 o superior, primero se abre el programa RSlinx classic como se muestra en la figura 3.1(a) seleccionamos configuración y elegimos configurar drivers, aquí seleccionamos el tipo de comunicación que va a realizar, añadimos nuevo y se despliega una ventana donde escribimos el nombre del archivo y aceptamos, en la figura 3.1(b) aquí nos muestra otra ventana donde debemos dar configuración automática y todos los parámetros se cambian y aceptamos. Una vez hecho esto abrimos otra vez el Rslogix500 como se muestra en la figura 3.1(c) y

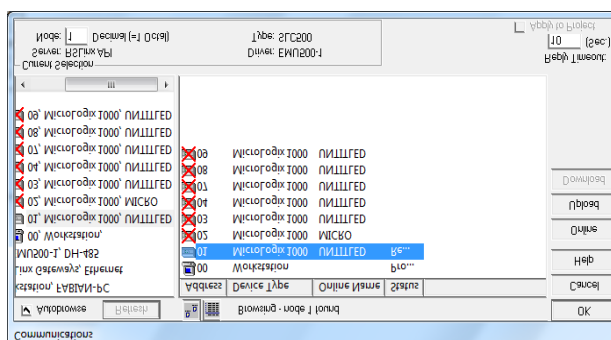
vamos a comms->system comms -> seleccionamos el micrologix que utilizará y cargamos el programa en el PLC.



a



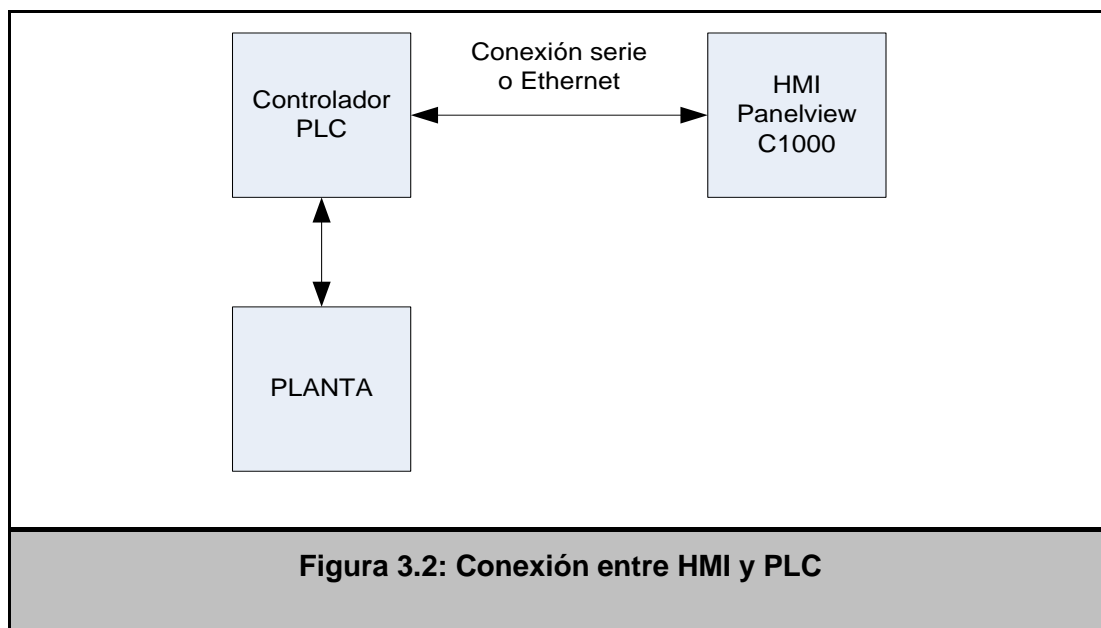
b



c

Figura 3.1: Configuración del PLC para comunicarse al computador.

El protocolo de comunicación sirve para intercambiar información entre distintos dispositivos que están en la red, existen dos comunicaciones serie RS232 y Ethernet entre el dispositivo del PLC y HMI como se muestra en la figura 3.2.



Comunicación RS232 DF1 [4], [5]: Para comenzar la comunicación entre Micrologix 1500 y PanelView se debe seleccionar el tipo de controlador que se va a utilizar, seleccione modo serial como se muestra en la figura 3.3.

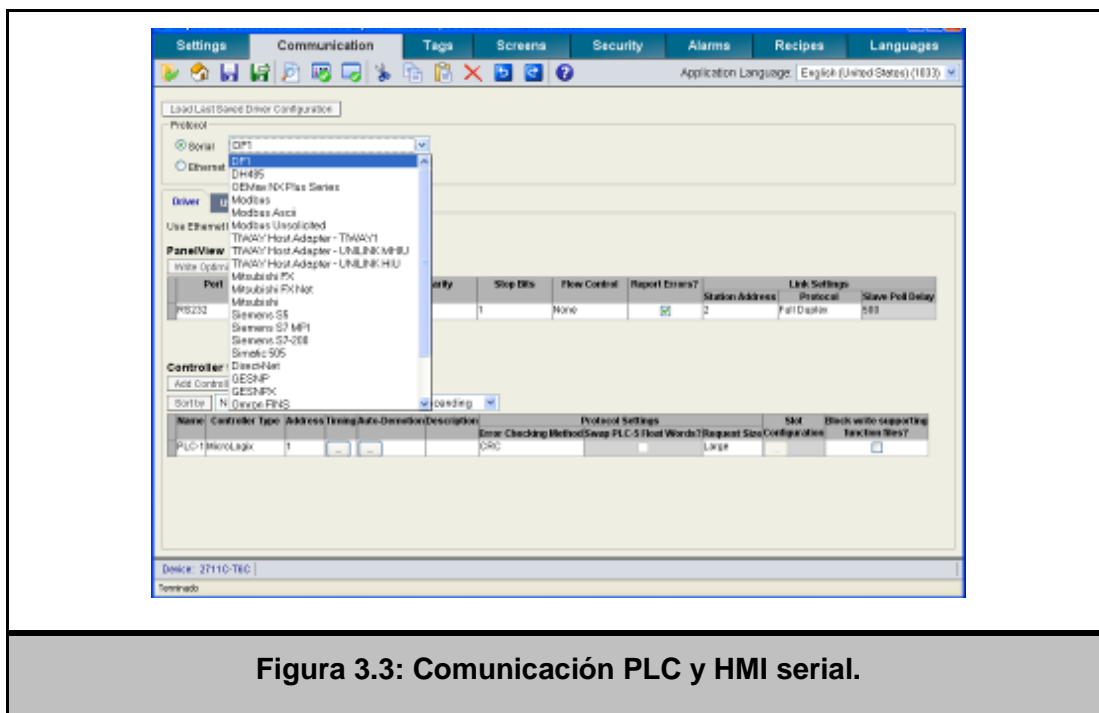


Figura 3.3: Comunicación PLC y HMI serial.

Comunicación por Ethernet [4], [5]: así mismo, seleccionamos comunicación y se despliega la ventana como se muestra en la figura 3.4, se elige el controlador que se va utilizar y la dirección IP.

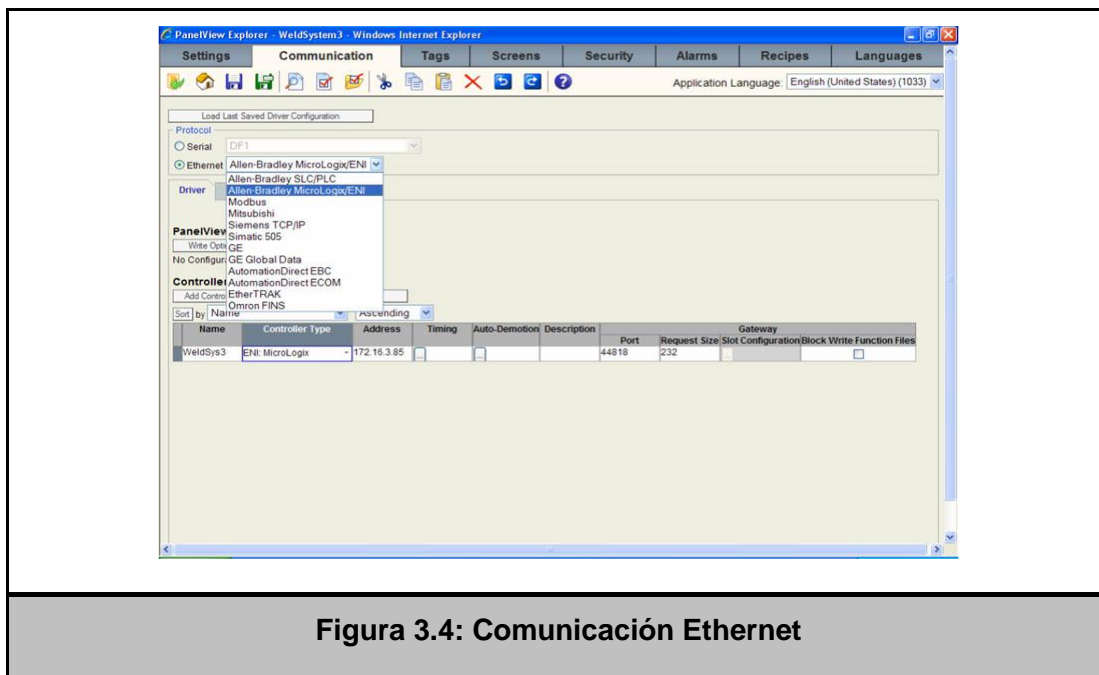


Figura 3.4: Comunicación Ethernet

3.4. Capacidad de almacenamiento del PLC Y HMI.

La capacidad de almacenamiento del PLC puede ser utilizada entre archivo de programa y archivos de datos (máximo de 4kb de palabras).

- Archivo de datos: la palabra equivale a 16 bits de memoria.
- Archivo de programa: una palabra equivale a una instrucción de lógica de escalera de programación.

Para verificar cuanta memoria nos falta debemos ir a propiedades del controlador ahí se puede observar cuanta memoria está ocupada (memory used) y que memoria está disponible (memory left).

El PanelView tiene una capacidad de almacenamiento de 64 MB de memoria y 64 de RAM, también cuenta con una entrada de memoria de micro sd.

3.5. Pantalla de HMI

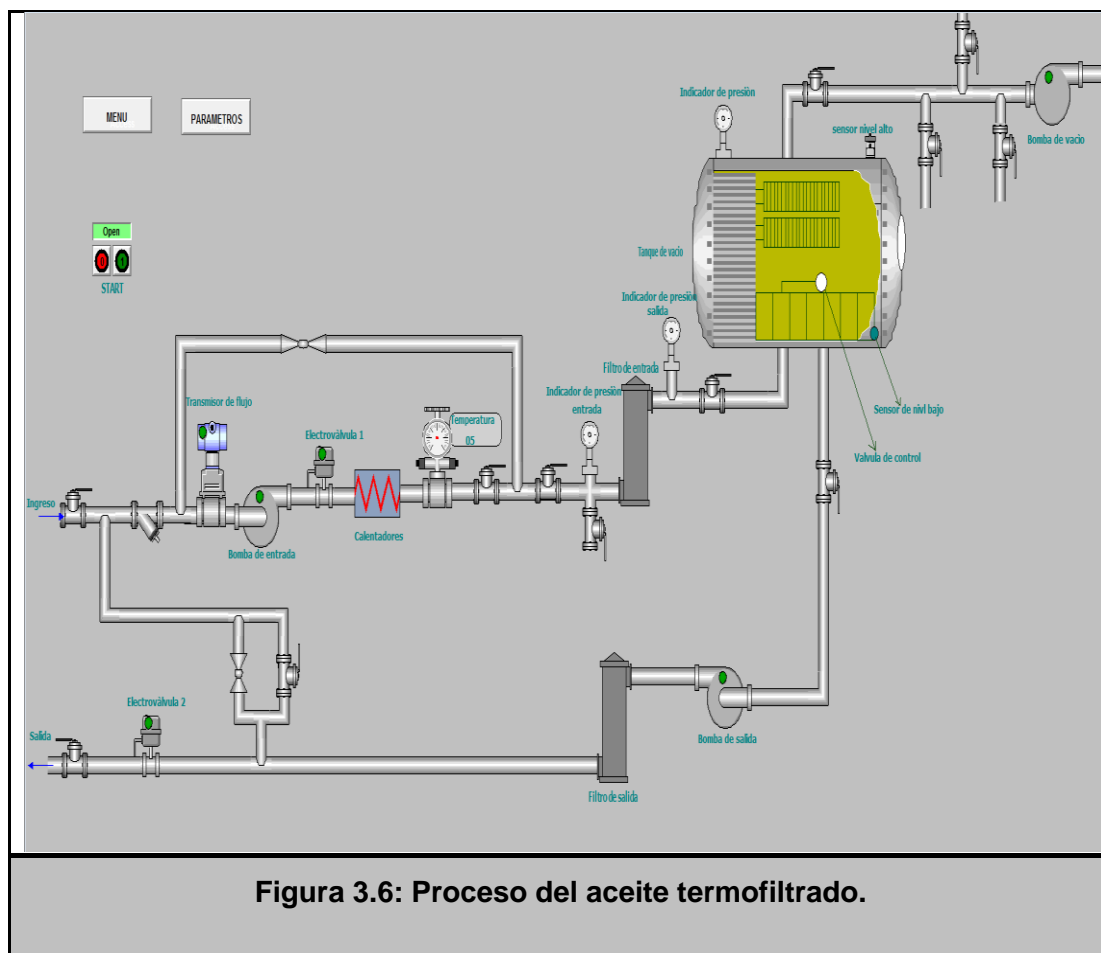
El HMI de PanelView Component: la características técnicas del dispositivo se encuentra en el anexo D y el software donde se realiza el diseño es en DesignStation versión 2.0 o superior, el dispositivo PLC y software no se cuenta a disposición por tal motivo se realizó en el laboratorio que cuenta con el software Intouch, se realizó la imagen de cómo quedaría la interfaz gráfica que el operador podrá visualizar.

En la siguiente figura 3.5 se presenta el menú principal donde el operador podrá escoger dos opción: el primero es de ingresar los parámetros de inicio y el segundo al proceso. También muestra la pantalla de ingresar los datos de temperatura.



Figura 3.5: Menú principal y parámetros

En la figura 3.6 presenta la máquina termofiltrado mejorada en el control de temperatura y de nivel pero se mantuvo los instrumentos actuales para hacer el diseño mejorado.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Al momento de realizar la respectiva inspección del sistema eléctrico de la máquina, se determinó que hay falencia en el proceso, esto es, solo dispone de un control manual de las variables (temperatura, presión, humedad y vacío) e indicadores analógicos a pesar de disponer de un PLC.
2. Para mejorar la máquina se debe incorporar el HMI y la electroválvula. Se utilizará los equipos instalados y el control será ON-OFF debido a que se cuenta con contactores, debido a ello se hizo este control que no están preciso para este tipo de proceso.
3. Se propone el control automático de temperatura para evitar la dependencia del operador, evitando así no tener errores y pérdidas económicas, esto garantiza un ahorro en el aceite en caso de botarlo o agregar uno nuevo.
4. En control de nivel del tanque contiene sensores instalado en el controlador pero en la actualidad no ejercen ninguna función al proceso, se limitan a tener en cuenta la capacidad del tanque, por tal motivo se hizo el control ON – OFF para apagar en encender las bombas de entrada y salida.
5. Como no se cuenta con el PLC y HMI físicamente se hizo en Intouch la imagen de cómo quedaría el diseño final.

Recomendaciones


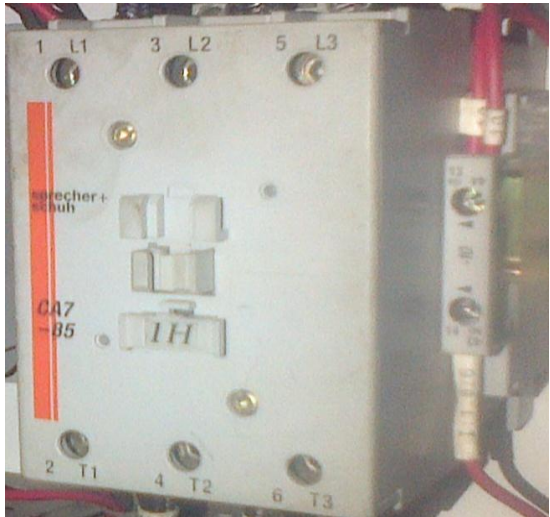
1. Se recomienda hacer un control PID para dar una precisión en el proceso el cual llevaría a cambiar los contactores tanto de los calentadores como de las bombas, por los dispositivos electrónicos tales como TRIAC o SCR.
2. Se propone hacer el control del termovació dentro del tanque y dar recirculación el aceite automáticamente una vez hecho todos los parámetros adecuados y pruebas al aceite y así tener un proceso completamente automatizado.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] IEC Mineral insulating oils in electrical equipment –Supervision and maintenance guidance, Third edition, Octubre del 2005, pp. 44.
- [2] IEEE Guide for Acceptance and Maintenance of Insulating Oil in Equipment, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 8 de Noviembre del 2002, pp. 28 – 29.
- [3] Prof. M^a Jesús de la Fuente, “Sintonía de reguladores PID”, Dpt. Ingeniería de Sistemas y Automática, disponible: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/pids.pdf>
- [4] Manual Controladores programables Micrologix 1500 LSP, Rockwer Automation, Noviembre 2008, pp. 331 – 387.
- [5] Manual PanelBuilder32, Rockwer Automation, Marzo – 2002, pp. 48 – 55.




ANEXO A



	Hoja de datos de equipos e instrumentos								
	Tema:	"REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELÉCTRICOS PARA TRANSFORMADORES"							
	Nombre:	Filtro de salida y entrada	Fecha	07/01/2016					
DESCRIPCIÓN									
<p>Existen dos pre-filtrado una a la salida del calentador y otro se encuentra en la etapa final del proceso, estos filtros sirve para retener partículas sólidas que se encuentren en el aceite. Cada filtro tiene su número de serie y modelo específicos.</p>									
DATOS DE PLACA									
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">Filtro de Salida</td> <td style="width: 33%;">Tag: PI 002</td> <td style="width: 33%;">Marca: ENERVAC</td> </tr> <tr> <td>Modelo: E858-2X-EP-78-1/2A2</td> <td>Serie: 37427C1205</td> <td>Max. Presion: 150 psig</td> </tr> </table>				Filtro de Salida	Tag: PI 002	Marca: ENERVAC	Modelo: E858-2X-EP-78-1/2A2	Serie: 37427C1205	Max. Presion: 150 psig
Filtro de Salida	Tag: PI 002	Marca: ENERVAC							
Modelo: E858-2X-EP-78-1/2A2	Serie: 37427C1205	Max. Presion: 150 psig							
									



Hoja de datos de equipos e instrumentos																
	Tema: "REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELÉCTRICOS PARA TRANSFORMADORES"															
	Nombre: Breaker del Calentador Fecha: 07/01/2016															
DESCRIPCIÓN																
Este equipo sirve para proteger o interrumpir un circuito eléctrico cuando hay un incremento de corriente debido que produjo un corto circuito.																
DATOS DE PLACA																
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Breaker</td> <td>Tag: PI 003</td> <td>Marca: Merlin Gerin</td> </tr> <tr> <td>Ui = 750V Uinp = 8KV</td> <td></td> <td>Ue (V) =</td> </tr> <tr> <td>220/240 380/415 440 500 525 660/690</td> <td></td> <td>Icu (KA) = 85 50</td> </tr> <tr> <td>42 30 22 10</td> <td>Ics = 100% * Icu</td> <td>In = 400A</td> </tr> <tr> <td>f= 50-60Hz</td> <td>IEC/EN 60947-2</td> <td></td> </tr> </table>		Breaker	Tag: PI 003	Marca: Merlin Gerin	Ui = 750V Uinp = 8KV		Ue (V) =	220/240 380/415 440 500 525 660/690		Icu (KA) = 85 50	42 30 22 10	Ics = 100% * Icu	In = 400A	f= 50-60Hz	IEC/EN 60947-2	
Breaker	Tag: PI 003	Marca: Merlin Gerin														
Ui = 750V Uinp = 8KV		Ue (V) =														
220/240 380/415 440 500 525 660/690		Icu (KA) = 85 50														
42 30 22 10	Ics = 100% * Icu	In = 400A														
f= 50-60Hz	IEC/EN 60947-2															
																



Hoja de datos de equipos e instrumentos			
	Tema:	"REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELECTRICOS PARA TRANSFORMADORES"	
	Nombre:	Vacuum indicador	Fecha
07/01/2016			
DESCRIPCIÓN			
Este instrumento de medición sirve para identificar que no exista aire dentro del tanque de vacío, el equipo dispone de medidas en Torr, Pascal y es fácil de cambiar tan solo poniendo la unidad a medir se puede observar en el display y tiene salida relé para comunicarse con el controlador.			
DATOS DE PLACA			
Vacuum Indicator Frecuencia : 50 / 60 Hz	Tag: PI 010 Corriente <1 A	Model: 902015 Presion de 01 a 20 Torr	Voltaje : 110V
			



Hoja de datos de equipos e instrumentos			
	Tema:	"REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELÉCTRICOS PARA TRANSFORMADORES"	
	Nombre:	Bomba de salida	Fecha
			07/01/2016
DESCRIPCIÓN			
La bomba de salida entra a funcionar cuando el proceso dentro del tanque está completo, extrayendo el aceite y depositarlo dentro de transformador o el tanque de almacenamiento.			
DATOS DE PLACA			
Voltaje : 230 / 460 V		Potencia : 2HP	
// Frecuencia : 60 Hz	Corriente : 6.2 / 3.1 A	RPM : 1165	PF : 0,71
Frame : 184T			Polo : 6 Max Amb : 40 grado C
			

Hoja de datos de equipos e instrumentos																											
	Tema:	"REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELÉCTRICOS PARA TRANSFORMADORES"																									
	Nombre:	Bomba de entrada	Fecha																								
07/01/2016																											
DESCRIPCIÓN																											
La bomba de entrada tiene como propósito de extraer el aceite del tanque de almacenamiento o del transformador, su capacidad de bombeo dependerá del talque de vacío, para el caso no detectar la presencia de aceite se apagará.																											
DATOS DE PLACA																											
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>HP(KW) : 2(1,5)</td> <td>2(1,5)</td> <td>2(1,5)</td> <td>Frec(Hz): 60</td> <td>60</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Volt(V) : 208/230</td> <td>460</td> <td>380</td> <td>RPM : 1750</td> <td>1750</td> <td>1425</td> </tr> <tr> <td>Amp(A): 5,94-5,4</td> <td>2,7</td> <td>3,5</td> <td>FP : 0,83</td> <td>0,83</td> <td>0,83</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Frame : 145TC</td> </tr> </table>				HP(KW) : 2(1,5)	2(1,5)	2(1,5)	Frec(Hz): 60	60	50	Volt(V) : 208/230	460	380	RPM : 1750	1750	1425	Amp(A): 5,94-5,4	2,7	3,5	FP : 0,83	0,83	0,83	Frame : 145TC					
HP(KW) : 2(1,5)	2(1,5)	2(1,5)	Frec(Hz): 60	60	50																						
Volt(V) : 208/230	460	380	RPM : 1750	1750	1425																						
Amp(A): 5,94-5,4	2,7	3,5	FP : 0,83	0,83	0,83																						
Frame : 145TC																											
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>																											

Hoja de datos de equipos e instrumentos			
	Tema:	"REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELECTRICOS PARA TRANSFORMADORES"	
	Nombre:	Calentadores	Fecha
07/01/2016			
DESCRIPCIÓN			
<p>Aquí hay seis calentadores que sirva para evaporar el contenido de agua que se encuentra en el aceite y gases no deseado, dependiendo del volumen del aceite no se activarán todos los calentadores.</p>			
DATOS DE PLACA			
Potencia : 16KW Tag: PI 014		Voltaje : 220 V	fase 3 / Delta
			

		Hoja de datos de equipos e instrumentos							
		Tema:	"REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELECTRICOS PARA TRANSFORMADORES"						
Nombre:	Bomba de vacío	Fecha	07/01/2016						
DESCRIPCIÓN									
La Bomba de Vacío tiene como propósito de extraer el vacío del transformador y del tanque.									
DATOS DE PLACA									
HP	: 10	10	10	10	Frec(Hz): 50	60	60	60	
Volt(V)	: 400	208	230	460	RPM	: 1465	1760	1770	1770
Amp(A)	: 14	26	24	12,6	FP	: 0,86	0,89	0,84	0,84
									

Hoja de datos de equipos e instrumentos			
	Tema:	"REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELECTRICOS PARA TRANSFORMADORES"	
	Nombre:	Indicador de temperatura	Fecha
07/01/2016			
DESCRIPCIÓN			
El indicador de temperatura está presente en todo el proceso para observar que no aumente la temperatura.			
DATOS DE PLACA			
Tag: PI 020		Marca: ENERVAC	
RANGO: 0 - 250 °F // -20 - 120 °C			
			

	Hoja de datos de equipos e instrumentos		
	Tema:	"REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELECTRICOS PARA TRANSFORMADORES"	
	Nombre:	Sensor de Humedad	Fecha
DESCRIPCIÓN			
Este sensor esta entre la bomba de entrada y el calentador, el propósito de este sensor es de adquirir datos en ppm (parte por millón) de entrada de cómo está el aceite dieléctrico.			
DATOS DE PLACA			
Sensor de humedad de entrada Modelo Voltaje: 24VDC		Tag: PI 001 Serie: Z1250004 Corriente 100mA	Marca: DOMINO
			

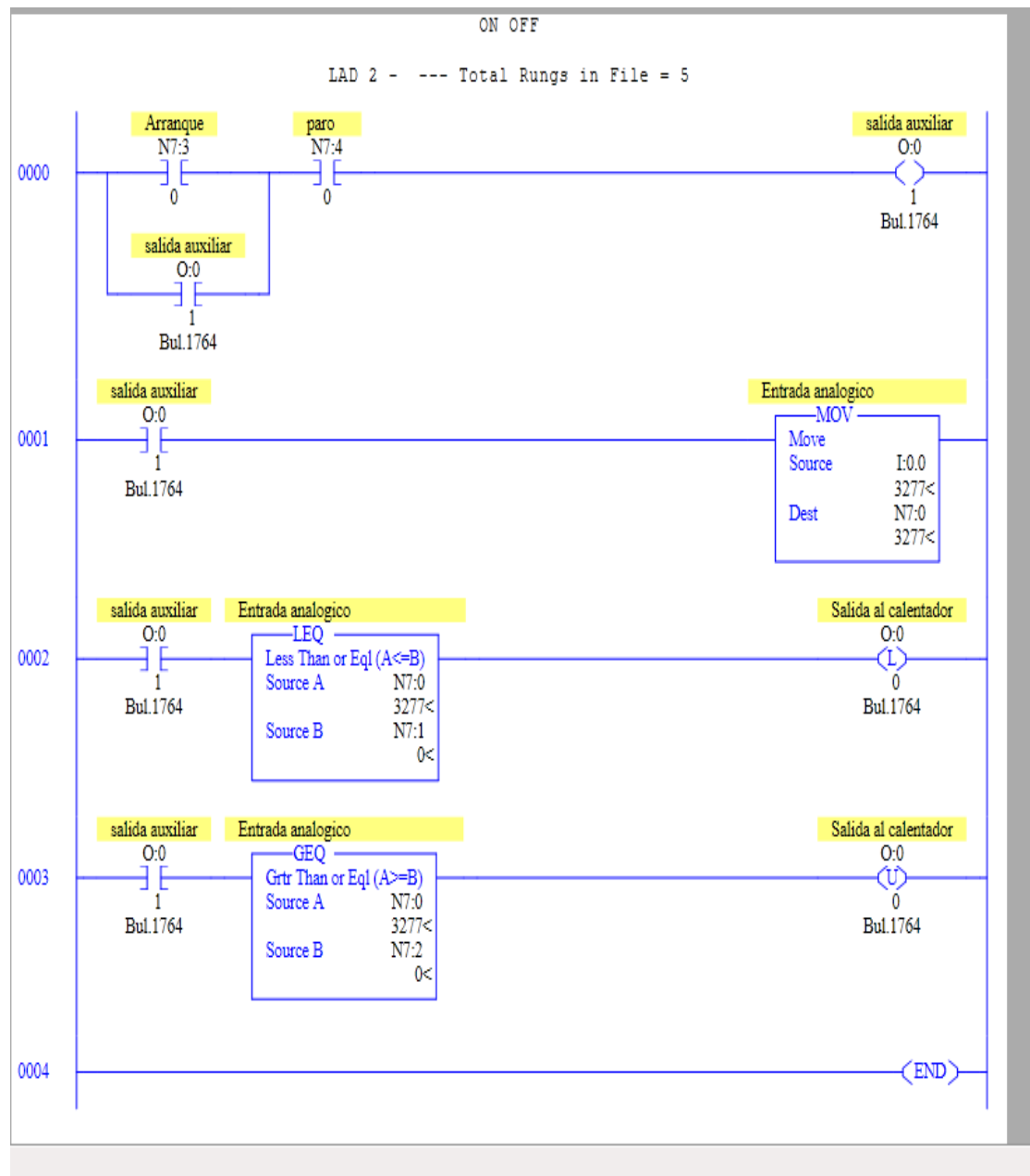
ANEXO B

	Hoja de datos de equipos e instrumentos		
	Tema:	"REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELECTRICOS PARA TRANSFORMADORES"	
	Nombre:	Sensor de nivel	Fecha
DESCRIPCIÓN			
Tiene como propósito de controlado el nivel de aceite para evitar que se pueda sobrepasar y que pueda aumentar la presión dentro del tanque.			
DATOS DE PLACA			
NIVEL ALTO Tag: PI 021 Voltaje de operación 10 ... 30 V DC Tensión de servicio 24 V CC Corriente de operación 100 mA Tensión nominal de aislamiento 75 V DC		Marca: BULLUFF 77 BOS 18KF-PA-1PD-C-02	
			

Hoja de datos de equipos e instrumentos			
	Tema:	"REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELÉCTRICOS PARA TRANSFORMADORES"	
	Nombre:	Sensor de fluido	Fecha
07/01/2016			
DESCRIPCIÓN			
El propósito del sensor de fluido es activar la electroválvula de paso, para nuestro caso la salida tomada seria la salida relé (pulso).			
DATOS DE PLACA			
Burkert Flow SE 35/8035 es un transmisor de fluido		Tag : PI 017	
Marca: BURKERT	Voltaje : 12 - 36 Vdc		
Corriente : 4 - 20 mA / rele (pulso)	Temperatura : 0 - 60°C		
			

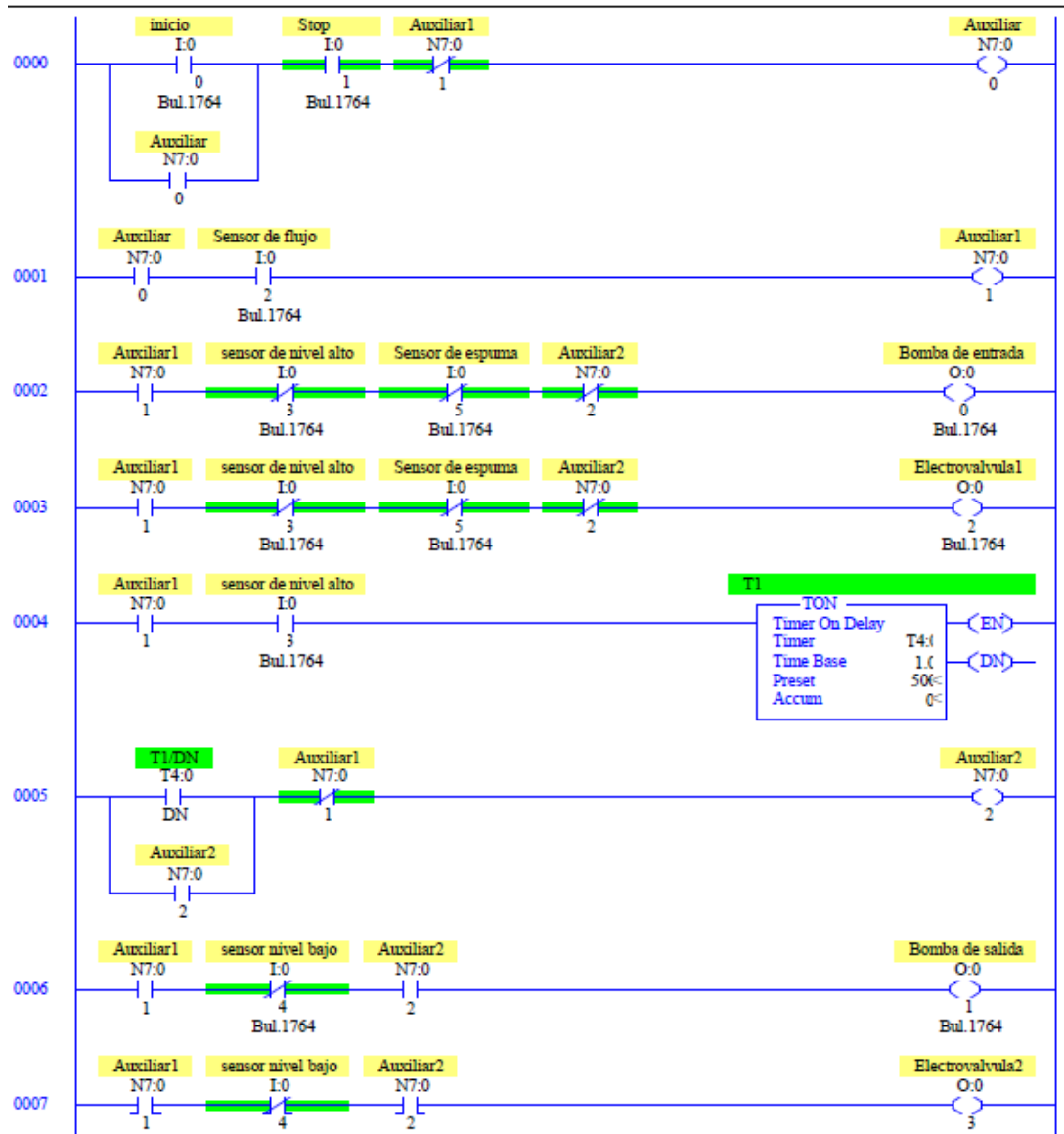
ANEXO C

Control on - off para la temperatura




Rutina de control de nivel

LAD 2 - --- Total Rungs in File = 9



ANEXO D

 Hoja de datos de equipos e instrumentos			
Tema:	"REPOTENCIACIÓN DE LA PLANTA DE TERMOFILTRADO PARA ACEITES DIELECTRICOS PARA TRANSFORMADORES"		
Nombre:	HMI panelview	Fecha	07/01/2016
DESCRIPCIÓN			
Este es un dispositivo de interfaz gráfica entre el operario y la maquina donde se puede visualizar los parámetros de control.			
DATOS DE PLACA			
Voltaje : 18 - 30 Vdc (24Vdc nominal)		Potencia de consumo: 10W max	
Corriente : 0,42A (24Vdc)		Temperatura : 25°C	Pantalla de 10 pulgada
Protocolo de comunicacion DF1: Ethernet y serial RS 232			
