

ESCUELA
POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO - LATACUNGA

Facultad de Ingeniería de Ejecución
en Electromecánica

PROYECTO DE GRADO

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL SISTEMA DE
REFRIGERACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE NAYÓN**

Reina Delgado Hernán Adolfo

Latacunga - Ecuador

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mis padres por la confianza, esfuerzo, aliento y fe que han depositado en este su hijo.

DEDICATORIA

A mi esposa y mi hija por el apoyo incondicional para llevar a cabo y feliz término este proyecto

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto, fue realizado en su totalidad por el Sr. Hernán Adolfo Reina Delgado, Egresado de la facultad de Ingeniería de Ejecución en Electromecánica, con propósito de cumplir los requisitos de ley para obtener título de Ingeniero de Ejecución en Electromecánica.

Cumplimos con la disposición para los fines consiguientes

ING. VICENTE HALLO
DIRECTOR

ING. MARIO JIMÉNEZ
CODIRECTOR

INDICE

CAPÍTULO I

- I.- INTRODUCCIÓN
- 1.- INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II

II.-	ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL	
2.1	ANTECEDENTES	3
2.2	SISTEMA DE REFRIGERACION	4
2.2.1.-	SISTEMA MECANICO DE REFRIGERACION	4
2.2.2.-	SISTEMA ELECTRICO DE REFRIGERACION	6
2.3.-	SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL	8
2.3.1.-	CONTROL DE LAS VALVULAS DE ENFRIAMIENTO Y DISTRIBUCION	8
2.3.2.-	CONTROL DE LA CRIBA LABADORA	9
2.3.3.-	PURGADOR	10
2.3.4.-	MODO DE OPERAR LOS COLADORES DE LAVADO	10
2.3.5.-	MODO DE OPERAR LAS VALVULAS MOTRICES	13
2.3.6.-	OPERACIÓN DEL LADO DE LA TUBERIUA DE CARGA # 1	13
2.3.7.-	OPERACIÓN DEL LADO DE LA TUBERIUA DE CARGA # 2	14
2.3.8.-	OPERACIÓN DEL LADO DE DISTRIBUCION # 1	14
2.3.9.-	OPERACIÓN DEL LADO DE DISTRIBUCION # 2	15
2.3.10.-	CONTROL REMOTO	15
2.3.11.-	OPERACIÓN DE LOS CALENTADORES DE ESPACIO	16
2.4.-	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL	16
2.4.1.-	ESTADO DE LOE EQUIPOS	16
2.4.2.-	FUNCIONAMIENTO	17
2.4.3.-	MANTENIMIENTO	18
2.4.4.-	OPERACIÓN	19
2.4.5.-	CONFIABILIDAD	19
2.4.6.-	COSTO	21

CAPÍTULO III

III.-	ANALISIS TECNICO ECONOMICO	
3.1.-	ANALISIS DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR	23
3.1.1.-	INTRODUCCION	23
3.1.2.-	CARACTERISTICAS DEL NUEVO SISTEMA	25
3.2.-	SELECCIÓN DEL PLC.	27
3.2.1.-	ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA SELECCIÓN DEL PLC.	27
3.2.2.-	DETALLE DEL FORMATO QUE UTILIZA LA EMPRESA ELECTRICA PARA LA BASE DEL CONCURSO	28
3.3.-	DISEÑO DEL TABLERO	31
3.4.-	ANALISIS ECONOMICO	33
3.4.1.-	COSTO DEL PLC Y ACSESORIOS	33
3.4.2.-	GASTOS DE DISEÑO, DOCUMENTACION, E INSTALACION	35
3.4.3.-	GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	35

CAPÍTULO IV

IV.-	PROGRAMACIÓN Y PRUEBAS	
4.1	PROGRAMACION	39
4.2.-	OPERACIÓN MANUAL DE LAS VALVULAS DE ALIMENTACION Y DISTRIBUCION DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO	39
4.3.-	OPERACIÓN AUTOMATICA DE LAS VALVULAS DE ALIMENTACION Y DISTRIBUCION DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO	40
4.4.-	OPERACIÓN MANUAL DE LOS COLADORES	41
4.5.-	OPERACIÓN AUTOMATICA DE LOS COLADORES	42
4.6.-	INSTALACION	43
4.6.1.-	MODELO	43
4.6.2.-	REGLETA DE CONECCIONES DEL PLC.	44
4.6.3.-	CONEXIÓN Y PROTECCIONES DEL PLC.	44
4.6.4.-	SALIDAS DEL PLC.	45
4.7.-	PRUEBAS	46
4.7.1.-	OPERACIÓN MANUAL DE LAS VALVULAS DE DISTRIBUCION Y PRENSAESTOPAS	46

4.7.2.-	OPERACIÓN MANUAL DE COLADORES Y VALVULAS DE DRENAJE	48
4.7.3.-	OPERACIÓN AUTOMÁTICA DE LAS VALVULAS DE DISTRIBUCIÓN Y PRENSAESTOPAS	49
4.7.4.-	OPERACIÓN AUTOMÁTICA DE COLADORES Y VALVULAS DE DRENAJE	50
4.8.-	MANTENIMIENTO	50

CAPÍTULO V

V.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1.-	CONCLUSIONES	51
5.2.-	RECOMENDACIONES	52

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

I.- INTRODUCCIÓN

La EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A. dispone para la generación de energía eléctrica de 5 centrales hidroeléctricas y dos centrales térmicas, entre las hidroeléctricas tenemos: Pasochoa, Los Chillos, Guangopolo, Cumbayá y Nayón, utilizando los causes de los ríos Pita, San Pedro, y Machángara respectivamente, entre las centrales térmicas tenemos Luluncoto y Guangopolo, prestaremos especial atención a la central hidroeléctrica de NAYÓN, la misma que se encuentra ubicada en la parroquia de Nayón al noreste de Quito, esta central

hidroeléctrica dispone de dos unidades de generación, cada una de 15 MW. La central viene funcionando desde 1972 sin mayores problemas en cuanto a su operación y mantenimiento.

La Empresa Eléctrica Quito tiene por política mejorar constantemente el servicio a los usuarios, suministrando energía eléctrica en forma adecuada y confiable, para lo cual se preocupa por mantener sus unidades generadoras en buen estado, pero a pesar del esfuerzo realizado con el tiempo las unidades han bajado su rendimiento en cuanto a la operación y confiabilidad. Y es este el objetivo primordial de este proyecto, iniciar un proceso de automatización de las unidades por medio de un sistema moderno que supera en todo sentido al sistema que opera actualmente, particularmente se escogió esta central hidroeléctrica debido a que por encontrarse alejada de la ciudad los costos por mantenimiento preventivo y/o correctivo son muy elevados, por ejemplo: en lo que tiene que ver con el transporte y horas efectivas de trabajo.

Ya en la central, existen muchos y diversos sistemas que merecen nuestra atención para ser mejorados, especialmente el sistema de control y con mayor énfasis la parte comando del sistema de refrigeración ya que es una parte esencial en la operación y se han producido varios problemas que ocasionaron que la central salga de funcionamiento debido a que este sistema de control forma parte de un sistema electromecánico, el mismo que presenta varios inconvenientes, por ejemplo: por ser un sistema electromecánico se produce desgaste de sus partes y además los repuestos son prácticamente imposibles de conseguirlos porque ya no existen en el mercado.

Este sistema electromecánico controla la temperatura en los cojinetes de la turbina, los generadores, radiadores, prensaestopas y aceite de lubricación de las unidades.

El elemento refrigerante es el agua que a su vez es tomada del túnel de carga luego despresurizada y refrigerada en unos tanques ubicados a 40m de altura de la superficie, cuyo flujo es controlado por válvulas motorizadas, la misma que tiene una considerable cantidad de sedimentos, que antes de ingresar al sistema de refrigeración deben ser filtrados. Esta limpieza se la realiza por medio de dos cribas lavadoras que contienen en su interior filtros para retener los sedimentos, y luego estos serán desalojados con la apertura de otra válvula motorizada hacia el drenaje de la central, el control de la operación de estos filtros y las válvulas motorizadas también serán optimizados.

Otra mejora que se realizará en la central es la instalación de presostatos los cuales eliminarán el problema que se presenta cuando los filtros se deterioran y no cumplen con su función al 100%, para solucionar este inconveniente actualmente se opera el sistema manualmente para aumentar el tiempo de lavado, pero este tiempo no debe exceder un límite ya que de hacerlo la central puede salir de servicio por sobre calentamiento.

Este problema de falta de control sobre la presión del sistema también será eliminado ya que por medio de presostatos la presión que se requiere para que la unidad continúe en servicio no va a bajar del límite permitido.

II.- ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL

2.1.- ANTECEDENTES.

El presente proyecto tiene la finalidad de demostrar que el sistema de la parte comando de refrigeración que actualmente funciona en la Central de Nayón debe ser reemplazado debido a que es obsoleto y complejo.

El sistema de control actual es obsoleto porque la reposición de las piezas que conforman el equipo ya han salido de circulación comercial y las reparaciones que se realizan a las partes afectadas son solo paliativos.

El sistema de control actual es complejo porque el equipo es de tecnología antigua, en caso que se requiera cambiar la lógica de funcionamiento y cableado la modificación demandara de mucho esfuerzo y tiempo al igual que la localización de daños, tiempo que puede ser utilizado de mejor manera, por ejemplo: en la capacitación del personal.

El actual sistema que está operando desde 1972, ha funcionado sin presentar mayores inconvenientes, gracias a un estricto y riguroso programa de mantenimiento, el cual se lo realiza anualmente con una duración de cinco horas.

Además con los datos obtenidos mediante el mantenimiento y comentarios de los técnicos que realizan la operación el sistema presenta una velocidad de respuesta mucho más lenta y deteriorada que cuando el sistema era nuevo.

Su ciclo de funcionamiento automático debe ser vigilado, ya que en ocasiones no cumple con el propósito establecido, por ejemplo:

En el ciclo de filtrado del agua el tiempo de funcionamiento de los coladores es mucho más lento provocando que las protecciones actúen por falta de refrigeración.

A continuación se describe de manera más detallada tanto la parte física como las conexiones y elementos del tablero electromecánico que actualmente opera en la Central

2.2.- SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración de las unidades generadoras consta de dos partes:

1. Mecánica.
2. Eléctrica

2.2.1.- SISTEMA MECÁNICO DE REFRIGERACIÓN

En la figura 2.1, se puede ver la representación esquemática los elementos que componen la parte mecánica el sistema de refrigeración y que a continuación se detallan:

- 2 Válvulas motorizadas para la distribución de agua.
- 2 Válvulas motorizadas para el enfriamiento de prensaestopas.
- 2 Válvulas motorizadas para el drenaje de los filtros.

Además se enfría los cojinetes durante el proceso de generación de electricidad, radiadores, y sumidero de aceite del generador.

- 2 Filtros coladores que se utilizan para la limpieza del agua de refrigeración ya que esta es tomada del cause del río.
- 2 tanques de enfriamiento y despresurización del sistema debido a que el túnel de carga tiene una caída de 100 m y los tanques están ubicados a 40 m de altura con respecto a los filtros coladores.
- 1 Válvula de reducción que es utilizada para dar mantenimiento a los tanques de enfriamiento.

- 2 presostatos a la salida de los coladores para que en un caso de disminución de presión de agua se realice automáticamente el lavado de los filtros.

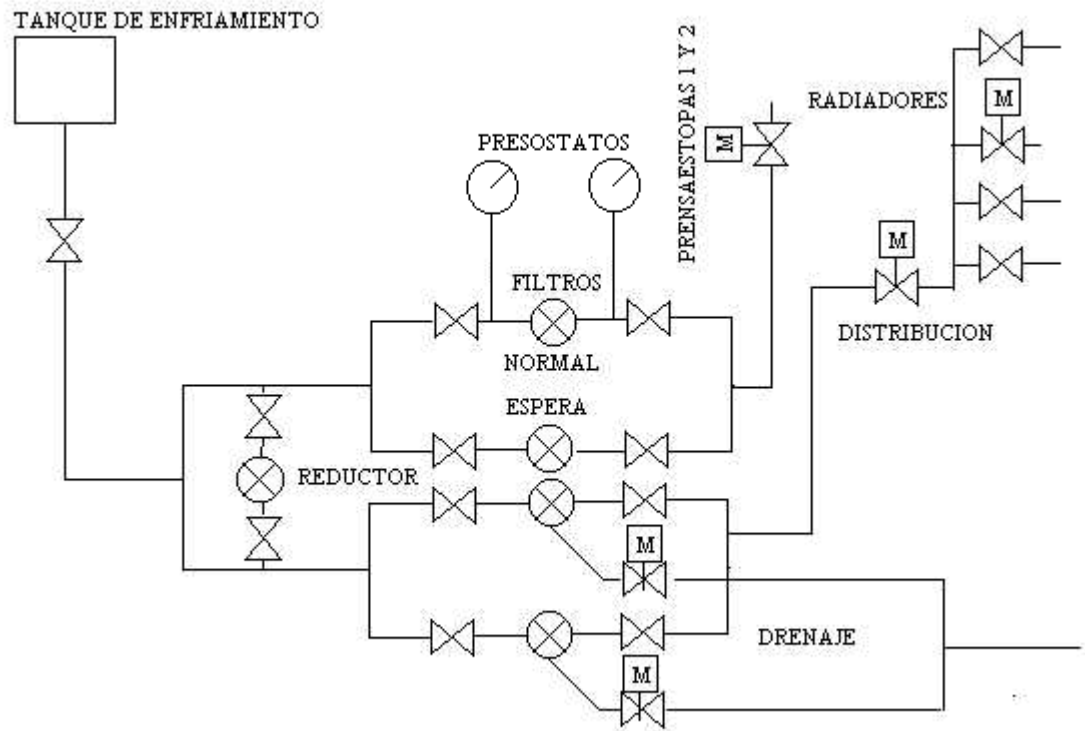


Figura 2.1.- Representación esquemática del sistema de refrigeración parte mecánica.

El diagrama en detalle se muestra en el ANEXO 1.

2.2.2.- SISTEMA ELÉCTRICO.

El sistema eléctrico se divide a su vez en dos partes:

1.- Fuerza.

El sistema eléctrico se encuentra implementado en un gabinete metálico de 1.7m de alto por 0.8m de ancho y 0.4m de profundidad donde se localizan tanto los elementos de control como los de fuerza que a continuación detalla.

Del circuito de fuerza se hace referencia solo sus partes constitutivas ya que no es parte de este proyecto, además no tendrá variación, y este se indica en el ANEXO 2.

- 5 interruptores de cuchillas 3 ϕ 208 V (KS1...KS5).
- Sistema de fusibles de 10 A para cada fase.
- 13 relés de fuerza que se diferencian de los de control ya que su denominación en el diagrama de control antepone el número 88 y cada uno con su respectivo relé térmico.

2.- Control.

Los componentes del circuito de control son los siguientes:

- 2 interruptores de cuchillas 2 ϕ 208 V (KSC y KS6) que son utilizados para el sistema de control.
- 1 fusible de 15 A.
- 49 Relés auxiliares de los cuales 8 no son utilizados ya que han servido como repuestos.
- 3 temporizadores.
- Un transformador cuyo voltaje en el primario es de 208 V y del secundario 100 /120 V utilizado para la iluminación del tablero.
- 2 resistencias que funcionan constantemente para mantener el ambiente seco con el fin de evitar que la alta humedad del medio deteriore las partes, en especial los contactos de los

relés que se pueden oxidar y al momento de ser requeridos no hacer un buen contacto, y por tal motivo la unidad tenga que salir de servicio.

- Se dispone de un tablero electromecánico en cuya parte frontal se encuentran varios elementos que se utilizan para el control del sistema así tenemos:

- 2 amperímetros.

- 5 selectores.

- 20 pulsadores.

- Una sirena que se activa cuando se ha producido un problema de sobre carga.

Esta sección ha pedido del supervisor fiscalizador de la EEQ. no tendrá mayor variación en cuanto a su esquema y operación, ya que el personal que opera la central no ha sido entrenado para el cambio.

Los diagramas de conexión del sistema de control actuales se encuentran en el ANEXO 3.

2.3.- SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL ACTUAL.

2.3.1.- CONTROL DE LAS VÁLVULAS DE ENFRIAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

Esta secuencia se repite al encender y apagar la unidad generadora.

Con el conmutador selector de control remoto (43-3, 43-4, 43-5) puesto a la posición “DISTANCE” en el tablero de control de alimentación de agua, se girará el interruptor de mando principal para la generación hasta más allá de la posición “Válvula Principal”, con lo que se abre la válvula motorizada de alimentación del agua de enfriamiento (CW MV-1 o CW MV-2), siempre que se reúnan todas las condiciones del arranque.

Al abrirse la válvula motorizada de alimentación del agua de enfriamiento (CW MV-1 o CW MV-2). Simultáneamente se abre también la válvula motorizada de alimentación del agua de enfriamiento correspondiente al lado de distribución (WS MV-2). Con ello, el agua de enfriamiento se suministra hacia los cojinetes de empuje y de guía superior, el enfriador de aire, el cojinete de guía inferior, los cojinetes de turbina, las prensaestopas y el sumidero de aceite.

El agua de enfriamiento, se evacua al canal de descarga, con excepción del agua de escape del lado de cilindro del generador, que se descarga al foso de desagüe de la Central.

El caudal del agua de enfriamiento que circula por las diferentes partes es indicado por los respectivos relés de caudal (69W), a la vez que provoca el cierre de los contactos incorporados en el relé de caudal (69W), preparándose las condiciones de arranque de la turbina.

Después de la parada de la turbina y transcurrido un determinado tiempo, se cierran las válvulas motorizadas de

alimentación del agua de enfriamiento (CW MV-1, CW MV-2 y WS MV-1, WS MV-2), por lo que se corta la alimentación del agua de enfriamiento a las respectivas partes

2.3.2.- CONTROL DE LA CRIBA LAVADORA

Para el filtrado del agua de enfriamiento, se dispone de dos cribas lavadoras para su uso con la alimentación del agua de enfriamiento de los dos grupos.

Con el conmutador de cambio automático de la criba lavadora (43-1, 43-2) puesto a la posición AUTOMÁTICO en el tablero de control de alimentación de agua, al oprimirse el botón de operación automática, entra en operación el motor de impulsión de la criba lavadora y se quitan raspando los desperdicios acumulados en la criba lavadora. Transcurrido un determinado tiempo después del arranque del motor, se abre la válvula motorizada de desagüe (STR MV-1, STR MV-2) para evacuar los desperdicios.

Al cumplirse un determinado tiempo a partir del momento de inicio de la limpieza de la criba lavadora, se detiene el motor de impulsión de la criba lavadora así como también se cierra la válvula motorizada (STR MV-1, STR MV-2), con lo que se termina la limpieza de la criba lavadora. Si estando en servicio la criba lavadora se efectuara la limpieza de la misma, puede disminuir el caudal hacia los equipos, dando lugar a la operación del relé de flotador. En tal caso, se deberá reducir el tiempo de apertura de la válvula motorizada correspondiente (STR MV-1 o STR MV-2).

Es necesario aplicarle la grasa oportunamente. En caso de que haya disminuido el caudal hacia los equipos, se deberá revisar el

elemento de la criba lavadora. Si se encuentra desgastada la escobilla interior del elemento, ésta deberá ser sustituida por una nueva.

2.3.3.- PURGADOR

En caso de que haya disminuido el caudal hacia los equipos o cuando haya transcurrido el período de tiempo predeterminado, se procederá a revisar y limpiar el elemento interior del purgador.

2.3.4.- MODO OPERAR LOS COLADORES DE LAVADO

1.- Operación Manual:

Confírmese la fuente de energía con la lámpara piloto (WL). Si ésta ilumina hay suministro de energía.

- Círrense los interruptores de cuchilla (KS1, KS2, KS3 y KSC).
- Póngase en MANUAL el interruptor selector (43 -1).
- Póngase el interruptor selector (43-2) en la posición del colador de lavado que ha de ser operado. Con esto la preparación de la operación está acabada.
- Al ser presionado el pulsador BS1, arranca el colador de lavado que ha de ser operado.
- Después de haber operado el colador de lavado durante unos tres minutos, párese el mismo presionando el pulsador BSS1.

- A continuación, presiones el pulsador BS3 y ábrase por completo la válvula motriz para el drenaje de los sedimentos.
- Después de mantener abierta en un 100 % la válvula motriz durante unos treinta segundos, presiónese el pulsador BSS3 y ciérrase por completo dicha válvula motriz.
- En caso de que la válvula motriz no efectuase una parada de emergencia debido a algún percance, presiónese el pulsador BSS3 y así se parará la válvula.¹

2.- Operación Automática.

Confírmese la fuente de energía con la lámpara piloto (WL). Si ésta se ilumina, hay suministro de energía.

- Ciérrense los interruptores de cuchilla (KS1, KS2, KS3 y KSC).
- Póngase el interruptor selector (43-1) en AUTO.
- Escójase el adecuado colador de lavado con el interruptor selector (32-2)
- Ajustese el relé de tiempo de la forma siguiente:

¹ En las operaciones normales, la válvula motriz de los dos coladores de lavado debe estar completamente cerrada. Los interruptores de cuchilla (KS1, KS2 y KSC) siempre deben ser mantenidos cerrados.

En el caso de que estuvieren en operación los relés térmicos (49 ST1X y 49ST2X), se iluminará la lámpara piloto OL2, y en el caso de que se trabajaren los relés térmicos para la válvula motriz (49MV1X y 49MV2X), se encenderá la lámpara piloto OL1. Además, en el caso de trabajar los relés térmicos para la válvula motriz, sonará también la campana. Así, presiónese el pulsador BSRE y recompóngase la unidad. Entonces, inspecciónense los coladores de lavado y la válvula motriz y efectúese las reparaciones necesarias.

Z-T1.....2'30"; Z-T2.....30"; Z-T3.....1'.

- Con esto, las preparaciones de la operación están completas.

Al ser presionado el pulsador BS2, empieza a funcionar el colador de lavado que ha de ser operado.

Pasados 2'30" desde el tiempo de arranque, se abre la válvula motriz para el drenaje de los sedimentos.

30" después, de ello, para el colador de lavado.

Y 30" después, se cierra por completo la válvula motriz, completándose con ello un proceso.

Si, durante la operación automática, el aparato no se parare aun en el caso de una avería, él se parará al ser presionado el pulsador BSS2.

2.3.5.- MODO DE OPERAR LAS VÁLVULAS MOTRICES

1.- Operación en el sitio:

Confírmese la fuente de energía con la lámpara piloto (WL), pues esta indica que hay suministro de energía.

- Ciérrense los interruptores de cuchilla (KS1, KS4, KS5 y KSC).
- Pónganse en LOCAL los interruptores selectores (43-3, 43-4 y 43-5).

- Con esto, se han terminado los preparativos para la operación.

2.3.6.- OPERACIÓN DEL LADO DE LA TUBERÍA DE CARGA NO.1:

- Al ser presionado el pulsador BS10L, comienza a abrirse la válvula motriz del lado de la Tubería de Carga No.1.
- Cuando dicha válvula se abre por completo, el dispositivo se para.
- Al ser presionado el pulsador BS11L, comienza a cerrarse la válvula motriz del lado de la tubería de Carga No.1.
- Cuando esta válvula llega a cerrarse por completo, se para el dispositivo.
- Si durante la acción de la válvula motriz, llegare a ser necesaria una parada de emergencia, presiónese el pulsador BSS9L, y así se parará la válvula motriz.

2.3.7.- OPERACIÓN DEL LADO DE LA TUBERÍA DE CARGA NO.2:

- Cuando se presiona el pulsador BS13L, comienza a abrirse la válvula motriz del lado de la Tubería de Carga No.2; y el dispositivo se para cuando dicha válvula está completamente abierta.
- Al ser presionado el pulsador BS14L, empieza a cerrarse la válvula motriz del Lado de la Tubería de Carga No.2, parándose el dispositivo cuando dicha válvula llega a cerrarse por completo.

- Si, durante la operación de la válvula motriz, se requiere una parada en caso de emergencia, presiónese el pulsador KSS12L, con lo que se parará la válvula motriz.

2.3.8.- OPERACIÓN DEL LADO DE DISTRIBUCIÓN NO.1:

- Al ser presionado el pulsador BS5L, empieza a abrirse la válvula motriz del lado de distribución No.1; y se para el dispositivo cuando la misma está completamente abierta.
- Al ser presionado el pulsador BS6L, la válvula motriz del Lado de distribución No.1 comienza a cerrarse; y el dispositivo se parará cuando dicha válvula estuviere cerrada por completo.
- Cuando fuere necesaria una parada de emergencia durante la operación de la válvula motriz, presiónese el pulsador, KSS5L, con lo que la misma válvula motriz se parará.

2.3.9.- OPERACIÓN DEL LADO DE DISTRIBUCIÓN NO.2

- Cuando es presionado el pulsador BS7L, empieza a abrirse la válvula motriz del Lado de Distribución No.2; y el dispositivo se parará cuando dicha válvula estuviere completamente abierta.
- Al ser presionado el pulsador BS8L, la válvula motriz del Lado de Distribución No.2 comienza a cerrarse; parándose el dispositivo cuando la misma válvula estuviere cerrada por completo.

- Cuando llegare a ser necesaria una parada de emergencia durante la operación de la válvula motriz se parará.

2.3.10.- CONTROL REMOTO:

Confírmese la fuente de energía por medio de la lámpara piloto (WL), pues esta indica que hay suministro.

- Ciérranse los interruptores de cuchilla (KS1, KS4, KS5 y KSC).
- Póngase en DISTANCIA los interruptores selectores (43-3, 43-4 y 43-5).

Las válvulas motrices se abrirán y cerrarán de acuerdo con las operaciones emanadas del tablero de control. ²

2.3.11.- OPERACIÓN DE LOS CALENTADORES DE ESPACIO

- Ciérrese KS1 (2F., 15A)
- Ciérrese SS.
- El calentador de espacio debe ser usado según lo requieran las circunstancias.

2.4.- DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL

² En el caso de que trabajaren los relés térmicos (49MV3X, 49MV4X, 49MV5X y 49MV6X), se iluminará la lámpara piloto OL1 y sonará la campana; así, presiónese el pulsador BSRE y recompóngase el equipo. Inspecciónense las válvulas motrices y efectúense las necesarias reparaciones. Manténgase siempre cerrados los interruptores de cuchilla (KS1, KS4, KS5 y KSC).

2.4.1.- ESTADO DE LOS EQUIPOS.

Para obtener el estado de los equipos se ha evaluado independientemente la parte eléctrica de la parte mecánica, obteniendo como resultado:

Parte eléctrica: los fusibles se encuentran en buen estado, los relés auxiliares consumen 0.3 A. este valor está dentro de los parámetros requeridos para el normal funcionamiento.

Parte mecánica: esta parte se encuentra en buen estado debido a un estricto mantenimiento y al funcionamiento de la resistencia que seca el ambiente húmedo.

Se puede acotar que es mas frecuente que la unidad salga de servicio porque los elementos que conforman el sistema de control han funcionando durante 30 años y ya cumplieron con su vida útil.

2.4.2.- FUNCIONAMIENTO

El sistema de refrigeración funciona sin ningún contra tiempo ya que todas las partes que intervienen en el funcionamiento de la unidad y que además sufren un excesivo calentamiento que puede ser producido por fricción como prensaestopas, cojinetes de la turbina y generadores o como en el caso del aceite para la lubricación han sido tomados en cuenta para su respectiva refrigeración por consiguiente el recalentamiento esta bajo control, la unidad generadora no se recalienta, pero para el normal funcionamiento del sistema de refrigeración es necesario que este en buen estado el sistema de control, lo cual actualmente se consigue con un riguroso plan de mantenimiento ya que los

inconvenientes por desperfectos mecánicos disminuyen la fiabilidad del sistema de refrigeración que en cualquier momento puede fallar por un desperfecto en los relés que tienen accionamiento mecánico, la falla se puede producir por diferentes motivos, ya sea por fatiga de sus elementos o porque alguno de sus contactos está sucio ocasionando pérdidas tanto de tiempo como de dinero.

2.4.3.- MANTENIMIENTO

Como anteriormente se anotó existen 41 relés auxiliares y 8 de repuesto los mismos que ya han sido reemplazados en su totalidad, con su respectivo cableado el cual a pesar de estar debidamente identificado en algunos casos las marcas son prácticamente ilegibles, en caso de presentarse una avería por muy pequeña y leve que esta sea el tiempo que toma en localizar el daño es excesivo (mínimo dos horas) y con las adicionales dificultades que esto presenta por ejemplo: el grupo de mantenimiento no es personal de planta en la central y tiene que ser movilizadado desde la ciudad de Quito hasta las instalaciones de la Central de Nayón con una pérdida de tiempo de dos horas, a esto se suma el inconveniente de que si el daño se presenta en días no laborables la reparación se la realizará recién al primer día laborable, tomando en cuenta que no solo es tiempo perdido para la central sino también para las demás centrales por motivo de que se verá suspendido el programa de mantenimiento en la Empresa Eléctrica.

Adicional al problema anterior es que, debido a que la central no dispone de un reservorio la situación se complica aún más, ya que el tiempo que se tarda en reparar el desperfecto, el agua no

puede ser almacenada o represada por el contrario será enviada a su cause normal sin generar energía eléctrica, este problema se agudiza si se el daño se produjera en la época de verano ya que cada metro cúbico de agua es valioso para la generación de energía.

2.4.4.- OPERACIÓN

Cuando hay un desgaste de los filtros la operación automática es ineficiente puesto que los filtros no se limpian completamente y el funcionamiento de los mismos ya no está en su capacidad máxima, teniendo que recurrir al funcionamiento manual el cual nos obliga a tener un control minucioso para evitar que la unidad se apague por un sobrecalentamiento.

El personal que opera la central tiene una leve información técnica la misma que no es suficiente en caso de requerirse la localización y reparación de un desperfecto ya sea mecánico o eléctrico, especialmente en el área eléctrica.

2.4.5.- CONFIABILIDAD

A pesar de que este sistema continua sirviendo de una manera regular la EEQ como política prefiere adelantarse a los hechos ya que por experiencia propia llega un momento en que el sistema electromecánico colapsa y pese a realizar un estricto mantenimiento no se logrará por lo menos la regularidad de funcionamiento con la que actualmente opera, es muy difícil reemplazar una parte averiada, debido a que las partes de este sistema han salido del

mercado, las partes que con el tiempo cada vez presentan mayores problemas, el sistema ya no es confiable y además es muy complejo, y se dificulta en gran manera la localización de fallas y por ende el tiempo que la maquina debe permanecer parada por localización y reparación de averías.

Adicionalmente disponemos de otra ventaja significativa que para mejorar el control sobre la presión del sistema de refrigeración no se requiere mas que instalar los presostatos y sus señales a la entradas previamente codificadas en el PLC, el cableado es simple y se no requerirá alterar en gran forma el programa, basta con añadir un contacto normalmente cerrado al circuito de funcionamiento de las válvulas de drenaje.

A continuación en la figura 2.2 detallamos de manera más explícita por medio de un diagrama la ubicación y función de los presostatos.

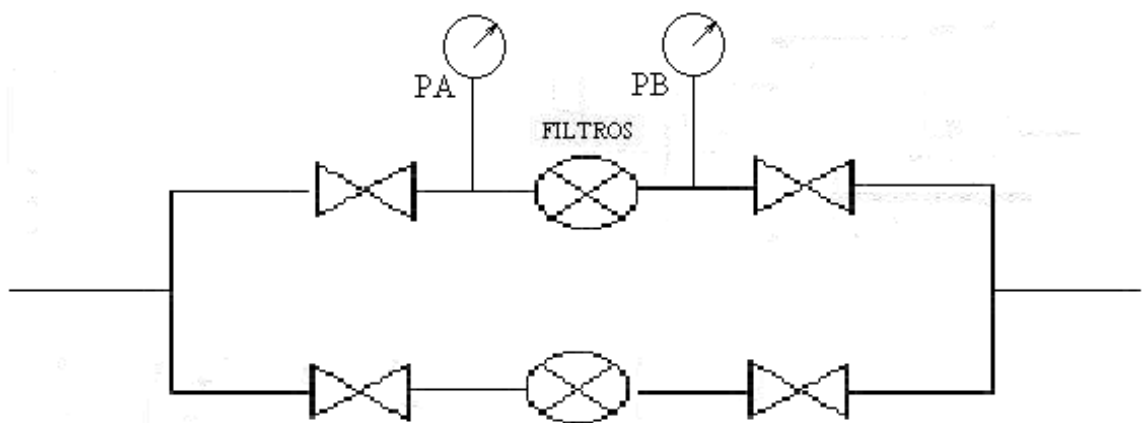


Figura 2.2.- diagrama de ubicación y función de los presostatos.

Es decir la presión en el punto A (PA), tiene que ser igual a la presión en el punto B (PB) tolerando hasta un 5% menos de la presión nominal que es 40 m de columna de agua.

2.4.6.- COSTO.

Todos los inconvenientes anotados anteriormente generan un costo ya sea de mano de obra o por que la unidad no opere por mal funcionamiento, además el sistema de control electromecánico demanda una mayor cantidad de energía para su operación por ejemplo cada relé auxiliar requiere de 0.3 A para su funcionamiento y en algunos casos funcionan de manera constante.

Estos costos en que se incurre actualmente serán analizados más detalladamente en el capítulo siguiente en el cual se hará una comparación entre lo que cuesta la instalación, operación, y mantenimiento de los dos sistemas de control, y así quedará plenamente demostrado uno de los objetivos del presente proyecto, reducir costos.

Como se mencionó anteriormente el sistema de alimentación de agua es requerido para la refrigeración de los cojinetes durante el proceso de generación de electricidad así como también para el enfriador de aire (radiadores), prensaestopas y sumidero de aceite del generador.

En lo referente a la secuencia de operación no va a existir mayores cambios ya que será utilizada la misma lógica de relés y convertido a la nueva nomenclatura que utiliza el PLC para facilitar la operación.

El nuevo sistema a implementar consiste en remplazar la parte del control del sistema de refrigeración por un P.L.C., (programador lógico controlado) en el cual como lo dice su nombre se programan una serie de instrucciones que internamente cumplen un ciclo repetidamente, que a diferencia del sistema actual cumple una serie de instrucciones simultaneas. Pero en el primer caso se realiza un ciclo en unos cuantos milisegundos.

III ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

3.1.- ANÁLISIS DEL SISTEMA A IMPLEMENTAR

3.1.1.- INTRODUCCIÓN

Una alternativa válida para la automatización de procesos son los circuitos basados en Transistores, si bien es cierto poseen las mismas ventajas que los de estado sólido ya que son seguros, confiables, pequeños, rápidos y baratos pero al igual que en el caso anterior es difícil su modificación o evolución para lo cual debe hacerse un cambio del cableado o del circuito mismo.

Hoy día se ha popularizado un enfoque fundamentalmente distinto para la construcción de sistemas lógicos industriales.

En este nuevo enfoque, la toma de decisiones del sistema se lleva a cabo por instrucciones codificadas las cuales están almacenadas en un circuito de memoria y ejecutadas por un microprocesador. Ahora, si se requiere modificar el sistema de control, basta con cambiar las instrucciones codificadas estos cambios se llevan a cabo rápidamente por medio de un teclado. A este nuevo enfoque se le nombra a veces como automatización flexible.

Cuando se usa este enfoque flexible, la secuencia completa de instrucciones codificadas que controla el desempeño del sistema se

llama programa. Por tanto, nos referimos a tales sistemas como sistemas programables. Si todos los componentes de control necesarios son ensamblados y vendidos como una unidad completa, que es la práctica común, la unidad completa es conocida como controlador lógico programable, P.L.C.

Los PLC's aparecieron en los Estados Unidos hacia 1.969, respondiendo a los deseos de los industriales del automóvil de desarrollar cadenas de automatización, que pudieran seguir la evolución de las técnicas y los modelos fabricados. El PLC sustituyó así los armarios de Relés a causa de la flexibilidad. (puesta en acción y evolución), pero también porque los automatismos de mando complejo cuyos costes de cableado y puesta a punto eran elevados.

El pliego de condiciones de estas máquinas, comprendía también especificaciones de utilización en un medio industrial perturbado, sobre la simplicidad de su manejo por el personal y naturalmente sobre el coste del desarrollo de los automatismos.

La Lógica Programable reemplaza el tratamiento instantáneo global de un automatismo cableado por un tratamiento escalonado en el tiempo y selectivo, es decir que las funciones se realizan unas después de las otras, esto puede parecer un método muy lento, pero hay que recordar que la velocidad del tratamiento es tal que permite realizar miles de instrucciones en unos pocos milisegundos.

Un autómatas programable industrial es una máquina electrónica programada por personal no informático y designada a gobernar automatismos secuenciales y combinatorios en ambiente industrial y tiempo real.

El PLC es un sistema automático de control industrial basado en un microprocesador o un microcontrolador, se diferencia de otros sistemas de control industrial por sus especiales características.

3.1.2.- CARACTERÍSTICAS DEL NUEVO SISTEMA.

- Fácil
- Rápido.
- Alto grado de precisión y confiabilidad
- Mantenimiento económico
- Comunicación hombre – maquina y con otros equipos PCS
- Monitoreo
- Reportes
- Autodiagnóstico
- Simulación no a pie de maquina
- Automatización con elementos de censado
- Programación relativamente sencilla
- Adquisición de datos

En el capítulo anterior se describieron los inconvenientes que presentaba el control electromecánico comandado por relés, ahora frente a esos inconvenientes se describe las soluciones a dichos problemas y con algunas variantes adicionales que nos permitirán un mejor desempeño tanto en la operación y control del sistema de refrigeración.

- ✓ Reemplaza a buena parte de los aparatos electromecánicos en los circuitos de mando o control, tales como relés,

temporizadores, registradores, programadoras de levas, etc. Eliminado así el complejo cableado entre estos elementos.

- ✓ Permite realizar cambios o modificaciones substanciales en la lógica de funcionamiento del sistema sin necesidad de modificar el cableado del circuito, mediante simple programación.

- ✓ Es de muy bajo consumo de energía de fácil, rápido y económico mantenimiento, y de muy alto grado de precisión y confiabilidad.

- ✓ Con la especificación de estos ítems podemos darnos cuenta que los principales inconvenientes que presentaba el mando por relés electromecánicos han sido salvados, además como se dijo anteriormente existen varias ventajas adicionales que se describen a continuación.

- ✓ Su programación es relativamente sencilla, utilizando lenguajes especializados para comunicación hombre – máquina y filosofía parecida a la de los relés.

- ✓ Se adapta fácilmente a cualquier proceso de control en los más diversos campos de la industria.

- ✓ La capacidad de comunicarse con otros equipos, especialmente con PCS le otorga ventajas adicionales a sus sistemas de monitoreo, reportes, autodiagnósticos y adquisición de datos, lo cual facilita la localización de averías y por tanto el mantenimiento del proceso.

- ✓ Posibilidad de adaptar directamente los elementos del proceso a las entradas – salidas del autómata.
- ✓ Posibilidad de simulación del proceso para la puesta en marcha del mismo sin necesidad de que sea a pie de la máquina.

3.2.- SELECCIÓN DEL P.L.C.

3.2.1.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA SELECCIÓN DE UN P.L.C.

Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Número de entradas y salidas

La cantidad de entradas y salidas es tomada en base al sistema de control electromecánico.

- Numero máximo de entradas y salidas analógicas.

Para nuestro caso no se usan.

- Tipo y tamaño de la memoria

El tamaño de la memoria está directamente relacionado con la configuración de entradas y salidas del sistema.

El tipo de memoria es normalmente volátil, resguardada por una pila de litio de larga duración. Pero se prefiere un resguardo en memorias tipo EEPROM.

Otras consideraciones importantes para la selección son:

- Tamaño.

- Compatibilidad de programación.
- Para mayor facilidad se prefiere IBM compatible 100%.

- Tiempo máximo de lectura de un ciclo.

- Resistencia a la humedad.
Este factor es importante ya que se midió la humedad máxima del sitio donde se va montar el PLC. dándonos un valor del 60%.

- Temperatura de operación.
Al igual que en el caso anterior la temperatura máxima en el sitio es de 20° C

3.2.2.- DETALLE DEL FORMATO QUE UTILIZA LA EEQ. PARA LA BASE DEL CONCURSO

SOLICITUD A BODEGA

EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.

PARA
COMPRA

PARA
EGRESO

FECHA		
DIA	MES	AÑO
20	10	2001

Unidad solicitante: CENTRAL HIDROELÉCTRICA NAYON.

Código Usuario:

Para usarse en: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA LA REFRIGERACIÓN DE LAS UNIDADES GENERADORAS.

No	COD.	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD SOLICITADA
1		CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE P.L.C.	un	1
		Número de entradas y salidas mínimo: 85		
		Capacidad de memoria: 7.2 Kb.		
		Temperatura de operación: 0 a 55° C		
		Rango de humedad: 10 a 80 %		
2		FUENTE PARA P.L.C.	un	1
		100 a 240 VAC 50/60 Hz.		
		120 VA		
		Salida 24 VDC o 240 VAC,		
3		Modulo 16 entradas digitales. 240 VAC	un	3
		Modulo 8 entradas digitales 240 VAC	un	1
4		Modulo 16 salidas a relé	un	3
5		Chasis de 13 ranuras	un	1
6		Cable internase para comunicación: P.L.C. – P.C.	un	1
7		PULSADORES ϕ 30 mm	un	30
8		LUZ PILOTO ϕ 30 mm	un	20
9		RIEL DIN	m	2
10		BORNERAS 2.5 mm ² 18 AWG 800 V	m	100
11		CABLE # 18 FLEXIBLE	un	200
12		PRESOSTATOS 7 bar	un	2

En base a estos datos la EEQ llama a concurso a las diferentes casas comercializadoras con el fin de que envíen una proforma especificando los ítems y el valor de cada uno de ellos, luego con los datos que se obtenga de

las proformas se realizara un estudio tanto técnico como económico con el fin de elegir la mejor alternativa.

Tres fueron las marcas que calificaron al concurso y son ALLEN BRADLEY, MITSUBISHI, OMRON, la selección esta enfocada hacia el P.L.C. debido a que es la parte medular del proyecto el resto de ítems son los accesorios que nos permitirán la interconexión, y no serán analizados con detalle ya que solo se tendrá en cuenta el precio y su procedencia.

En el ANEXO 4 se encuentra la tabla comparativa.

De las propuestas antes descritas todas cumplen con los requerimientos presentados en el concurso, con respecto a la parte técnica se tomo como primer lugar a MITSUBISHI, por ser compacto, el número de entradas/salidas es predeterminado y por tal motivo sobrepasa los requerimientos en 24 puntos lo que puede ser utilizado en caso de requerirse una modificación, de hecho esta previsto la automatización del sistema de drenaje lo que para los otros casos deberá ser adquirido por lo menos 1 módulo de entradas y salidas respectivamente, además tiene memoria EEPROM incluida en los otros casos es opcional, y deberá ser adquirida por separado, al ser un solo bloque ocupa menos espacio.

Otro factor importante a tener en cuenta es la humedad ya que en el medio donde va a ser colocado el P.L.C. la humedad relativa es considerable, y el rango de humedad que se presenta en las bases del concurso fue obtenido en base a estudios previos realizados por la EEQ, al igual que los de temperatura, las tres opciones cumplen con los requerimientos, presentándose una ventaja más frente al sistema antiguo, ya no se requerirá de resistencias para secar el ambiente y cualquiera de las tres opciones funciona sin ningún problema en este ambiente.

En conclusión técnicamente todos cumplen con los parámetros preestablecidos y como primera opción MITSUBISHI, segunda opción ALEM BRADLEY y tercera opción OMRON.

3.3.- DISEÑO DEL TABLERO.

El tablero eléctrico en el cual van ser instalados los elementos antes descritos es de fabricación local cuyas, medidas son 60 x 40 x 20 estas medidas cumplen con lo establecido especialmente por el fabricante del PLC. Que nos da ciertas restricciones que a continuación se detallan.

El local escogido para instalar el gabinete metálico se encuentra en el quinto piso de la central, en el mismo que se puede localizar fácilmente los coladores y las válvulas motorizadas que van a ser controladas por el PLC el mismo que tiene la medidas siguientes 15m de largo, 9m de ancho, 4m de alto y será colocado junto al tablero electromecánico, continuación las restricciones ambientales y las condiciones del local escogido

RESTRICCIONES		CONDICIONES DEL LOCAL
Temperatura	0 a 55° C	15° C
Humedad	10 al 80 %	50 %
Voltaje	100 a 240 V (ca)	208 V

Dadas las especificaciones de montaje del PLC se muestra a continuación la ubicación de los diferentes elementos y sus conexiones.

Como primer elemento tenemos la parte frontal del tablero, en el cual se encuentran ubicados, pulsadores, selectores y luces piloto.

Los planos del montaje de la parte frontal del tablero de automatización se encuentran en los ANEXOS 5 y 6

Detalle de la distribución de la parte frontal del tablero.

RL1	MARCHA COLADOR 1
RL2	MARCHA COLADOR 2
OL1	SOBRECARGA EN LAS VÁLVULAS
OL2	SOBRECARGA EN COLADORES
RL3, RL4.....RL8	VÁLVULAS ABIERTAS
GL3, GL4.....GL8	VÁLVULAS CERRADAS
M	OPERACIÓN MANUAL COLADORES
A	OPERACIÓN AUTOMÁTICA COLADORES
LX1,LX2,LX3	OPERACIÓN LOCAL DE LAS VÁLVULAS
DX1,DX2,DX3	OPERACIÓN A DISTANCIA DE LAS VÁLVULAS
BS1,BS2	MARCHA PARA LOS COLADORES
BSS1,BSS2	PARADA PARA LOS COLADORES
BS3,BS5,BS7,BS10, BS13	ABRIR VÁLVULAS
BS4,BS6,BS8,BS11, BS14	CERRAR VÁLVULAS
BSS3,BSS5,BSS8,BSS9,BS S12	PARADA VÁLVULAS
BSRE	RESET PARA LA ALARMA

Tabla 3.1.- Nomenclatura del tablero, parte frontal.

La ubicación de los demás elementos y su interconexión se encuentran en el ANEXO 7.

En el ANEXO 8 Y 9 se encuentra el diagrama de conexiones de entradas y salidas y su relación con la nomenclatura del sistema anterior.

Para culminar con la selección debe tomarse en cuenta otro factor importante que es el económico y que a continuación se detalla.

3.4.- ANÁLISIS ECONÓMICO.

La parte económica se la analiza teniendo en cuenta los rubros y consideraciones que a continuación se describen.

- El costo del P.L.C. y sus accesorios.
- El costo del diseño y documentación del software.
- Gastos de instalación física.
- Gastos de operación y mantenimiento
- Comparación del índice de rentabilidad entre el sistema actual y el sistema de automatización a implementar.

3.4.1.- COSTO DEL PLC. Y SUS ACCESORIOS.

- MITSUBISHI	\$3800
- OMRON	\$3500
- TELEMECANIC	\$1425
- ALLEN BRADLEY	\$6500
- SIEMENS	\$3900

Siemens no calificó en el concurso de ofertas, al igual que Telemecanic, por no cumplir con requisitos previos para el

concurso, es decir que la selección se realizó entre ALLEN BRADLEY, MITSUBISHI Y OMRON.

Además se tiene un costo de accesorios por \$500 dólares, los cuales se dividen en.

- 100 borneras # 18
- 30 pulsadores ϕ 30 cm
- 20 luces piloto ϕ 30 cm
- 200m cable # 18 según recomendación del fabricante

En conclusión de las tres alternativas la primera opción tiene MITSUBISHI ya que cumple con los requerimientos técnicos analizados anteriormente y en la parte económica también tiene la mejor propuesta sin olvidarnos que con la compra del PLC. El software y la memoria EEPROM no tienen costo adicional, lo que no sucede con las otras propuestas.

3.4.2.- GASTOS DE DISEÑO, DOCUMENTACIÓN E INSTALACIÓN

Los costos son los detallados a continuación:

- Investigación e instalación del proyecto \$ 360
- PLC \$ 3800

- Accesorios \$ 500

Total costos \$ 4660

3.4.3.- GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Por otra parte el presente proyecto no solo genera gastos, sino también un ahorro en lo que tiene que ver con el mantenimiento y la operación ya que el mantenimiento que se requiera en el futuro será mínimo, y la operación del sistema se simplifica ahorrándose otro rubro que es el de horas / hombre.

Por ejemplo actualmente se requieren 3 personas para realizar el mantenimiento, 1 supervisor y 2 técnicos.

- Costo de mano de obra por hora del supervisor: \$ 3,0

- Costo de mano de obra por hora de cada técnico (\$2) \$ 4,0

Costo total de mano de obra por hora \$ 7,0

Hay que tomar en cuenta las perdidas que se generan cuando la máquina no esta en funcionamiento.

Es decir con un promedio de 5 horas por mantenimiento preventivo o correctivo la unidad deja de generar \$3600 por hora, lo que quiere decir que cada vez que se le da mantenimiento a la unidad se genera un gasto de \$3607 por hora, con un mantenimiento preventivo programado, en el cual se realiza: mantenimiento de contactores con una duración de 5 horas; se tendrá un gasto de \$ 18035 por mantenimiento y mano de obra.

Todo esto frente al bajo mantenimiento que requerirá el sistema por PLC y que a continuación se detalla.

Costo de mano de obra por hora del supervisor \$ 3,00

Tomándose en cuenta que el mantenimiento a realizarse consistirá en monitorear que el programa se ejecute como ha sido establecido, para lo cual es muy recomendable que la EEQ. adquiera un display, para el efecto el mismo que tiene un costo de \$100, con esto no será necesario que la unidad salga de servicio y se pierda dinero por no generar energía eléctrica.

Para nuestro análisis separaremos los gastos del sistema antiguo y del sistema actual.

SITUACIÓN ACTUAL

SITUACIÓN NUEVA

Inicio (-) Tablero (Ta)

Inicio (-) Implementación PLC

Mensual (+) Mant. (Ma)

Mensual (-) Mant. (Mn)

Inicio (+) Elementos rehusadles (Era)

$$-Ta + Ma + Era - PLCn - Mn = (-)$$

(-)	Tablero	(Ta)	-40
(+)	Mantenimiento	(Ma)	1502
(+)	Elementos rehusadles	(Era)	1500
(-)	Implementación PLC	(PLCn)	-4660
(-)	Mantenimiento	(Mn)	-7
(-)	TOTAL		-1717

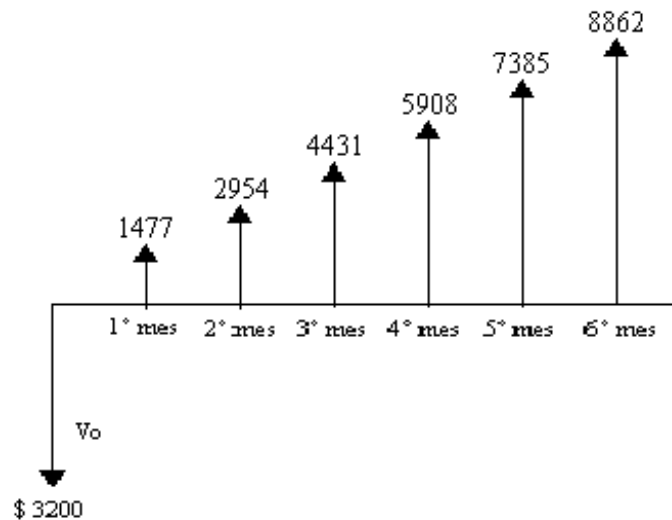
Gastos inicio: - Ta - PLCn +Era = Vo Valor inicial

-)	Tablero	(Ta)	-40
(-)	Implementación PLC	(PLCn)	-4660
(+)	Elementos rehusadles	(Era)	1500
TOTAL			-3200

Gasto mensual: $-Mn + Ma - i(Vo) = VM$ Valor mensual

(+)	Mantenimiento	(Ma)	1502
(-)	Mantenimiento	(Mn)	-6
(-)	Interés bancario	i(Vo)	-19
TOTAL			1477

1° Mes	1477
2° Mes	2954
3° Mes	4431
4° Mes	5908
5° Mes	7385
6° Mes	8862



Esto quiere decir que la inversión se recuperara en 4 meses, pero como no son valores que ingresan constantemente sino que solo tendrá ahorro cuando se deje de realizar el mantenimiento correctivo o preventivo en el primer año de funcionamiento y a esto

sumado otros beneficios intangibles que proporciona el PLC. y que fueron analizados anteriormente.

IV.- PROGRAMACIÓN INSTALACIÓN Y PRUEBAS

4.1.- PROGRAMACIÓN

Para una mayor comprensión del proceso y facilitar la programación se presenta a continuación un flujo grama que nos detalla paso a paso en que consiste el sistema de refrigeración de la central.

Cumplidas las condiciones de arranque de las unidades generadoras sea en posición manual o automático opera el sistema de alimentación de agua para la refrigeración de los cojinetes de empuje y de guía superior, el enfriador de aire, el cojinete de guía superior, los cojinetes de turbina, las prensaestopas y el sumidero de aceite.

4.2.- OPERACIÓN MANUAL DE LAS VÁLVULAS DE ALIMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO.

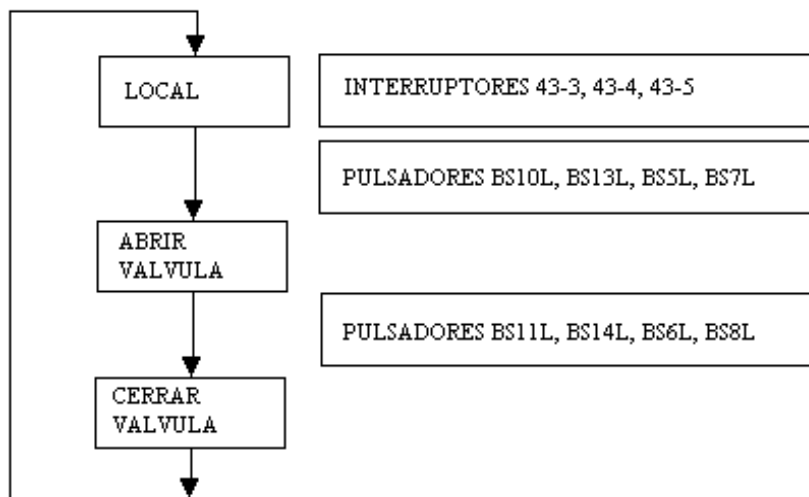


Figura 4.1 Operación manual de las válvulas de alimentación y distribución.

La operación manual es la misma para las dos válvulas de alimentación como de distribución.

4.3.- OPERACIÓN AUTOMÁTICA DE LAS VÁLVULAS DE ALIMENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO.

Las válvulas motorizadas de enfriamiento y de distribución que se abren simultáneamente en la posición distancia (automático).

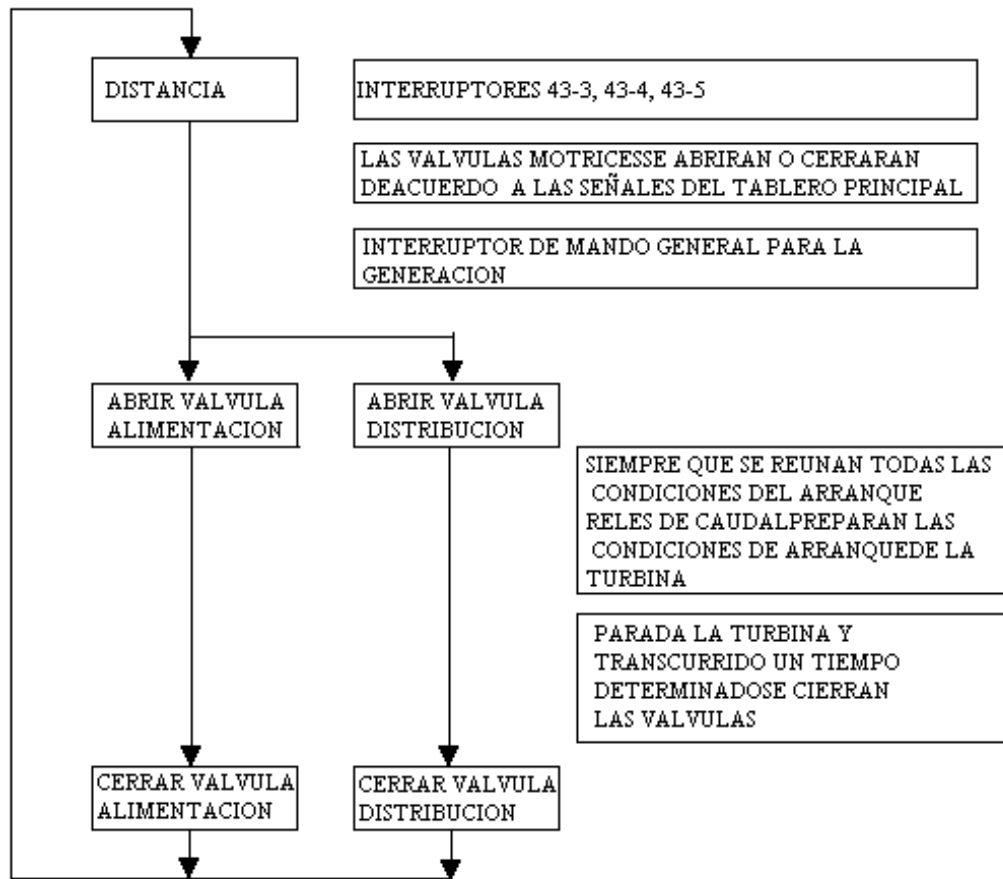


Figura 4.2 Operación automática de las válvulas de alimentación y distribución

Durante la generación de energía es necesario limpiar los filtros, para lo que se dispone de dos cribas lavadoras, la operación manual y automática es la misma para los dos coladores.

4.4.- OPERACIÓN MANUAL DE LOS COLADORES

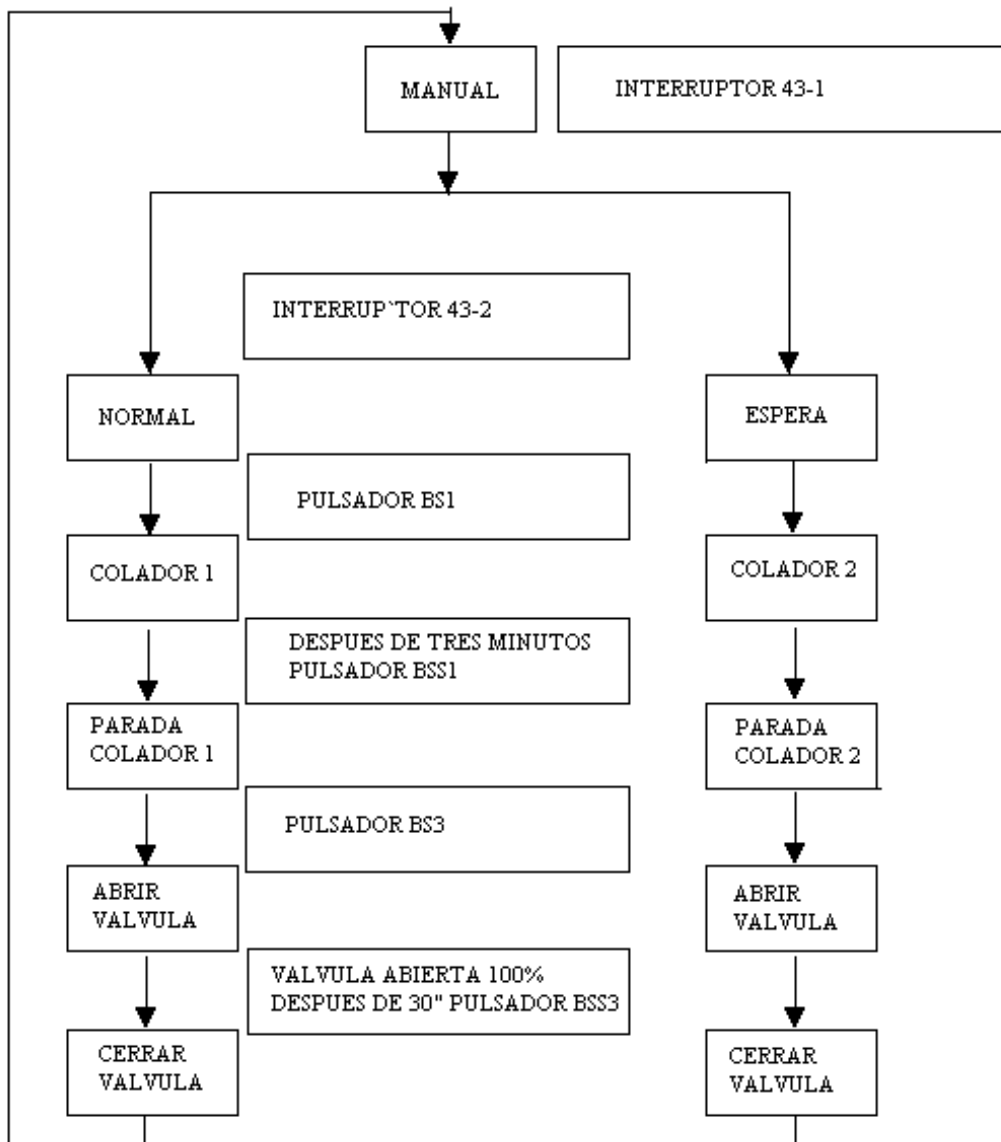


Figura 4.3 Operación manual de los coladores

4.5.- OPERACIÓN AUTOMÁTICA DE LOS COLADORES

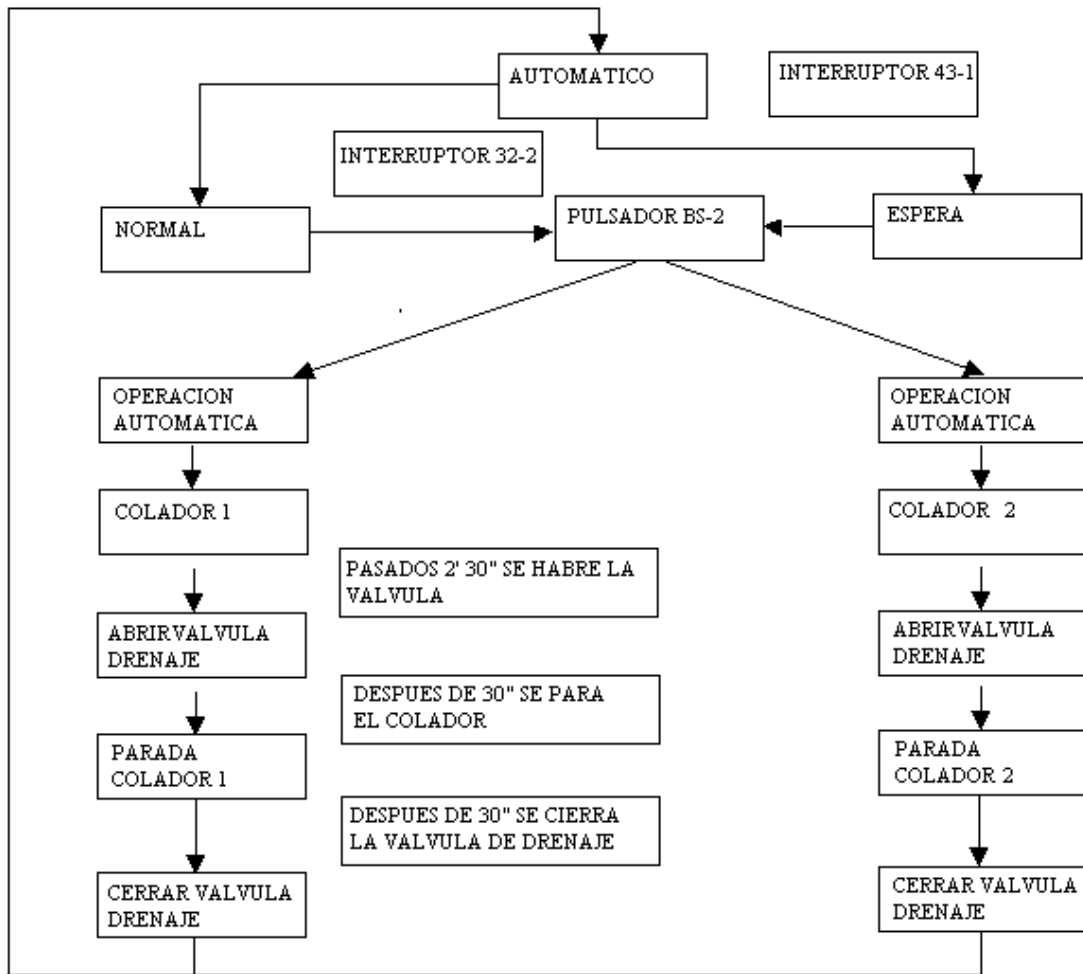


Figura 4.4 Operación automática de los coladores

Teniendo en cuenta que la programación del PLC. Tiene como base la lógica de relés del sistema electromecánico.

Con este flujo grama sintetizado se podrá entender fácilmente la secuencia de programación que a continuación se detalla,

El programa que se utiliza es del software de MITSUBISHI que nos da la facilidad de mostrar la secuencia tanto en programación ladder como nemónico o instrucciones y además al final un resumen de todas las entradas/salidas, contadores, temporizadores, relés internos, etc. que se utilizan en el programa.

ANEXO 10: PROGRAMACIÓN LADER.

ANEXO 11: PROGRAMACIÓN NEMÓNICA.

ANEXO 12: RESUMEN DE ENTRADAS / SALIDAS.

4.6.- INSTALACIÓN

La instalación de los diferentes elementos debe ser realizada de acuerdo a las especificaciones descritas en el capítulo # 3 en los anexos 4,5,6,7,y 8, además teniendo especial cuidado con las recomendaciones que nos da el fabricante del PLC.

A continuación algunos datos adicionales que nos ayudaran con el montaje de los elementos y la instalación eléctrica.

La nomenclatura del PLC. MITSUBISHI en cuanto a su modelo tiene el siguiente esquema.

4.6.1.- MODELO

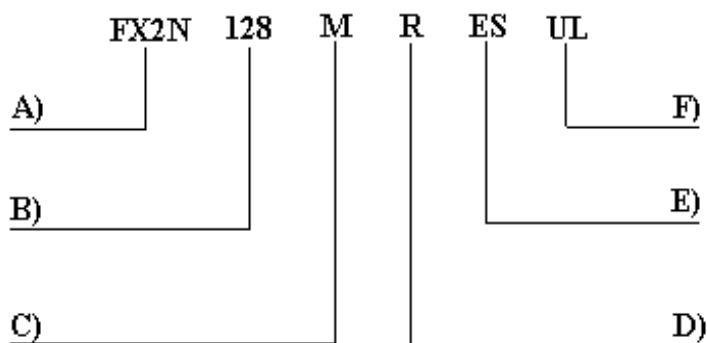


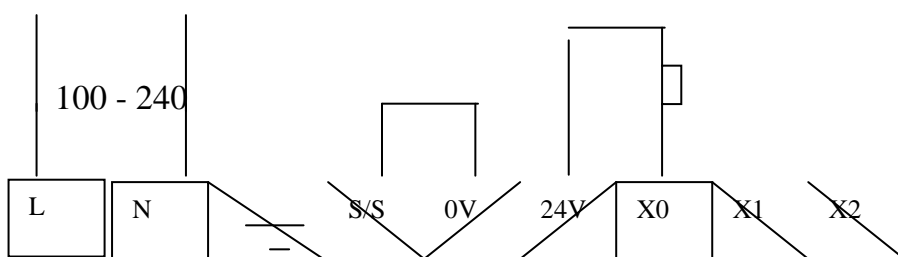
Figura. 4.5 Nomenclatura de la codificación del modelo del PLC. MITSUBISHI

Donde:

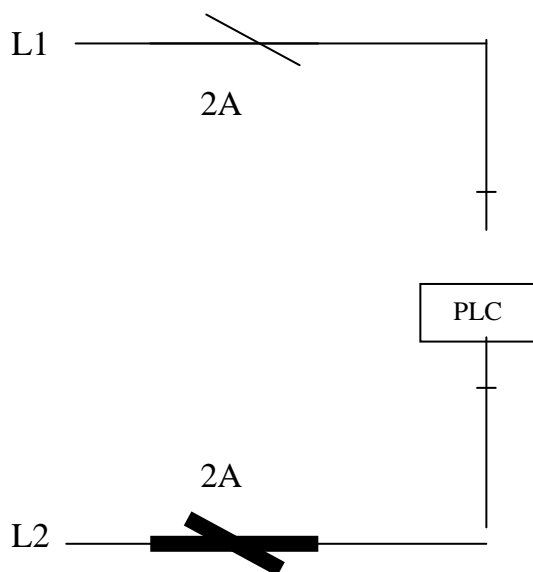
- A) Serie PC = FX2N.
- B) Numero de las entradas/salidas FX2N-128 = 128Ca.
- C) Tipo de unidad = Unidad base.
- D) Tecnología de salida = Relé.
- E) Variantes de modelos = CA, Modelo internacional, CC transistor source.
- F) Producto registrado según CE, UL.

4.6.2.- REGLETA DE CONEXIONES DEL PLC.

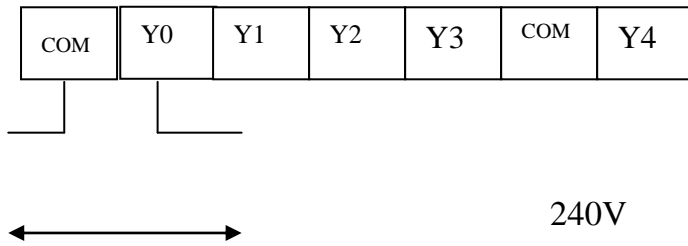
Alimentación y entradas.



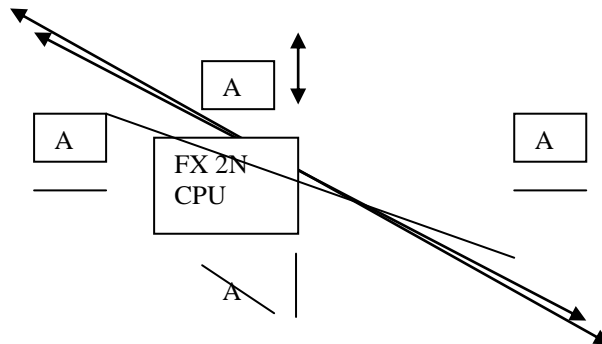
4.6.3.- CONEXIÓN Y PROTECCIONES DEL PLC.



4.6.4.- SALIDAS DEL PLC.



Además se establecen condiciones específicas para la instalación del PLC.



$A > 50$ mm (1.97 pulgadas).

Figura 3.2.- Recomendaciones para el montaje del PLC:

El montaje del PLC. se realizó con las siguientes consideraciones.

- Para evitar un aumento de temperatura, la unidad se montó en la pared dorsal del armario de distribución.
- La unidad se puede montar mediante un enclavamiento o sobre un carril de montaje DIN en nuestro caso se utilizo riel DIN.

4.7.- PRUEBAS.

A continuación se detalla los pasos a seguir para el funcionamiento del sistema.

Una vez cumplidas las condiciones para el arranque se puede operar el sistema tanto manual como automáticamente.

Verificar que el voltaje de funcionamiento sea el adecuado por medio del protector de voltaje si esta encendida la luz verde se puede comenzar a operar.

4.7.1 OPERACIÓN MANUAL DE LAS VÁLVULAS DE DISTRIBUCIÓN Y PRENSAESTOPÀS

- Presionar los pulsadores de local LX2.
- La luz piloto debe estar encendida indicando que la válvula está cerrada, al presionar el pulsador BS 5L se abre la válvula de distribución del lado de carga #1 y se encenderá la luz piloto cuando esta se haya abierto el completamente.
- De la misma manera para cerrar se pulsará BS 6L y se encenderá la luz piloto cuando esta este cerrada el100%.
- En caso de emergencia que se requiera parar la operación se lo puede hacer con el pulsador BSS 5L
- Presionar el pulsador de local LX 3.

- La luz piloto indicando que la válvula esta cerrada debe estar encendida, al presionar el pulsador BS 7L se abre la válvula de distribución del lado de carga # 2 y se encenderá la luz piloto cuando esta se haya abierto el 100%
- De la misma manera para cerrar se pulsará BS 8L y se encenderá la luz piloto cuando esta este cerrada al 100%.
- En caso de emergencia que se requiera parar la operación se lo puede hacer con el pulsador BSS 7L
- Presionar el pulsador de local LX 1.

La luz piloto indicando que la válvula esta cerrada debe estar encendida, al presionar el pulsador BS 10L se abre la válvula de prensaestopas del lado de carga # 1 y se encenderá la luz piloto cuando esta se haya abierto el 100%.

- De la misma manera para cerrar se pulsará BS 11L y se encenderá la luz piloto cuando este cerrada al 100%.
- En caso de emergencia que se requiera parar la operación se lo puede hacer con el pulsador BSS 9L
- Presionar el pulsador de local LX 1.
- La luz piloto indicando que la válvula esta cerrada debe estar encendida, al presionar el pulsador BS 13 se abre la válvula de prensaestopas del lado de carga # 2 y se encenderá la luz piloto cuando esta se haya abierto el 100%.

- De la misma manera para cerrar se pulsará BS 14L y se encenderá la luz piloto cuando este cerrada al 100%.
- En caso de emergencia que se requiera parar la operación se lo puede hacer con el pulsador BSS 12L
- Además de las luces piloto se puede comprobar que las válvulas estén cerradas o abiertas por medio de los reles de caudal ubicados a la salida que va al drenaje.

4.7.2.- OPERACIÓN MANUAL DE LOS COLADORES Y VÁLVULAS DE DRENAJE

- Presionar el pulsador de operación manual MX.
- Elegir cual de los dos coladores serán accionados, con el pulsador NX el colador # 1 o normal.
- Con el pulsador BS 1 comienza a funcionar el colador # 1 durante 150 seg. Se encenderá RL 1 indicando su funcionamiento, con BSS 1 se para la operación.
- Gl 3 debe estar encendida indicando que la válvula de drenaje del colador # 1 esta cerrada, pulsar BS 3 y se abrirá la válvula durante 30 seg., la luz piloto RL 3 indicará que la válvula esta abierta el 100%, con BS4 se cerrará la válvula y se encenderá GL3 cuando esta este completamente cerrada.
- Con esto se culmina un ciclo de filtrado para el colador # 1 de la misma manera se procederá para el colador # 2 así:

- Presionar el pulsador de operación manual MX.
- Elegir cual de los dos coladores serán accionados, con el pulsador SX el colador # 2 o, espera.
- Con el pulsador BS 1 comienza a funcionar el colador elegido anteriormente durante 150 seg. Se encenderá RL 2 indicando su funcionamiento, GI 4 debe estar encendida indicando que la válvula de drenaje del colador # 2 esta cerrada, pulsar BS 3 y se abrirá la válvula durante 30 seg., la luz piloto RL 4 indicará que la válvula esta abierta el 100%, con BS4 se cerrará la válvula y se encenderá GL4 cuando esta este completamente cerrada.
- Con esto se culmina un ciclo de filtrado para el colador # 2
- Con BSS 1 se para la operación en cualquier instante.

4.7.3.- OPERACIÓN AUTOMÁTICA DE LAS VÁLVULAS DE DISTRIBUCIÓN Y PRENSAESTOPÀS

Cumplidas Las condiciones del arranque Presionar los pulsadores DX1, DX2, DX3, y desde el tablero principal de la central se elige start y se abren simultáneamente las válvulas de distribución y las válvulas de prensaestopas, con las luces piloto RL5, RL6, RL7 y RL8, se comprobara que las válvulas estén abiertas el 100 %.

Para que se cierren se elegirá en el tablero principal STOP al igual que en el caso anterior se comprobara que estén cerradas completamente con las luces piloto, GL 5, GL6, GL7, GL8.

4.7.4.- OPERACIÓN AUTOMÁTICA DE LOS COLADORES Y VÁLVULAS DE DRENAJE

Elegir operación automática con AX luego presionar BS 2 y arrancara el colado automáticamente.

- Con BSS 2 se para la operación en cualquier instante.

En cualquiera de los casos si existe alguna falla con la operación de las válvulas y/o los filtros nos indicará una alarma, además se localizará exactamente la falla con la luz piloto que corresponda.

4.8.- MANTENIMIENTO

Como se dijo anteriormente uno de los objetivos del presente proyecto es reducir al máximo el mantenimiento especialmente en lo que tiene que ver con el sistema de control del sistema de refrigeración ya que al ser utilizados interruptores de estado sólido estos no tienen desgaste de los contactos eléctricos o de tipo mecánico.

La parte mecánica del sistema de refrigeración es decir: válvulas, cojinetes, prensaestopas, etc. deberá seguir con el plan de mantenimiento ya programado.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Puedo concluir que con la implementación de este nuevo sistema de automatización los resultados satisfacen las expectativas creadas al inicio de este proyecto, puesto que técnicamente el sistema de control del sistema de refrigeración es mas confiable y fácil de operar y a un menor costo, como es el caso de la instalación de los presostatos los cuales son fáciles de instalar y no se requiere hacer cambios significativos en la programación, de la misma manera ocurrirá en caso que se quiera realizar cualquier modificación o una mejora adicional al sistema
- El sistema de automatización implementando un PLC. supera técnicamente al sistema electromecánico ya que reduce significativamente el mantenimiento correctivo, que es el que se venia realizando, puesto que el mantenimiento preventivo no proporciona buenos resultados cuando los elementos ya han cumplido su vida útil.
- La operación es mas sencilla y confiable ya que el operador se limita a observar que el ciclo de funcionamiento sea el preestablecido eliminando así problemas por mala operación, por ejemplo uno de los problemas actuales de la operación es el tiempo de lavado y el drenaje de los sedimentos se eliminó ya que el PLC tiene temporizadores con una apreciación de milésimas de segundo sumado a la coordinación con los presostatos no es necesaria la operación manual.
- Además del análisis técnico y económico se analiza la satisfacción del cliente por el servicio generado, es decir, la instalación del PLC garantiza

el continuo suministro de energía que es muy valioso para el cliente, el ser atendido sin interrupciones.

5.2.- RECOMENDACIONES

- El proyecto genera mensualmente \$443.4 más que si se hubiera invertido este capital en un banco este dinero mas el ahorro que se genera después del primer año en que se recupera la inversión puede ser utilizado en otros proyectos similares en la misma central o donde lo requiera la EEQ.
- Se tiene como reserva entradas/salidas las mismas satisfacen la automatización de las bombas del drenaje ubicadas en el mismo piso que el sistema de refrigeración es recomendable el cambio de tecnología también para el sistema de drenaje.
- Para facilitar el trabajo de mantenimiento y monitoreo del sistema actual es recomendable que la EEQ. Adquiera el display de programación manual cuyo costo ya ha sido tomado en cuenta en la evaluación económica del proyecto.
- El montaje del PLC debe realizarse de acuerdo a las especificaciones que da el fabricante en cuanto a su ubicación y condiciones ambientales como por ejemplo.
- No aplicar señales de entrada y salida juntas en un cable de varios conductores o a través de la misma línea de señales.
- Se debe emplear Bornes de engarzado aisladas para la conexión del cable y apretar bien los tornillos de las Bornes de conexión.

- Para la conexión de puesta a tierra se tienen que emplear cables con una sección mínima de 2mm² (AWG 14). La resistencia de puesta a tierra tiene que ser menor que 100 Ω
- Hoy en día se ha abierto un nuevo campo de acción para los Ingenieros de Ejecución en Electromecánica ya que esta en auge la automatización por medio de P.L.C. y es recomendable que se ponga mayor énfasis en la materia.

BIBLIOGRAFÍA

- Porras Criado Alejandro
Autómatas programables
MC GRAW HILL, decimotercera edición, 1996

- Donald G. Fink
Manual de ingeniería eléctrica
MC GRAW HILL. decimotercera edición, 1998

- Timothy Maloney
Electrónica Industrial Moderna,

- Malvino Albert
Principios de electrónica,
1998

- Harry Mileaf
Curso Práctico de electrónica
Grupo Noriega Editores, 1996

- Catálogo, Mitsubishi
2000

- Catálogo, Omron

- Catálogo, Siemens

- Catalogo Empresa Eléctrica Quito.

ANEXOS

- **Anexo 1: (Copia del plano actual de diagramas de tuberías de agua).**
- **Anexo 2: (Copia del plano actual del tablero eléctrico.).**

- **Anexo 3: (Copia del plano actual del diagrama de control).**
- **[Anexo 4: \(Haga clic para ver\).](#)**
- **[Anexo 5: \(Haga clic para ver\).](#)**
- **[Anexo 6: \(Haga clic para ver\).](#)**
- **[Anexo 7: \(Haga clic para ver\).](#)**
- **[Anexo 8: \(Haga clic para ver\).](#)**
- **[Anexo 9: \(Haga clic para ver\).](#)**
- **Anexo 10: (Ver el programa para programar el PLC: MEDOC).**
- **Anexo 11: (Ver el programa para programar el PLC: MEDOC).**
- **Anexo 12: (Ver el programa para programar el PLC: MEDOC).**

ANEXO 4

TABLA COMPARATIVA

DESCRIPCION	MITSUBISHI	ALEN BRADLEY	OMRON
Controlador Logico Programable PLC			
Numero de entradas y salidas minimo: 85	128	104	104
Capacidad de memoria: 7.2 Kb	8Kb	4Kb	7.2 Kb
Tipo de memoria: EEPROM	EEPROM	OPCIONAL	OPCIONAL
Temperatura de operaci3n: 0 a 55° C	0 A 55° C	0 A 60° C	0 A 75 %
Rango de humedad: 10 a 80 %	35 A 85%	5 A 95 %	10 A 90 %
FUENTE PARA P.L.C.			
100 A 240 VAC 50/60 Hz	100 A 240 VAC 50/60 Hz	100 A 240 VAC 50/60 Hz	100 A 240 VAC 50/60 Hz
Salida 24 Vdc o 220 VAC	24 VDC o 220 VAC	24 VDC o 220 VAC	24 VDC o 220 VAC
Modulo 16 entradas digitales 220 VAC	Compacto 96 entradas digitales	Modulo 16 entradas digitales 220 VAC	Modulo 16 entradas digitales 220 VAC
Modulo 8 entradas digitales 220 VAC	No requiere	Modulo 8 entradas digitales 220 VAC	Modulo 8 entradas digitales 220 VAC
Modulo 16 salidas a rele	Compacto 96 salidas a rele	Modulo 16 salidas a rele	Modulo 16 salidas a rele
Chasis de 13 ranuras	No requiere	Chasis de 13 ranuras	Montaje sobre riel DIN
SOFTWARE	COPIA GRATUITA	ORIGINAL	ORIGINAL

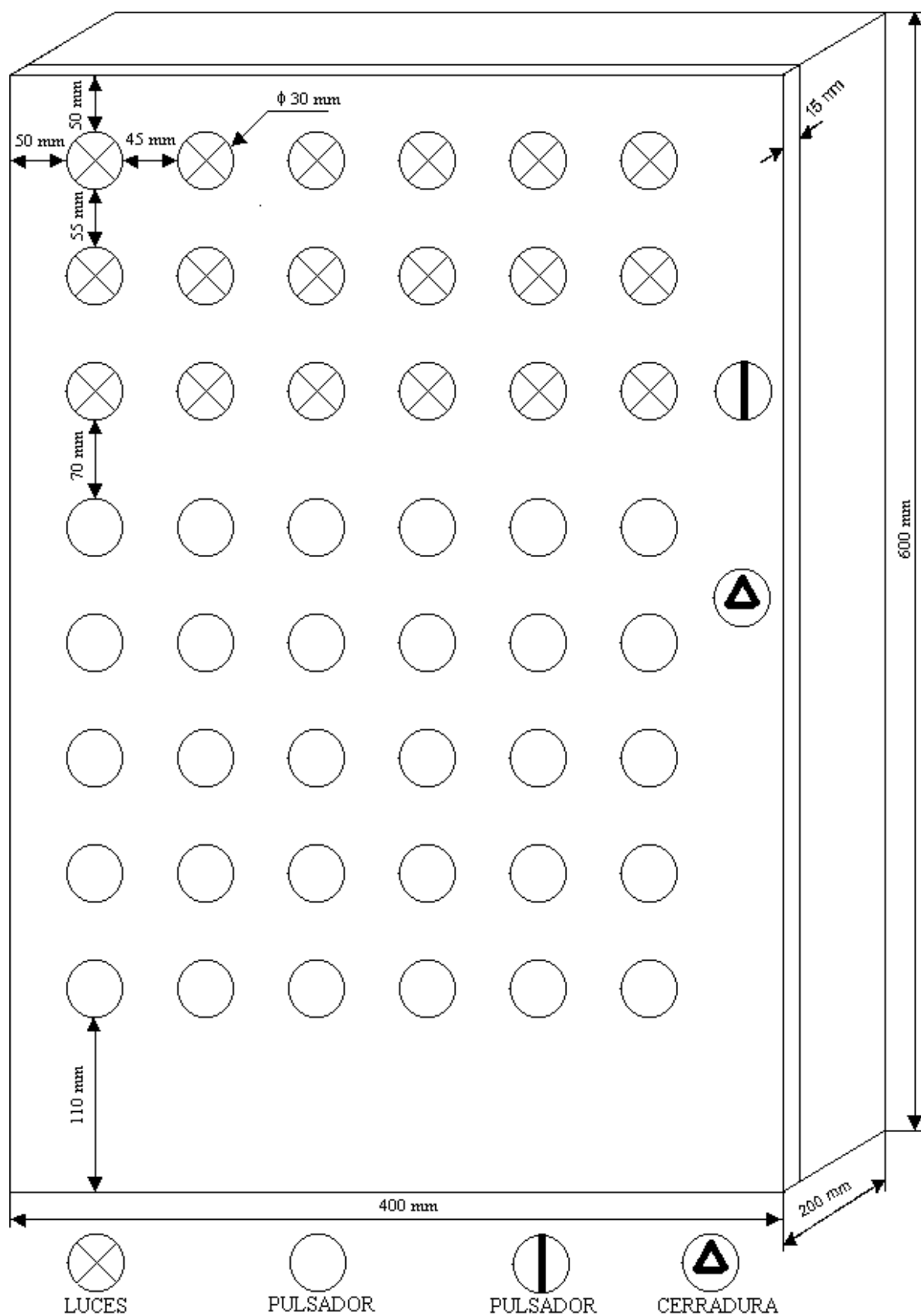
TOLERANCIA

PESO

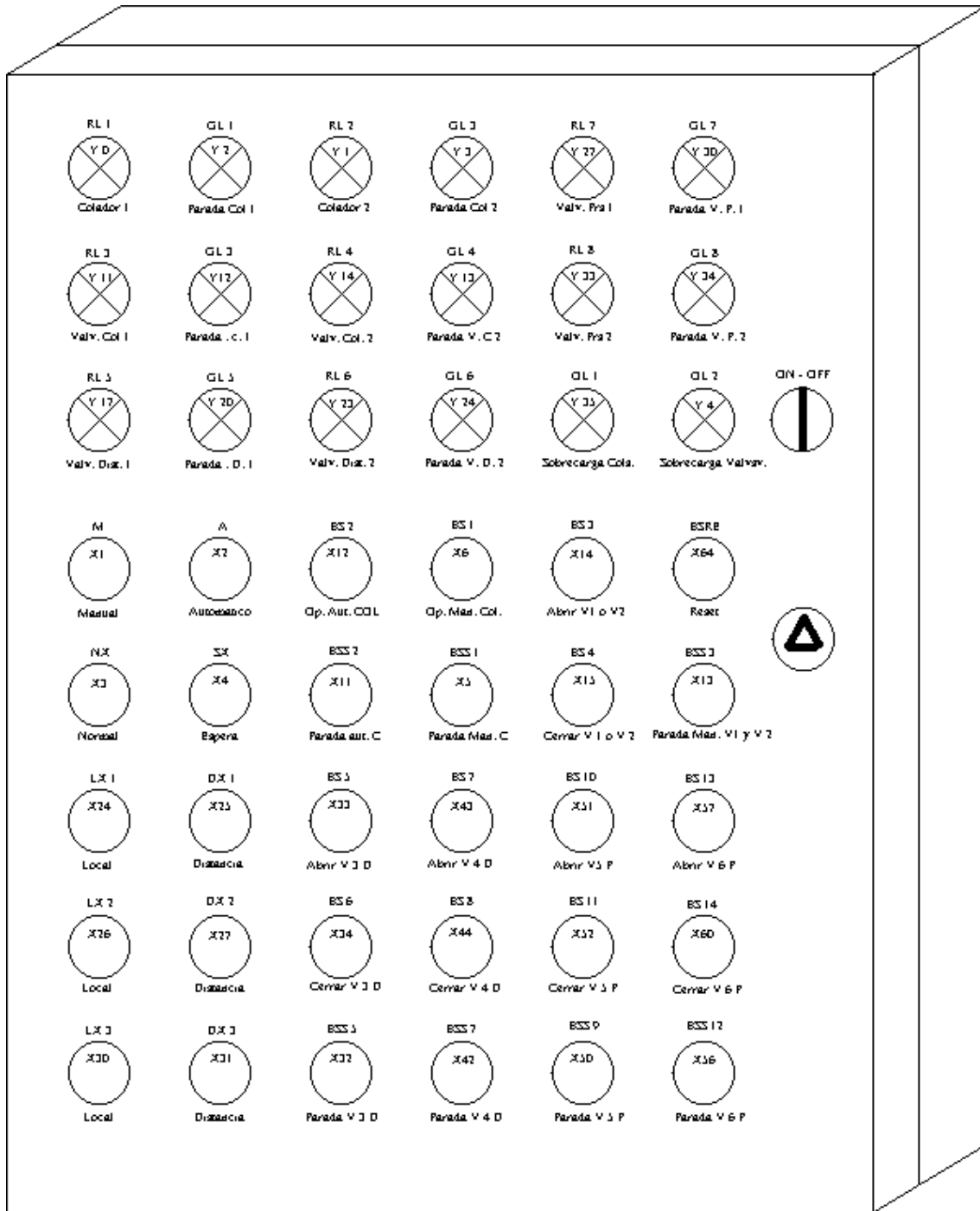
					ESPEL		
			DIBUJO	FECHA	NOMBRE H. REINA ING. HALLO	TABLA COMPARATIVA	ESCALA
			REVISO				
			APRO.				
					ANEXO 4		N-º
MODIFIC.	FECHA	NOM.					

			TOLERANCIA	PESO	ESPEL		
			DIBUJO	FECHA	NOMBRE H. REINA	MEDIDAS DEL TABLERO	ESCALA

			REVISO		ING. HALLO		
			APRO.				
						ANEXO 5	N-º
MODIFIC.	FECHA	NOM.					



[Regresar](#)



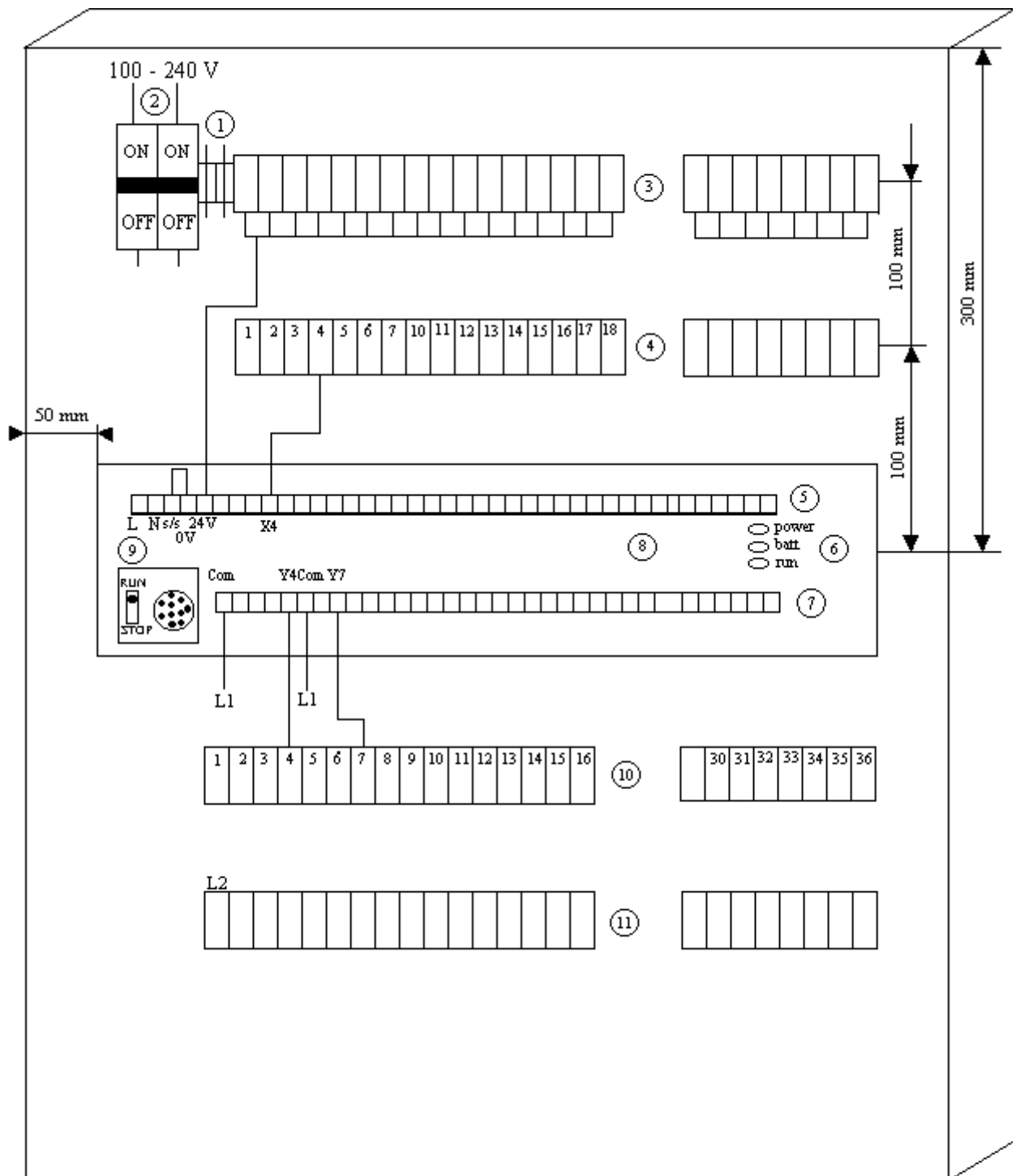
			TOLERANCIA	PESO

ESPEL

					ESPEL		
			DIBUJO	FECHA	NOMBRE H. REINA ING. HALLO	NOMENCLATURA DEL TABLERO	ESCALA
			REVISO				
			APRO.				
						ANEXO 6	N-°
MODIFIC.	FECHA	NOM.					

			TOLERANCIA		PESO			

					ESPEL		
			DIBUJO	FECHA	NOMBRE H. REINA ING. HALLO	UBICACIÓN DE ELEMENTOS E INTERCINEXIÓN	ESCALA
			REVISO				
			APRO.				
					ANEXO 7		N-º
MODIFIC.	FECHA	NOM.					

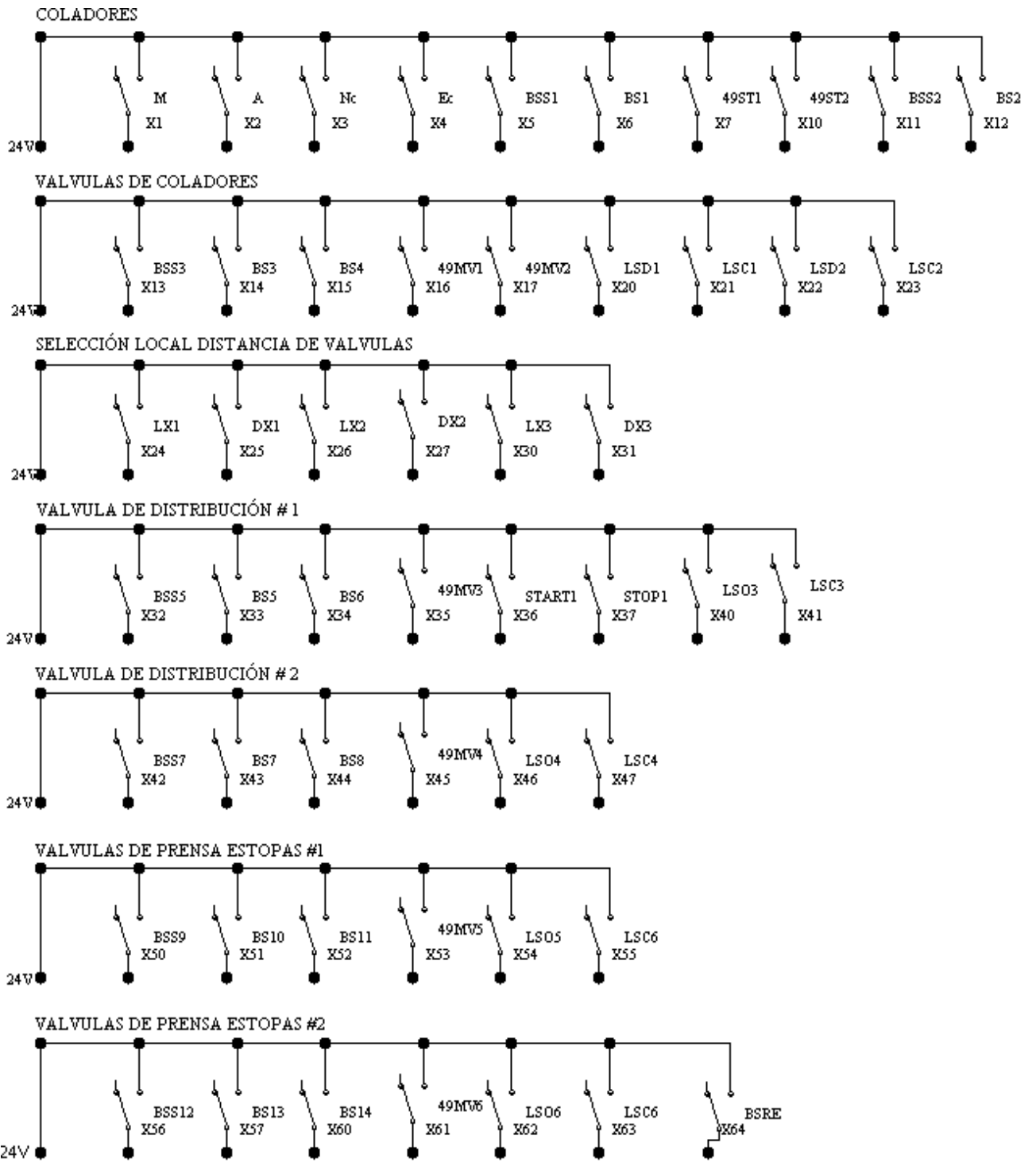


- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1.- Fusibles | 7.- Borneras de salida del PLC. |
| 2.- Breaker | 8.- Panel del PLC. |
| 3.- Borneras de entradas (24 V) | 9.- Selector RUN - STOP |
| 4.- Borneras de entradas | 10.- Borneras de salida L1 |
| 5.- Borneras de entradas del PLC | 11.- Borneras de salida L2 |
| 6.- Luces indicadoras | |

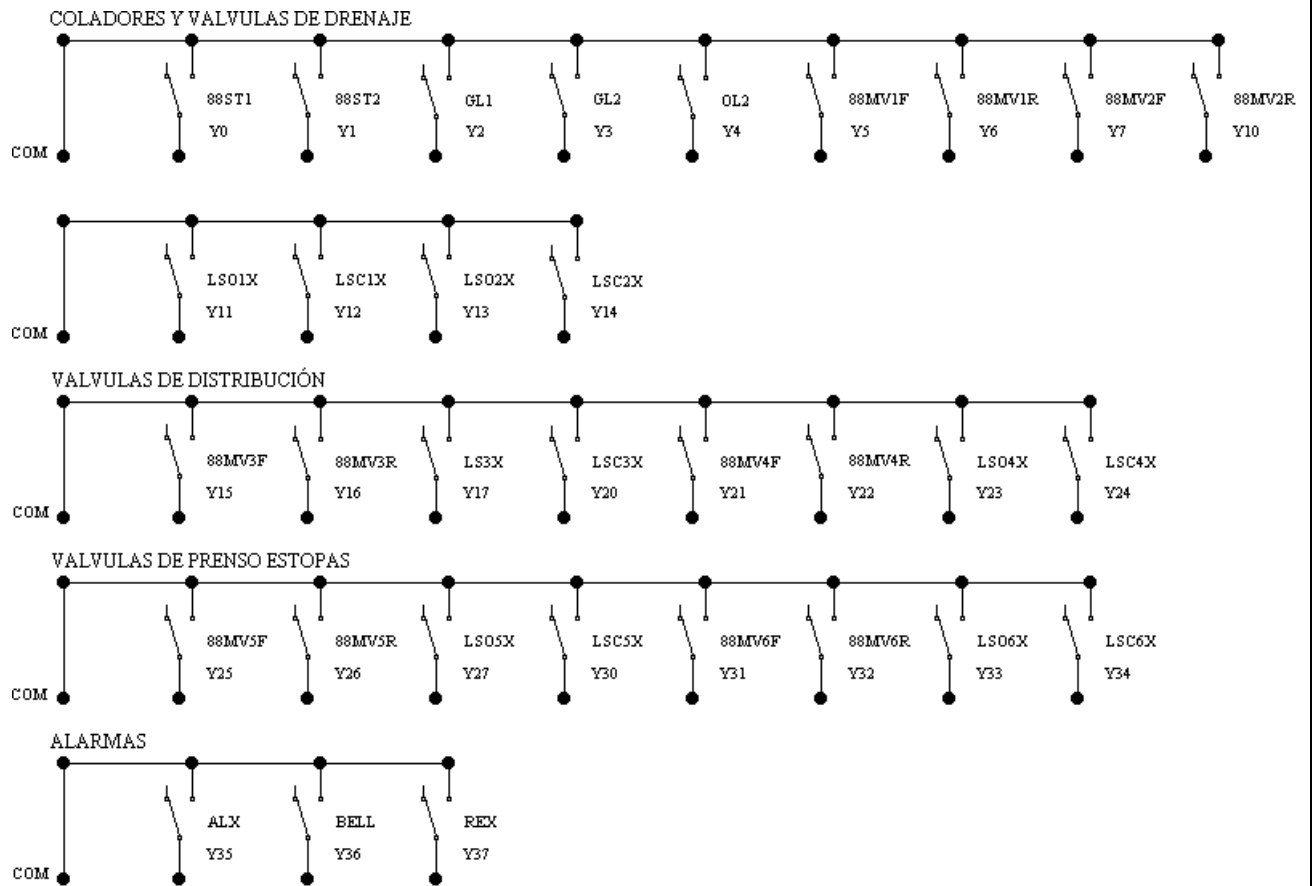
[Regresar](#)

			TOLERANCIA	PESO				

					ESPEL		
			DIBUJO	FECHA	NOMBRE H. REINA ING. HALLO	DIAGRAMA DE ENTRADAS	ESCALA
			REVISO				
			APRO.				
						ANEXO 8	N-°
MODIFIC.	FECHA	NOM.					



[Regresar](#)



			TOLERANCIA	PESO	

					ESPEL		
			DIBUJO	FECHA	NOMBRE H. REINA ING. HALLO	DIAGRAMA DE SALIDAS	ESCALA
			REVISO				
			APRO.				
					ANEXO 9		N-°
MODIFIC.	FECHA	NOM.					

[Regresar](#)

**REALIZADO POR:
HERNAN ADOLFO REINA DELGADO**

**INGENIERO VIOCENTE HALLO
DECANO DE LA FFACULTAD DE ELCTRPOMECANICA**

**DOCTOR MARIO LOSADA
SECRETARIO ACADEMICO**