



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO PARA LA CENTRAL DE  
GENERACIÓN DE LAGO AGRIO CON EL PLC ALLEN BRADLEY  
1500”**

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

**Diego Danilo Bautista Chacón**

**LATACUNGA, OCTUBRE 2008**

## **CERTIFICACIÓN**

*Certificamos que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por el Sr. Diego Danilo Bautista Chacón bajo nuestra supervisión.*

---

*ING. VICENTE HALLO  
DIRECTOR DEL PROYECTO*

---

*ING. WILSON SÁNCHEZ  
CODIRECTOR DEL PROYECTO*

## ***DEDICATORIA***

*Este trabajo está dedicado a Dios, a mi familia, a mis profesores y compañeros de aula de mi vida estudiantil, quienes compartieron y estuvieron conmigo la mayoría de tiempo que me llevo alcanzar este objetivo académico.*

## *Agradecimiento*

*El eterno agradecimiento primero a Dios por haberme dado la vida, a mis padres a mi hermana y a toda mi familia por el apoyo incondicional, moral y económico sin el que jamás hubiera concluido mi carrera. Agradezco a los Ingenieros docentes de la Escuela Politécnica del Ejército quienes me impartieron conocimientos, y me encaminaron por la senda del saber, así como también a todos los Ingenieros y Personal Técnico de Petroproducción del distrito Amazónico de la sección energética y demás personas por las facilidades prestadas para realizar este proyecto.*

Latacunga, Octubre del 2008

**ELABORADO POR:**

---

Diego Danilo Bautista Chacón

**APROBADO POR:**

---

Ing. Mario Jiménez  
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN  
ELECTROMECÁNICA

**CERTIFICADO POR:**

---

Dr. Eduardo Vásquez  
SECRETARIO ACADÉMICO

# INDICE

Pág.

Introducción.....	1
Justificación.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	3
Alcance .....	3

## CAPITULO I

1.1 Descripción del Problema.....	5
1.2 Generadores y Sistemas de Transferencia.....	6
1.2.1 Centrales de Generación de Petroproducción.....	6
1.2.2 Sistema Eléctrico Interconectado de Petroproduccion.....	8
1.2.3 Generadores utilizados en Petroproducción.....	10
1.2.4 Sistema de Transferencia Automático.....	12
1.2.4.1 Sistema Automático.....	12
1.2.4.2 Transferencia Eléctrica. ....	12
1.2.4.3 Sistema de Transferencia Automática de Energía.....	12
1.3 Análisis Técnico Económico.....	12
1.4 Características del Hardware.....	16
1.4.1 PLC Allen Bradley 1500.....	17
1.4.2 Interruptores Automáticos.....	18
1.4.2.1 Función de protección y programación de Reles.....	18
1.4.3 VIP 396 Multi Panel Meter.....	19
1.5 Características y Arquitectura del PLC.....	20
1.5.1 Transmisión y recepción de señales del PLC.....	20
1.5.2 RS-232.....	20
1.5.3 Velocidad de transmisión.....	21
1.5.4 Descripción General del Hardware.....	21
1.5.5 Descripción general del Software.....	22
1.6 Adquisición y manejo de señales externas y variables internas.....	25
1.6.1 Supervisión y adquisición de datos.....	25
1.7 Sistema de control de acceso y monitoreo.....	27

1.7.1 Sistema de control de acceso.....	27
1.7.2 Sistema de monitoreo.....	27

## **CAPITULO II**

2.1 Descripción física del sistema.....	28
2.1.2 Criterios de Diseño.....	28
2.1.3 Solución en la operación en forma automática.....	31
2.1.4 Solución en la operación en forma manual.....	31
2.2 Especificaciones de requisitos del sistema.....	32
2.2.1 Requerimientos para el software de programación del PLC..	33
2.3 Diagrama de bloques del sistema .....	34
2.4 Configuración de transmisión y recepción de señales.....	35
2.4.1 Instalación del software.....	35
2.4.2 Configuración del autómata y las Comunicaciones.....	36
2.4.3 Direccionamiento.....	37
2.5 Sub rutinas.....	38
2.6 Diseño del Programa para el PLC.....	39
2.7 Diseño y elaboración de planos eléctricos.....	47
2.8 Sistema de control y sistema de fuerza.....	53
2.8.1 Sistema de control.....	53
2.8.2 Sistema de fuerza.....	53
2.9 Implementación del sistema.....	53

## **CAPITULO III**

3.1 Introducción.....	57
3.2 Pruebas experimentales requeridas al sistema.....	57
3.2.1 Pruebas al Ladder de Programación.....	58
3.2.2 Pruebas a diferentes niveles de generación.....	62
3.3 Calibración para obtener la generación óptima.....	64
3.4 Análisis económico.....	65
3.4.1 Índices Económicos a Considerarse.....	65
3.4.2 Costos de inversión.....	65

3.4.2.1 Relación Beneficio- Costo.....	66
3.4.3 Beneficio.....	67
3.4.3.1 Beneficios cuantificables.....	67
3.4.3.2 Calculo beneficio - costo.....	68
3.4.3.3 Beneficios no cuantificables.....	69
3.5 Alcances y limitaciones.....	70
3.5.1 Solución a los problemas de infraestructura.....	70
3.5.2 Solución a los problemas de organización.....	71
3.5.3 Solución a los problemas de eficiencia operativa.....	71

## **CAPITULO IV**

Conclusiones.....	73
Recomendaciones.....	74
Comentarios finales.....	75
Bibliografía y alcance.....	76
Anexo 1 Manual del usuario.....	78
Anexo 2 Ladder de Programación .....	84
Anexo 3 Fotografías .....	92

## INTRODUCCIÓN

Petroproducción, es una empresa estatal encargada de la explotación de petróleo, cuyas operaciones se desarrollan principalmente en la región Nororiental del Ecuador, en las áreas de producción denominadas Lago Agrio, Sacha, Shushufindi, Auca y Libertador.

La extracción de petróleo en todo el distrito en un gran porcentaje depende de la energía eléctrica, abastecida por sus propias unidades de generación, minicentrales y por el sistema de potencia de mayor importancia en Petroproducción denominado Sistema Eléctrico Interconectado de Petroproducción (SEIP), que abarca parte de los campos: Lago Agrio, Sacha y Shushufindi, y en el futuro incluirá otros campos, que se contemplan en el proyecto denominado “Plan Maestro de Electrificación” de Petroproducción.

La explotación de petróleo, es uno de los pilares de la economía del Ecuador, por lo tanto, el suministro de energía eléctrica debe ser seguro, de calidad y al menor costo. Es decir, un suministro en condiciones adecuadas de voltaje y frecuencia, de no ser así se provoca pérdidas en la producción y acortamiento de la vida útil de los equipos, lo cual disminuye los ingresos y provocan costos adicionales.

En la actualidad el principal lema del país es la mejora continua en la producción de petróleo, lo que implica la adopción de medidas que tiendan a optimizar los procesos relacionados con esta tarea, al tener el SEIP gran importancia en el funcionamiento de la empresa, es necesario hacerlo más eficiente y confiable.

Los profesionales responsables del sector eléctrico de Petroproducción, analizan posibilidades para optimizar los recursos y buscar alternativas que mejoren las condiciones de operación del SEIP, recurriendo al uso de las nuevas tecnologías. Una de las alternativas consideradas es la incorporación de tecnología de punta, sobre la base de conocimientos de sistemas eléctricos de potencia, control, electrónica digital, comunicaciones e informática. La teoría de control en este caso

está aplicada a la operación de los sistemas de potencia evolucionando el concepto de despacho de carga a una filosofía compleja que incluye el control supervisorio y control distribuido de los sistemas de potencia.

La utilización de computadoras digitales, PLC's, entre otros, en el control de procesos no sólo permite resolver problemas específicos de regulación y seguimiento de consignas con una mejor relación prestaciones-coste; sino que además, es posible realizar funciones de supervisión y tratamiento de datos con un reducido coste adicional.

Sin embargo cuando se trata de ejecutar un proyecto hay que tomar en cuenta dos condiciones importantes: que el área física en la que va a desarrollar el proyecto sea la adecuada y la factibilidad económica que es el prerrequisito esencial para una exitosa aplicación de la ingeniería.

Debido a los costos elevados que implican la ejecución de este tipo de proyectos, es necesario presentar a las autoridades el respectivo sustento, que sirva como medida para la toma de decisión, proporcionando una herramienta para otorgar prioridad y presupuestario al proyecto.

## **JUSTIFICACIÓN.**

El proyecto es importante en la Estatal Petroproducción, pues permite evitar pérdidas de producción, al disminuir el tiempo de restauración del servicio eléctrico a los pozos cuando colapse el centro de generación de Lago Agrío, puesto que en la actualidad el restablecimiento del servicio eléctrico se hace manualmente.

Con la construcción de dicho sistema de transferencia automático se brindará celeridad y confiabilidad en estas maniobras, garantizando así un correcto arranque del sistema y evitando errores que se pueden dar al accionar el sistema manualmente y acortando el tiempo del corte de energía eléctrica

## **.OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar e Implementar un Sistema de transferencia Automático para la Central de Generación de Lago Agrio de Petroproducción con PLC Allen Bradley 1500., para mejorar las condiciones de operación del Sistema Eléctrico Interconectado .

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Analizar y contrastar los diferentes sistemas y elementos que serán utilizados en el proyecto para su posterior diseño e implementación.
- Diseñar el sistema de transferencia automático
- Implementar el sistema de transferencia automático
- Elaborar Planos Eléctricos tanto de fuerza como de control
- Elaborar el programa para el PLC
- Configurar la comunicación entre el PLC y la máquina para que en conjunto obtener una automatización de la central
- Elaborar un manual de operación y mando del sistema de transferencia automática.

## **ALCANCE.**

Realizar la implementación de un sistema que cumpla con todos los requerimientos necesarios para una transferencia automática óptima y confiable tomando en cuenta todas las variables existentes. Realizar una correcta selección de los materiales y equipos a utilizar como son: el PLC, sensores de voltaje, breakers, disyuntores, así como también medidores de energía entre otros, los cuales darán a la pauta del estado de la central de generación.

Implementar un tablero en el cual se alojaran los disyuntores para realizar maniobras, los respectivos sensores de voltaje y los contactos auxiliares de los principales disyuntores.

Se interconectarán con las respectivas bobinas de cierre de los disyuntores para realizar las acciones de control para los comandos de cierre o apertura, que trabajarán en conjunto con el PLC en el cual se encontrara la respectiva programación.

Al tener implementado completamente el sistema automático de transferencia será necesario hacer las respectivas pruebas de dicho sistema como son: el funcionamiento a diferentes nivel de generación, pruebas de sobrecarga al sistema y en el caso de que el sistema normal de generación sufra apagones; además también se debe hacer calibración y pruebas para encontrar la generación optima a la cual quedara funcionando la central.

Realizar la difusión y capacitación sobre el Sistema Automático de transferencia de la central a todo el personal que pueda tener acceso al mismo, como son: ingenieros, técnicos y el personal encargado de la área de generación eléctrica.

# CAPITULO I

## FUNDAMENTOS

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Petroproducción para las operaciones de extracción de petróleo dispone de sus propias centrales de generación, sistema de transmisión y distribución de energía eléctrica a los pozos.

Uno de los aspectos básicos para evitar daños de equipos y pérdidas de producción es la necesidad de la alta confiabilidad del sistema eléctrico, que evite que los equipos de fondo como, motores que accionan a las bombas puedan sufrir daños severos por arrancar una columna de petróleo. Estas consecuencias involucran pérdidas de producción cuyos efectos son nefastos para la empresa y la economía del país.

El Sistema Eléctrico de Petroproducción esta constituido por un sistema interconectado con centrales de generación ubicadas en varios campos a kilómetros de distancia, si una central de generación como la de Lago Agrio colapsa, es necesario, restaurar en el menor tiempo posible evitando pérdidas mayores y endurecimiento de las columnas de petróleo.

Normalmente existe un operador por central y en caso de colapso se requiere maniobras de restauración, tales como:

- Sacar de línea cargas
- Aseguramiento de desconexión de breakers de generadores
- Que no exista alimentación de energía eléctrica de centrales distantes
- Encendido del generador.
- Verificación correcta del encendido del mismo.
- Restauración del suministró eléctrico de toda la central.
- Apagado del generador de Emergencia.

- Esta serie de secuencia de acciones para arrancar el sistema, que en condiciones de emergencia normalmente ofuscan al operador, por lo que un proceso automático de restauración permitirá garantizar un arranque confiable y en el menor tiempo.

## **1.2 GENERADORES Y SISTEMA DE TRANSFERENCIA**

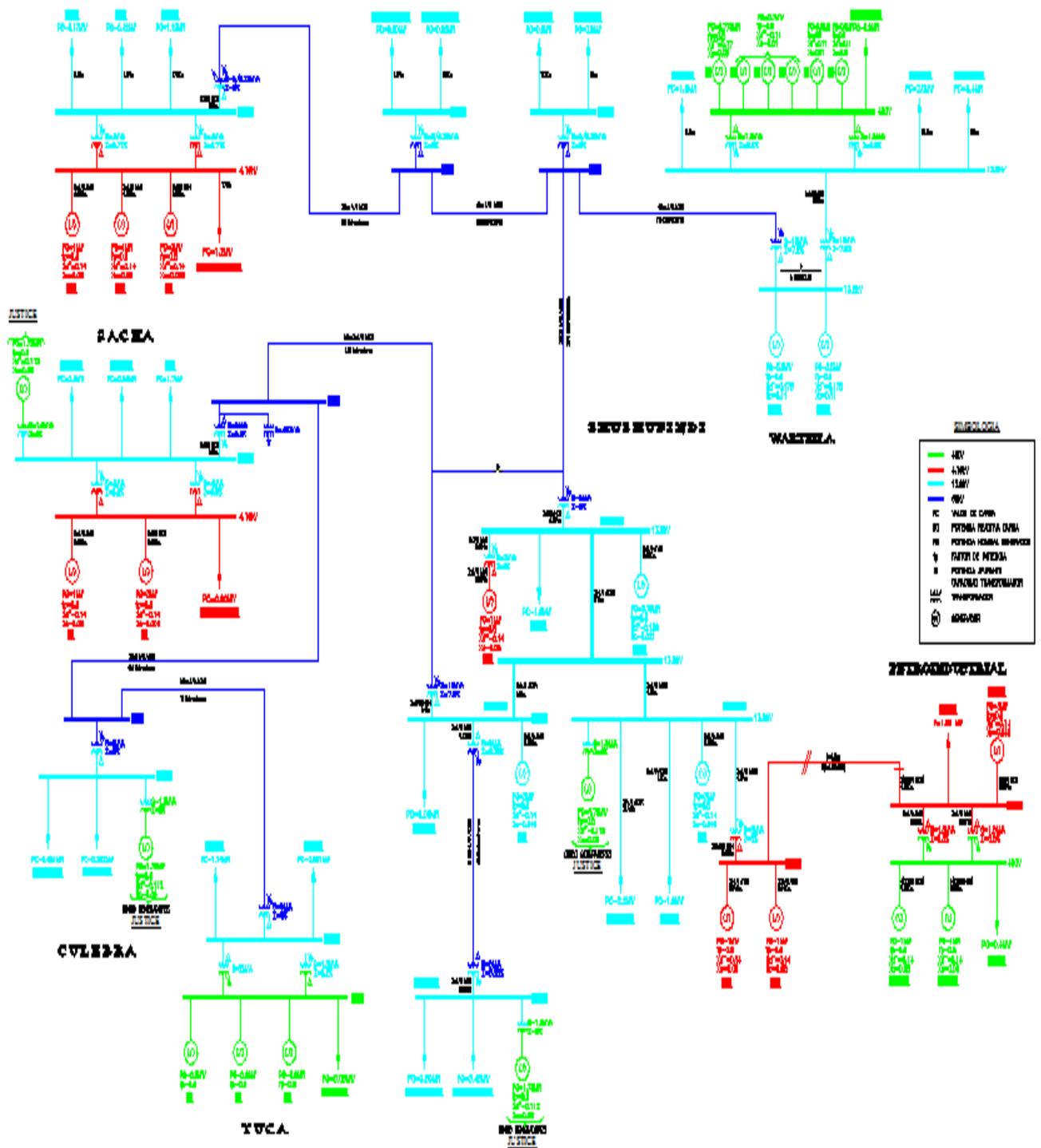
**1.2.1 CENTRALES DE GENERACIÓN DE PETROPRODUCCIÓN<sup>1</sup>.**- Como ya se mencionó anteriormente, el Sistema Eléctrico Interconectado de Petroproducción esta conformado por tres centros de generación principales pertenecientes a Petroproducción, uno en el campo Lago Agrio, uno en Sacha Central y uno en Shushufindi Central.

Las tres centrales pertenecientes a Petroproducción se encuentran formadas por turbinas de gas de fabricación inglesa marca Rouston, estas turbinas funcionan a gas o a diesel. En la central Lago Agrio, están instaladas dos turbinas de tipo TA-1750 con unidades generadoras tipo GA y una de tipo TB-5000 con una unidad generadora tipo GB cuyas potencias nominales son de 1000 kW y 3000 kW respectivamente, la capacidad total instalada es de 5000 kW; estas turbinas operan con un voltaje de 4.16 KV. En la central de Shushufindi están instaladas tres turbinas tipo TA-1750 que operan con un voltaje de 4.16 kV, dos turbinas tipo TB-5000 y una turbina Typhoon con una potencia nominal de 3750 kW que operan con un voltaje de 13.8 kV. La capacidad total instalada de este centro es de 12750 kW. En la central de Sacha está instalada una turbina tipo TA-1750 y una turbina tipo TB-5000 las dos unidades operan con un voltaje de 4.16 kV, la capacidad total de este centro es de 4000 kW

En la figura 1.0 Tenemos la ubicación geográfica de las turbinas tanto Las TA, TB y TY de todas las centrales de generación del SEIP.

---

<sup>1</sup> GRANJA RUALES, Iván, Análisis del sistema eléctrico interconectado de Petroproducción sobre la base de datos reales y su estado actual, Lago Agrio 2007.



En la figura 1.0 Tenemos la ubicación geográfica de las turbinas tanto Las TA, TB y TY

### 1.2.2 SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO DE PETROPRODUCCIÓN (SEIP).-

El SEIP tiene como característica principal que su conexión es en forma radial tiene un punto central en común y de ahí se derivan el resto de elementos del sistema tanto las centrales de generación como las cargas del sistema. El SEIP tiene varios niveles de voltaje como es: 480 V, 4.16 KV, 13.8 KV, 69 KV.

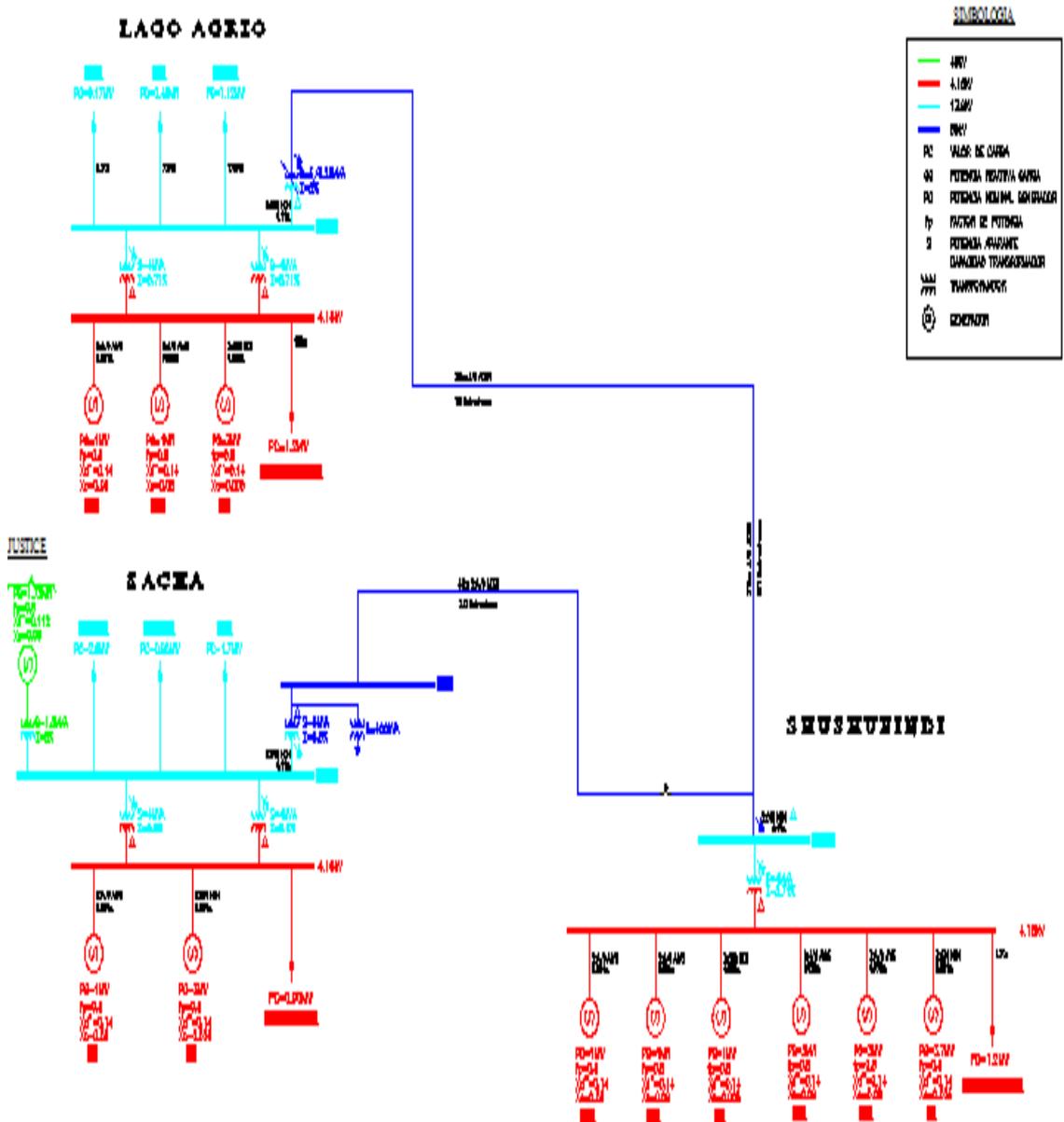
La transmisión de energía entre los diferentes campos se lo realiza a nivel de voltaje de 69 KV, y mediante transformadores se disminuye el voltaje a niveles requeridos en los distintos ramales de consumo.

En la **tabla 1.1.-** se encuentran las características más importantes de los generadores que conforman el SEIP.

Ubicación	Tipo o Modelo	Potencia Nominal	Potencia Efectiva	Unidades	Voltaje (V)	Frecuencia (Hz)
LAGO AGRIO	TA	1000	800	2	4160	60
	TB	3000	2600	1	4160	60
SHUSHUFINDI CENTRAL	TA	1000	800	3	4160	60
	TB	3000	2600	2	13800	60
	TYPHOON	3750	3500	1	13800	60
SACHA CENTRAL	TA	1000	800	1	4160	60
	TB	3000	2600	1	4160	60

Tabla 1.1 Características importantes de los generadores del SEIP

En la figura 1.1 tenemos el diagrama unifilar actual del SEIP.



En la figura 1.1 diagrama unifilar actual del SEIP

### 1.2.3 GENERADORES UTILIZADOS EN PETROPRODUCCIÓN <sup>2</sup>

A continuación se describen las principales características de las unidades generadoras tipo GA, GB y GTY:

#### UNIDAD TIPO GA:

Generador KATO, de 1000 kW de potencia nominal, 60 Hz, 4160 V de generación. Para control de voltaje dispone de un sistema de excitación que usa un generador asincrónico auxiliar de corriente alterna, el campo del mismo a su vez, es excitado mediante una fuente de voltaje de DC suministrada por un regulador Basler Electric modelo SR8A, el cual se alimenta de energía del generador principal, y regula el voltaje de alimentación al campo auxiliar en función de las variaciones de voltaje y corriente de salida del generador principal.

El voltaje de salida del generador auxiliar que es función del voltaje alimentado por el regulador, es convertido de AC a DC mediante un rectificador de diodos y luego alimentado al rotor principal, que crea el campo magnético giratorio de excitación al estator principal.

En la tabla 1.2 se muestra los datos de placa de la Turbina TA-1750

DATOS DE PLACA DE LA TURBINAS TA-1750			
PART NUMBER	No.GP6-2850	TYPE OR	16258
MODEL CODE	1000 FS9D	VOLTS	2400-4160
K W	1000	RPM	1200
KVA	1250	OVERHOUL	2 AÑOS
PHASE	3	TEMP.RISE	70
FRECUENCY	60Hz		

Tabla 1.2 Datos de placa de la turbina TA-1750

---

<sup>2</sup> GRANJA RUALES, Iván, Análisis del sistema eléctrico interconectado de Petroproducción sobre la base de datos reales y su estado actual, Lago Agrio.

### UNIDAD TIPO GB:

Generador General Electric, de 3000 kW de potencia nominal, 60 Hz, las unidades ubicadas en Shushufindi generan a 13800 voltios mientras que las unidades que están ubicadas en Lago Agrio y Sacha generan a 4160 voltios. El sistema de excitación es similar al de la unidad tipo GA. En la tabla 1.3 se muestra los datos de placa de la Turbina TB- 5000.

DATOS DE PLACA DE LA TURBINAS TB-5000			
SERIAL	LS8416809	AMP FIELD	3.5
AMP	520	FRECUENCY	60
PHASE	3	CARM BY RTD	80
KVA	3750	FRAME	8512
MODEL	SAT185282A14	EXL VOLT	48
RPM	1800		
FP	80		

Tabla 1.3 Datos de placa de la turbina TB-5000

### UNIDAD GTY:

Generador marca Ideal, tiene una potencia nominal de 3750 kW, 60 Hz, genera a 13800 voltios. La excitación se realiza mediante un generador auxiliar de imanes permanentes.

El control de arranque, parada, velocidad y demás variables de la unidad motriz se realiza a través de un sistema de control computarizado que dispone de terminales para comunicación RS232. Este sistema controla las válvulas reguladoras del paso de combustible. En la tabla 1.4 se muestra los datos de placa de la Turbina TYPHOON

DATOS DE PLACA DE LA TURBINAS TYPHOON			
SERIAL	S/N951013-01	FRAME	21120-36
AMP	196	POT ACT	3750 KW
TYPE	SAB	FASES	3
KVA	4688	FRECUENCY	60 Hz
VOLT	1800	CLASE	F
RPM	1800	TEMP AMB	40 C
FP	0.8		

Tabla 1.4 Datos de placa de la turbina TYPHOON

#### **1.2.4 SISTEMAS DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO.**

**1.2.4.1 SISTEMAS AUTOMÁTICO.-** Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento.

Actualmente, cualquier mecanismo, sistema o planta industrial presenta una parte actuadora, que corresponde al sistema físico que realiza la acción, y otra parte de mando o control, que genera las órdenes necesarias para que esa acción se lleve o no a cabo.

**1.2.4.2 TRANSFERENCIA ELÉCTRICA.-** Se conoce que la energía eléctrica puede ser trasladada o movilizada de un lugar otro, esta característica la aplicamos de acuerdo a las exigencias de la actualidad en las redes eléctricas. Que teniendo conexiones entre ellas tenemos la posibilidad de movilizar (Transferir) la energía a la red que se requiera.

**1.2.4.3 SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.-** En un sistema de transferencia automático las redes pueden ser controladas automáticamente de acuerdo a una variedad de modos de operación programadas.

Llegando así a la conclusión que los sistemas de transferencia automáticos permiten traspasar automáticamente las utilidades de una fuente de energía a la otra sin ninguna perturbación.

#### **1.3 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO.**

Para la elaboración del Sistema de Transferencia Automático se requerirá de los materiales y equipos Indicados a continuación.

## **DESCRIPCIÓN:**

**Voltímetro 0 a 600 V.-** Voltímetro Analógico de 0 a 600V con una tolerancia de 1% de error

**Medidor de frecuencia.-** Medidor analógico con un rango de 55 a 65 Hz con una tolerancia de 1 % de margen de error.

**Relés de 24 VCD.-** Con un nivel de voltaje de 24 VCD y una corriente de 4 A con respectivos contactos auxiliares normalmente abiertos y cerrados.

**Circuit Breakers.-** Dispositivos con mando a motor que se puedan maniobrar tanto eléctricamente como manualmente, las bobinas de cierre y apertura eléctrica deben ser tanto de corriente alterna como de continua y de 120 V y 24 V respectivamente y una corriente max de 250 A.

**Fusibles y Porta Fusibles.-** Fusibles tipo cartucho de actuación rápida para sistemas de control e iluminación de 4 A

**PLC.-** El Controlador lógico programable deberá poseer un número de 32 entradas y 32 salidas a relé (24 VCC), así como también un módulo de entrada analógico.(0 a 20 mA) y una corriente de 4 A y con su respectivo software de programación .

**Selector de cuatro posiciones.-** Selector de posición de perilla que permita seleccionar cualquiera de las ellas.

**Multi Panel Meter (medidor de magnitudes eléctricas).-** Que mida magnitudes eléctricas trifásicas como corriente, voltaje y potencia y que posea un indicador de display con la capacidad de realizar mediciones independientes entre línea y línea.

**Switch (con trip).-** De dos posiciones normalmente cerrado y normalmente abierto.

**Interruptores.-** De dos estados abierto y cerrado tipo botonera.

### Lámparas Piloto.- De 24 VCD.

A continuación en la tabla 1.5 encontramos todos los materiales y equipos utilizados en el sistema.

CANT.	NUMERO	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	FUNCIÓN
	DE PARTE		
1	1	Voltímetro 0 a 600 V	Medidor de voltaje variable de 0 a 600v
1	2	Medidor de frecuencia	Medidor de frecuencia de 55 a 65 Hz
9	3	Relés 24 VCD	Relés de protección para las entradas del PLC
4	4	Circuit Breakers De alta potencia	Breakers de Apertura y cierre de 250 A
12	6	Fusible 4 A	Protección del Circuito de control
12	8	Porta fusible 4 A	Protección del Circuito de control
1	9	Conjunto de terminales	Conexiones
1	10	PLC (32 Entradas, 32 Salidas a relé)	Control del sistema
4	11	Base de breaker	Conexiones
1	12	Selector 4 posiciones	Selección de líneas
1	13	Multi Panel Meter (medidor de magnitudes eléctricas)	Medidor de voltaje de generación
4	14	Switch (con trip)	Apertura y cierre de las CB
2	15	Interruptor de botón color rojo	Encendido del generador
2	16	Lámpara piloto luz roja	Señalización encendido del generador
2	17	lámpara piloto color verde	Señalización de falla del generador

Tabla 1.5 Materiales y equipos requeridos

Los elementos antes enumerados son los que se emplearán en la construcción del sistema de transferencia automático, y se hizo un análisis técnico económico referente a las cotizaciones de empresas ofertantes que se detallan a continuación.

## ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO CORRESPONDIENTE A LA OFERTA PARA LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA

ÍTEM	MATERIAL REQUERIDO POR PETROPRODUCCIÓN			ALLEN BRADLEY products			OHM INTERNATIONAL			FIELDFLO			
	CANT.	No	DESCRIPCIÓN	CUMPLE ESPECIF. TECNICAS	V. UNIT.	V.TOTAL	CUMPL E ESPECI F. TECNIC AS	V. UNIT.	V.TOTAL	CUMPL E ESPEC IF. TECNI CAS	V. UNIT.	V.TOTAL	
1	1	EA	1	Voltímetro 0 a600 V	SI	\$ 200,00	\$ 200,00	SI	\$ 192,00	\$ 192,00	SI	\$ 192,75	\$ 192,75
2	1	EA	2	Medidor de frecuencia	SI	\$ 285,90	\$ 285,90	SI	\$ 292,00	\$ 292,00	SI	\$ 293,51	\$ 293,51
3	9	EA	3	Relés 24 VCD	SI	\$ 15,00	\$ 135,00	SI	\$ 14,45	\$ 130,05	SI	\$ 13,50	\$ 121,50
4	4	EA	4	Breaker De alta potencia	SI	\$ 600,00	\$ 2.400,00	SI	\$ 590,00	\$ 2.360,00	SI	\$ 591,22	\$ 2.364,88
5	5	EA	5	caja de marquillas	SI	\$ 13,20	\$ 66,00	SI	\$ 14,00	\$ 70,00	SI	\$ 13,74	\$ 68,70
6	12	EA	6	Fusible 4 A	SI	\$ 13,20	\$ 158,40	SI	\$ 12,00	\$ 144,00	SI	\$ 13,74	\$ 164,88
7	5	EA	7	Caja de conectores	SI	\$ 20,90	\$ 104,50	SI	\$ 22,00	\$ 110,00	SI	\$ 21,76	\$ 108,80
8	12	EA	8	Porta fusible 4 A	SI	\$ 16,50	\$ 198,00	SI	\$ 17,00	\$ 204,00	SI	\$ 17,18	\$ 206,16
9	1	EA	9	Conjunto de terminales	SI	\$ 50,00	\$ 50,00	SI	\$ 42,00	\$ 42,00	SI	\$ 40,08	\$ 40,08
10	1	EA	10	PLC (32 Entradas, 32 Salidas a relé)	SI	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00	SI	\$ 2.300,00	\$ 2.300,00	SI	\$ 2.292,75	\$ 2.292,75
11	4	EA	11	Base de Brecker	SI	\$ 80,00	\$ 320,00	NO			SI	\$ 82,90	\$ 331,60
12	1	EA	12	Selector 4 posiciones	SI	\$ 236,50	\$ 236,50	SI	\$ 219,00	\$ 219,00	SI	\$ 294,27	\$ 294,27
13	1	EA	13	Multi Panel Meter (Medidor de Magnitudes Eléctricas)	SI	\$ 200,00	\$ 200,00	NO			SI	\$ 193,74	\$ 193,74
14	4	EA	14	Switch (con trip)	SI	\$ 35,00	\$ 140,00	SI	\$ 38,00	\$ 152,00	SI	\$ 33,74	\$ 134,96
15	2	EA	15	Interruptor de botón color rojo	SI	\$ 10,00	\$ 20,00	SI	\$ 7,00	\$ 14,00	SI	\$ 9,46	\$ 18,92
16	2	EA	16	Lámpara piloto luz roja	SI	\$ 8,00	\$ 16,00	SI	\$ 8,00	\$ 16,00	SI	\$ 7,18	\$ 14,36
17	2	EA	17	lámpara piloto color verde	SI	\$ 10,00	\$ 20,00	SI	\$ 7,00	\$ 14,00	SI	\$ 9,46	\$ 18,92
18	2	EA	18	Interruptor de botón color verde	SI	\$ 8,00	\$ 16,00	SI	\$ 8,00	\$ 16,00	SI	\$ 7,18	\$ 14,36
<b>SUBTOTAL (CONSIDERANDO ITEMS CORRECTOS)</b>						<b>\$ 6.966,30</b>			<b>\$ 6.275,05</b>			<b>\$ 6.875,14</b>	
<b>COSTO TOTAL + IMPUESTOS + GASTOS DE ENVIO</b>						<b>\$ 7.716,30</b>			<b>\$ 7.420,05</b>			<b>\$ 7.625,14</b>	

### CONCLUSIONES:

La compañía ALLEN BRADLEY, cotiza todos los ítems requeridos por PETROPRODUCCION.

La compañía FIELDFLO, cotiza todos los ítems requeridos por PETROPRODUCCION, y su oferta es la más rentable económicamente.

Los ítems 11 y 13, de la oferta correspondiente a la compañía OHM INTERNATIONAL, no cumplen con las especificaciones del material requerido por PETROPRODUCCION.

Del análisis correspondiente, que se refiere a la adquisición de materiales necesarios para el Diseño e implementación del Sistema de transferencia automático en la Central de Generación de Lago Agrio, debo indicar lo siguiente:

Del análisis técnico – económico adjunto se concluye que:

Se analizaron tres compañías, de las cuales se obtuvo las ofertas, estas empresas son: Allen Bradley, OHM International y FIELDSFLO.

- La oferta de la compañía Allen Bradley adjunta garantía, pero el costo total de la oferta es bastante elevada, pero incluye información técnica de los productos.
- La oferta de la compañía FIELDSFLO cumple con las especificaciones técnicas del material requerido, incluye información técnica de los productos pero no adjunta garantía.
- La oferta de la compañía OHM International no cumple con las especificaciones técnicas para los ítems 11 y 13. Adjunta información técnica de los productos
- Por lo tanto se **RECOMIENDA**, como la mejor alternativa, las ofertas realizadas por las compañías Allen Bradley o FIELDSFLO.

**Nota.-** Por tener ya relaciones industriales de mayor índole entre la empresa Allen Bradley y Petroproducción filial de Petroecuador, los equipos y materiales para el presente proyecto fueron adquiridos a la empresa Allen Bradley..

#### **1.4 CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE.**

La parte tangible de todo proyecto cumple un papel preponderante en el funcionamiento correcto del sistema, el que debe contar con las características

requeridas a las exigencias a las que pueden estar expuestas, tales como: humedad, riesgo de explosión, cortocircuitos, sobrecargas o una mala operación, además del análisis técnico económico del que habla el ítem 1.3, a continuación se describe las características de los elementos que estarán inmersos dentro del proyecto.

**1.4.1 PLC ALLEN BRADLEY 1500.-** El MicroLogix 1500 satisface las necesidades de control en una serie de aplicaciones, como es el caso de este proyecto, además la familia MicroLogix 1500 ofrece un controlador programable de bajo costo con un eficaz conjunto de instrucciones y rápida velocidad de ejecución para un alto rendimiento.

El controlador MicroLogix se programa usando la lógica de escalera mediante el software de programación RSLogix 500, que es compatible con la lógica de escalera. Los productos de esta familia de PLC están desarrollados para funcionar en el Sistema Operativo Microsoft Windows.

El PLC está constituido por cinco elementos principales:

- **Fuente de poder.-** La que entrega energía al CPU y los circuitos de entrada-salida: aunque en algunos casos, se requiere de una fuente adicional para energizar los elementos que están conectados a las entradas o salidas.
- **CPU.-** Realiza las funciones principalmente del PLC, está compuesto por un micro procesador, memoria RAM, ROM, puertos I/O. El sistema operativo del PLC se encuentra en la memoria ROM.
- **Bus de datos y control.-** El bus de datos y control está en el bastidor y se encarga de llevar los datos desde y hacia los circuitos de entrada y salida
- **Circuitos de entrada y salida.-** son buffers que separan el bus de datos de los elementos conectados en sus terminales.

- **Circuitos especiales.-** Los circuitos de funciones especiales, realizan funciones como manejo de motores.

## 1.4.2 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

### 1.4.2.1 FUNCIONES DE PROTECCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PARÁMETROS DE LOS RELÉS.-

Los Interruptores automáticos se encuentran equipados con el relé electrónico con microprocesador. Se emplean, para la protección en elevada potencia y, gracias a la regulación de la protección contra cortocircuito de 1,5 a 12 veces la corriente de empleo asignada, permiten elegir el valor de intervención óptimo para la aplicación que se le este dando.

Los relés electrónicos de marca ABB SACE realizados con la tecnología electrónica esto permite obtener funciones que garantizan elevada precisión de intervención, fiabilidad absoluta e insensibilidad a las variaciones externas de temperatura. El relé electrónico garantiza una protección absoluta y está completamente integrada con el interruptor; además, puede mandar la apertura del contactor en caso de defecto.

En la figura 1.2 se encuentra una fotografía de los Interruptores automáticos SACE Isomax S<sup>3</sup>



Figura 1.2 Interruptores automáticos SACE Isomax S<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> Manual de operación de los Interruptores automáticos SACE Isomax S

<sup>4</sup> Manual de operación de los Interruptores automáticos SACE Isomax S

**1.4.3.- VIP 396 MULTI PANEL METER.-** Es un instrumento poli funcional ideal para medir y visualizar las magnitudes eléctricas.

Está dotado de 3 display de tres cifras Led rojas de gran visibilidad y de led indicadores que señalan las fases en el panel frontal donde se indican los símbolos de las magnitudes y exponentes de las magnitudes de las medidas visualizadas.

El número máximo de medidas visualizadas es 22.



Figura 1.3 VIP 396 Multi panel Meter<sup>5</sup>

El instrumento puede ser instalado en redes trifásicas desequilibradas, en sistemas bifásicos y monofásicos.

Las conexiones de los cables de alimentación y los cables de medición de las tensiones y de las corrientes se efectúan mediante los bornes situados en la parte posterior del instrumento.

La lectura y la programación del instrumento se efectúa mediante el pulsador PAG situado en el panel frontal y los pulsadores SEL; SET y el conmutador SINGLE-

---

<sup>5</sup> Manual de operación de VIP 396 Multi panel Meter

PHASE / TRHEE- PHASE protegidos por una tapa en el panel frontal. Todos los parámetros pueden ser configurados con el instrumento ya instalado sin ningún inconveniente.

**FUNCIONAMIENTO.-** Cuando se enciende el VIP 396 se visualiza la última página seleccionada antes del apagado, a través del conmutador se selecciona el tipo de conexión a un sistema monofásico (SINGLE-PHASE) o Trifásico o monofásico (TRHEE- PHASE). Con el pulsador PAG se puede visualizar las diferentes páginas de medición. Para pasar al modo de (SETUP) es necesario presionar simultáneamente el pulsador PAG y el pulsador SEL.

La programación de los parámetros se efectúa utilizando las teclas SET SEL. Con el pulsador PAG se puede visualizar las diferentes páginas del SETUP y se vuelve a las páginas de medición.

## **1.5 CARACTERÍSTICAS Y ARQUITECTURA DEL PLC**

El PLC (Controlador Lógico programable ) es la herramienta principal de este sistema puesto que será el encargado de recibir, analizar, procesar y emitir señales de mando a los distintos dispositivos que intervienen dentro del sistema, será el cerebro que comandará todas las acciones por mínimas que estas sean.

### **1.5.1 TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE SEÑALES DEL PLC**

**CONEXIONES DE COMUNICACIÓN.-** El puerto encargado de la comunicación es el puerto RS -232 del autómata. Éste permitirá la conexión del autómata con el puerto serie del ordenador personal para poder programarlo de manera directa.

Este puerto utiliza el protocolo de comunicación DF1 Full-duplex, muy útil cuando se requiere comunicación RS-232 punto a punto. Este protocolo acepta transmisiones simultáneas entre dos dispositivos en ambas direcciones.

**1.5.2 RS-232.-** Es un interfaz que designa una norma para intercambio de una serie de datos entre un DTE (Equipo de terminal de datos) y un DCE (Equipo de comunicación de datos), consiste en un conector de la versión de 9 pines.

La Interfaz esta diseñada para distancias cortas, de unos 15 metros o menos, y para velocidades de comunicación bajas de no más de 20 (Kb/s). A pesar de ello, muchas veces se utiliza a mayores velocidades con un resultado aceptable. La interfaz puede trabajar en comunicación asíncrona o sincrona y tipos de canal simplex, half duplex o full duplex. En el canal simplex los datos viajarán en una dirección, en half duplex los datos pueden viajar en una u otra dirección pero en un determinado periodo de tiempo; en un canal full duplex los datos pueden viajar en ambos sentidos simultáneamente.

**1.5.3 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN.-** Por defecto es de 19200 Bps. Para que no existan problemas de comunicaciones, los dos dispositivos deberán tener la misma velocidad de transmisión.

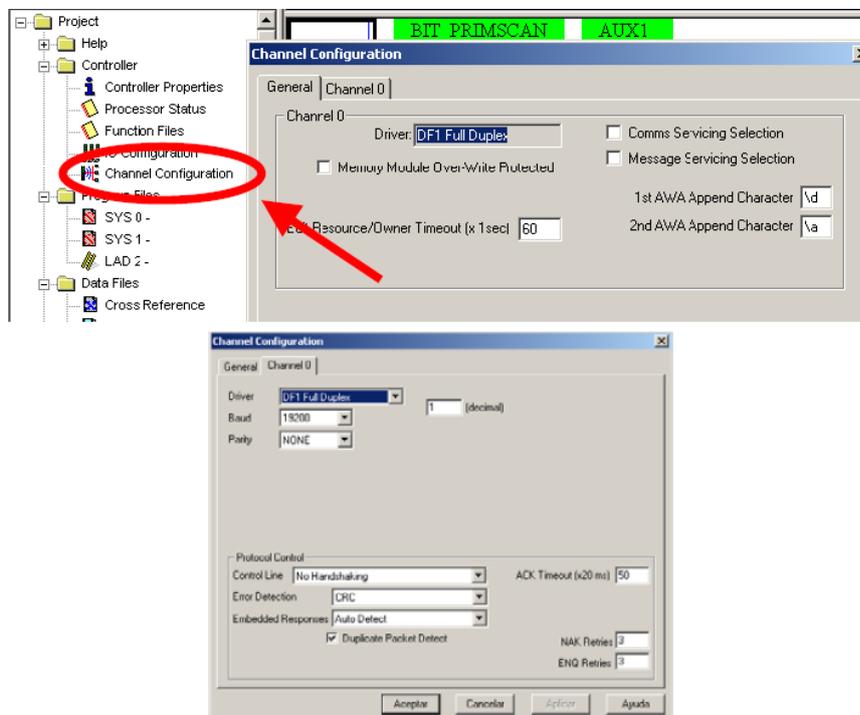


Figura 1.3.- Configuración de la velocidad de transmisión

Este puerto puede también configurarse mediante el software RSLogix 500 como se muestra en la figura 1.3 accediendo al menú *Channel Configuration* del árbol de proyecto. En dicha figura se encuentra la forma de configurar de la velocidad de transmisión

**1.5.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL HARDWARE.-** A continuación se describirán los aspectos más importantes del controlador, incidiendo en aquellos aspectos que serán más necesarios para la realización de las prácticas a distancia. El autómata programable MicroLogix 1500 pertenece a la gama de autómatas de rango medio de Allen Bradley y puede acceder a Ethernet mediante la conexión con el módulo ENI (*Ethernet Network Interface*). En la figura 1.4 tenemos la Apariencia física del PLC



Figura 1.4.- PLC Allen Bradley 1500<sup>6</sup>

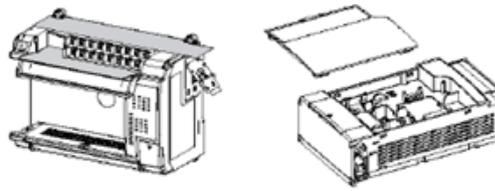
El MicroLogix 1500 es una plataforma de control lógico programable que cuenta con un innovador diseño de dos piezas y medidas pequeñas. El procesador y la base (figura 1.5) se deslizan juntos para formar el controlador completo. Estos se reemplazan independientemente, lo cual permite maximizar las opciones de E/S.

El controlador está formado por los siguientes componentes:

- Unidad base modelo 1764-24BWA: 12 entradas a 24 VCC y 12 salidas de relé.
- Fuente de alimentación a 120/240 VCA
- Procesador modelo 1764-LSP, con 7Kb de capacidad para programa de usuario.

---

<sup>6</sup> Manual de operación del MicroLogix 1500



Unidad base 1764-24BWA Procesador 1764-LSP

Figura 1.5 Hardware del PLC Allen Bradley<sup>7</sup>

**1.5.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE.-** RSLogix 1500 es el software destinado a la creación de los programas del autómatas en lenguaje de esquema de contactos o también llamado lógico de escalera (*Ladder*) (Figura 1.6). Incluye. Editor de *Ladder* y verificador de proyectos (creación de una lista de errores) entre otras opciones.

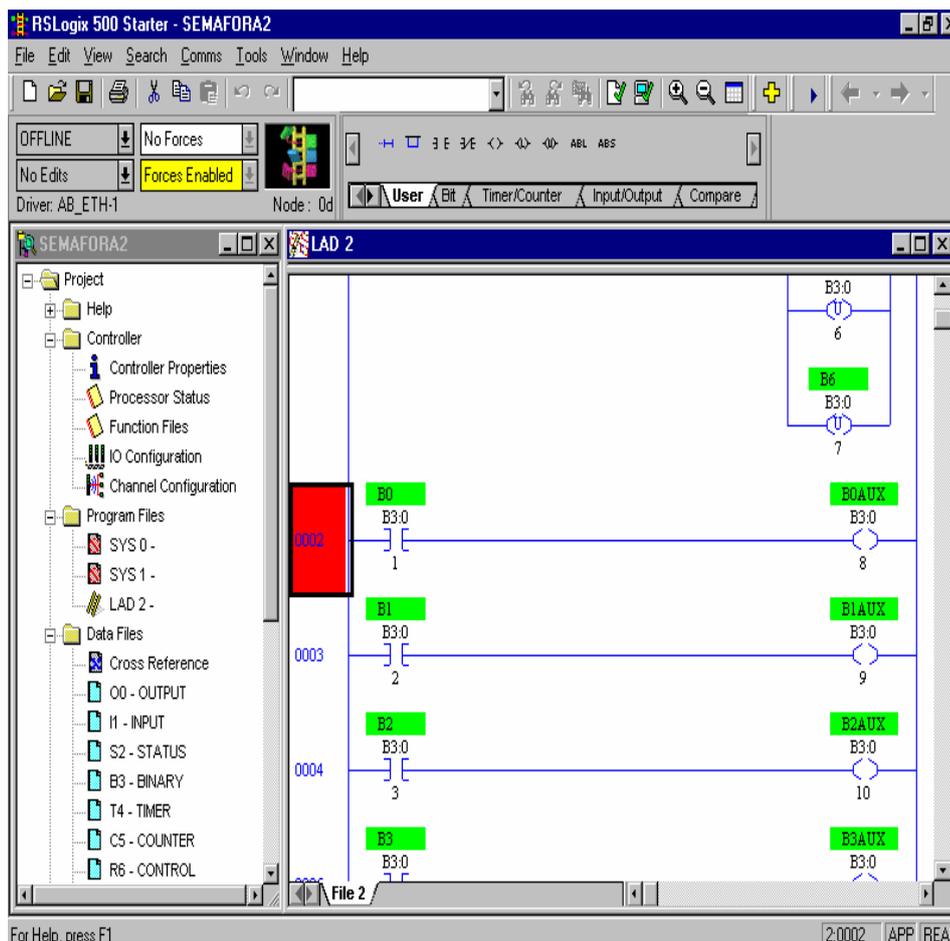


Figura 1.6.- pantalla principal del RSLogix 500<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Manual de operación del MicroLogix 1500

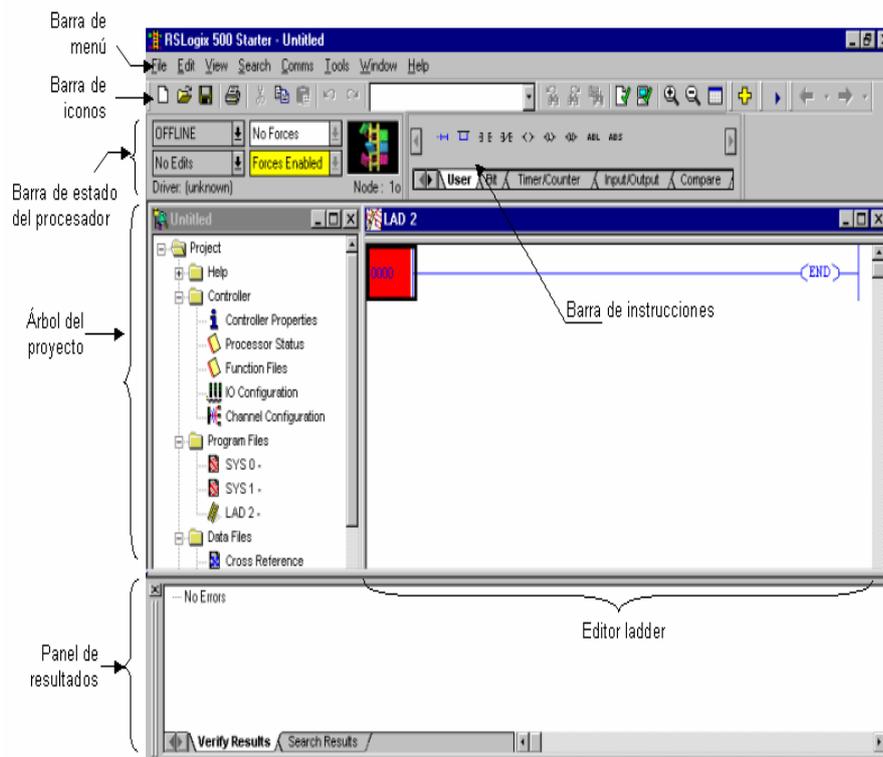


Figura 1.7 Menús de trabajo del RSlogix 1500

Existen diferentes menús de trabajo (figura 1.7) en el entorno de RSLogix 1500, a continuación se hace una pequeña explicación de los mismos:

**Barra de menú:** Permite realizar diferentes funciones como recuperar o guardar programas, opciones de ayuda, etc. Es decir, las funciones elementales de cualquier software actual.

**Barra de iconos:** Engloba las funciones de uso más repetido en el desarrollo de los programas.

**Barra de estado del procesador:** Nos permite visualizar y modificar el modo de trabajo del procesador (*online*, *offline*, *program*, *remote*), cargar y/o descargar programas (upload/download program), así como visualizar el controlador utilizado (*Ethernet drive* en el caso actual).

<sup>8</sup> Fotografía del Software de programación

**Árbol del proyecto:** Contiene todas las carpetas y archivos generados en el proyecto, estos se organizan en carpetas. Las más interesantes para el tipo de prácticas que se realizará son:

**Panel de resultados:** Aparecen los errores de programación que surgen al verificar la corrección del programa realizado  (situados en la barra de iconos). Efectuando doble clic sobre el error, automáticamente el cursor se situará sobre la ventana de programa Ladder en la posición donde se ha producido tal error.

También es posible validar el archivo mediante *Edit > Verify File* o el proyecto completo *Edit > Verify Project*

**Barra de instrucciones:** Esta barra le permitirá, a través de pestañas y botones, acceder de forma rápida a las instrucciones más habituales del lenguaje Ladder. Presionando sobre cada instrucción, ésta se introducirá en el programa Ladder.

## **1.6 ADQUISICIÓN Y MANEJO DE SEÑALES EXTERNAS Y VARIABLES INTERNAS**

**1.6.1 SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS.-** Este grupo de funciones permiten realizar la lectura cíclica de las señales de proceso, estos datos son alimentados al PLC para su procesamiento; luego, serán transportados hacia los servidores de comunicación, quienes se encargan de enviar los datos a los componentes del sistema su utilización y función. Este grupo de funciones tiene relación con la adquisición, procesamiento de las señales y del tratamiento de eventos especiales y de perturbaciones del sistema de potencia.

El controlador utilizado contiene únicamente el bloque de entradas/salidas incorporadas, es decir, 12 entradas a 24 VCC y 12 salidas de relé así como también ofrece la posibilidad de incrementar el número de entradas y salidas (Figura 1.8) con módulo de expansión tanto de entradas (1769-IQ16 Input), como de salidas (1769-ob16 Output) con las mismas características de las existentes en el controlador

así como también un modulo de expansión de entradas analógicas 1769-IF4 módulos tienen la capacidad para ser configurados individualmente para cada analógica actual (4 a 20 mA o 0 a 20 mA) o tensión ( $\pm 10$  V CC, 0 a 10 V CC, 0 a 5 V DC o 1 a 5 V CC) de entrada / salida. Esta aplicación ofrece la flexibilidad requerida en procesos industriales.



Figura 1.8 Fotografía de los módulos de entradas y salidas<sup>9</sup>

Debido a la tipología de las prácticas las entradas deberán estar alimentadas a 24VCC. Las salidas al ser de tipo relé deberán cablearse a un potencial de referencia, en nuestro caso se utilizará el potencial de +24 VCC proporcionado por la propia fuente de alimentación del autómatas.

En la figura 1.9 se muestra el cableado de uno de estos potenciales que corresponde a la salida O:0/0, en rojo la alimentación y en negro el común.

Los terminales de la unidad base están agrupados diferenciándose en cinco grupos de salidas (según el sombreado, figura 1.8), de esta manera sería posible cablear las salidas a potenciales diferentes.

En nuestro caso todas se encuentran cableadas a 24 VCC.

---

<sup>9</sup> Manual de operación del MicroLogix 1500

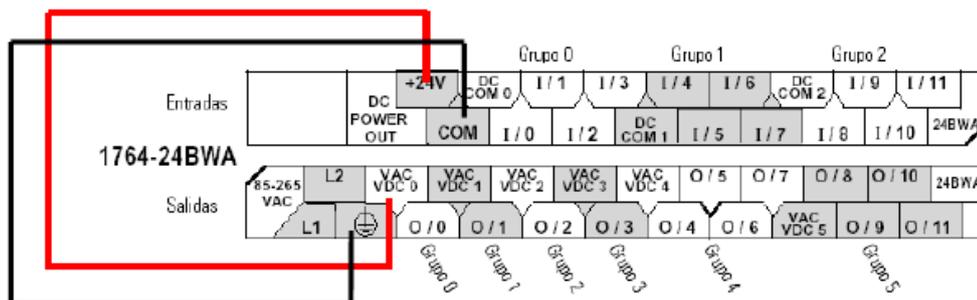


Figura 1.9<sup>10</sup> Diagrama de conexión Para la Alimentación de Los Módulos

## 1.7 SISTEMAS DE CONTROL DE ACCESO Y MONITOREO.

**1.7.1 SISTEMAS DE CONTROL DE ACCESO.-** Para poder tener acceso a la programación del Sistema es necesario tener disponible:

- una PC,
- el software de programación (RSLogix 500),
- la licencia del programa
- el puerto de comunicación respectivo para poder interactuar entre la PC y el PLC.

**1.7.2 SISTEMAS DE MONITOREO.-** Este sistema monitoreara toda la central de generación de Lago Agrio, mediante medidores de energía situados en lugares estratégicos, que diagnosticarán el estado real de los equipos.

El sistema dispondrá de luces indicadoras de funcionamiento correcto o incorrecto, así como, también del estado de ciertos elementos de los que es necesario verificar condiciones.

<sup>10</sup> Manual de operación del MicroLogix 1500

## **CAPITULO II: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.**

### **2.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA**

En la mayoría de aplicaciones e innovaciones de tecnología y equipos en los distintos procesos de una industria están destinadas a solucionar problemas específicos tal es el caso del Sistema de Transferencia Automático, para el generador de emergencia, puesto que el proceso de acciones para el cumplimiento de las condiciones de arranque de el mismo en la actualidad es precario, ya que es de forma manual; generando desconfianza e inseguridad puesto que una mala maniobra en la operación podría derivarse en otro problema que agudice la crisis ya existente por el apagón .

El sistema de transferencia automático es de suma importancia dentro del SEIP, puesto que se encarga de garantizar el restablecimiento mas inmediato de energía en la central de generación de Lago Agrio cuando a existido un apagón total.

#### **2.1.2 CRITERIOS DE DISEÑO**

A continuación se analizarán las pautas que se deberán tomar en cuenta para un diseño correcto y seguro del sistema.

- Verificación de que ha ocurrido un apagón total en la central y que las líneas de transmisión están des energizadas.
- Aislar la central de generación Lago del resto de las centrales y campos de todo el distrito amazónico.
- Verificar el estado de los circuit breaker y disyuntores de todo el sistema.
- Aislar el generador de emergencia de la central mientras se ponga en funcionamiento y se verifique que el rango de las magnitudes eléctricas generadas por el mismo estén dentro de un rango pre establecido.

- Previa la verificación del funcionamiento del generador en forma correcta, se debe proceder a la alimentación de los circuitos auxiliares de las turbinas los cuales nos permitirán el encendido de las mismas.
- Automáticamente luego del encendido de cualquiera de las turbinas el generador auxiliar debe ser aislado.
- Luego se debe esperar un tiempo prudente (20 minutos) que el generador este en funcionamiento en vacío para proceder al apagado
- A continuación en la figura 2.0 tenemos el diagrama unifilar del sistema de Transferencia con cada uno de los elementos del sistema.

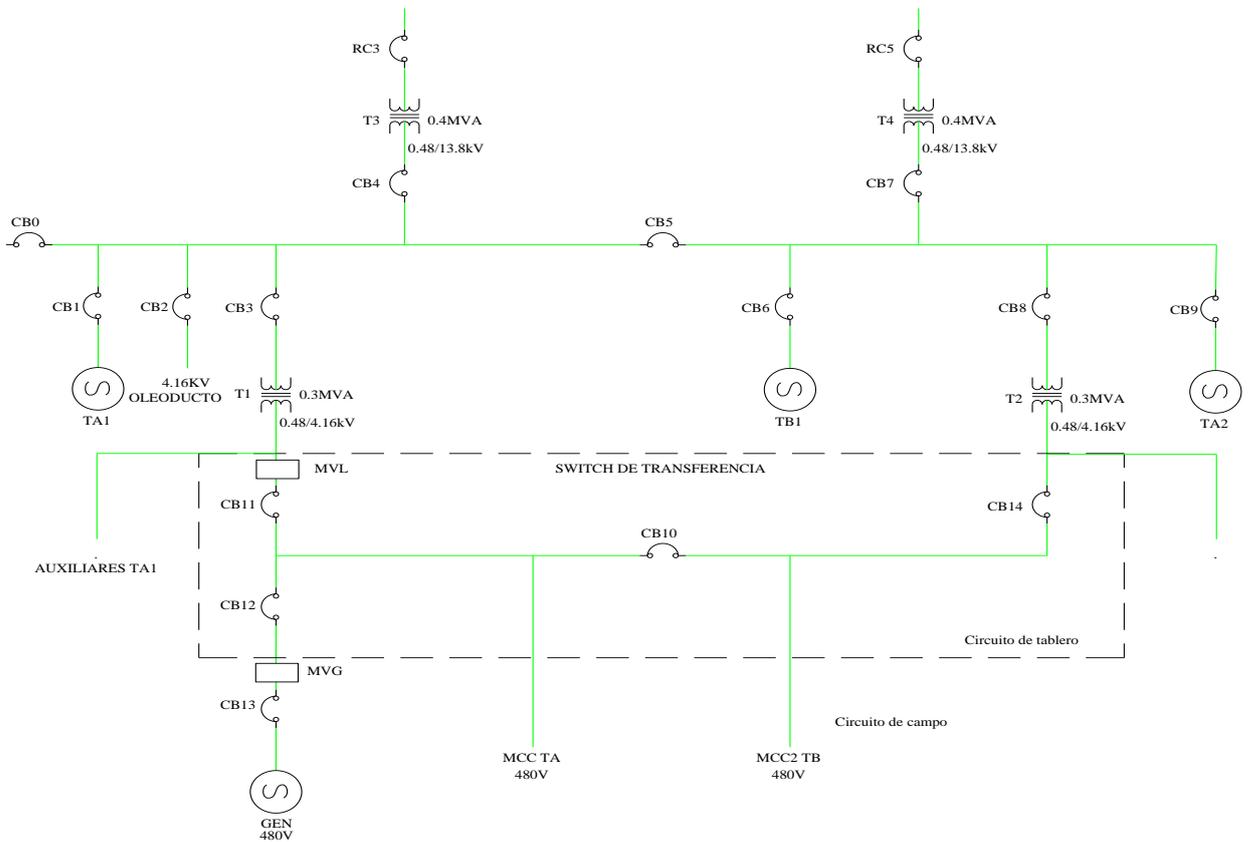


Figura 2.0.- Diagrama Unifilar del sistema de Transferencia

En este diagrama encontramos la ubicación de todos los elementos inmersos en el Sistema de Transferencia Automático para la central como son breakers disyuntores,

medidores de voltaje y generación así como también a los elementos a los que alimentará el generador de emergencia en el instante en que entre a funcionar.

A continuación detallaremos la función que cumplen cada uno de estos elementos dentro del sistema:

Así tenemos que los Disyuntores CB0, CB4 y CB7 cumplen la función de aislar la central de generación de Lago con el resto de centrales y campos de generación y consumo del SEIP.

Los disyuntores CB1, CB6 y CB9 son los disyuntores encargados del control de las tres turbinas de generación existentes TA1, TB1 y TB2 respectivamente. Mientras tanto que CB3 y CB8 son los encargados de control del transformador uno y dos existentes entre el tablero y la línea de transmisión.

Los Breaker CB10, CB11, CB14, tienen el control de paso de energía tanto hacia los transformadores uno y dos como hacia los auxiliares de encendido de las turbinas. El CB13 es un Breaker de protección propio del generador de emergencia.

El CB12 permite o no el paso de la generación de energía proveniente del generador hacia el resto del sistema.

Medidor de Voltaje de Línea MVL este dispositivo no indicará la existencia o no de voltaje en la línea y en el caso de no existir enviará una señal al PLC para en cumplimiento respectivo de la secuencia establecida.

El Medidor de Voltaje de Generación MVG es el encargado de establecer si existe un correcto nivel de generación o no por parte del generador.

Los auxiliares de las turbinas son dispositivos que nos permiten arrancar las turbinas después que estas hayan sufrido un apagón.

**2.1.3 SOLUCIÓN EN LA OPERACIÓN EN FORMA AUTOMÁTICA.-** En el caso de seleccionar esta opción para el funcionamiento del sistema, como su nombre lo indica todo el proceso se lo realiza en forma automática, el programa cargado en el PLC se encargará del monitoreo del estado del todo el sistema y en el caso de existir el apagón emitirá las órdenes pertinentes necesarias a ejecutarse en los dispositivos para el correcto arranque del generador. Además comprobará si la generación una vez arrancado la unidad este dentro de una rango de tolerancia previamente ya establecido.

Al cumplir las condiciones para el arranque y generación. El sistema cumplirá su función de restablecimiento del suministro de energía de la central; después de esto el PLC se encargará de aislar al generador del resto del sistema y quedará trabajando en vacío durante unos minutos para luego proceder al apagado.

**2.1.4 SOLUCIÓN EN LA OPERACIÓN EN FORMA MANUAL.-** Al estar el sistema operando en este modo las funciones que tiene que realizar es el mismo que el ya descrito en el modo automático, la diferencia es que las disposiciones de las ordenes necesarias para que las condiciones de el estado de los dispositivos ya no serán dadas mediante el PLC, si no serán emitidas por parte de un operador mediante el selector de cierre o apertura de los dispositivos existente en el tablero.



Figura 2.1 Fotografía de las luces de señalización

**Consideración.-** Es importante considerar que el sistema poseerá luces de señalización del estado de sus dispositivos, así como también del correcto funcionamiento o no del generador (Figura 2.1).

## **2.2 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA.**

Después de describir el sistema tenemos como objetivo analizar la posibilidad de solucionar los problemas existentes, haciendo uso del sistema de transferencia Automático de energía.

Se analizará el aporte que daría cada función del sistema, a la solución de los problemas operativos en la central de generación, con el fin de definir la funcionalidad básica requerida.

Los requerimientos que debe cumplir el sistema de Transferencia, vienen establecidos por las siguientes funciones que mediante las mismas se buscarán minimizar al máximo el tiempo de restauración del suministro de energía.

### **FUNCIONES DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

Adquisición y procesamiento de datos - Comprende un grupo de funciones que permiten recopilar los datos e información de sensores y relés de los centros de generación y subestaciones del SEIP, estas señales pueden ser utilizadas y tratadas en el PLC, con su propia funcionalidad, y en donde puedan ser observadas por el operador, puedan ser evaluadas con el soporte de las funciones de supervisión y sirvan de soporte para la planificación operativa.

**FUNCIONES DE SUPERVISIÓN.-** La supervisión del correcto funcionamiento del SEIP esta basado en el MVL el que se encargará de una supervisión constante que en el caso de existir un apagón enviará una señal al PLC el mismo que dispondrá un:

Manejo de eventos del Sistema de Potencia.- Se describen los principios a aplicarse en el manejo de eventos del sistema de potencia, la función de manejo de eventos debe permitir:

- Un valor ha superado un límite,
- El valor ha retornado a su estado normal
- Cambio de estado de un disyuntor o seccionador
- Ejecución de un comando
- Orden de comando no realizada exitosamente

## **FUNCIONES DE CONTROL**

Para las tareas de control, se requiere de una serie de funciones de estación, de campo y comunicaciones que se describen a continuación:

- Valores de consigna, Desde el Controlador Lógico Programable (PLC) se pueden enviar los valores de calibración (set point) de las unidades que se esta controlando.
- Comandos.- Para las tareas de mando desde el centro de control PLC, que permitan lograr cambios en el sistema mediante acciones de control se requerirá del soporte de las siguientes funciones propias:
  - Comandos ON/OFF.- Para cerrar o abrir interruptores
  - Comandos de puntos de calibración para regulación (set point).-
  - Funciones automáticas locales, existirán un conjunto de acciones automáticas en la operación de interruptores para las funciones específicas y secuencia automática en colapsos.

**2.2.1 REQUERIMIENTOS PARA EL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL PLC.**- Para poder utilizar este software sin problemas se requiere tener un sistema con las siguientes características como mínimo:

- Intel Pentium II o superior

- 128 MB de RAM para los siguientes tipos de Windows
- Windows NT,
- Windows 2000,
- Windows XP
- (64 MB Para Windows 98®)
- 45 MB de espacio de disco duro disponible
- CD-ROM drive
- Disquetera de 3.5 pulgadas (solo para la activación del programa mediante la llave)
- Cualquier dispositivo de señalamiento compatible con Windows
- RSLinx (software de comunicación) versión 2.31.00 o posterior.

### 2.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

El Diagrama de Bloques del Sistema de Sistema de Transferencia Automático de la Central se presenta en la Figura 2.2 y consta de 4 bloques detallados a continuación:

**BLOQUE 1:** Se constituye en la etapa de adquisición de datos de acceso. Dicha etapa se basa en la señalización que emita el Medidor de voltaje de línea (MVL) el que está encargado del monitoreo constante de las existencia o no de energía eléctrica en la central.

Cuando este dispositivo emita la señal de falla entonces el sistema de Transferencia Automático podrá entrar a cumplir su función. Dicha lectura es transmitida hacia el PLC del sistema del Bloque 2.

**BLOQUE 2:** Es la etapa principal del Proyecto; consta de un PLC, el que se constituye en el cerebro del sistema y es capaz de habilitar la comunicación y recibir la orden de lectura del MVL del **BLOQUE 1**, así como también del **BLOQUE 3** que corresponde a los sentidos del Sistema, los cuales son los encargados de informar al PLC el comportamiento y las acciones a seguir.

Así también, es el encargado de enviar la información de los procesos hacia el **BLOQUE 3** y recibir la respuesta del estado actual de los elementos de este bloque para decidir si accionar o no a los dispositivos de fuerza del sistema para cumplir las condiciones de funcionamiento.

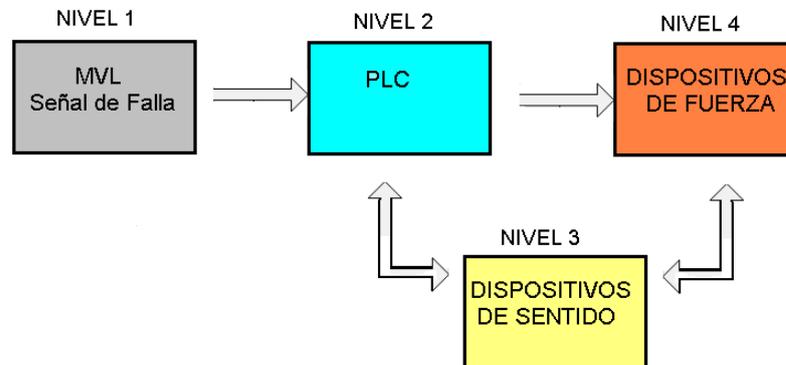


Fig. 2.2. Diagrama de Bloques del Sistema

**BLOQUE 3:** Corresponde a los sentidos del Sistema, los cuales son los encargados de informar al PLC el comportamiento y las acciones a seguir. En primer lugar existe una botonera, que permite elegir el tipo de mando (manual ó automático), Selectores de Apertura cierre de los Disyuntores que en determinadas condiciones de funcionamiento serán los encargados de hacer cumplir las condiciones.

**BLOQUE 4:** Es la etapa final del Proyecto y son los elementos de fuerza del sistema como: Breaker y disyuntores que son accionados o no de acuerdo a las acciones tomadas en PLC del **BLOQUE 2**.

## 2.4 CONFIGURACIÓN DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE SEÑALES.

**2.4.1 INSTALACIÓN DEL SOFTWARE.-** Una vez introducido el CD-ROM de RSLogix 500 el proceso de instalación comenzará automáticamente. Escogemos *Install RSLogix 500* y se siguen las instrucciones, el código serie y, cuando se pida, se introduce el disquete llave que viene en el paquete de software. Este activará la aplicación y estará lista para su funcionamiento.

## 2.4.2 CONFIGURACIÓN DEL AUTÓMATA Y LAS COMUNICACIONES.- Para empezar se debe:

- Configurar el autómata, en nuestro caso se trata de un MicroLogix 1500 LSP serie C. Para hacerlo debe ir al menú *File>New* y en el diálogo que aparece seleccionar el procesador adecuado.
- En el mismo diálogo se puede seleccionar la red a la que estará conectado o aceptar la que el programa reconoce por defecto (con el RSLinx).
- Aparecerá el controlador correspondiente, en el desplegable *Driver*. Sino, se puede usar el pulsador que aparece (*Who Active*) que permite acceder a un diálogo similar a *RSWho* y seleccionar la red definida, escoger el autómata MicroLogix 1500.
- Para que el autómata se muestre en la red debe estar conectado a Ethernet y tener activado el RSLinx. Una vez aceptado (*OK*) aparecerá la ventana del proyecto y la ventana del programa Ladder.

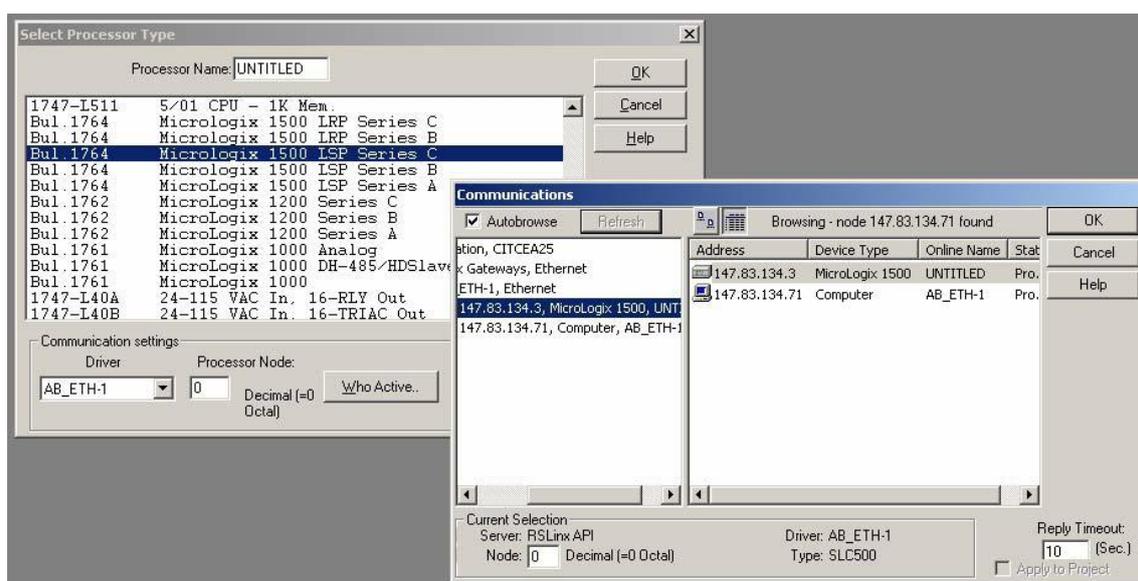


Figura 2.3 Configuración del Autómata

La configuración de la red se puede modificar en cualquier momento accediendo desde el árbol de proyecto > *Controller*>*Controller Communications*.

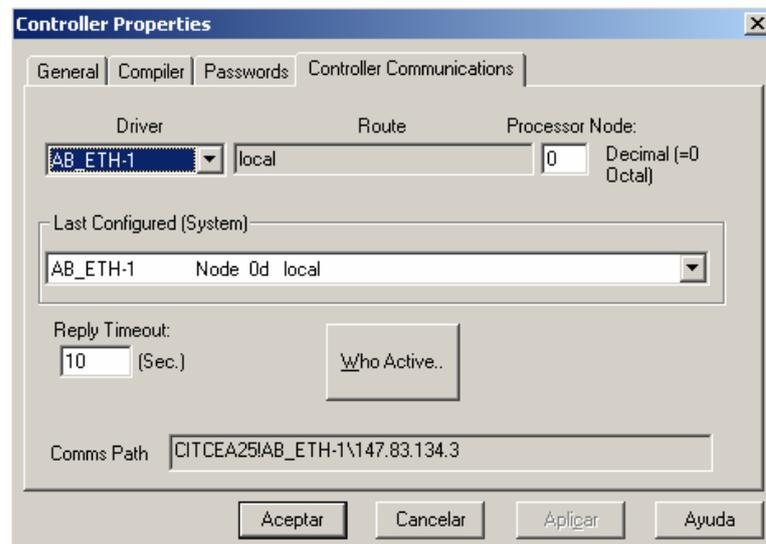


Figura 2.4: Modificación de la configuración de las comunicaciones del autómat

### 2.4.3 DIRECCIONAMIENTO

Los estados de las entradas y salidas del autómat se pueden verificar mediante el RSLogix, accediendo al menú *Data Files*>*Output* o *Input*. En este menú se puede visualizar su estado, forzar bits\* y nombrar las salidas. El autómat se refiere a las diferentes entradas y salidas digitales, las que se tienen en este caso, como

Tipo de archivo	Delimitador de Ranura	# de Ranura	Delimitador de Bit	# de Bit
I (entrada)	:	0	/	0 a 11
O (Salida)	:	0	/	0 a 11

Tabla 2.0 direccionamiento de entradas y salidas

Por ejemplo la salida número 2 se escribiría: O:0/2.

Para el direccionamiento de las variables internas de la memoria del autómat se usa una nomenclatura similar. La diferencia es que en lugar de llamarse I ó O, se

llaman B3. Por ejemplo la primera variable corresponde a B3:0/0. Éstas se reúnen en grupos de 16 variables. La número 17 sería B3:1/0. Y así de manera sucesiva hasta que lo permita la memoria de usuario que posea nuestro controlador.

**El forzado de variables.-** Nos será muy útil para simular los pulsadores de paro, marcha, etc. Este forzado se puede realizar con el autómata *on-line* (en línea) y *offline* (fuera de conexión). Para forzar una variable de bit se debe entrar el menú *Data Files> Binary*, y pasar el bit correspondiente (círculo azul) de 0 a 1 como se muestra en la figura 2.5. En este caso estaríamos activando la variable B3:1/1.

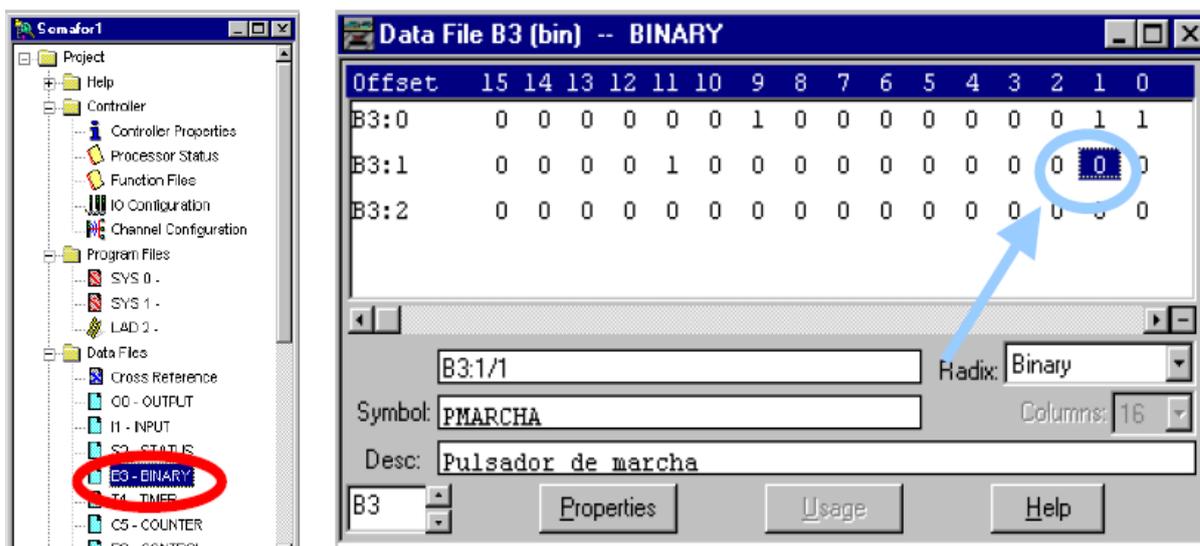


Figura 2.5 forzado de variables

## 2.5 SUB RUTINAS DE DISEÑO

Al implementar un sistema de Transferencia Automático, permitirá realizar el Monitoreo de la existencia o no de generación eléctrica en la central generadora, y en el caso de no existir dicha generación, controlar el cumplimiento estricto y correcto para la puesta en marcha del generador de Emergencia el que estará encargado de suministrar la energía requerida para los dispositivos de arranque de las tres turbinas existentes como son: las bombas de diesel y aceite, mas el principal componente que es el motor de arranque.

- A continuación detallamos el estado que deben permanecer tanto los Breaker como los disyuntores para cumplir los requerimientos por la parte de control para la puesta en marcha del generador de Emergencia divididos en sub rutinas.
- Con el MVL comprobar que NO exista voltaje en la central de generación.
- Verificación que estén abiertos los disyuntores CB0, CB1, CB2, CB4, CB6, CB7 y CB9. Mientras tanto deben estar cerrados los disyuntores CB3 y CB8.
- Verificación que deben cerrados los contactos CB10, CB11, CB14 y abierto CB12 esto es en el Tablero de transferencia.
- Procediendo al arranque el generador de emergencia.
- Con el MVG se comprueba si la generación esta en un rango de valores que se toman como validos o correctos, si cumple con esta condición necesaria entonces se cierra CB12 y se logra tener alimentada la línea y los auxiliares de las turbinas.
- Podemos arrancar una a una las turbinas de generación.
- Sincronización de los parámetros necesarios de las turbinas y se cierra CB9, CB6 o CB1 de acuerdo a las turbinas arrancadas respectivamente y abrimos el contacto CB12 con cualquier señal de CB9, CB6 o CB1 que se haya cerrado y esperamos un tiempo determinado que se enfríe el generador y se procede al apagado.

## **2.6 DISEÑO DEL PROGRAMA PARA EL PLC.**

El programa está elaborado con la lógica de programación llamada programación en escalera, que se refiere a que para realizar un proceso debe cumplirse estrictamente las condiciones anteriores previa la ejecución de la orden.

Así el programa tendrá un selector que nos brindará la posibilidad de seleccionar el modo de funcionamiento, del sistema ya sea automático o manual. Luego de seleccionar el modo de funcionamiento cualquiera que este sea lo primero que se realizara es la verificación del estado tanto de los breakers como de los disyuntores. Posteriormente a la verificación citada anteriormente procedemos a encender el generador.

Por último con el encendido del generador y su funcionamiento correcto restableceríamos el suministro normal de energía en la central y procederíamos al apagado del generador.

En el anexo 2 encontramos la programación completa en ladder del sistema.

En la figura 2.6 tenemos un diagrama de flujo del sistema que ilustra la forma de funcionamiento del sistema tanto en forma automática como manual, y su respectiva secuencia de funcionamiento.

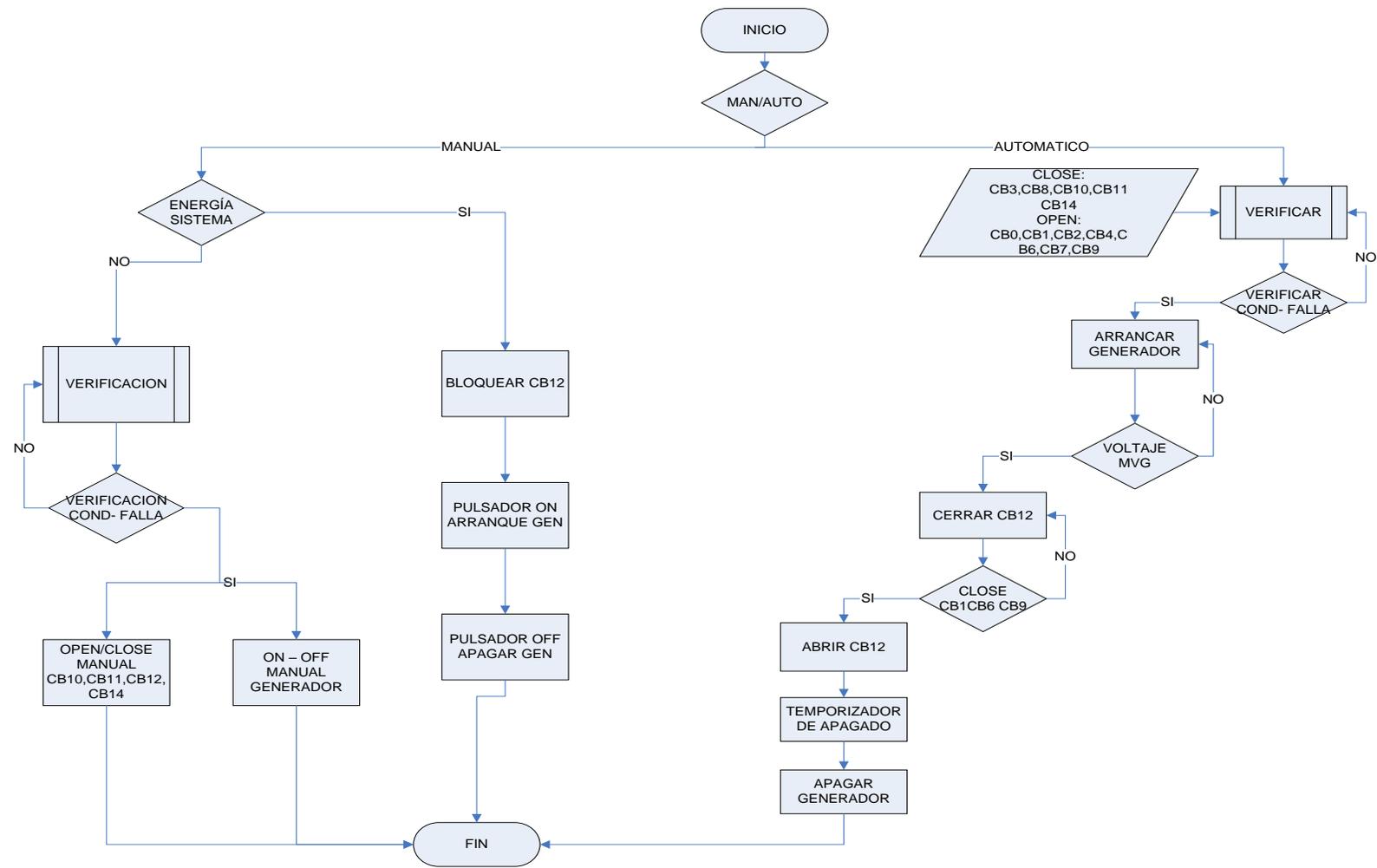


Figura 2.6 .- Diagrama del Sistema de Transferencia Automático.

**DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES REGISTROS UTILIZADOS DENTRO DEL SOFTWARE.-** En las siguientes líneas se describe los registros usados tanto para las entradas como las salidas del PLC.

### COMANDOS PARA LAS SALIDAS

<b>VARIABLES FÍSICAS DE ENTRADA</b>			
<b>NOMBRE</b>	<b>TIPO DE DATO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
CB0	Input	I:0/0	Entrada del Estado del Disyuntor CB0
CB1	Input	I:0/1	Entrada del Estado del Disyuntor CB1
CB2	Input	I:0/2	Entrada del Estado del Disyuntor CB2
CB3	Input	I:0/3	Entrada del Estado del Disyuntor CB3
CB4	Input	I:0/4	Entrada del Estado del Disyuntor CB4
CB5	Input	I:0/5	Entrada del Estado del Disyuntor CB5
CB6	Input	I:0/6	Entrada del Estado del Disyuntor CB6
CB7	Input	I:0/7	Entrada del Estado del Disyuntor CB7
CB8	Input	I:0/8	Entrada del Estado del Disyuntor CB8
CB9	Input	I:0/9	Entrada del Estado del Disyuntor CB9
CB10	Input	I:0/10	Entrada del Estado del Disyuntor CB10
CB11	Input	I:0/11	Entrada del Estado del Disyuntor CB11
CB12	Input	I:0/12	Entrada del Estado del Disyuntor CB12
Manual/Automático	Input	I:0/13	Entrada del Estado del Selector Manual o Automático
CB14	Input	I:0/14	Entrada del Estado del Disyuntor CB14
GEN ON/OFF	Input	I:0/15	Entrada del Pulsante para Encendido y Apagado del Generador
IN OP CB10	Input	I:1/0	Selector 1, Apertura del Disyuntor CB10
IN CL CB10	Input	I:1/1	Selector 1, Cierre del Disyuntor CB10
IN OP CB11	Input	I:1/2	Selector 2, Apertura del Disyuntor CB11
IN CL CB11	Input	I:1/3	Selector 2, Cierre del Disyuntor CB11
IN OP CB12	Input	I:1/4	Selector 3, Apertura del Disyuntor CB12
IN CL CB12	Input	I:1/5	Selector 3, Cierre del Disyuntor CB12
IN OP CB14	Input	I:1/6	Selector 4, Apertura del Disyuntor CB14
IN CL CB14	Input	I:1/7	Selector 4, Cierre del Disyuntor CB14

MVL	Input	I:1/10	Entrada del Medidor del Voltaje de Línea
RESET	Input	I:1/12	Selector Entrada de Reset del Sistema
-----	Input	I:4/0	Entrada Analógica del Medidor de Frecuencia del Generador.
-----	Input	I:4/1	Entrada Analógica del Medidor de Voltaje del Generador.

#### VARIABLES FÍSICAS DE SALIDA

NOMBRE	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN	DESCRIPCIÓN
LV 10	Output	O:2/0	Salida a la Luz Verde CB 10
LR 10	Output	O:2/1	Salida a la Luz Roja CB 10
LV 11	Output	O:2/2	Salida a la Luz Verde CB 11
LR 11	Output	O:2/3	Salida a la Luz Roja CB 11
LV 12	Output	O:2/4	Salida a la Luz Verde CB 12
LR 12	Output	O:2/5	Salida a la Luz Roja CB 12
LV 14	Output	O:2/6	Salida a la Luz Verde CB 14
LR 14	Output	O:2/7	Salida a la Luz Roja CB 14
OPEN CB10	Output	O:2/8	Salida a la Bobina de Apertura de CB10
CLOSE CB10	Output	O:2/9	Salida a la Cierre de Apertura de CB10
OPEN CB11	Output	O:2/10	Salida a la Bobina de Apertura de CB11
CLOSE CB11	Output	O:2/11	Salida a la Cierre de Apertura de CB11
OPEN CB12	Output	O:2/12	Salida a la Bobina de Apertura de CB12
CLOSE CB12	Output	O:2/13	Salida a la Cierre de Apertura de CB12
OPEN CB14	Output	O:2/14	Salida a la Bobina de Apertura de CB14
CLOSE CB14	Output	O:2/15	Salida a la Cierre de Apertura de CB14
CB0	Output	O:3/0	Salida a la Bobina de Apertura de CB0
CB1	Output	O:3/1	Salida a la Bobina de Apertura de CB1
CB2	Output	O:3/2	Salida a la Bobina de Apertura de CB2
CB3	Output	O:3/3	Salida a la Bobina de Apertura de CB3
CB4	Output	O:3/4	Salida a la Bobina de Apertura de CB4
CB6	Output	O:3/5	Salida a la Bobina de Apertura de CB6
CB7	Output	O:3/6	Salida a la Bobina de Apertura de CB7

CB8	Output	O:3/7	Salida a la Bobina de Apertura de CB8
CB9	Output	O:3/8	Salida a la Bobina de Apertura de CB9
GENERADO	Output	O:3/9	Salida a la Bobina de Encendido y Apagado del Generador.
LUZ FALLA	Output	O:3/10	Salida a la Luz de Indicación de Falla del Generador.
LUZ GEN ON	Output	O:3/11	Salida a la Luz de Indicación de Encendido del Generador.

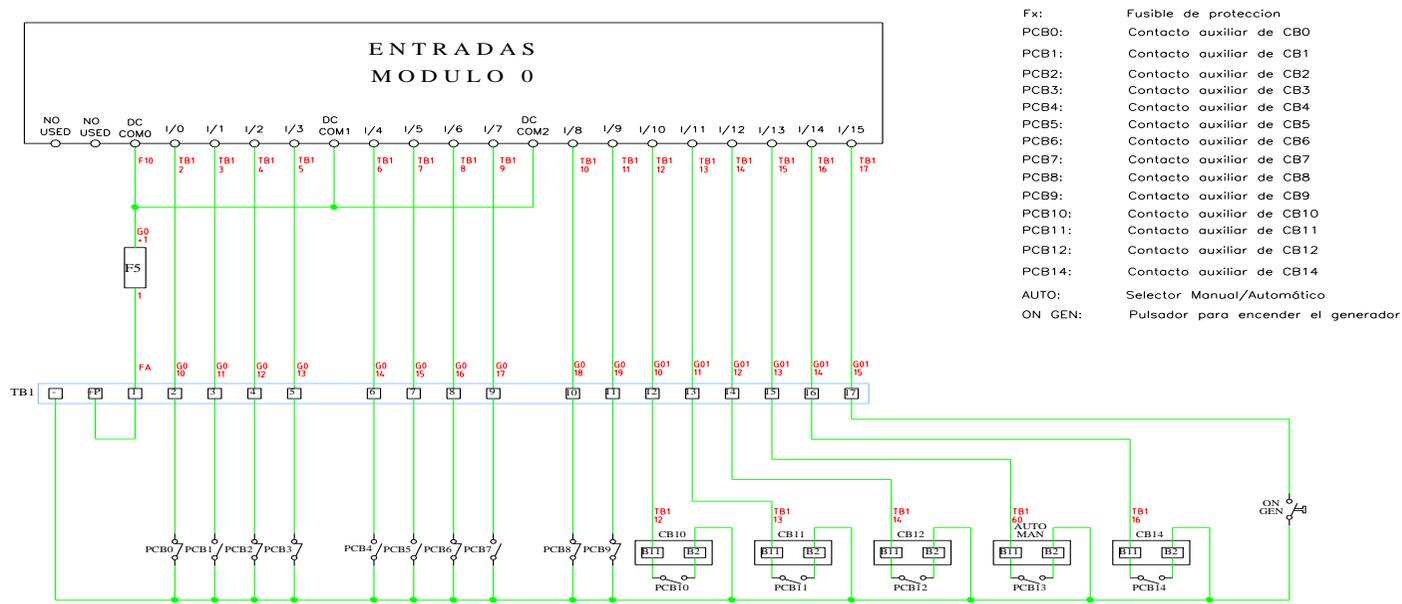
<b>VARIABLES INTERNAS DEL PLC</b>			
<b>NOMBRE</b>	<b>TIPO DE DATO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
AUX M/A	Binary	B3:0/0	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar el Estado Manual o Automático.
Manual	Binary	B3:0/1	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar el Estado Manual.
Automático	Binary	B3:0/2	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar el Estado Automático.
Energía	Binary	B3:0/3	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar si el Medidor de Voltaje de Línea Tiene Energía.
AUX OPEN	Binary	B3:0/4	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar si el Disyuntor CB12 esta Abierto.
COND INICIO	Binary	B3:0/6	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar las Condiciones Iniciales de Funcionamiento.
AUX GEN	Binary	B3:0/7	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar el Encendido del Generador.
Sin Energía	Binary	B3:0/8	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar si el Medidor de Voltaje de Línea no Tiene Energía.
CLOSE CB	Binary	B3:0/9	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar si los CB's 10, 11,14 están Cerrados.
OPEN CB	Binary	B3:0/10	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar si los CB's 0, 1,2,4,6,7,9,12 están Abiertos.
VERIFICAR	Binary	B3:0/11	Bobina y Contacto Auxiliar para Verificar si Todos los CB's Cumplen con las Condiciones para Encender El Generador.
GEN OK	Binary	B3:0/12	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar si el Generador se Encendió Correctamente.

FALLA DEL SISTEMA	Binary	B3:0/13	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar una Falla del Sistema.
AUX GEN 3	Binary	B3:0/15	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar el Encendido del Generador en el Estado Automático.
AUX OPEN CB12	Binary	B3:1/2	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina de Apertura del CB12 Modo Manual con Energía.
AUX OPEN CB12_1	Binary	B3:1/3	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina de Apertura del CB12 Modo Manual sin Energía.
OFF GEN	Binary	B3:1/4	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar el Apagado del Generador.
AUX OFF TIMER	Binary	B3:1/5	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar el Temporizado para no Encender en Generador hasta 10 seg., Luego de Apagarlo.
AUX GEN 2	Binary	B3:1/6	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar el Encendido del Generador en el Estado Manual Sin Energía.
GEN OK 2	Binary	B3:1/7	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar si el Generador se Encendió Correctamente (Manual sin Energía).
AUX LUZ GEN ON	Binary	B3:1/8	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar el Encendido de la Luz de Funcionamiento del Generador (Manual sin Energía).
AUX LUZ GEN ON 2	Binary	B3:1/9	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar el Encendido de la Luz de Funcionamiento del Generador (Manual con Energía).
AUX CLOSE CB10_1	Binary	B3:1/10	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina de Cierre del CB10 Modo Manual sin Energía.
AUX CLOSE CB11_1	Binary	B3:1/11	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina de Cierre del CB11 Modo Manual sin Energía.
AUX CLOSE CB12_1	Binary	B3:1/12	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina de Cierre del CB12 Modo Manual sin Energía.
AUX CLOSE CB14_1	Binary	B3:1/13	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina de Cierre del CB14 Modo Manual sin Energía.
AUX CLOSE	Binary	B3:1/14	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina

CB10_2			de Cierre del CB10 Modo Automático.
AUX CLOSE CB11_2	Binary	B3:1/15	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina de Cierre del CB11 Modo Automático.
AUX OPEN CB14_2	Binary	B3:2/0	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina de Apertura del CB14 Modo Automático.
AUX OPEN CB12_2	Binary	B3:2/1	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina de Apertura del CB12 Modo Automático.
AUX CLOSE CB12_2	Binary	B3:2/2	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina de Cierre del CB12 Modo Automático.
AUX OPEN CB12_3	Binary	B3:2/3	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar la Bobina de Apertura del CB12 Modo Automático.
AUX TIMER	Binary	B3:2/4	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar el Temporizado para no Encender en Generador hasta 10 seg., Luego de Apagarlo (Modo Automático).
BLOCK	Binary	B3:2/5	Bobina y Contacto Auxiliar para Controlar el Bloqueo Total del Sistema si el Generador no se enciende Luego de 3 Intentos.
FREC. >10 HZ	Binary	B3:2/6	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar si el Generador esta Funcionando
VOLT. 480V	Binary	B3:2/7	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar si el Generador esta Generando 480V.
MVG	Binary	B3:2/8	Bobina y Contacto Auxiliar para Indicar El Medidor de Voltaje del Generador.

## 2.7.- Diseño y elaboración de planos Eléctricos

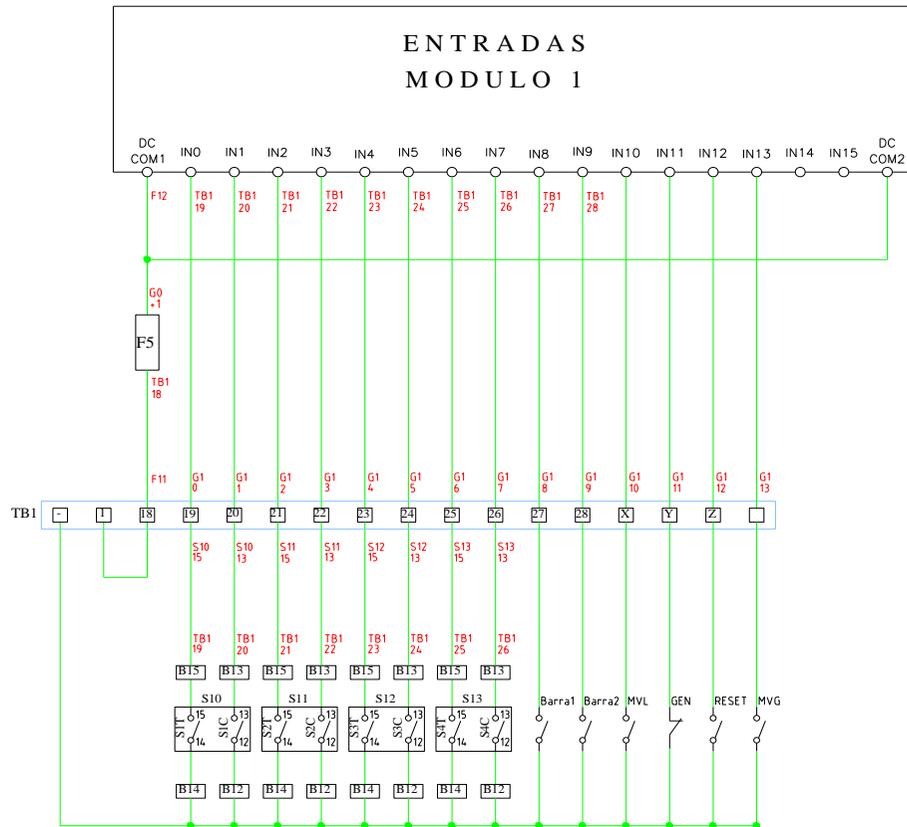
**Modulo de Entrada 0 .-** Este es un módulo de entrada en el que encontramos los contactos auxiliares desde el CB0 hasta el CB14, así como también el selector de manual / automático y el pulsador para el encendido del generador.



**Modulo de entrada 1.-** En este módulo se encuentran los selectores de apertura y cierre de los CB10 hasta el CB14 y los contactos del MVL y MVG así como el reset.

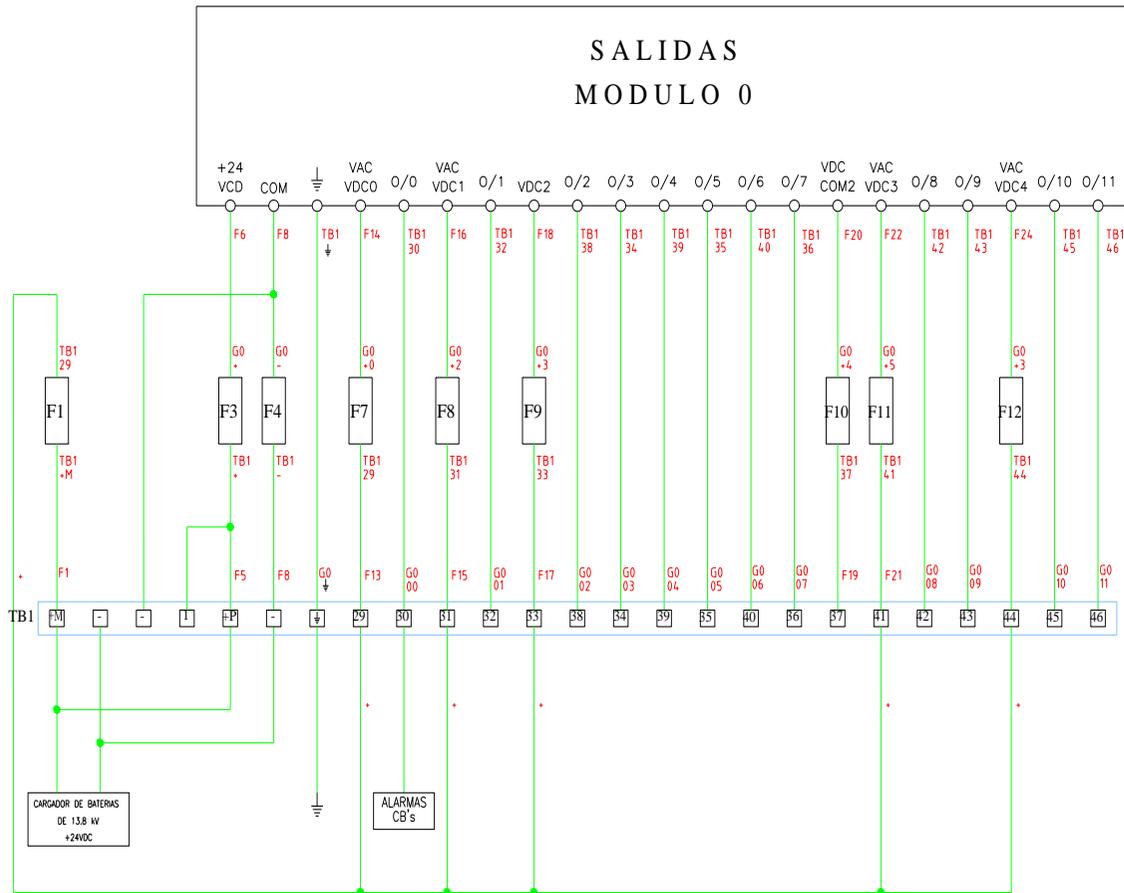
**LEYENDA:**

- S1T: Selector 1, apertura de disyuntor CB10
- S1C: Selector 1, cierre de disyuntor CB10
- S2T: Selector 2, apertura de disyuntor CB11
- S2C: Selector 2, cierre de disyuntor CB11
- S3T: Selector 3, apertura de disyuntor CB12
- S3C: Selector 3, cierre de disyuntor CB12
- S4T: Selector 4, apertura de disyuntor CB14
- S4C: Selector 4, cierre de disyuntor CB14

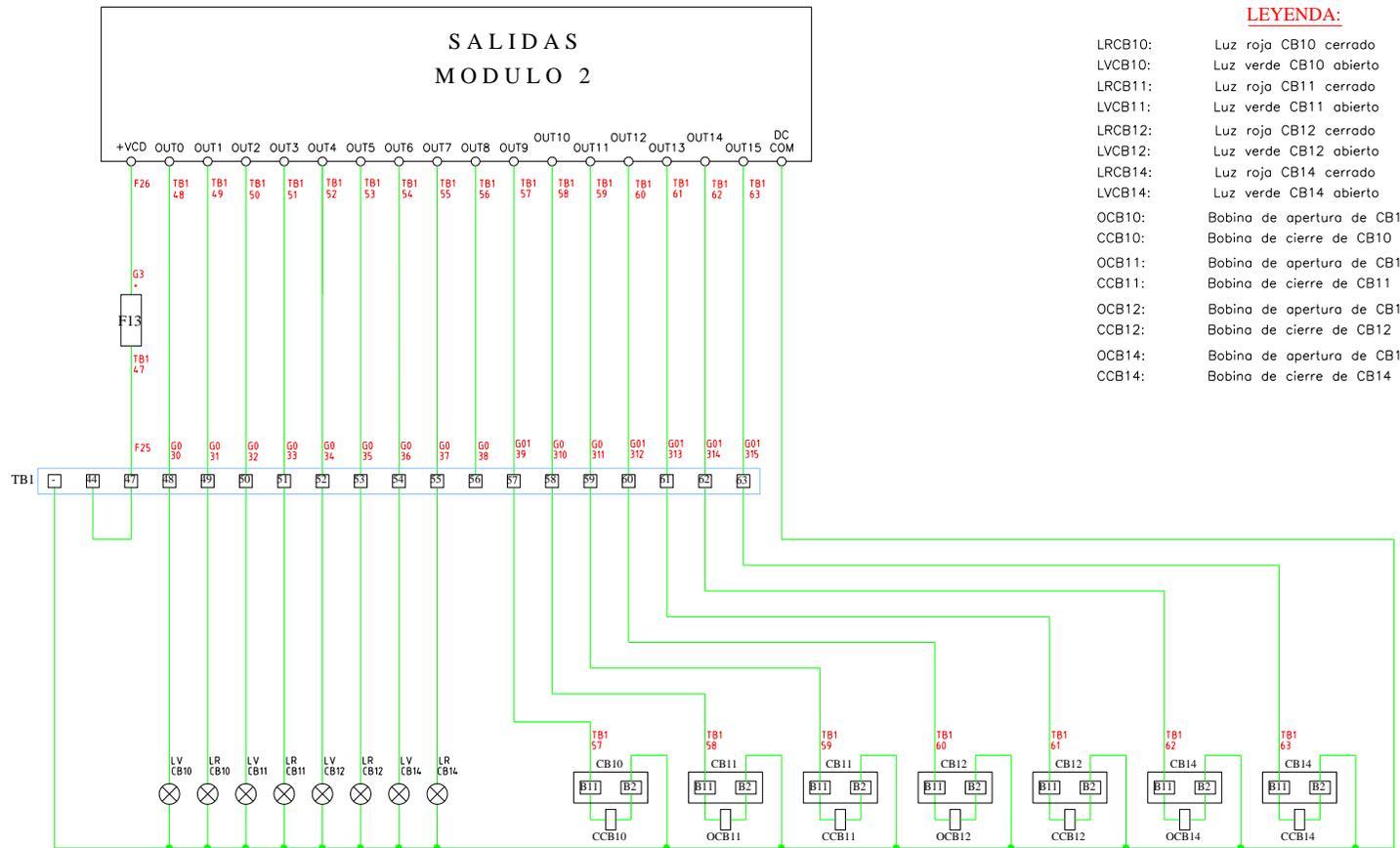




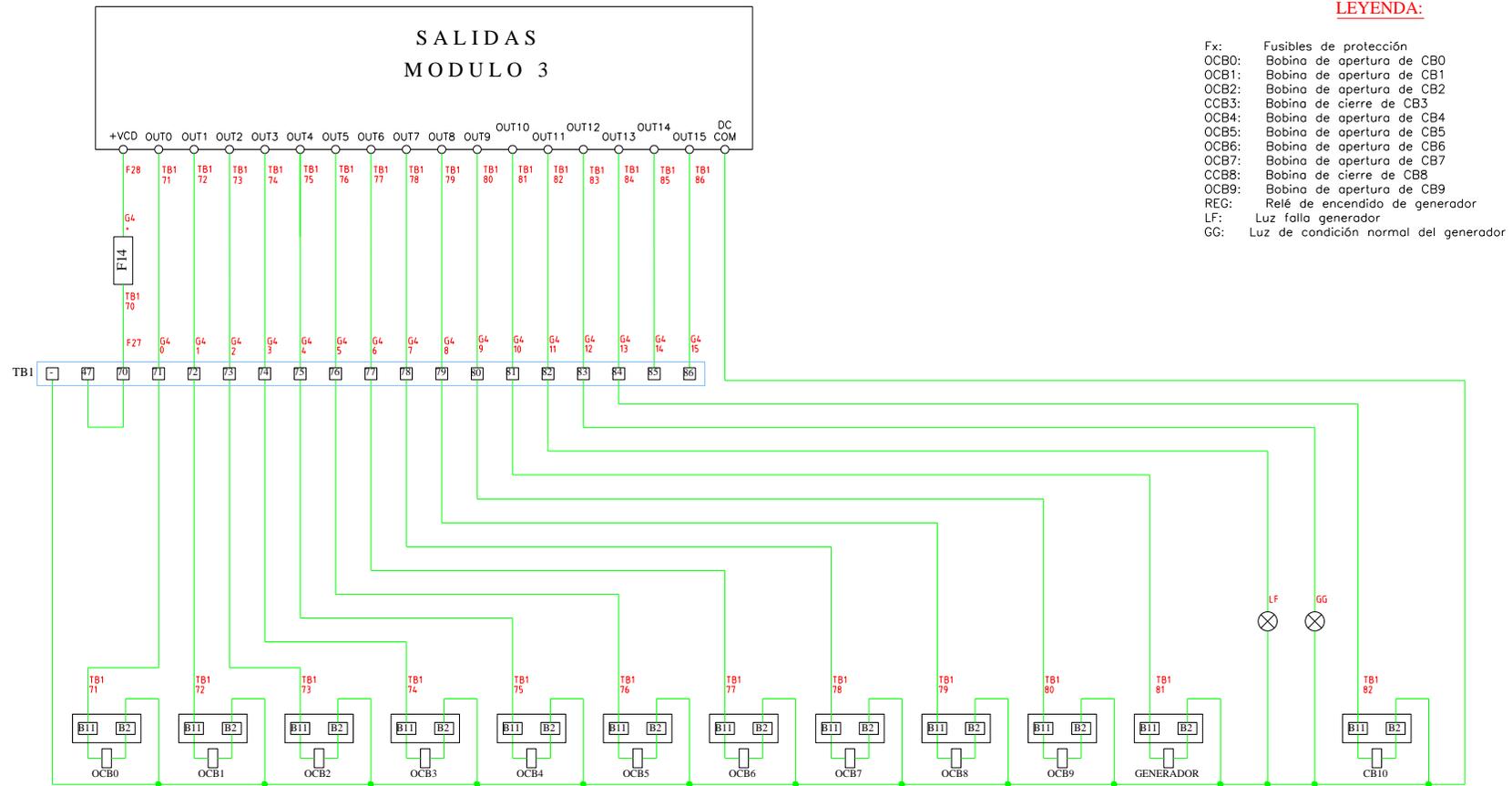
**Modulo de Salida 0.-** Este modulo está reservado para futuras aplicaciones que tiene Petroproducción para el SEIP .



**Modulo de Salida 2.-** Aquí se encuentra las bobinas de cierre y apertura de los CB10, CB11, CB12 , CB14 con sus respectivas Luces de señalización.



**Modulo de Salida 3.-** Aquí en este modulo se encuentra las bobinas de apertura y cierre de los CB 0 hasta CB9, así como el rele de encendido del generador y las luces de señalización del generador.



## **2.8 SISTEMA DE CONTROL Y EL SISTEMA DE FUERZA.**

**2.8.1 SISTEMA DE CONTROL.-** Este proyecto realiza el control mediante un programa interno en el PLC, basándose en mediciones de voltaje y frecuencia entregados por el VIP 396 Multi Panel Meter que dan la pauta del funcionamiento correcto del sistema de Generación Eléctrica.

Mientras este sistema funciona correctamente, las Turbinas alimentan las estaciones de bombeo y además sus propios sistemas auxiliares, cuando existe una falla en la alimentación estos dejan funcionar y las turbinas se apagan y es entonces, cuando el sistema de transferencia de energía automática entra a funcionar, alimentando los sistemas auxiliares de las turbinas, volviendo a ponerlas en funcionamiento. De nuevo las turbinas son las que alimentan estos por lo que el generador deja de funcionar.

**2.8.2 SISTEMA DE FUERZA.-** En este diagrama de fuerza (Figura 2.8) están los elementos como: disyuntores y los Breakers los que están comandados por el sistema de control, cambiando de estado de abierto a cerrado o viceversa de acuerdo a lo requerido; Dichos elementos posee tanto bobinas de cierre y apertura que pueden aceptar señales de mando ya sea tanto de corriente alterna o continua. Si se trata de alimentación de corriente continua esta en el valor de 24 VCC, mientras tanto que si se trata de una señal de corriente alterna debe ser de un valor de 120VAC.

## **2.9 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**

1. El sistema fue implementado siguiendo la siguiente secuencia de ejecución:
2. Análisis los requerimientos
3. Diseño del diagrama,
4. Listado de material,
5. Armado del tablero.
6. Montaje de instrumentos, equipos y canaletas

7. Nomenclatura en los elementos y equipos
8. Cableado del tablero.
9. Pruebas de conexiones de cableado.
10. Simulación de tablero mediante un banco de pruebas
11. Identificación de cableado en el sitio de instalación
12. Toma de señales de los CBs.
13. Alimentación de control a 24VDC y 120 AC.
14. Interconexión del tablero hacia los CBs.
15. Verificación de estados de entradas en el PLC.

En el anexo 3 se encuentran las fotografías de la implementación del sistema.

Es importante recalcar que no existe la posibilidad de realizar una prueba real, ya que, eso significaría el suspender la energía necesaria para la producción petrolera. Por lo tanto el sistema será probado en el momento que exista una emergencia por salida de funcionamiento de las turbinas.

En la Figura 2.7 se muestra el diagrama unifilar del sistema antes de la ejecución del proyecto y en la Figura 2.8 se encuentra el diagrama Unifilar después de estar implementado el Sistema de transferencia Automático.

En el diagrama unifilar instalado se puede observar que los disyuntores CB10, CB11; CB12, CB14 y CB15 fueron reemplazados por los breaker CB10, CB11, CB12, CB14 que cumple la misma función de control el paso de energía hacia los circuitos auxiliares de las turbinas, pero que son mucho más compactos y de mejores características de los que existían.

El resto de disyuntores se mantuvieron, lo que se hizo es tomar señales de sus bobinas de cierre y apertura con sus respectivos contactos para la programación realizada en el PLC.

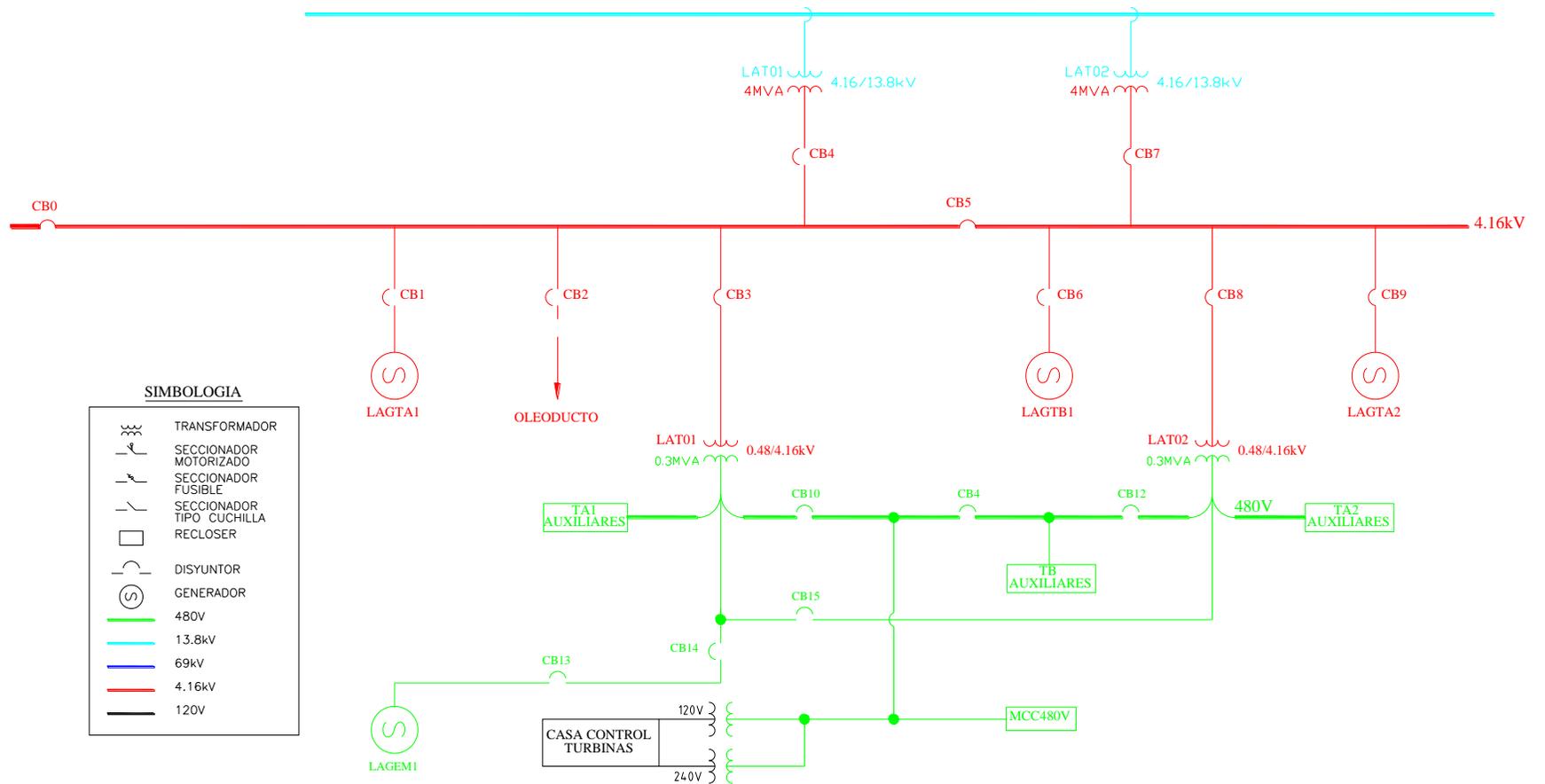


Figura 2.7 Diagrama unifilar actual de la central de Lago

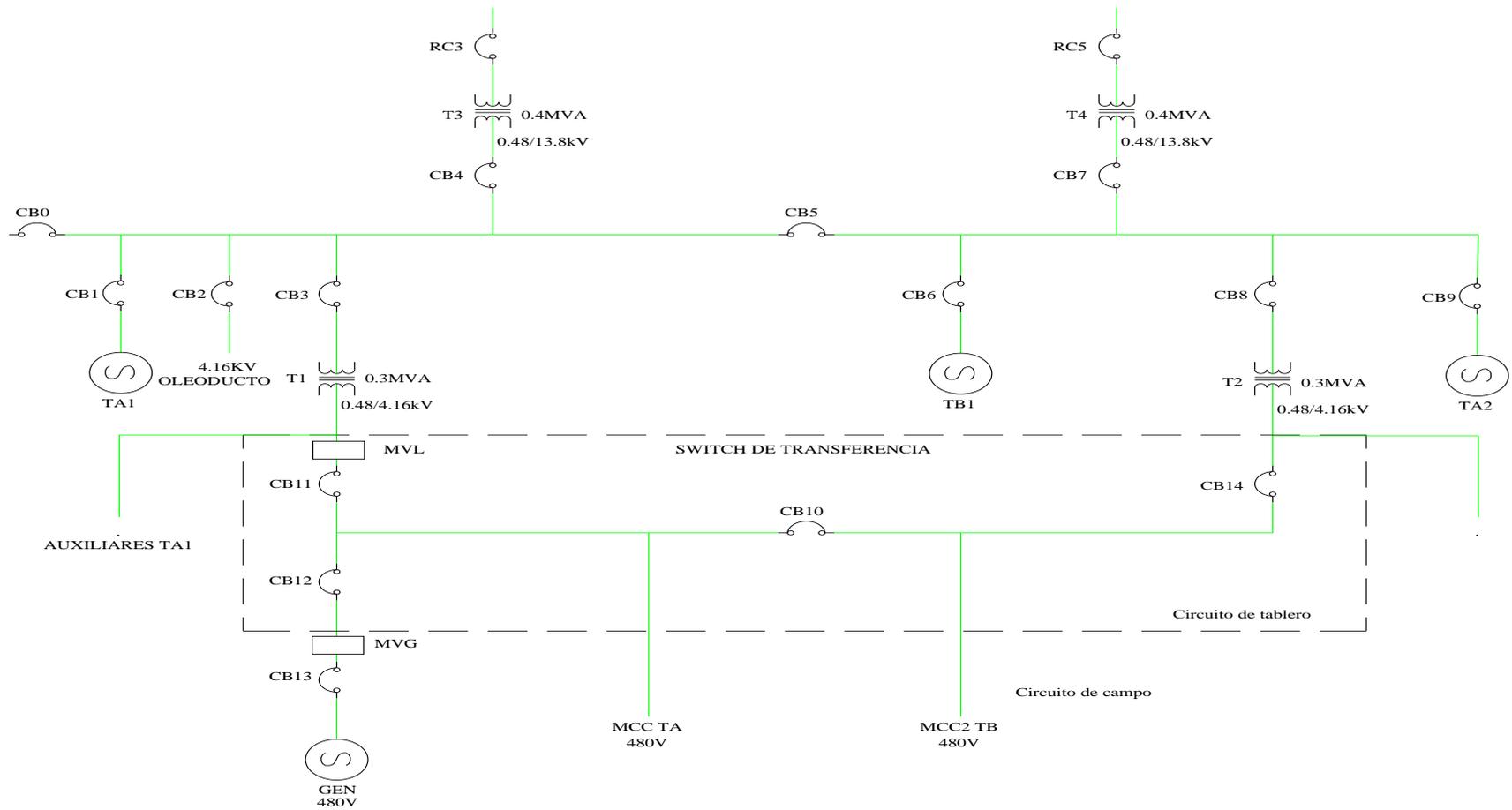


Figura 2.8 Diagrama unifilar a instalarse

## **CAPITULO III: PRUEBAS Y CALIBRACIONES**

### **3.1 INTRODUCCIÓN.**

En los capítulos anteriores se realiza una descripción del estado operativo y funcional del sistema y las pérdidas generadas por los problemas existentes en el sistema eléctrico de potencia.

A estas pérdidas, se suman la falta de recursos de la empresa para la compra de repuestos y de nuevos equipos, que compromete al personal de operación y mantenimiento que sus tareas sean completamente eficientes y brindar una alta fiabilidad en el SEIP.

Para evaluar si los procedimientos operativos, en el presente capítulo se facilita los conocimientos de las herramientas básicas para solucionar los problemas operativos de un sistema de potencia y sus calibraciones.

### **3.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES REQUERIDAS AL SISTEMA**

Normalmente un sistema de potencia está sujeto a variaciones de carga y/o perturbaciones de cualquier tipo; ya sea, por fallas en las líneas o variaciones inesperadas de carga, ocasionando desviaciones del estado normal del sistema en instantes de tiempo, modificando las condiciones de operación en variables como: voltaje, frecuencia e incluso dependiendo de la magnitud del evento, puede causar hasta la suspensión en el suministro eléctrico.

Ahora la misión consiste en estar vigilante a estos instantes de tiempo, para que luego de tener un claro conocimiento del problema operativo existente en el nuevo estado del sistema y con los suficientes criterios técnicos sobre la base de lo programado, se tome o coordine acciones de control respectivas para restablecer el sistema.

Con el sistema realizado podemos controlar las variables eléctricas necesarias para un correcto desempeño del mismo, así, restringiendo el paso de energía a los equipos, estrictamente con el cumplimiento de los márgenes de funcionamiento.

### 3.2.1 PRUEBAS AL LADDER DE PROGRAMACIÓN

**Selección manual automático.-** A continuación en la figura 3.0 se encuentra la subrutina de selección de manual y automático, podemos observar que se encuentra seleccionado la forma de funcionamiento de forma automático y por ende no podrá estar habilitada la opción manual.



Figura 3.0 Subrutina de selección entre manual y automático.

**Verificación correcta de los CBs.-** En la figura 3.1 se encuentra una muestra de la verificación correcta o no de los CBs que en caso de cumplir con los requerimientos se obtiene una señal correcta a la salida así podríamos forzar las entradas de acuerdo a la prueba que se requiera realizar así en este ejemplo tenemos que el CB10, CB11 y CB14 no están en el estado correcto por tanto la salida CB CLOSE no esta activada, mientras tanto que todos los CBs que intervienen para que se active la salida CB OPEN se encuentran en el estado correcto por consiguiente la salida se encuentra activada

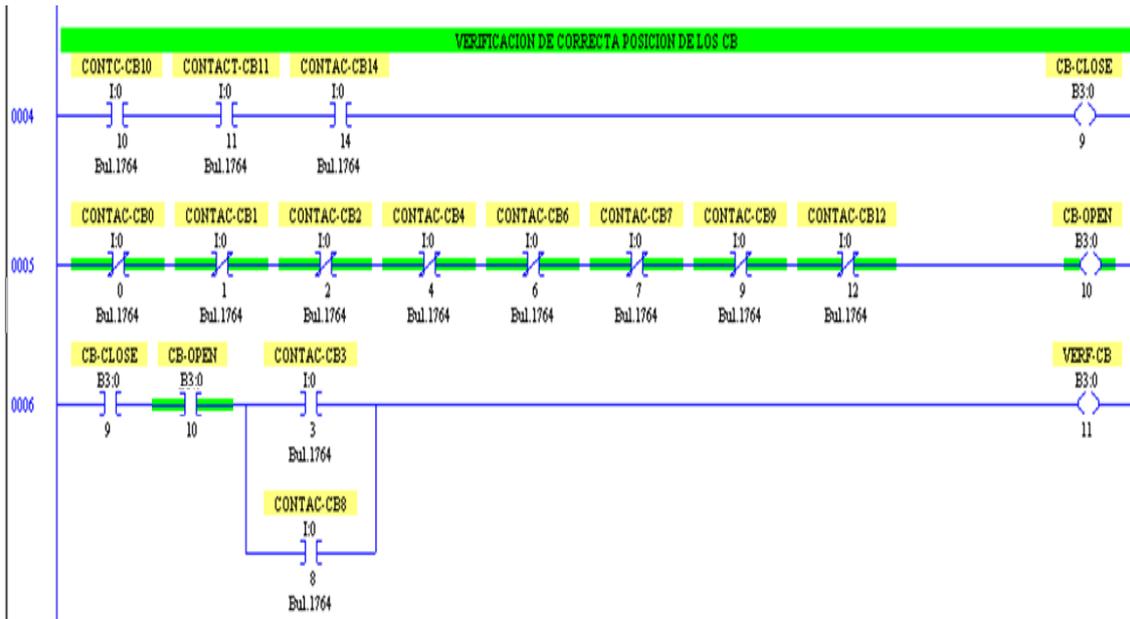


Figura 3.1 Verificación de los CBs

**Verificación de seguridades.-** En la figura 3.2 se encuentra condiciones de seguridad de funcionamiento del sistema

Adicionalmente como alto que cabe destacar es que aqui se encuentra el botón de encendido y apagado del generador.

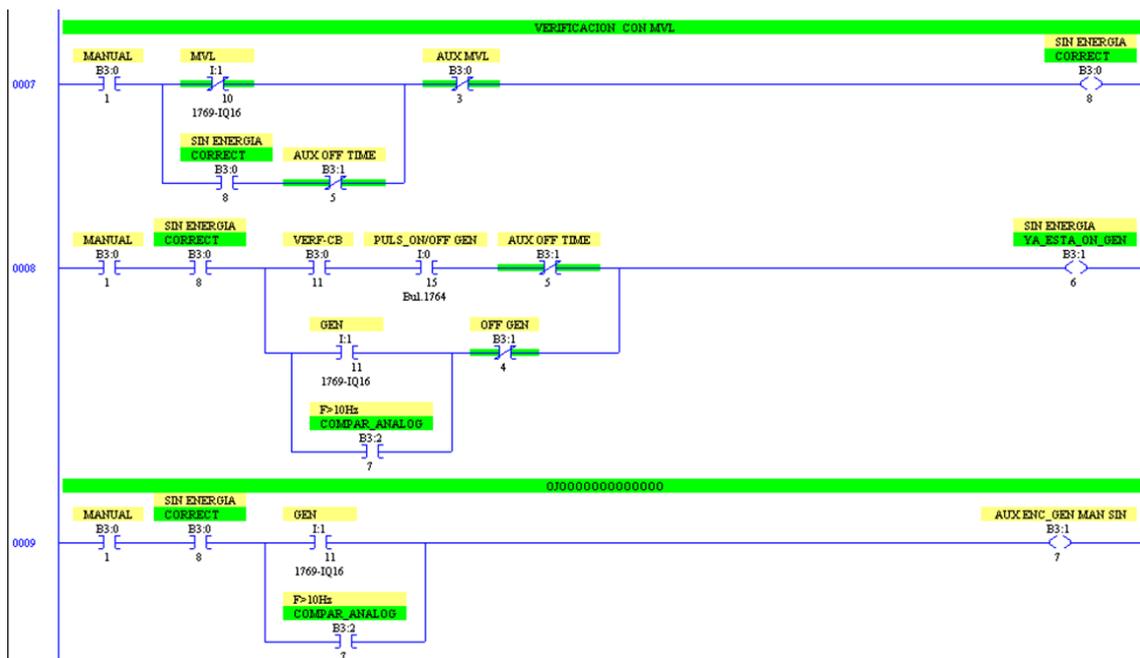


Figura 3.2 verificación de seguridad

**Control de CBS.-** En la figura 3.3 se encuentra la forma del control realizado a los CBS en el cual podemos maniobrar el estado de los mismos de acuerdo a lo requerido por el sistema.

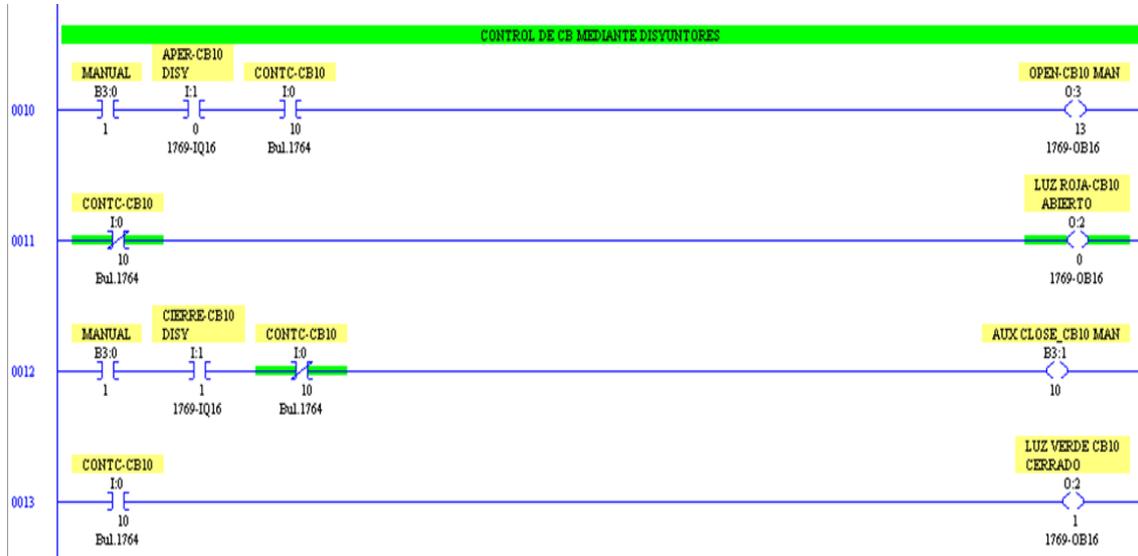


Figura 3.3 control de los CBs

**Temporizadores de Apagado.-** En la figura 3.4 se encuentra los temporizadores de apagado pero que no se encuentra las salidas habilitadas por que no cumplen las condiciones y en la figura 3.5 se encuentra cuando ya cumplen las condiciones.

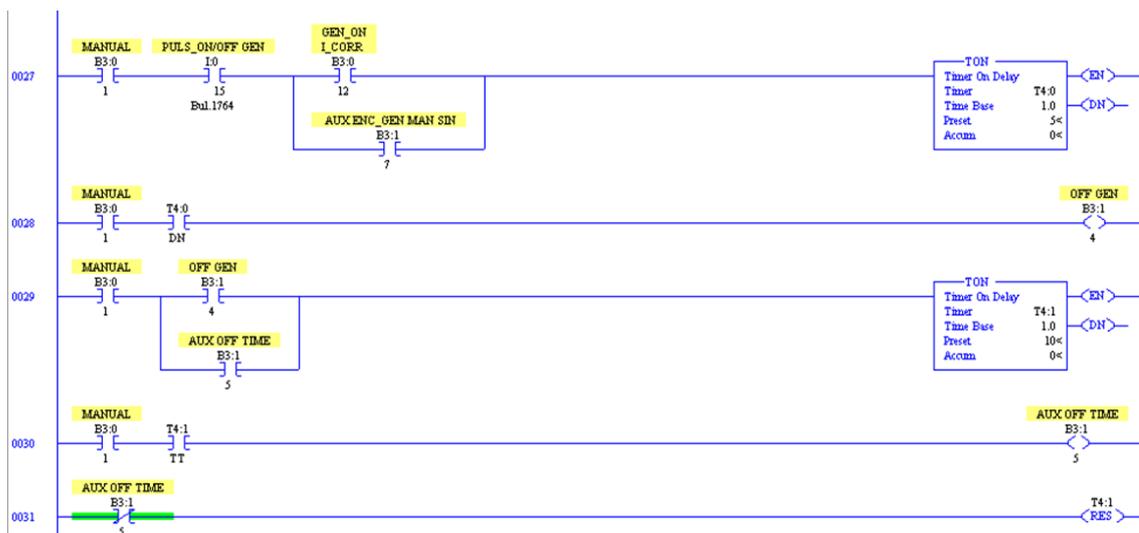


Figura 3.4 Temporizadores de apagado

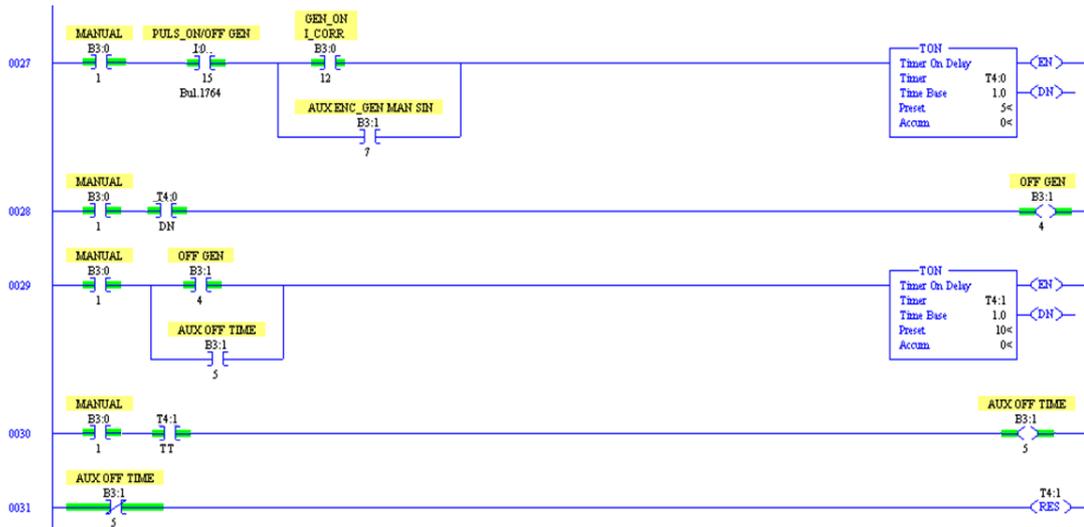


Figura 3.5 Temporizadores de apagado forzados

**Verificación de condiciones en forma automática.-** En la figura 3.6 se encuentra la verificación de las condiciones requeridas por el sistema que se encuentran en condiciones correctas para el arranque del generador

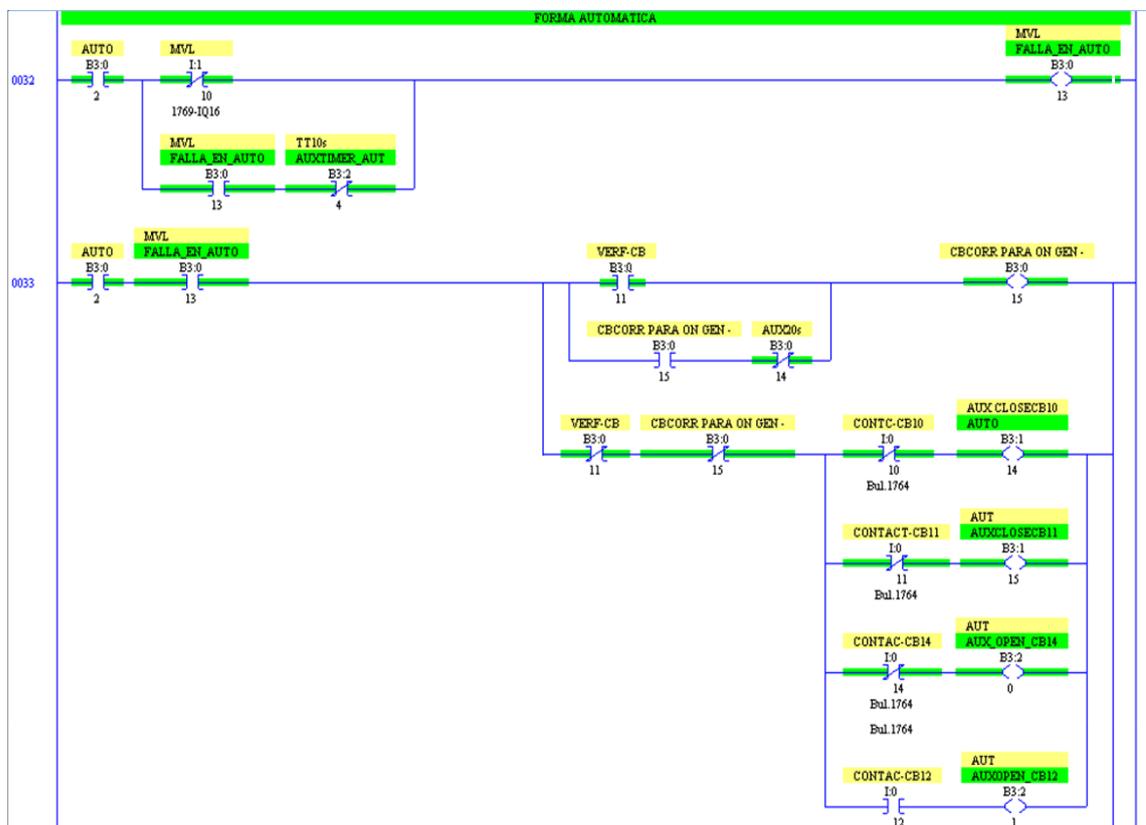


Figura 3.6 Verificación de condiciones en forma automática

**Encendido del Generador.-** En la figura 3.7 se encuentra las condiciones correctas para el encendido del generador y su respectiva señal de funcionamiento

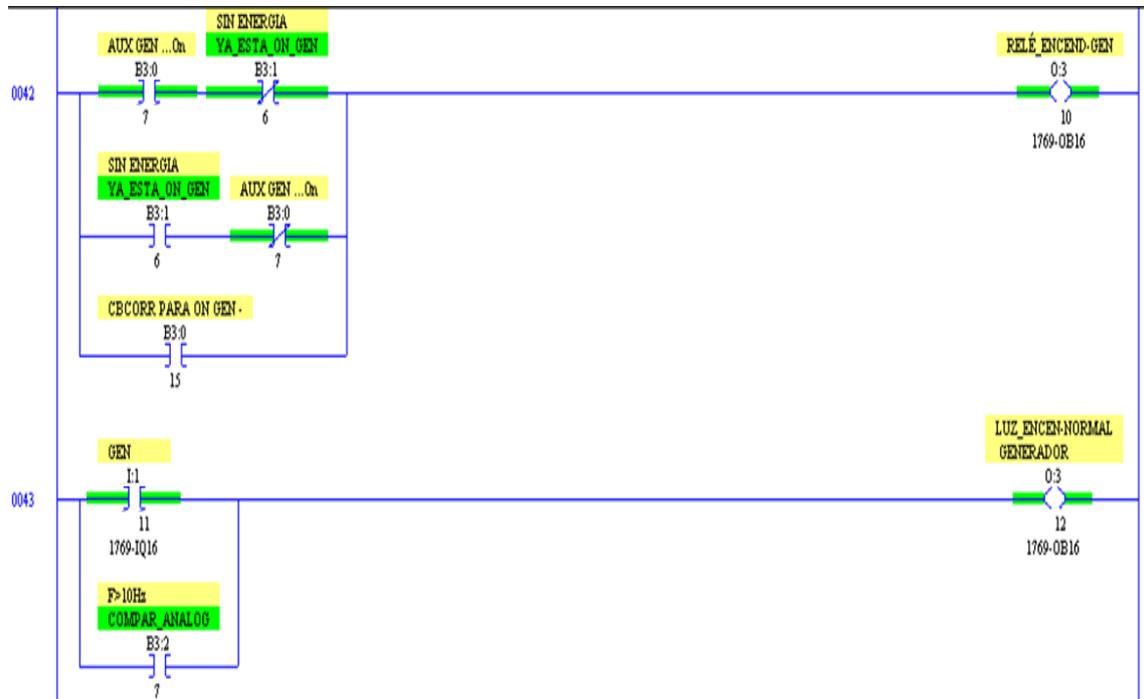


Figura 3.7 Encendido del generador

### 3.2.2 PRUEBAS A DIFERENTES NIVELES DE GENERACIÓN.

Las pruebas que se ha realizado al sistema garantizan la confiabilidad del proyecto, ya que, los eventos simulados son aquellos que en el tiempo de funcionamiento, tanto, técnicos, operadores, especialistas e ingenieros han observados que se producen.

En el sistema implementado no es suficiente que el generador este en funcionamiento para que pueda alimentar a los equipos, por el contrario, la generación debe cumplir con los distintos niveles señalados en la tabla 3.0, que ha sido regulada de acuerdo a los requerimientos de los mismos.

Es controlada por el PLC y por ende garantiza que los rangos de voltaje y frecuencia sean los óptimos para un correcto funcionamiento.

NIVELES DE GENERACIÓN			
VARIABLE ELÉCTRICA	NIVELES		UNIDADES
	MÍNIMO	MÁXIMO	
VOLTAJE	460	490	Voltios
FRECUENCIA	60	60	Hz

Tabla 3.0 Niveles de generación

**Prueba 1.- Nivel de generación bajo**

NIVELES DE GENERACIÓN			
VARIABLE ELÉCTRICA	NIVELES		UNIDADES
	RECHAZADO	PERMITIDO	
VOLTAJE	459	460	Voltios
FRECUENCIA	54	55	Herz

Tabla 3.1 Niveles de generación bajos

Los resultados fueron los esperados en el instante en el que el rango de las magnitudes estuvieron fuera de lo programado y dio un valor menor al establecido dando como valor erróneo y no permitió el paso a la siguiente sub rutina del programa.

**Prueba 1.- Nivel de generación alta**

NIVELES DE GENERACIÓN			
VARIABLE ELÉCTRICA	NIVELES		UNIDADES
	RECHAZADO	PERMITIDO	
VOLTAJE	491	490	Voltios
FRECUENCIA	66	65	Herz

Tabla 3.2 Niveles de generación altos

Los resultados fueron los esperados en el instante en el que el rango de las magnitudes estuvieron fuera de los programado y dio un valor mayor al establecido dio como valor erróneo y no permitido el paso a la siguiente sub rutina del programa.

Al realizar las pruebas a distintos niveles, se puede observar que el sistema funciona correctamente, ya que la respuesta a cada nivel de voltaje y frecuencia, dieron el resultado esperado. Esta prueba se realizó con el GPU2000R, que es un avanzado sistema de enlaces diseñados para la prueba de los generadores sincrónicos, tiene funciones de protección que pueden incluir: la máquina diferencial, inversión de energía, pérdida de excitación, la fase de desequilibrio, tensión moderada o controlados, sobreintensidad, y baja frecuencia, sobre tensión, y la protección de energización inadvertida. Este es un equipo muy utilizado por mantenimiento Eléctrico de Petroproducción, debido a sus ventajas y efectividad, por lo que garantiza que las pruebas realizadas sean válidas.

### 3.3 CALIBRACIÓN PARA ESTABLECER LA GENERACIÓN ÓPTIMA

La demanda del sistema es siempre dinámica, y por tanto los ajustes de generación deben ser continuos. En tiempos cortos, la demanda tiene cambios rápidos en pequeña magnitud. En tiempos más largos la demanda tiene cambios lentos en gran magnitud. El objetivo básico y primario en la operación de un sistema, es mantener el balance entre la generación y el consumo total durante su funcionamiento así tenemos que los niveles optimas de generación son los siguientes.

En la siguiente Tabla 3.3 tenemos los niveles de generación óptimos.

<b>NIVELES DE GENERACIÓN ÓPTIMOS</b>		
<b>VARIABLE ELÉCTRICA</b>	<b>NIVELES</b>	<b>UNIDADES</b>
VOLTAJE	480	Voltios
FRECUENCIA	60	Herz

Tabla 3.3 Niveles de generación Óptimos

### **3.4 ANÁLISIS ECONÓMICO**

El presente análisis tiene como objetivo, determinar la factibilidad económica del proyecto, para lo cual se utiliza el siguiente método de evaluación:

- La relación “Beneficio / Costo”. Este método consiste en la cuantificación de los costos y los beneficios que generará el presente proyecto y el cálculo de la relación Beneficio / Costo.

Debido a que los costos y beneficios del proyecto están sujetos a variables externas a la empresa, como la elevación o disminución del precio de venta del barril de petróleo; este cálculo no puede ser tan exacto pero nos da un pauta para cuantificar los beneficios.

#### **3.4.1 ÍNDICES ECONÓMICOS A CONSIDERARSE EN LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO**

##### **COSTO DEL PROYECTO.**

- Los costos de los proyectos tienen dos componentes:
- Los costos de inversión
- Los costos de operación y mantenimiento.

#### **3.4.2 COSTOS DE INVERSIÓN-**

Los costos de inversión vienen dados por la empresa AB. Para el presente proyecto serán financiados por recursos propios que deben constar en el presupuesto de la empresa.

De los cálculos realizados en el análisis técnico económico, se estima que el costo total de equipos, montaje, es de aproximadamente siete mil setecientos dieciséis dólares americanos con treinta centavos.

La adquisición de repuestos y mantenimiento se realiza automáticamente previo a las recomendaciones del proveedor; considerando un porcentaje del 1% anual respecto al monto total de equipos.

### 3.4.2.1 LA RELACIÓN BENEFICIO - COSTO.-

Un método de aplicación general para la toma de decisiones sobre un proyecto utiliza la llamada relación *Beneficio / Costo*.

Esta relación puede expresarse como:

$$BC = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}}$$

donde:

BC : Es la relación Beneficio Costo

*Beneficios*: Corresponden a los ingresos que produce el proyecto traídos a valor presente

*Costos*: Corresponde a los egresos o gastos para la operación del proyecto en el tiempo esperado, traídos a valor presente.

Un proyecto es atractivo cuando los beneficios derivados de su implementación exceden a los costos generados para su funcionamiento. Por lo tanto el primer paso de esta metodología de evaluación consiste en, determinar y cuantificar los beneficios así como los costos generados.

La comparación entre estos dos términos tiene que realizarse dentro de las mismas unidades monetarias, y considerando un determinado instante de tiempo, para lo

cual requiere de ciertos criterios económicos a considerar para la reducción de unidades monetarias en el tiempo.

### **3.4.3 BENEFICIOS**

Dada la característica del Proyecto es muy difícil cuantificar todos los Beneficios que se darán. Por subjetividad de ciertos beneficios, éstos serán presentados también como Beneficios no cuantificables.

**3.4.3.1 BENEFICIOS CUANTIFICABLES.-** Con el objeto de calcular los índices económicos que permitan evaluar la factibilidad económica del proyecto, es necesario cuantificar los beneficios; por carecer de una base de datos real y de estudios, se dificulta esta labor, por lo que los resultados de los cálculos presentados deben considerarse como valores estimados. El soporte para este cálculo corresponde a la factibilidad técnica .

Sin embargo no se puede sobrestimar los beneficios aspirados, es necesario ser conservadores y asignar como metas de beneficios tan solo un porcentaje del máximo posible de beneficios, que podrían generarse teóricamente como consecuencia de disminuir el impacto de las desconexiones forzadas.

Al respecto no existe un estudio especializado, pero existen dos referencias que establecen porcentajes como techos de beneficios, Petroproducción adopta un techo del 50%, con la implantación del Sistema de transferencia,. En la justificación técnico económica del Departamento de Mantenimiento. Sobre esta base, se establecerán como techo de beneficios el disminuir el 50% de las pérdidas existentes de: **Disminución de los tiempos de restauración del servicio** esto traducido en minutos es aproximadamente 30 minutos puesto que la restauración del suministro eléctrico en forma manual es de aproximadamente una hora.

Tomado como fuente el informe anual de actividades de Petroproducción realizada por la unidad de Producción y Control de Proyectos Quito, presentada del año 2007,

en este documento se estableció que el costo real de producción de un barril de petróleo fue de 6.25 dólares. El precio de venta en los últimos días ha sido de 120 dólares el barril.

Para el cálculo de beneficios económicos se tiene como dato que la pérdida debido a los apagones es de 870 barriles de petróleo al año por apagones de la central de generación lago.

De estos 870 barriles se tiene que como se disminuirá el tiempo de restauración del suministro eléctrico en un 50% por ende el beneficio para la empresa será de 435 barriles de petróleo al año

Para el cálculo de BC se debe restar precio de venta del barril menos el costo de inversión.

**3.4.3.2 Cálculo beneficio/ Costo.-** Para realizar el cálculo de este estimativo vamos a tomar como base los beneficios que tendrá la empresa estatal durante el primer año después de implementar el sistema

$$BC = \frac{\text{beneficios}}{\text{costos}}$$

$$BC = \frac{\text{barrilesdepetroleoahorrados} * (\text{preciodeventa} - \text{preciodeproducciondelbarril})}{\text{costosdelproyecto} + \text{Costoderepuestosymantenimiento}}$$

$$BC = \frac{(435) * (120 - 6.25)}{7716.30 + 77.163}$$

$$BC = 6.349$$

Podemos observar que la relación beneficio costo es muy positiva entonces tenemos como conclusión que es proyecto es muy rentable para la empresa

Para traducir esto en dólares americanos utilizamos la siguiente fórmula

$$\text{Beneficio en dólares} = \text{beneficios} - \text{costos}$$

$$\text{Beneficio en dólares} = (435) * (120 - 6.25) - (7716.30 + 77.163)$$

$$\text{Beneficio en dólares} = 41687.8$$

Entonces podemos sacar como conclusión que el proyecto es muy rentable puesto que tenemos un beneficio de 41687.8 de dólares americanos en un año.

### **3.4.3.3 BENEFICIOS NO CUANTIFICABLES**

No se ha incluido en el cálculo de los índices económicos de la presente tesis, beneficios que por no tener el sustento de datos que faciliten su cálculo, se considerarán como beneficios no cuantificables:

- a) *Preservación de la vida útil de los equipos.*- Uno de los potenciales beneficios constituye la posibilidad de prolongar la vida útil de los equipos; debido a una operación de las unidades de generación dentro de límites operativos
- b) *Modernización.*- Una de las mayores diferencias entre las grandes empresas y países desarrollados; es justamente la modernización y la investigación hacia la solución de problemas en torno a la gestión empresarial. En nuestro caso al disponer de un moderno sistema con herramientas de soporte tecnológico adecuado fortalecerá enormemente a la empresa.
- c) *Mejor utilización del personal.*- El personal de operadores no es altamente capacitado ni entrenado. La implementación de este sistema facilitará sus labores y permitirá redistribuir de manera óptima el recurso humano.

- d) *Detección a tiempo de posibles fallas.*- Esto evitará costos en remplazo de equipos costosos y lo que es peor, la falta de estos reduciría la producción.
- e) *Seguridad.*- Quizá sea el beneficio más importante de tener la posibilidad de disponer de un sistema de transferencia, que brinda mayor seguridad en las operaciones, esto permite evitar daños en los equipos por operaciones apresuradas, propias del ser humano.
- f) *Disponibilidad de información* - Se podrá disponer de una información confiable completa y real del sistema y su operación mediante un manual de operación.

### **3.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.**

Los alcances y limitaciones que un determinado proyecto pueda tener vienen dados de acuerdo a la capacidad que tenga para solucionar problemas para lo que fue creado.

#### **3.5.1 SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE INFRAESTRUCTURA**

- Contribuye a optimizar el uso de energía eléctrica disponible, al disminuir:
- El tiempo de restauración de la energía eléctrica después de un apagón total en la central; esto es posible gracias a una coordinación de arranque del generador de emergencia, y así poder lograr el arranque de las turbinas generadoras con celeridad y confiabilidad.
- Esto permitirá incrementar la disponibilidad de energía disponible requerida, para incrementar mayor cantidad de pozos de producción de petróleo.
- Agilita la solución de equipos fuera de servicio como unidades generadoras, de una forma automática evitando errores humanos al restaurar el servicio

eléctrico aislando la posibilidad de que el problema del apagón se derive en otros problemas malas maniobras del personal.

- Permite disponer de estrategias e infraestructuras para solventar situaciones de emergencia y restaurar al sistema al régimen normal en cortos instantes de tiempo.
- Se dispondrá de herramientas apropiadas para la operación y de un adecuado sistema de mediciones.
- Se podrá evaluar la gestión, y estar preparados a ingresar a formar parte de un nuevo proyecto eléctrico mayorista y a las nuevas exigencias de un SEIP de última tecnología.

#### **5.5.2 SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE ORGANIZACIÓN.-**

- Posibilita una reorganización operativa más eficiente de la energía.
- Se dispondrá de herramientas para la capacitación y entrenamiento.
- Con la conformación de una estructura organizativa y de estudios se posibilita elaborar una visión de Sistema de Transferencia, especialmente frente a nuevas tendencias del sector eléctrico que exigen cambios.
- Mejorará la comunicación y coordinación del operador; incluso, se deja disponible una ventana abierta para que a futuro se implemente nuevas tecnologías que estén en el mismo Sistema de transferencia, compartiendo ciertos recursos.

#### **5.5.3 SOLUCIÓN A PROBLEMAS DE EFICIENCIA OPERATIVA**

- Mejora la calidad del suministro de energía eléctrica.

- Disminuye los tiempos de restablecimiento del sistema y evitará la posibilidad de un colapso total del sistema.

## **LIMITACIONES AL PROYECTO**

El presente proyecto considera el sistema transferencia eléctrica para la estación generación de Lago Agrio, se excluye el Diseño e implementación para el resto de campos de Exploración y Producción de petróleo de esta filial de Petroecuador. El requerimiento para la implementación en el resto de campos del sistema y su inclusión será motivo de otro proyecto a futuro.

De igual manera, no se ha realizado el estudio de pre factibilidad de la implementación del Sistema para todos los campos por cuanto no es parte del alcance de la presente tesis.

El correcto Funcionamiento del Sistema de transferencia queda limitado a una señalización mediante lámparas de que indicaran el correcto funcionamiento de los equipos así como también de las alarmas, mas no, mediante un **PanelView**.

## **CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

- El Sistema de Transferencia Automático para el generador de emergencia se implementó con el material y equipo existente en Petroproducción, siguiendo una secuencia de ejecución desde el diseño del sistema hasta la realización de pruebas en vacío e incorporación del tablero al sistema eléctrico del campo Lago Agrió.
- La implementación del Sistema de Transferencia Automático del generador de emergencia, será la base para lograr la disminución de tiempos de restauración del sistema de potencia de Petroproducción, lo cual significa la reducción de pérdidas de producción por paro de pozos en tiempos de restauración fallidos.
- El PLC Allen Bradley permite una programación en escalera (ladder) que es bastante conocida y fácil de desarrollar, además la comunicación entre el PLC y el generador obteniendo así una automatización de la central de generación.
- Se ha determinado en esta tesis, que la solución a los problemas técnicos de suspensiones del servicio y administración de la energía eléctrica en un apagón pueden ser resueltos, si se disponen de las funciones del sistema Transferencia Automático esto se visualizara en los próximos posibles apagones en la central, lo cual servirá de base para la implementación de estos en las demás centrales.
- Con la implementación del Sistema de Transferencia Automático, la filosofía de operación del SEIP, variará radicalmente; ya que existirá la operación automática en el arranque de las turbinas generadoras en el caso de un apagón, además existirán dos niveles jerárquicos de operación: El Centro de Control (PLC) se constituirá en el responsable de la operación del Sistema de Transferencia como primera jerarquía. Y las Centrales de generación aisladas, se constituirán en

organismos aislados de soporte al centro de control y pasarán a formar parte de un segundo nivel jerárquico.

- Es importante tomar en cuenta que en caso de existir falla en el control automático, se puede operar de forma manual, lo cual hace que el sistema no deje de ser útil por daños en el PLC.
- Del análisis económico, se puede indicar que la rentabilidad del proyecto es alta y los beneficios son muy buenos; ya que, existen bondades no cuantificadas, desde el mismo hecho de darle mayor jerarquía tecnológica a la empresa y al País.
- Debido a las estimaciones realizadas y para canalizar la factibilidad económica, se ha procedido a limitar un techo de beneficios que se obtendrá en el caso de que se lograra solucionar el 50% de los problemas operacionales descritos.
- El presente proyecto no sólo que permitirá ahorros en la operación sino que representa una herramienta para la planificación, y permitirá evitar gastos innecesarios de recursos a futuro.

## **RECOMENDACIONES**

- En Petroproducción, por ser una empresa Petrolera cuya meta final es la producción del petróleo; el suministro eléctrico no ha sido considerado como una parte estratégica principal, como confirma su organigrama. La infraestructura eléctrica, ha ido creciendo de acuerdo a las necesidades sin una adecuada planificación; así Petroproducción supera en infraestructura a algunas empresas eléctricas del país. Este sector exige una reestructuración, donde se le dé la importancia y jerarquía que merece.
- Se recomienda a Petroproducción dejar una ventana abierta a la posibilidad de la implementación de este sistema de Tránsito Automático de Energía en todas

las centrales de generación de la filial puesto que la producción de petróleo de la mayoría de campos llega a ser superior a la de este campo.

- Se recomienda que el presente documento sirva de guía o referencia para proyectos similares, ya que, para su elaboración se ha tomado en cuenta opiniones de personas que conocen el problema energético existente y la solución dada fue hecha mediante un análisis claro y en base a los requerimientos del sistema.

## **COMENTARIOS FINALES**

- La base teórica para la Operación de Sistemas Eléctricos de Potencia, es extensa y compleja, resultando imposible abarcarla en su totalidad en la presente tesis. Sin embargo, se ha tratado de enfocar los temas básicos que ayuden a afrontar de mejor manera los problemas de operación en el SEIP.
- Los mayores inconvenientes en Petroproducción han sido: la falta de datos históricos en condiciones normales y de falla, lo que dificulta evaluar la gestión operativa del SEIP, no se dispone de reportes en forma detallada, no existe personal dedicado a esta actividad. El SEIP carece de un organismo centralizado responsable de la operación del sistema de potencia que administre eficientemente la generación y la carga.
- Una de las mayores revoluciones tecnológicas, ha sido el desarrollo de sofisticados sistemas automáticos para la operación de Sistemas Eléctricos de Potencia; se han desarrollado poderosas herramientas que se han ido actualizando y serán parte de estos instrumentos y herramientas que se utilizarán para la solución de los problemas operativos descritos en el SEIP.
- La rentabilidad del proyecto está supeditada a varios factores internos a la empresa, tales como el porcentaje de beneficios obtenidos bajo el techo y factores externos no dependientes de Petroproducción, sino de carácter económico en el ámbito nacional

## BIBLIOGRAFÍA y enlaces

- SHIGLEY Joseph. GUALDA J.A., MARTINEZ S., MARTINEZ P.M., “Electrónica industrial: Técnicas de potencia”, Segunda edición, Editorial Marcombo, S.A., Barcelona, 1992.
- GRANJA RUALES, Iván, Análisis del sistema eléctrico interconectado de Petroproducción sobre la base de datos reales y su estado actual. Lago Agrio
- Manual de operación de los Interruptores automáticos ABB SACE Isomax
- Manual de operación de VIP 396 Multi panel Meter
- Manual de operación del Micro Logix 1500
- <http://www.ti.com/tiris/docs/docntr.htm#brochures>
- <http://es.checkpointsystems.com/RFID>
- KOSOW, “MAQUINAS ELECTRICAS Y TRANSFORMADORES”, Segunda Edición, Prentice Hall Publishing, U.S.A, 1972
- ARCHER E. KNOWLTON, STANDARD HANBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS, Octava Edición; Mc. Graw-Hill, U.S.A., 1949
- RUY RENAU BALLESTER, POTENCIA ELECTRICA Y ELECTRONICA DE POTENCIA, Primera Edición en Español, Alfa y Omega, Mexico, 1993.
- ENCICLOPEDIA CEAC DE ELECTRICIDAD, ESTACIONES DE TRANSFORMACION Y DISTRIBUCION. PROTECCION DE SISTEMAS ELECTRICOS, Décimo Primera Edición, CEAC, España, 1985

- DONALD G. FINK, H. WAYNE BEATY, MANUAL DE INGENIERIA ELECTRICA, Décima Tercera Edición, Mc Graw-Hill, Mexico, 1996.
- JOHN J. GRANYER, WILLIAM D. STEVENSON Jr., ANALISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA, Primera Edición Español, Mc. Graw-Hill, México, 1996

# **ANEXO 1**

## **MANUAL DE USUARIO**

### **SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMATICO DE LAGO AGRIO (S.T.A.L.G)**

Las siguientes especificaciones técnicas establecen los requisitos para poner en marcha la automatización del sistema de transferencia Lago Agrio.

### **INTRODUCCIÓN**

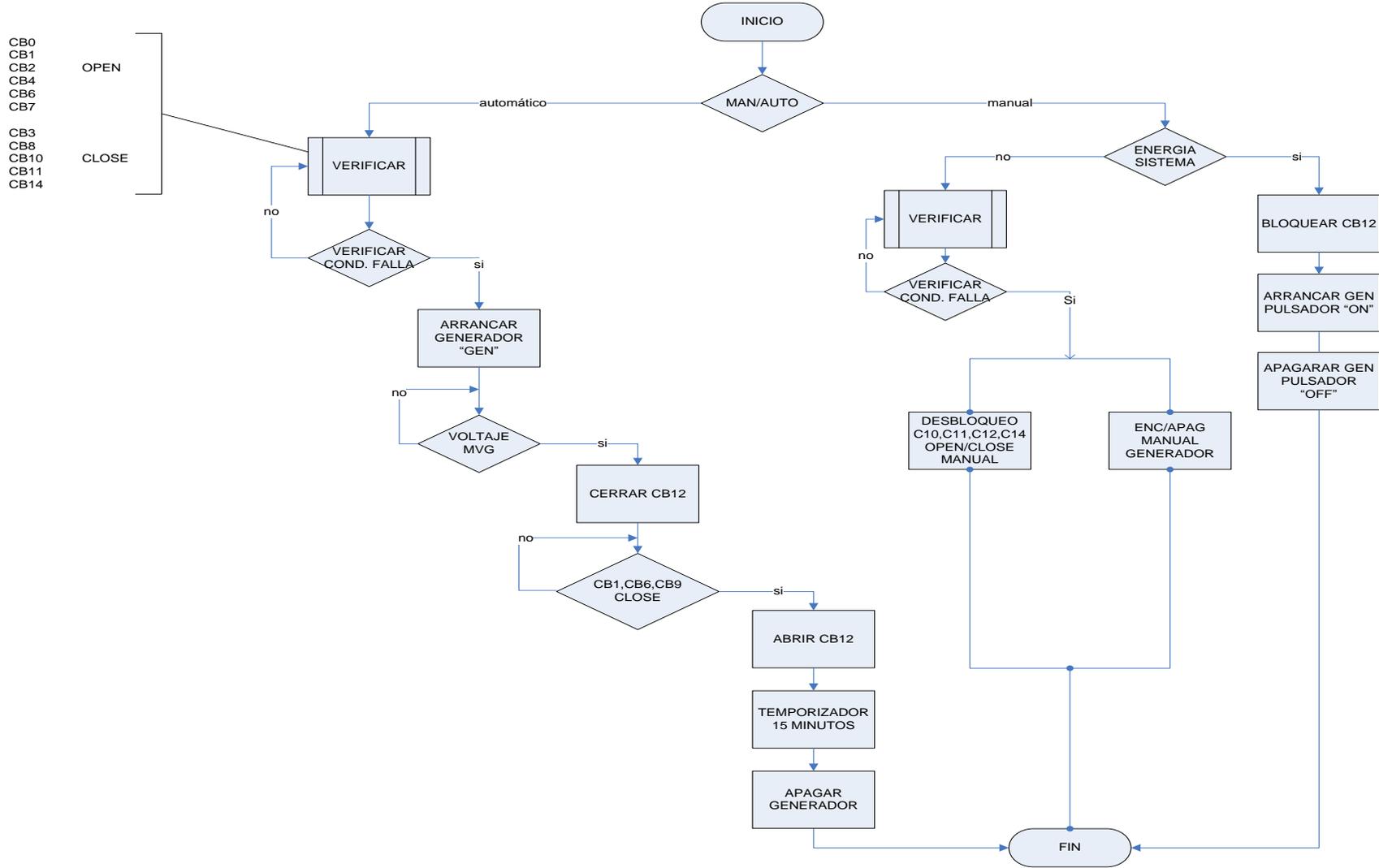
Petroproducción ha instalado el sistema de protecciones generales del campo Lago Agrio, en el cual se incluyen un sistema de transferencia para el funcionamiento del generador de emergencia. El presente trabajo de acuerdo con los adelantos tecnológicos busca la automatización del sistema antes mencionado mediante el uso de medidores eléctricos, breakers que ya se encuentran funcionando actualmente, y complementado con la versatilidad que ofrece un PLC (Allen Bradley).

Las tareas que se realizarán son: el diseño, Ingeniería, servicios y materiales apropiados para las condiciones ambientales del sitio, ubicación, instalación, pruebas y puesta en funcionamiento hasta su sintonización con el sistema de protección ya existente.

### **FUNCIONES DEL (S.T.A.L.G)**

Para una óptima funcionalidad del sistema a continuación se presenta los pasos que se debe seguir tanto para la operación en forma manual y automática.

# DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA



Si observamos el diagrama de flujo propuesto anteriormente podemos observar que el manejo del **SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMATICO DE LAGO AGRIO (S.T.A.L.G)** se la realiza de dos maneras claro esta, cada una independientemente y con sus respectivas limitaciones. En las siguientes líneas se encuentran desarrollados los pasos y especificaciones para cada una de ellas:

## **1.- MODO MANUAL**

### ***1.1 Si la línea de 4.16 kV y 480 V esta energizado (gobernado por el medidor de voltaje de línea)***

Este caso se lo toma en cuenta para cuando, a pesar de que **NO** ha existido una falla del sistema, desee poner en marcha al generador para comprobar su funcionamiento o para el mantenimiento del mismo.

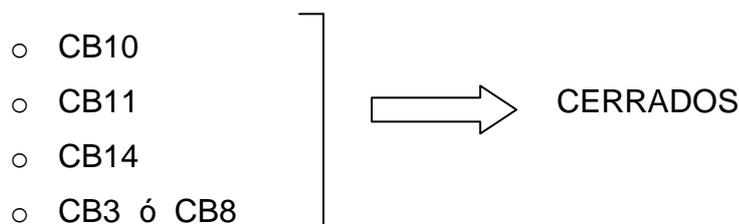
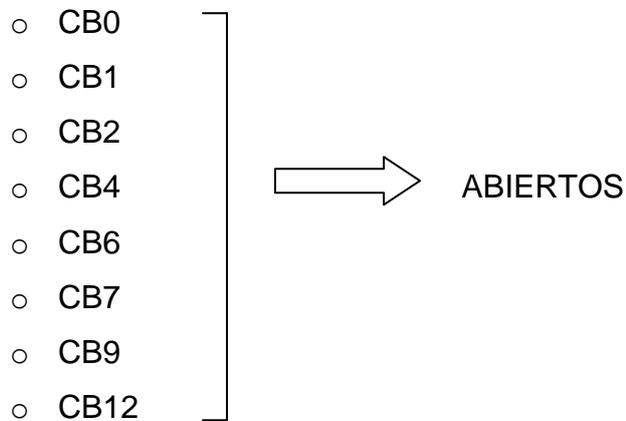
- ⌘ El selector, que se encuentra en el panel de control, debe estar en la opción de MANUAL
- ⌘ Por protección el breaker CB12 (que comanda la conexión o desconexión del generador auxiliar con el resto del sistema), debe permanecer abierto y en caso de cerrarlo el programa lo corregirá automáticamente para volverlo a abrir.
- ⌘ Con los comandos directos de cada Breaker dentro del panel (palancas incluidas en cada elemento) puede cambiar de estado a los breakers CB10, CB11 y CB14 para verificar su funcionamiento.
- ⌘ Si CB10, CB11, CB14, están cerrados y CB12 esta abierto puede usted comandar al generador mediante el pulsante ON/OFF GEN (el cual se encuentra en el panel de control)
  - Para encender al generador presiono una vez en ON/OFF GEN
  - Para comandar el apagado del generador debo mantener presionado por 5 segundos al pulsante ON/OFF GEN

- ⌘ Si desea prender o apagar otra vez al generador debe esperar 15 segundos luego de cada acción (encender o apagar).

## 1.2 Si la línea de 4.16 kV y 480 V NO esta energizado (gobernado por el medidor de voltaje de línea)

A este modo de operación se lo utiliza para cuando se desee comandar al generador auxiliar en caso de falla pero de manera manual (se recomienda que si no existe ningún problema en el estado automático del generador este caso se lo obvie en otras palabras el selector mantener siempre en AUTOMATICO).

- ⌘ El selector, que se encuentra en el panel de control, debe estar en la opción de MANUAL
- ⌘ Verificar, por precaución, el estado de los diferentes LACBs → condiciones para poder conectar al generador al resto del sistema.



- ⌘ Posteriormente usted puede mandar al generador tanto en el encendido como en el apagado, como en el caso anterior, por medio del pulsante ON/OFF GEN.
- ⌘ En este caso usted tiene comando libre de los CBs 10, 11,14 y 12 tanto manual indirecto con los “breakers controls” (S10, S11, S12, S14) del panel de control; como también el control desde las palancas que están incluidas en cada breaker.

## **2.- MODO AUTOMATICO**

Este caso se lo usa para cuando ha existido una falla del sistema (no existe señal del medidor de voltaje de línea), con lo cual automáticamente se pone en marcha al Sistema de transferencia de transferencia, por ende al generador de emergencia, con el objetivo de alimentar a los auxiliares que brindan energía a las turbinas y a los campos de la manera más rápida y eficiente posible.

- ⌘ El selector, que se encuentra en el panel de control, debe estar en la opción de AUTOMATICO, siendo este caso el más recomendado.
- ⌘ En este estado usted no tiene control sobre los CBs 10,11,12,14 pero si el estado normal de los mismos no es el correcto el programa lo regresará al estado deseado y la activación del generador de emergencia se lo hace directamente con el PLC.

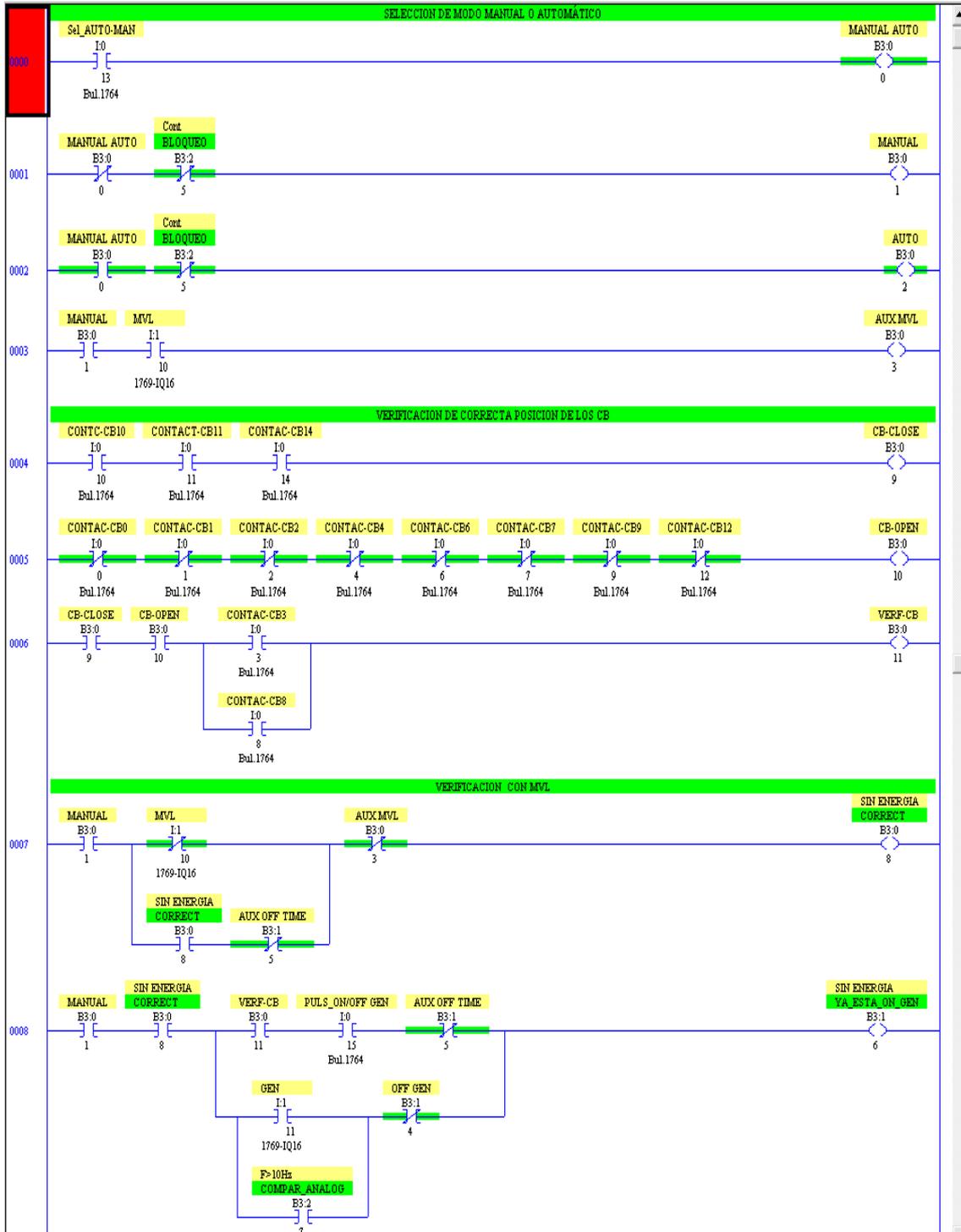
### **NOTAS IMPORTANTES:**

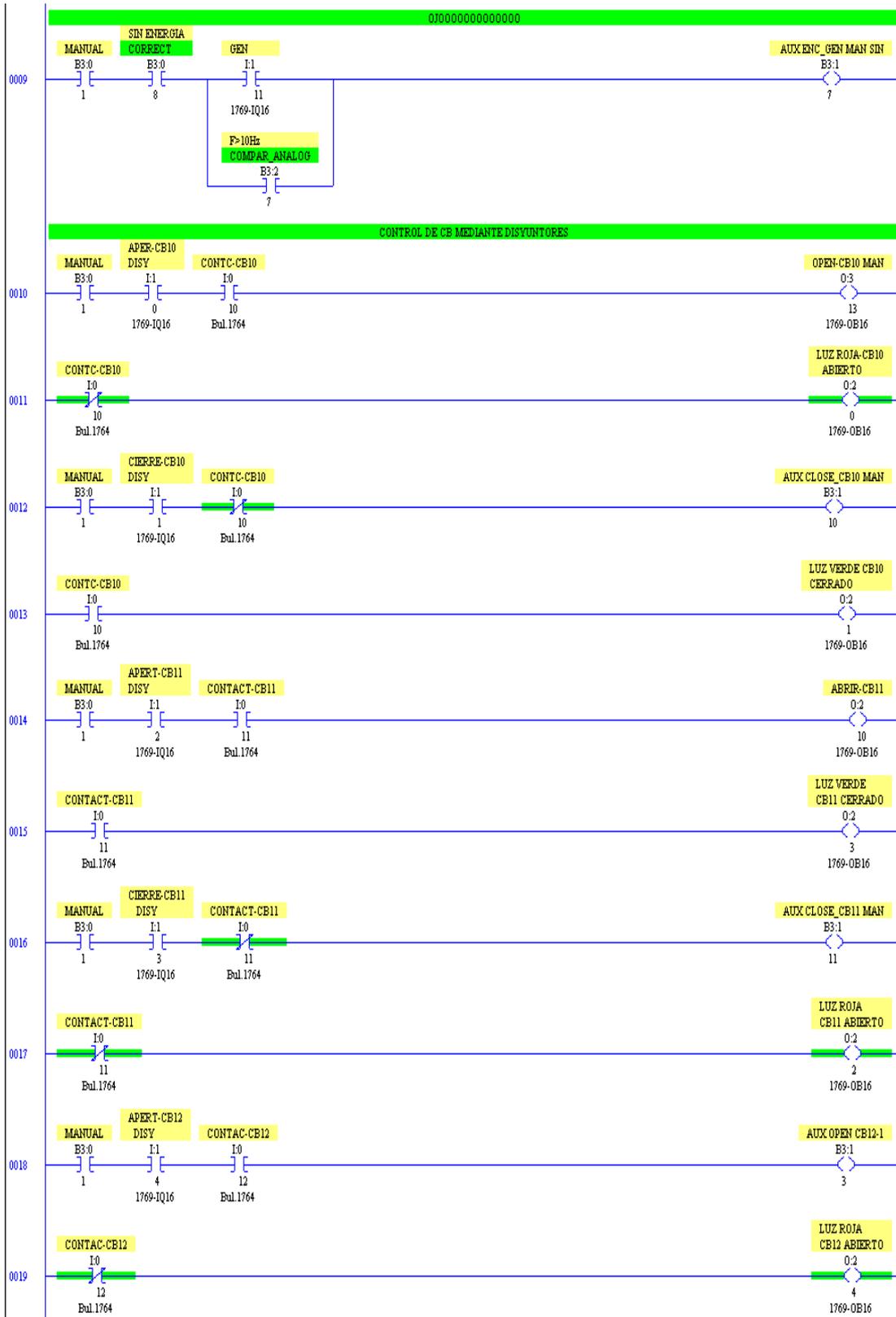
- En caso de falla en el encendido del generador de emergencia al tercer intento se activa el foco de FALLA y para salir de este estado deberá revisar el correcto funcionamiento del generador y sus conexiones para luego presionar el pulsante RESET y poder encender al generador con ON/OFF GEN.

- En el caso de que se este trabajando en el estado automático y no se encienda el generador revise primero el estado de todos los CBs tanto en el campo como en el switch de transferencia y asegúrese de que se encuentran en el estado indicado en la parte (1.2 de la parte “manual sin energía”), antes de colocar al sistema de transferencia en manual y encender al generador.
  
- Si tiene problemas con algún elemento dentro de sistema de transferencia ó con el PLC y su programación se sugiere revise la documentación técnica respectiva a cada uno de los temas que se encuentra en el **DPTO. MTO. - SECCIÓN ENERGÉTICA –PLANIFICACION.**

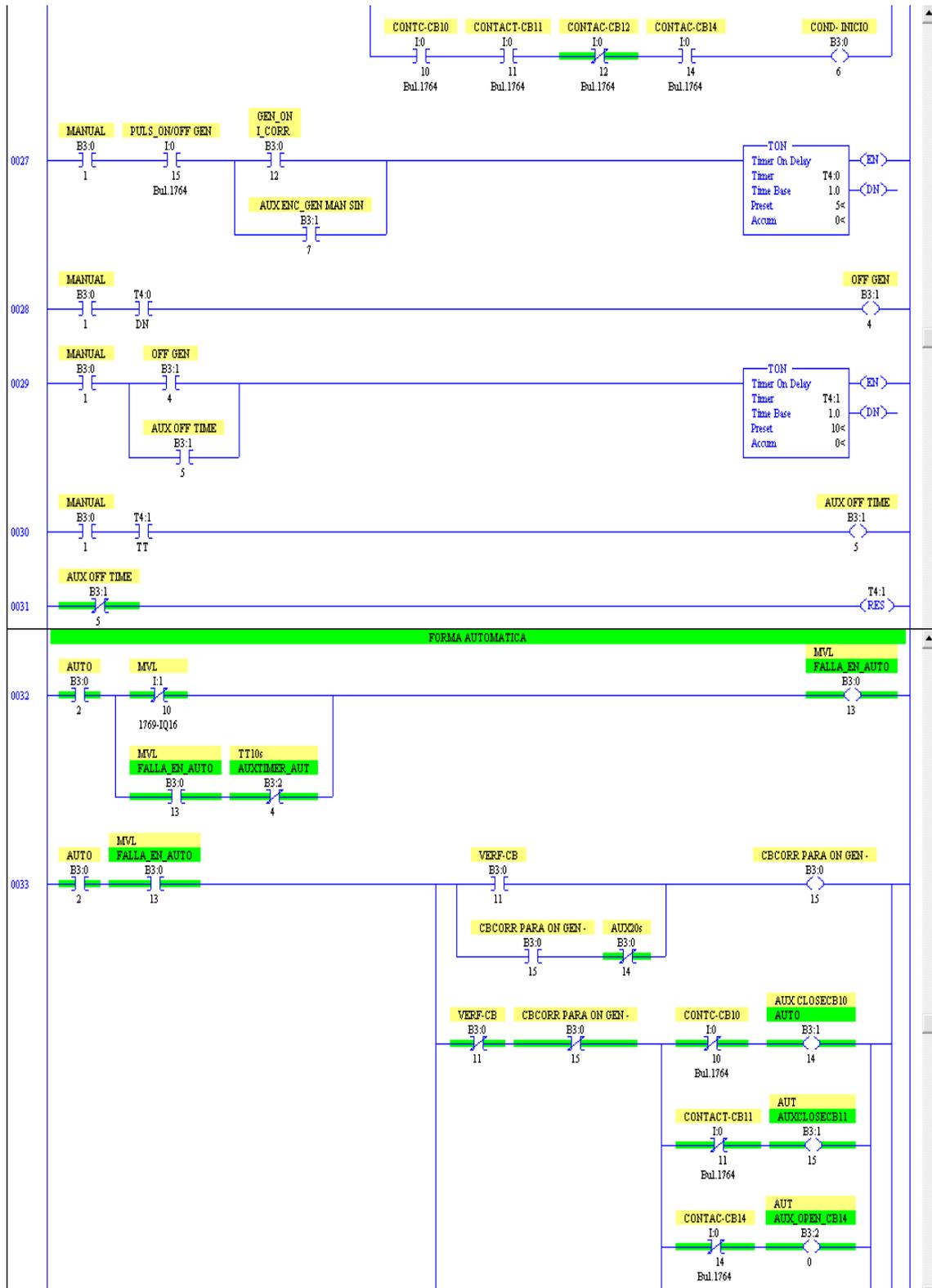
## ANEXO 2

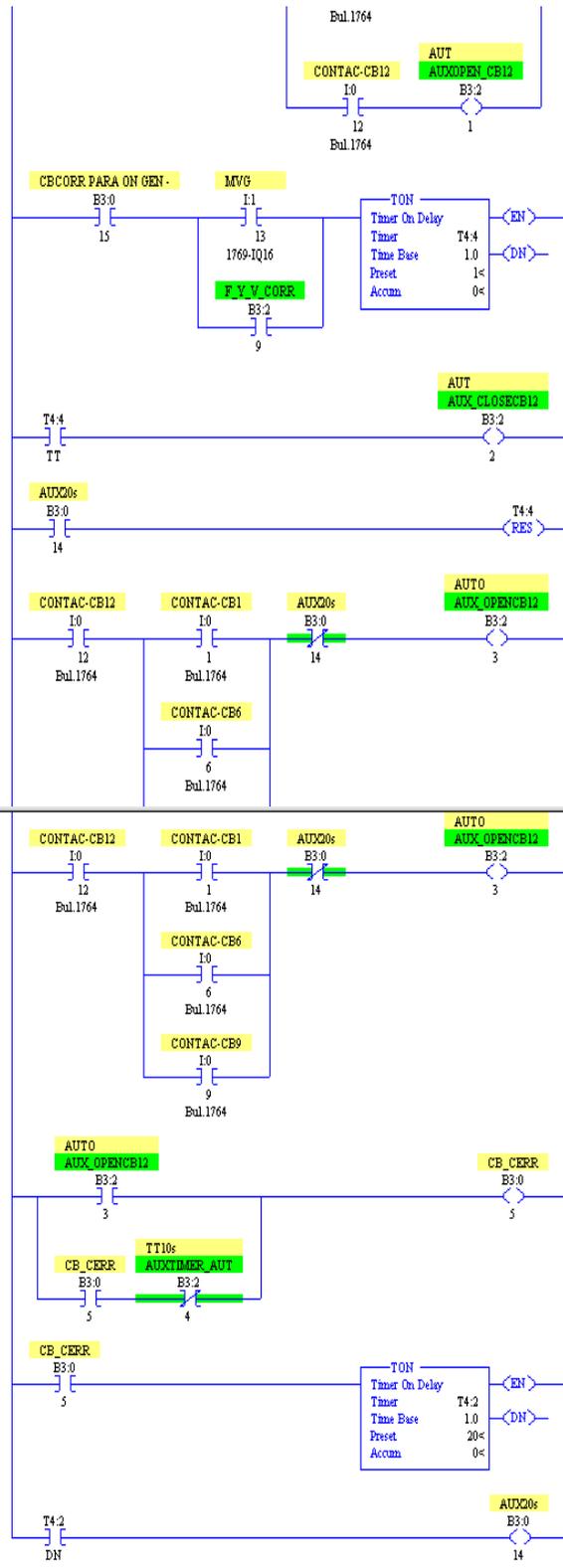
### LADDER DE PROGRAMACIÓN

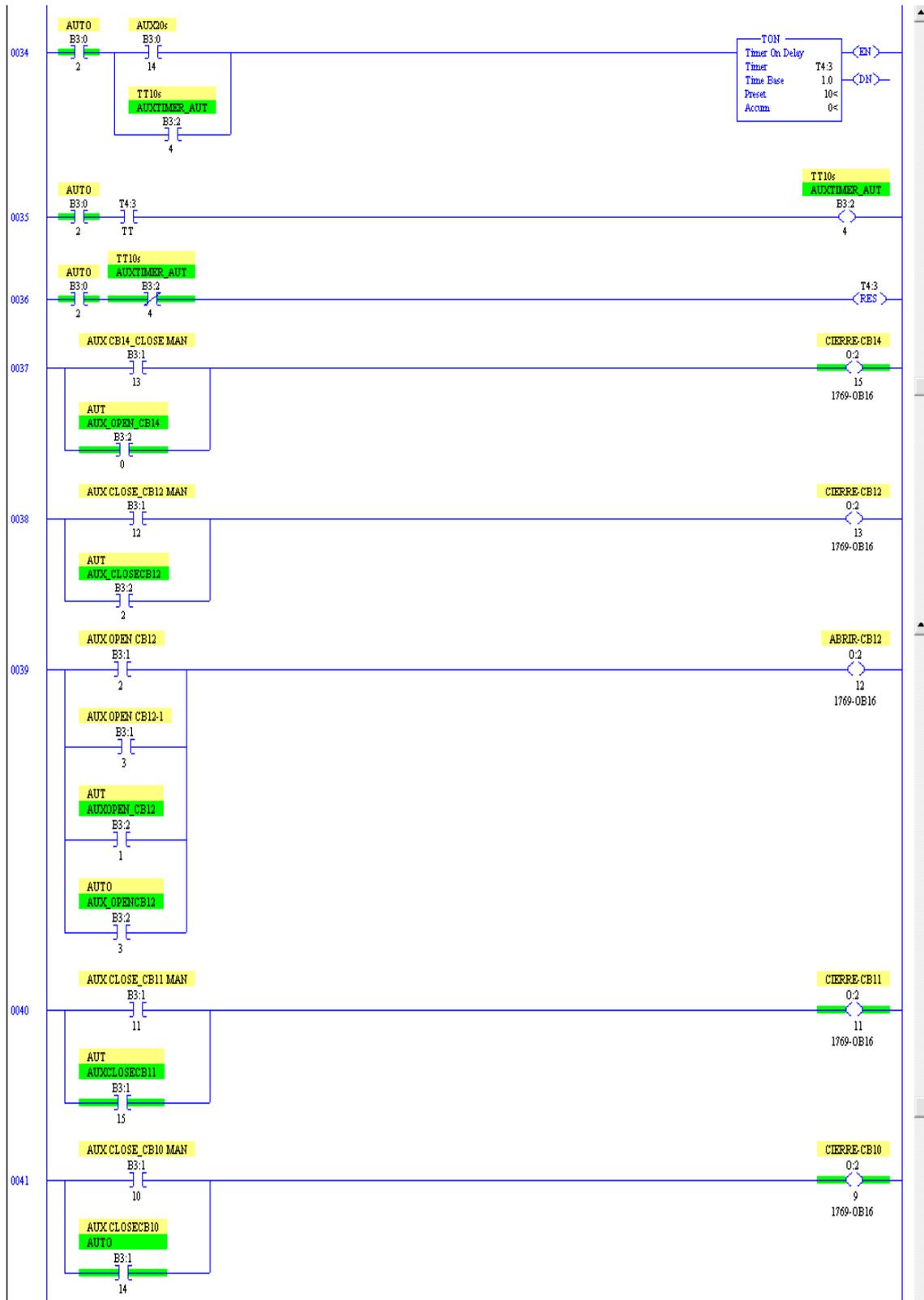


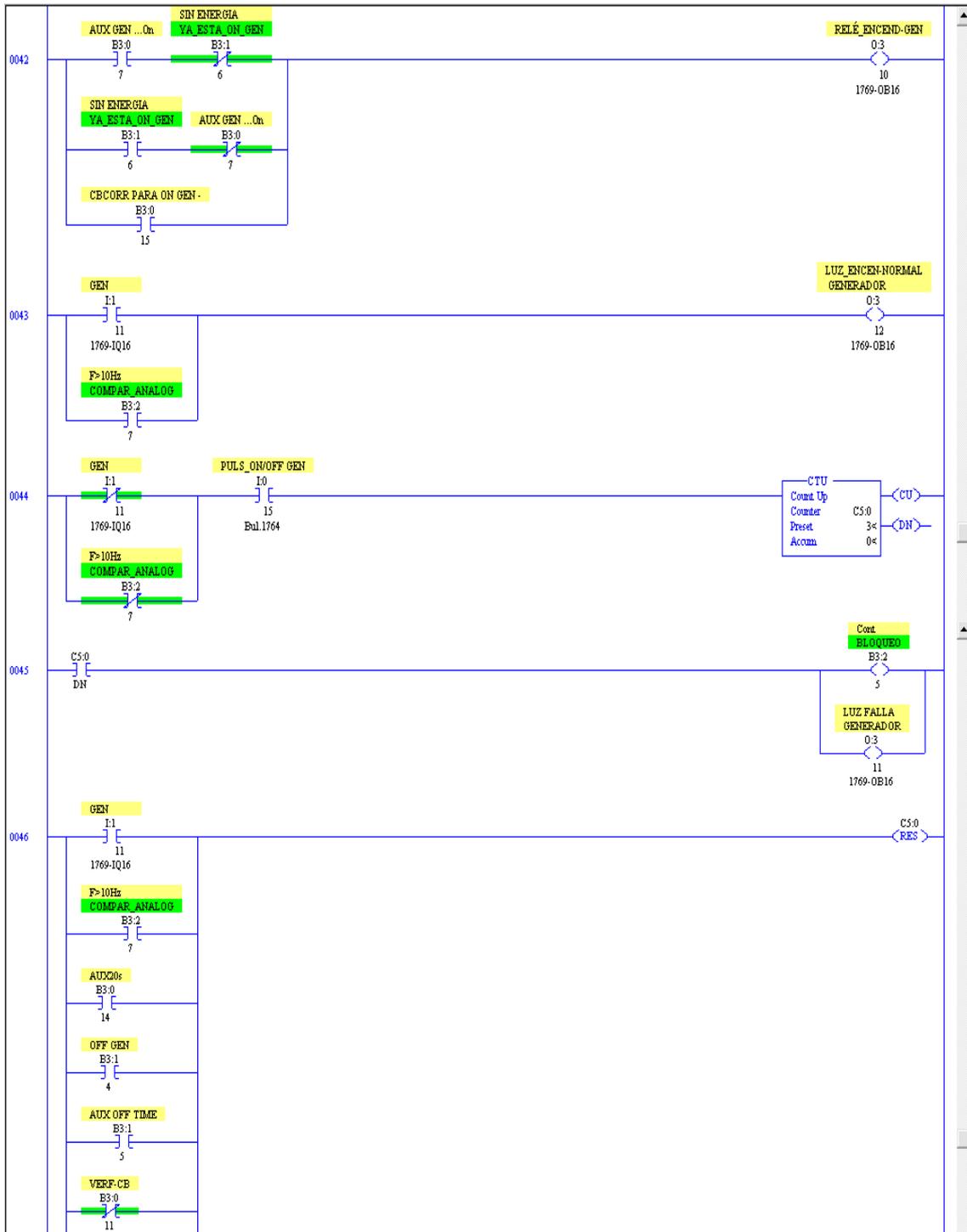


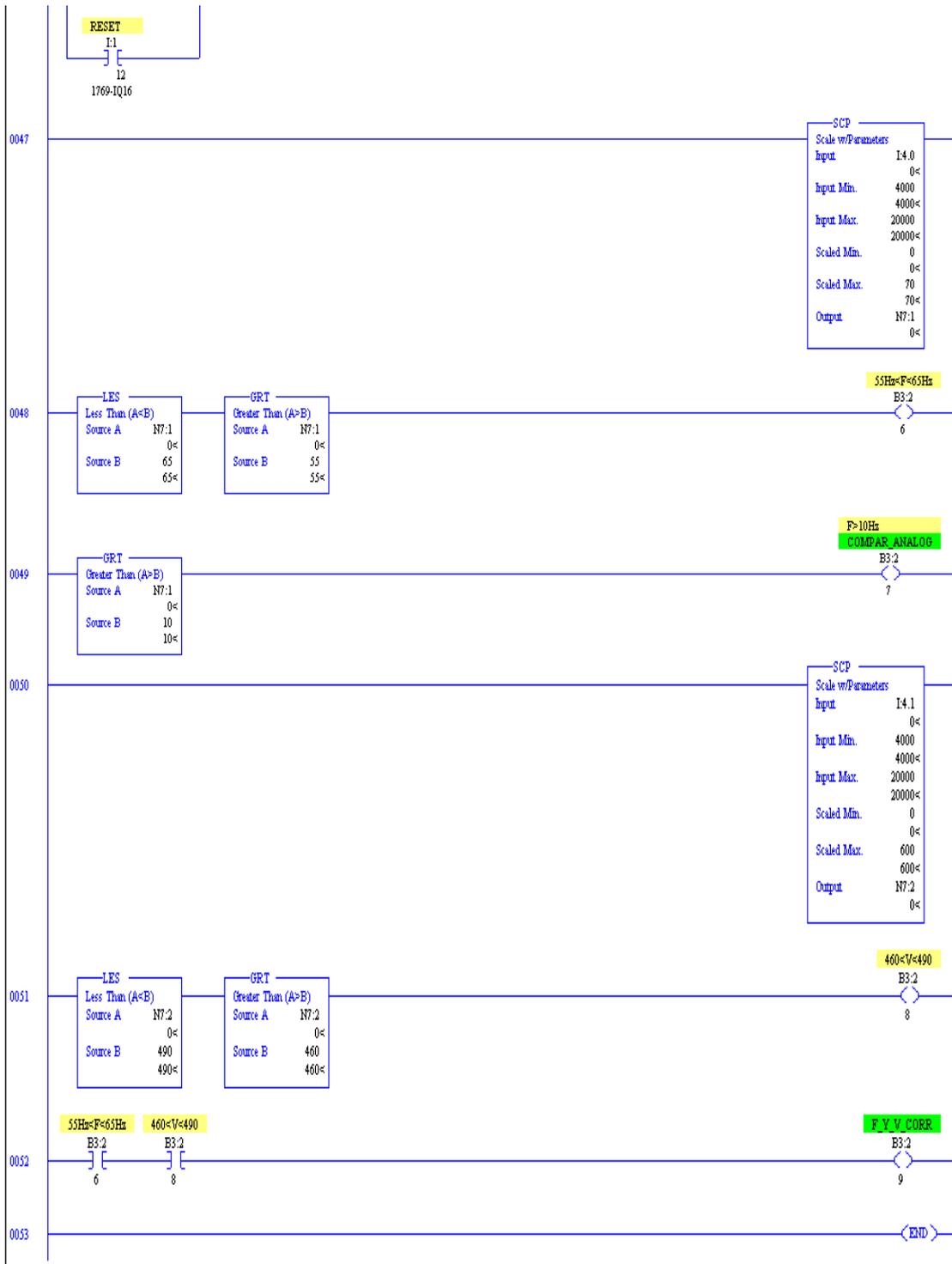












### ANEXO 3

#### FOTOGRAFÍAS



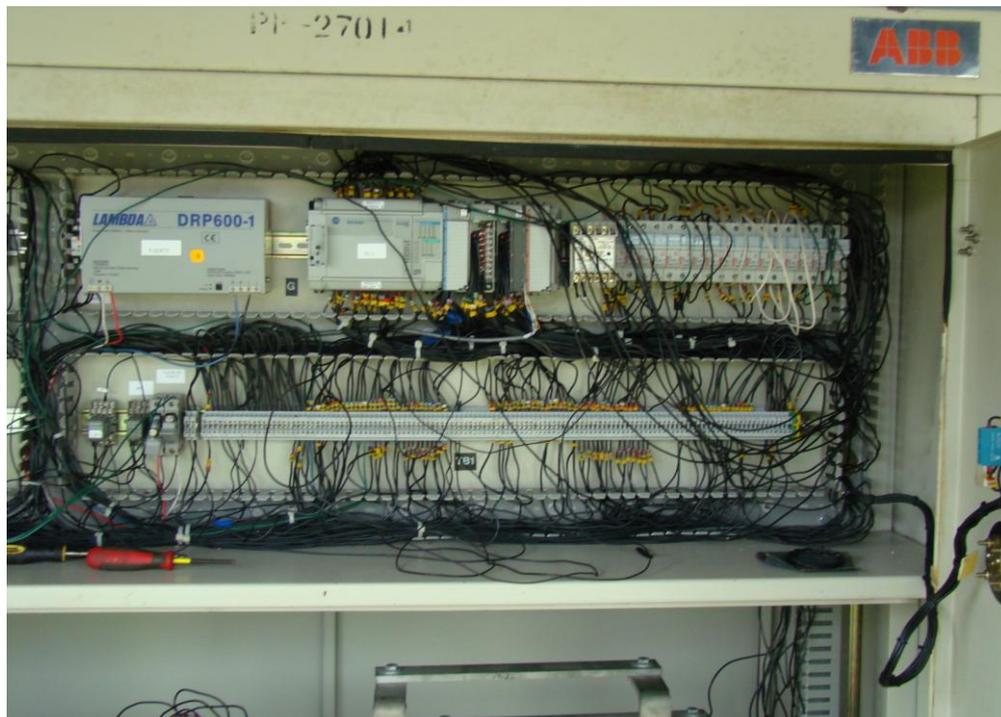
Fotografía 1.- Parte posterior del Circuit Breakers



Fotografía 2.- Circuit breaker con su caja



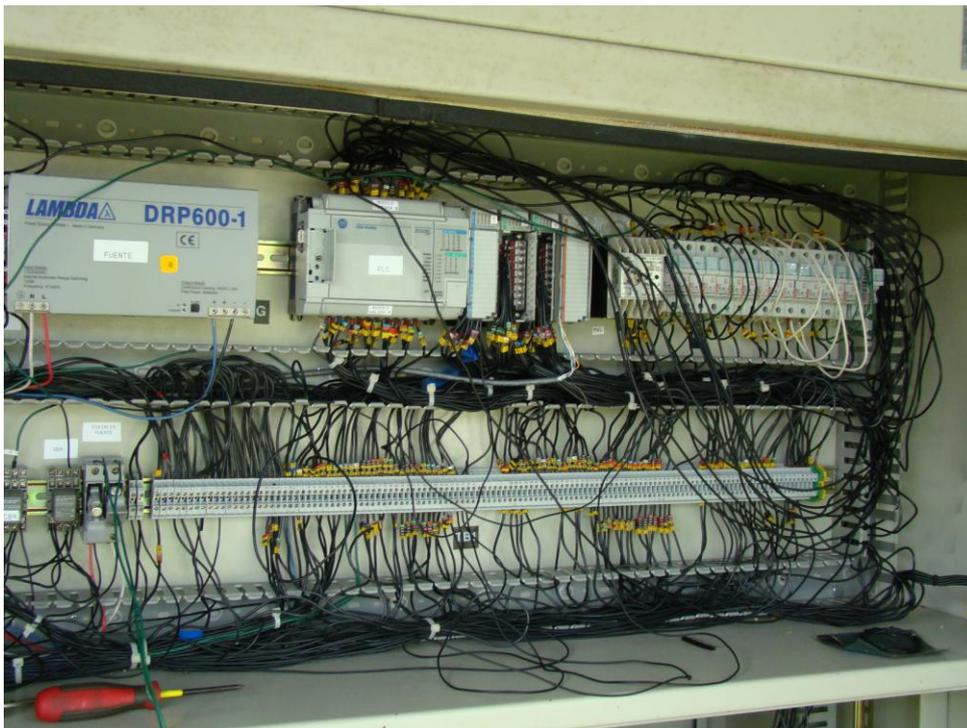
Fotografía 3.- Colocación de elementos



Fotografía 4.- Cableado



Fotografía 5.- Cableado de CBs



Fotografía 6.- Cableado de Entradas y salidas del PLC



Fotografía 7.- Cableado de Circuit Breakers



Fotografía 8.- Bases de Circuit Breakers



Fotografía 9.- Implementación del sistema completo



Fotografía 10.- Sistema implementado y Funcionando