

# ESTUDIOS DE COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES POR MÉTODOS COMPUTARIZADOS APLICADOS A LA INTERCONEXIÓN VALDEZ - ECOELECTRIC

Alberto David Llumitaxi Candelario, José Luis Suárez Muñoz, Juan Saavedra Mera\*

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral, apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

aldallum@espol.edu.ec, joslsuar@espol.edu.ec, \*jsaavedra@hidronacion.org

\*Director de Tesis, Ingeniero en electricidad especialización Potencia

## Resumen

Con el proyecto se pretende realizar los ajustes de los equipos de protección para la coordinación de la Interconexión Valdez-Ecoelectric, es decir definir los límites de operación para detectar las fallas, las condiciones anormales del sistema y las condiciones indeseadas de los equipos. Además definir los tiempos de operación de la protección para permitir la actuación eficaz y oportuna de los relés de protección, minimizando los tiempos de actuación y garantizando una apropiada operación de todas las protecciones, tanto las protecciones primarias como las de respaldo.

El estudio de coordinación se lo realizará tomando en cuenta el caso de carga máxima, para esto debemos conocer el funcionamiento del sistema en ese caso y por supuesto en condiciones de falla o cortocircuito. Estos estudios se realizarán usando el software "POWER WORLD", una vez obtenidos los resultados, realizaremos la coordinación en el programa "MICROSOFT EXCEL", que nos ayudará a obtener los ajustes en los equipos de protección. Los resultados se mostrarán de forma gráfica y cuantitativa.

**Palabras Clave:** Relés digitales, descripción de instalaciones eléctricas, flujo de carga, análisis de cortocircuitos, coordinación de protecciones.

## Abstract

The project aims is make adjustments of protective equipment for the coordination of the Valdez-Ecoelectric Interconnection, that is to say define the operating limits to detect failures, abnormal system conditions and unwanted conditions of the equipment. Also define the operating times of protection to allow the efficient and timely protection relays, minimizing trip times and ensuring proper operation of all protections, protections both primary as backup.

The study of coordination will be made taking into account the maximum load case, for this we must know how the system works in this case and of course in fault conditions or short circuit. These studies were performed using the software "POWER WORLD", once the results obtained, we will coordinate on "MICROSOFT EXCEL" that will help us gets the settings on protective equipment. The results are displayed graphically and quantitatively.

**Keywords:** Digital relays, description of electrical installations, load flow, short circuit analysis, protection coordination.

## Introducción

Para que un sistema de potencia pueda operar de forma adecuada y confiable es indispensable un buen sistema de protección, que permita despejar anomalías en las zonas cercanas a éstas y asegurar la continuidad del servicio en el resto del sistema.

Por ende es necesario realizar un estudio de coordinación de protecciones donde se determinarán las características y ajustes necesarios de los elementos de protección.

El estudio de coordinación a realizarse es de la Interconexión Valdez Ecoelectric, empresas pertenecientes al grupo NOBIS, que en los últimos años han adquirido equipos modernos con la intención de mejorar su producción y cuidado del medio ambiente.

## 1. CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.

El ingenio Azucarero Valdez y la empresa Ecoelectric están ubicados en el cantón Milagro provincia del Guayas. El ingenio Azucarero Valdez es una importante empresa que se encarga del cultivo, producción y comercialización de azúcar en distintas presentaciones, además de la panela. Ecoelectric es una empresa que surgió de aprovechar los residuos de la caña de azúcar (bagazo) como combustible para la producción de energía eléctrica. Ecoelectric se localiza en el interior de las instalaciones del ingenio Valdez y se encarga de generar la energía para suplir la demanda del ingenio y el excedente de energía se vende al SNI.

El sistema de Ecoelectric posee tres generadores de distintas capacidades, los cuales son:

- TG7 es un generador de 27.5MW/13800V
- TG6 es un generador de 6MW/4160V
- TG5 es un generador de 3MW/480V, el cual sirve de respaldo en caso de emergencia.

La potencia instalada de generación es de 33.5MW, siendo 32.5MW la generación máxima, con una de demanda por parte del ingenio aproximadamente de 17MW, el excedente se vende al SNI.

Entre los transformadores los más importantes son:

- Uno de 20/25MVA 69/13.8 KV, el cual sirve para la venta de energía al SNI.
- Uno de 15MVA 13.8/4.16 KV, el cual sirve para la distribución de energía.
- Dos de 4MVA 4.16/0.48 KV, el cual sirve para la distribución de energía.

- Uno de 1.5MVA 13.8/0.48 KV, usado en caso de emergencia.

Entre los equipos más importantes y que más demanda de energía tienen en el proceso de extracción de jugo de caña de azúcar son:

- Un motor de 4000HP/13.8KV, que sirve de desfibrador.
- Un motor de 3000HP/4.16KV, que sirve como picador.

Además que el sistema consta de cargas las cuales mediante transformadores auxiliares funcionan a un nivel de 240/120V, que son para los equipos complementarios del sistema como bombas de riego, y para las diferentes áreas administrativas, las cuales se las representan como una sola carga.

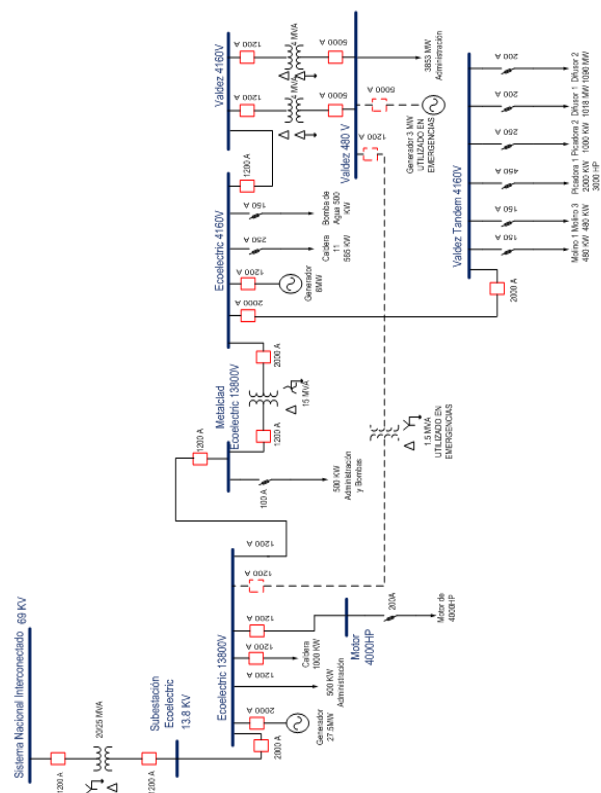


Figura 1: Diagrama unifilar conexión Valdez-Ecoelectric.

## 2. CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE FLUJO DE CARGA.

### 2.1 Criterios adoptados para el estudio

#### 2.1.1 Flexibilidad Operacional.

El sistema podrá funcionar alimentado por los generadores de 27.5 y 6 MW sin ninguna restricción.

### 2.1.2 Niveles de confiabilidad.

El sistema debe proveer la continuidad del servicio y la alimentación a las instalaciones del Ingenio Valdez en forma prioritaria, ante la existencia de falla de un elemento del sistema

### 2.1.3 Niveles de sobrecarga.

No se aceptan sobrecarga en los cables del sistema, mayores a la cargabilidad establecida en las especificaciones técnicas.

Para el caso de los transformadores convencionales de fuerza, la carga no debe exceder su capacidad OA.

### 2.1.4 Niveles de sobrecarga.

Se considera la variación del voltaje de CNEL Milagro entre 0.9916 y 1.00417 para máxima y mínima carga.

Los voltajes a nivel de barras del sistema no deben exceder del 2.5% hacia arriba y 2.5% hacia abajo, ante cualquier contingencia operativa.

## 2.2 Análisis de casos

Para el desarrollo del proyecto se considera todas las cargas instaladas (carga máxima) en el sistema Valdez-Ecoelectric, lo que resulta en un aproximado de 17MW aproximadamente.

## 2.3 Datos del sistema

### 2.3.1 Datos de generación

Tabla I: Generación Valdez-Ecoelectric.

Barra	Voltaje en barra (V)	Nombre	Potencia Real MW
3	13800	Turbo 7	27.5
5	4160	Turbo 6	6
8	480	Turbo 5	3

### 2.3.2 Datos de barras de carga.

Tabla II: Valores de carga en las barras.

Barra	Nombre de Barra	Carga KW	Carga KVAR
3	Ecoelectric 13800V	4484	2417.54
4	MetalcladEcoelectric 13800V	500	242.16
5	Ecoelectric 4160V	1245	602.97
6	Valdez 4160V		
7	Valdez Tandem4160V	6868	3326.30
8	Valdez 480 V	3853	1866.12

### 2.3.3 Datos de líneas y conductores.

Tabla III: Valores impedancias de los conductores.

Conductor	Resistencia ( $\Omega$ /km)	Reactancia ( $\Omega$ /km)
4/0	0.2150	0.2050
500 MCM	0.0967	0.1900

Tabla IV: Detalle de los conductores.

Barra	A Barra	Conductor por fase	Ampacidad (A)	Voltaje (KV)
2	3	4#500MCM	2740	13.8
3	10	1#500MCM	685	13.8
3	12	3#4/0	1200	13.8
3	4	2#500MCM	1370	13.8
5	6	3#4/0	1200	4.16
5	7	3#4/0	1200	4.16

### 2.3.4 Datos de transformadores de fuerza.

Tabla V: Valores impedancias de los conductores.

	S/E Venta	Distribución	Distribución
MVA	20/25 MVA OA/FA	15 MVA	4 MVA
Conexión	Y aterrizado-Delta	Delta- Zigzag aterrizado	Delta- Delta aterrizado

## 2.4 Resultados del estudio de flujo de carga.

Los resultados de flujo de carga serán presentados principalmente en forma gráfica por ser el método más conciso y usualmente más informativo. El flujo del sistema puede ser rápidamente analizado con la presentación gráfica y relacionar la configuración del sistema, condiciones operativas y resultados.

El análisis del flujo de carga muestra lo siguiente:

- Voltaje en barras.
- Energía para la venta y consumo Interno del Ingenio Valdez.
- Generación de Ecoelectric, cargas del Ingenio y pérdidas.
- Requerimientos de potencia reactiva en los generadores de Ecoelectric, comparados con los requerimientos de reactivos del sistema.
- Carga sobre todos los conductores y transformadores, verificar que la carga esté dentro de la capacidad de transmisión para condiciones normales y contingencias operativas.
- Ajustes de Taps de los transformadores.

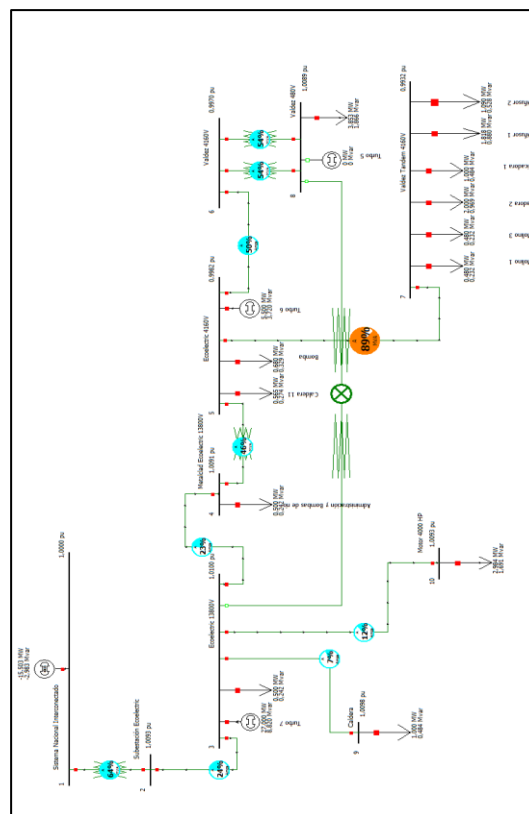


Figura 2: Resultado del flujo de carga

### 2.4.1 Voltajes en las barras.

Tabla VI: Valores de voltaje en las barras.

Barra	Nombre de la Barra	Caso Base
1	Sistema Nacional Interconectado	1.0000
2	Subestación Ecoelectric	1.0093
3	Ecoelectric 13800V	1.0100
4	MetalcladEcoelectric 13800V	1.0091
5	Ecoelectric 4160V	0.9982
6	Valdez 4160V	0.9970
7	Valdez Tandem4160V	0.9932
8	Valdez 480V	1.0089
9	Caldera 12	1.0098
10	Motor 4000 HP	1.0093

### 2.4.2 Energía para la venta y consumo.

Tabla VII: Valores de energía y consumo.

	Caso Base
<b>Generación Total</b>	32.500 MW
<b>Carga Total</b>	16.997 MW
<b>Energía para la venta</b>	15.503 MW

### 2.4.3 Requerimientos de potencia reactiva.

Tabla VIII: Valores de reactivos en el sistema.

	Caso Base
<b>Reactivos de Generación</b>	12.540 MVAR
<b>Reactivos al SIN</b>	2.983 MVAR
<b>Carga total Reactivos Inductivos</b>	9.557 MVAR

#### 2.4.4 Carga de conductores.

Tabla IX: Valores de cargabilidad en conductores.

De	A	Caso Base
Nombre de Barra	Nombre de Barra	
Subestación Ecoelectric	Ecoelectric 13800V	24%
Ecoelectric 13800V	Caldera	7%
Ecoelectric 13800V	Motor 4000 HP	12%
Ecoelectric 13800V	MetalcladEcoelectric 13800V	23%
Ecoelectric 4160V	Valdez 4160V	50%
Ecoelectric 4160V	Valdez Tandem4160V	89%

#### 2.4.5 Carga de transformadores.

Tabla X: Valores de cargabilidad en transformadores.

De	A	Caso Base
Nombre de Barra	Nombre de Barra	
Sistema Nacional Interconectado	Subestación Ecoelectric	64%
MetalcladEcoelectric 13800V	Ecoelectric 4160V	46%
Valdez 4160V	Valdez 480V	54%
Valdez 4160V	Valdez 480V	54%

### 2.5 Resultados del estudio de flujo de carga.

Como se puede observar en la tabla VIII, los voltajes en las barras para el caso base se mantienen dentro de los límites acordados, por lo que no exceden del 2.5% hacia arriba y 2.5% hacia abajo, ( $\pm 2.5\%$ ).

Podemos observar en porcentaje, la carga en los conductores, la cual está dentro de los límites establecidos, permitiendo así en un futuro una ampliación en el sistema, sin afectar por mucho la capacidad de los conductores. Hay que tomar en consideración al conductor entre la barras 5 y 7, que trabaja a un 89% de su capacidad nominal, con el cual si se va a realizar una ampliación en la barra 7, es un dato que se deberá tomar en cuenta.

Se aprecian en porcentaje cuan cargados se encuentran los transformadores de la interconexión Valdez-Ecoelectric. Funcionan a una capacidad que va del 18 al 62 % de su capacidad máxima, lo que indica que se encuentran en un buen punto de operación, manteniendo un margen de reserva para las proyecciones futuras que se tengan en mente.

### 3. CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO.

En el análisis de corto circuito, las fallas del sistema se manifiestan como condiciones anormales de operación que nos podrían conducir a uno de los siguientes fenómenos:

- Indeseables flujos de corrientes.
- Presencia de corrientes de magnitudes exageradas que podrían dañar los equipos.
- Caída de voltaje en la vecindad de la falla que puede afectar adversamente la operación de las máquinas rotatorias.
- Creación de condiciones peligrosas para la seguridad del personal.

El estudio del sistema eléctrico del sistema Valdez-Ecoelectric requiere realizar estudios de corto circuito para resolver las situaciones críticas señaladas, y obtener la información básica para la coordinación de las protecciones. Los estudios se realizarán con los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de las corrientes de falla en los componentes del sistema tales como cables, barras y transformadores durante el tiempo que persista la falla.
- Los estudios determinarán las zonas del sistema en donde la falla puede resultar en depresión inaceptable de voltajes.
- Determinar el ajuste de los equipos de protección, los cuales son establecidos considerando el sistema bajo condiciones de falla.

#### 3.1. Alcance del estudio de cortocircuito.

Considerando que el sistema Valdez-Ecoelectric se caracteriza por ser un sistema típicamente aterrizado, el estudio de corto circuito considera los siguientes tipos de falla:

- Falla Trifásica a tierra
- Falla de línea a tierra.

La falla trifásica a tierra es a menudo, para este tipo de sistema, la más severa de todas, por ello es costumbre de simular solamente la falla trifásica cuando se busca las magnitudes máximas de corriente de falla; sin embargo se verificará que la corriente de falla a tierra no exceda la corriente trifásica.

### 3.2. Impedancia equivalente en el punto de entrega de CNEL Milagro.

La Empresa Eléctrica de Milagro (EEMCA) nos ha entregado los MVA de corto circuito y las impedancias de Thevenin en la barra de interconexión de la industria con la empresa. La información ha sido trasladada a la base de 100MVA y 69KV y se indica en las siguientes tablas:

#### 3.2.1. MVA de corto circuito.

Tabla XI: Valores de cortocircuito.

Tipo de Falla	Corriente de Falla (pu)	Corriente de Falla (Amperios)	MVA de Cortocircuito
Trifásica-Tierra	4.6955	3929	470
Línea-Tierra	3.023	2529	302

#### 3.2.2. Impedancias equivalentes.

Tabla XII: Valores de impedancias.

Tipo de Falla	Magnitud (pu)	Ángulo	R + Xj (Ohmios)
ZQQ-1	0.2910	-76.06	0.0734+j0.2816
ZQQ-0	0.5674	-80.27	0.0958+j0.55926

### 3.3. Impedancia en p.u. de generadores síncronos.

Tabla XIII: Valores de impedancias en p.u.

Generador	X''d (pu)	X'd (pu)	Xd (pu)	X2 (pu)	Xo (pu)
Turbo 7	0.378	0.669	4.567	0.378	0.169
Turbo 6	2.133	3.2	21.2	2.133	0.7733

### 3.4. Resistencia de tierra en los generadores de 27.5 y 6 MW.

Se sabe que el generador de 27.5 MW está provisto de una resistencia de tierra, clase 15 KV, voltaje de fase, 150 amperios /10 segundos, 40 Ω, con un CT clase 15 KV, relación 150/5 precisión 10B100. Considerando que la Z base a nivel de 13.8 KV es 1.9044 la resistencia de puesta a tierra en pu es igual a  $40/1.9044 = 21$  pu

De igual manera, se tiene para el generador de 6 MW una resistencia de puesta a tierra de 10 Ω. De las corridas de corto circuito se aprecia que esta resistencia, tiene muy poco efecto en el propósito de limitar la corriente de falla a tierra debido a la conexión Delta-Y aterrizado del transformador de 15 MVA.

### 3.5. Resultado del estudio de corto circuito

Las corrientes de cortocircuito han sido calculadas considerando los criterios técnicos indicados en el capítulo 2. La falla trifásica a tierra y línea a tierra se aplica a cada barra del sistema.

#### 3.5.1. Corrientes de falla.

Tabla XIV: Valores de corrientes de falla en cada barra.

Nombre de Barra	Falla 3L-T		Falla L-T	
	p.u.	Amperios	p.u.	Amperios
Sistema Nacional Interconectado	5.050	4225.260	3.114	2605.430
Subestación Ecoelectric	4.845	20270.200	4.349	18196.600
Ecoelectric 13800V	4.887	20446.900	4.275	17884.100
Metalclad Ecoelectric 13800V	4.603	19256.000	3.918	16392.600
Ecoelectric 4160V	1.943	26970.100	2.006	27838.500
Valdez 4160V	1.866	25903.600	1.885	26156.400
Valdez Tandem 4160V	1.769	24545.800	1.731	24025.100
Valdez 480V	0.806	96958.800	0.940	113119.00
Caldera	4.418	18485.400	3.754	15703.700
Motor 4000 HP	4.533	18966.200	3.877	16220.000

### 3.6. Conclusiones y recomendaciones

El presente estudio de corto circuito preparado para la interconexión Valdez-Ecoelectric ha permitido cumplir los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de las corrientes de falla en los componentes del sistema tales como cables, barras y transformadores durante el tiempo que persista la falla.
- Determinar las zonas del sistema en donde la falla puede resultar en depresión inaceptable de voltajes.
- El estudio de corto circuito considera los siguientes tipos de falla:
  - o Falla trifásica a tierra
  - o Falla de Línea a tierra.
- La corriente de falla a línea a tierra fue limitada a la corriente de falla trifásica a tierra por medio de la instalación de resistencias en los neutros de los generadores de 27,5 MW y 6MW.
- Las corrientes de cortocircuito han sido calculadas considerando los estándares de la IEEE aplicables para el cálculo de falla para voltajes medio y alto. 1 Standard IEEE Std C37.010-1979, IEEE Std C37.5-1979, IEEE Std 141-1993, IEEE Std 241-1990, and IEEE Std 242-1986.
- Las corrientes de falla trifásica y línea a tierra fueron aplicadas a cada barra del sistema, los resultados se pueden apreciar de manera gráfica en la parte de Anexos.
- El ajuste de los equipos de protección, los cuales son determinados considerando el sistema bajo condiciones de falla, será estudiado en la cuarta parte de este trabajo relacionada con la coordinación de las protecciones.

## 4. CAPÍTULO 4: COORDINACION DE PROTECCIONES.

Los estudios de flujo de carga y corto circuito del proyecto de cogeneración de energía del Ingenio Valdez, es la base para el ajuste y coordinación de las protecciones del sistema. Los estudios se realizarán con los siguientes objetivos:

- Determinar el ajuste de los equipos de protección, los cuales son establecidos considerando el sistema bajo condiciones de falla.
- Determinar la coordinación de las protecciones del sistema Valdez-Ecoelectric propiamente y con las protecciones del sistema de la Empresa Eléctrica de Milagro.
- La aplicación del estudio permitirá el despeje oportuno y selectivo de las fallas del sistema.

### 4.1. Esquema de protecciones.

#### 4.1.1. Esquema de protección de generadores.

La protección del generador de 27.5 MW se realiza mediante un relé digital General Electric 489, el cual está diseñado expresamente para generadores.

Mientras tanto la protección del Generador de 6 MW se realiza con un relé analógico Toshiba 87. En los siguientes gráficos se detallan los esquemas para cada uno de los generadores con sus respectivos equipos.

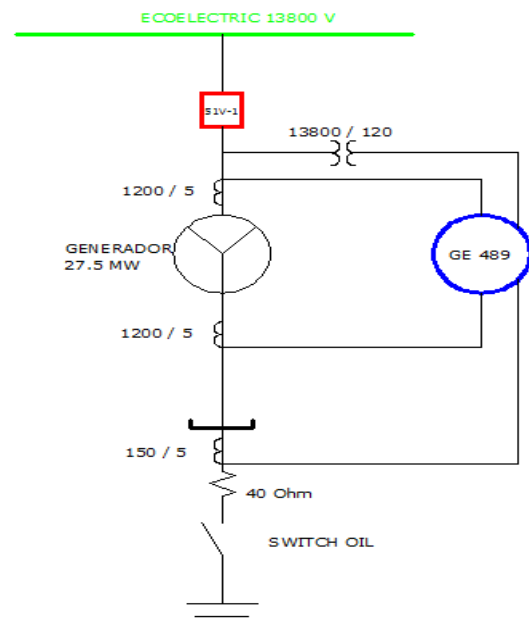


Figura 3: Esquema de protección del generador de 27.5 MW

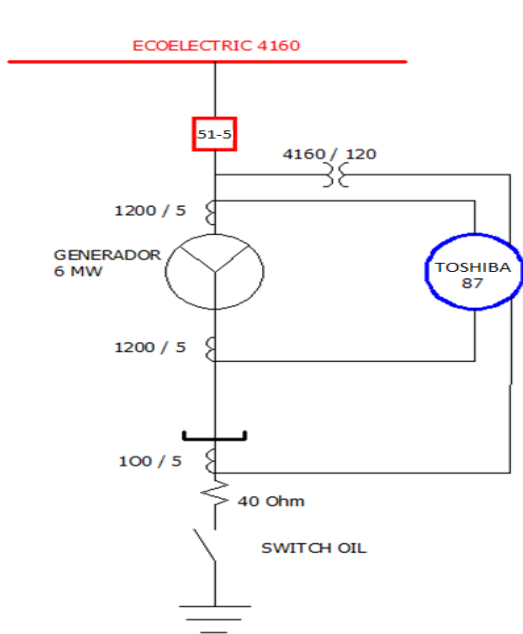


Figura 4: Esquema de protección del generador de 6 MW

#### 4.1.2. Esquema de protección de transformadores.

El sistema consta de un transformador de 20/25 MVA, el cual se encuentra ubicado en la subestación de Ecoelectric, este transformador es el que ayuda a elevar el voltaje de generación de 13.8 KV del generador de 27.5MW a 69KV. También se cuenta con un transformador de 15 MVA, que disminuye el voltaje de generación de 13.8KV del generador de 27.5 MW a 4.16KV.

La protección de los transformadores mencionados se la realiza con el relé digital General Electric 745, el cual está diseñado especialmente para transformadores de fuerza.

Los otros dos transformadores de 4 MVA que ayudan a la distribución de energía, disminuyen el voltaje de 4.16KV a 480V, son protegidos por un relé digital SEL 551, cada uno, el cual es un relé de sobrecorriente que se encuentra ubicado en la acometida de alta tensión de los transformadores.

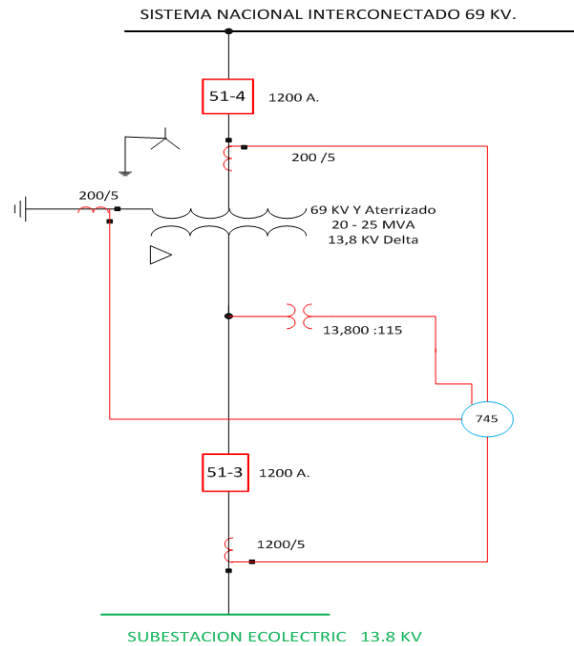


Figura 5: Esquema de protección del transformador de 20/25 MVA

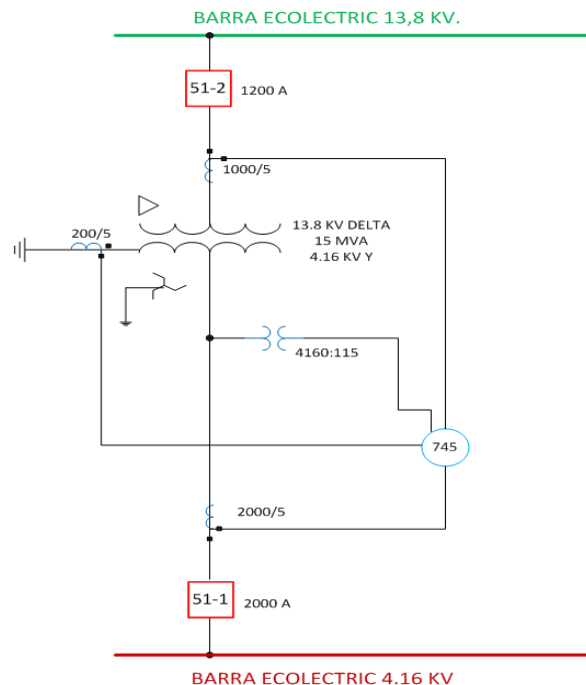


Figura 6: Esquema de protección del transformador de 15 MVA



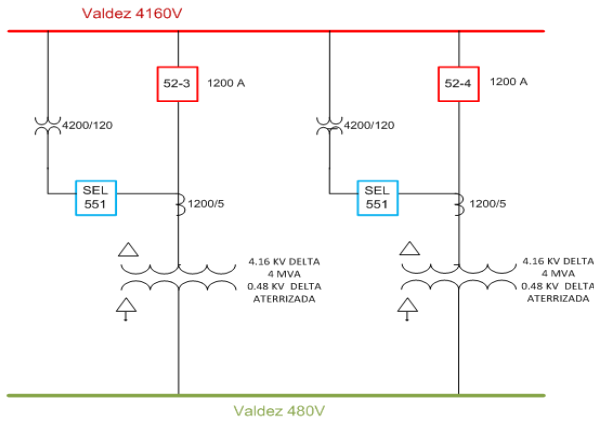


Figura 7: Esquema de protección del transformador de 4 MVA

#### 4.1.3. Esquema de protección de motores.

La protección de los motores se la realiza usando fusibles General Electric de 200A (4000HP) y 450A (3000HP), además cuentan con la protección del relé digital General Electric 469, el cual es un relé orientado a salvaguardar motores.

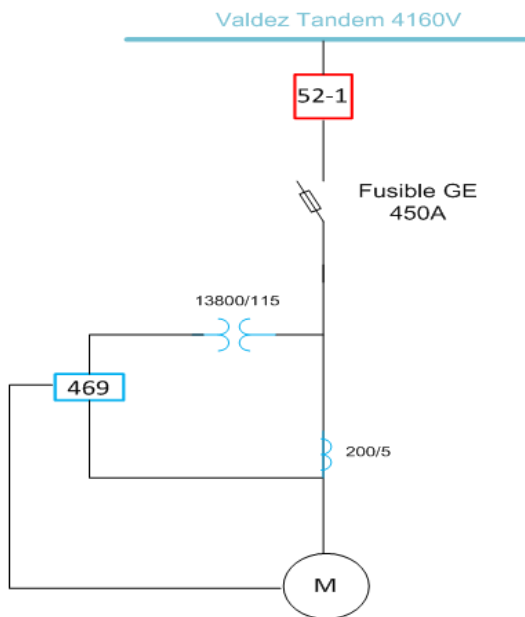


Figura 8: Esquema de protección del motor de 3000 HP

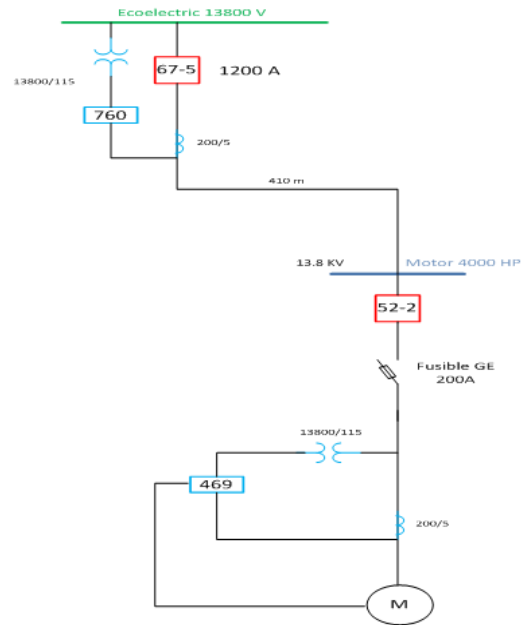


Figura 9: Esquema de protección del motor de 4000 HP

#### 4.1.4. Esquema del sistema de distribución.

La protección del sistema de distribución se la hará con ayuda de relés digitales SEL 551, General Electric 760 y General Electric F60 que son relés diseñados para resguardar las acometidas del sistema.

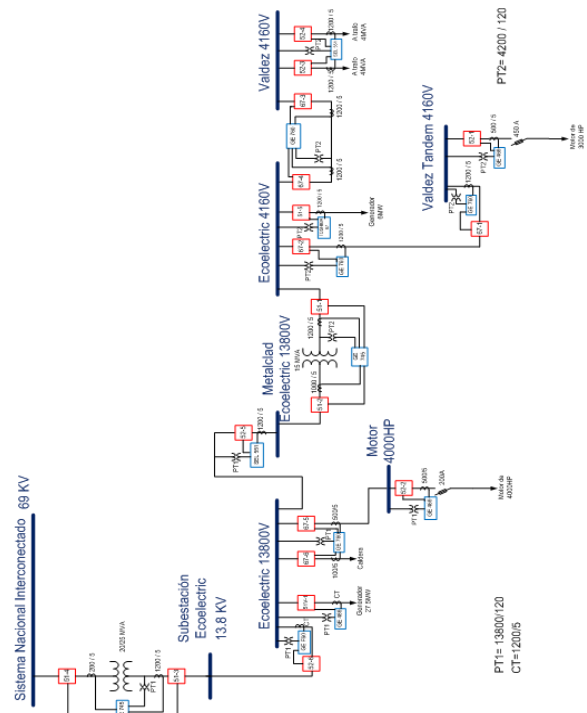


Figura 10: Esquema de protección del sistema de distribución.

## 4.2. Ajuste de coordinación de protecciones.

La información básica para el ajuste y coordinación de las protecciones provienen de los estudios de flujo de carga, corto circuito y los esquemas de protección indicados en la sección anterior.

### 4.2.1. Protección del generador.

En esta sección se detallarán los cálculos y ajustes para la protección de los generadores, el generador de 27.5MW al tener el relé digital GE-489, se tiene las siguientes funciones:

- 87G Protección Diferencial Porcentual
- 59 Protección por Sobrevoltaje
- 27 Protección por Bajovoltaje
- 40 Protección por Pérdida de Campo
- 46 Protección de Secuencia Negativa
- 32 Protección de Potencia Inversa
- 81 Protección de Frecuencia
- 24 Protección por Sobreexcitación o Volts/Hertz
- 51V Protección por Sobrecorriente con restricción de voltaje

En cambio el generador de 6MW tiene el relé analógico Toshiba 87, el cual consta de las siguientes funciones:

- 87 Protección Diferencial
- 51 Protección por Sobrecorriente Temporizado

### 4.2.2. Protección de los transformadores.

Para realizar la debida protección del transformador se utiliza un relé numérico GE-745

Las funciones a utilizar para la protección son las siguientes:

- 87 Protección Diferencial
- 59/81 Protección por Sobreexcitación o Voltios/Hertz
- 51 Protección por Sobrecorriente Temporizada

También se tiene la protección del SEL 551 que consta de la protección por sobrecorriente.

### 4.2.3. Protección de los motores.

Para la protección de motores usaremos el elemento 50 de protección de cortocircuito.

### 4.2.4. Protección del sistema de distribución.

Para la protección del sistema de distribución, usaremos los relés GE-760, GE-F60 y SEL 551. De estos equipos ajustaremos la protección de sobrecorriente.

### 4.2.5. Coordinación de protecciones.

Para la coordinación de las protecciones se han adoptado los siguientes criterios, utilizando unidades de sobrecorriente que cumplen las siguientes características de protecciones eléctricas:

- Selectividad: cada relé o elemento de protección deberá operar en su zona protegida.
- Respaldo: los relés dan protección primaria en la zona protegida y protección de respaldo a la zona adyacente.
- Tiempo de operación: el tiempo de operación se ha ajustado para cumplir los criterios de selectividad y respaldo.
- Simplicidad: la protección cumple este criterio, evitando la redundancia de la protección en las zonas protegidas.

Considerando el estándar de IEEE para la coordinación de sobrecorriente de relés digitales, se ha considerado un intervalo de coordinación entre 0.2 a 0.25 segundos en el punto de coordinación correspondiente a la contribución a la corriente de falla en la ubicación del relé.

La unidad instantánea se la ha ajustado para la corriente máxima de falla en la barra más cercana al relé o para la mayor corriente de contribución en la localidad del relé.

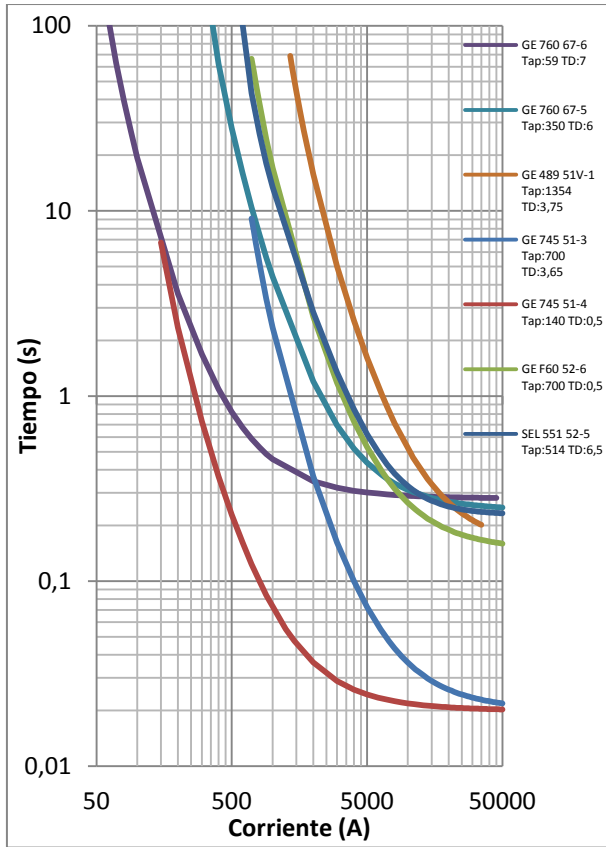


Figura 11: Coordinación de protecciones de la red de 13.8KV

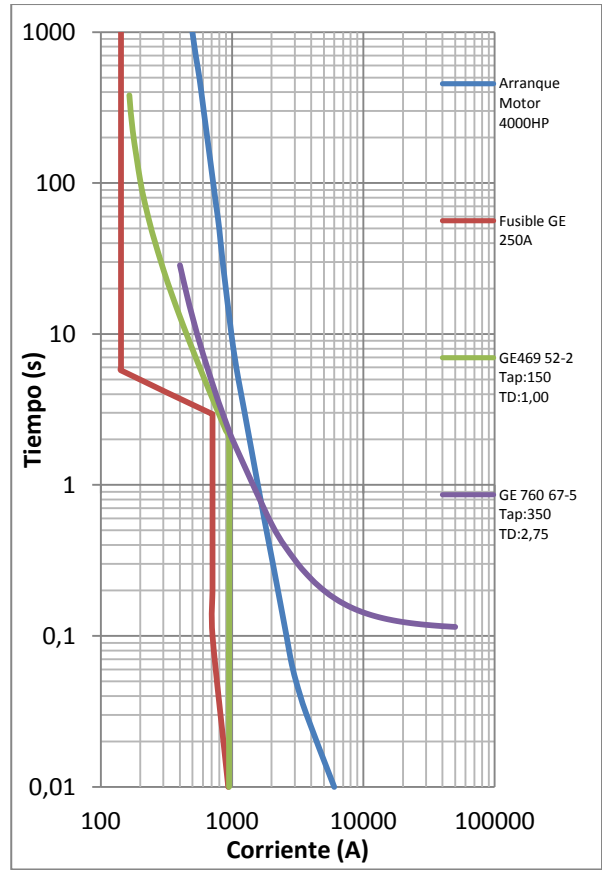


Figura 13: Coordinación de protecciones motor de 4000 HP

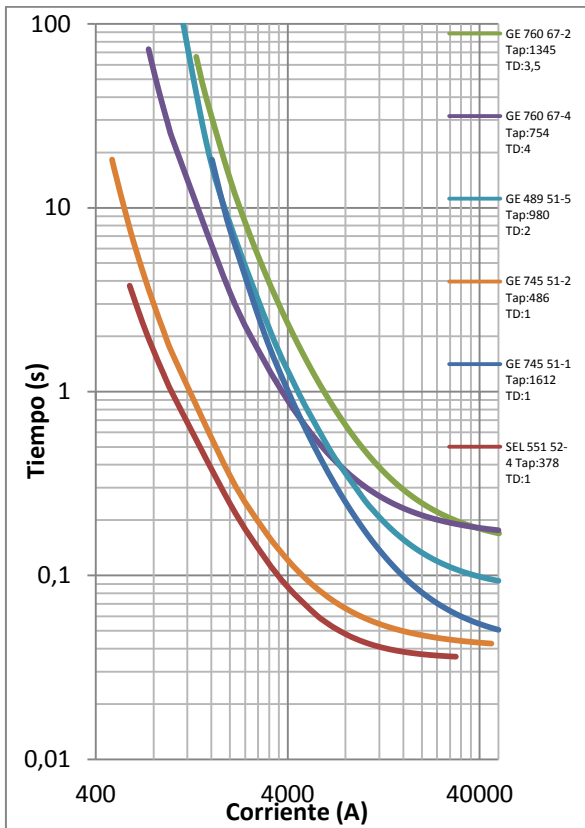


Figura 12: Coordinación de protecciones de la red de 4160 V

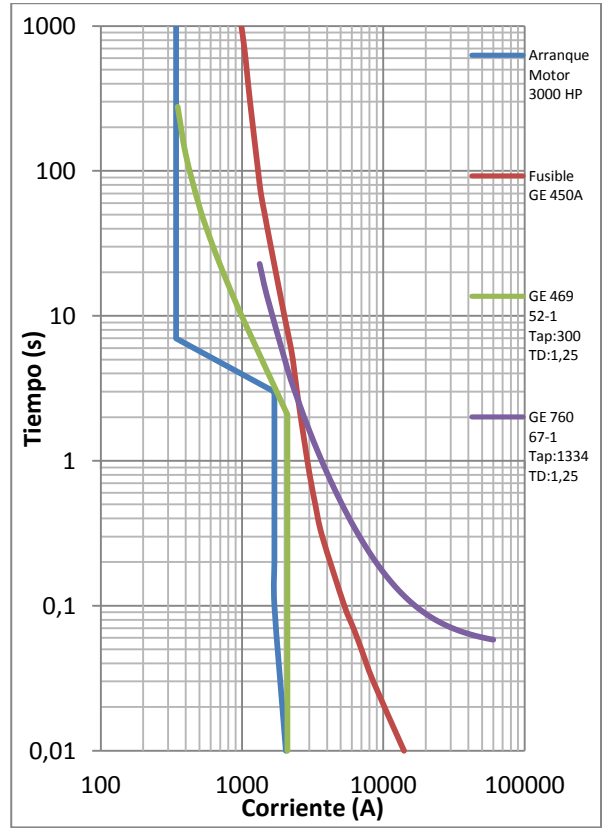


Figura 14: Coordinación de protecciones motor de 3000 HP

#### 4.2.6. Resumen de Ajustes.

Tabla XV: Ajustes en el relé GE-489 Gen

FUNCIÓN	AJUSTE	PARÁMETRO
87G	DifferentialTrip Min. Pickup	0.10 x CT
	DifferentialTripSlope 1	10%
	DifferentialTripSlope 2	20%
	DifferentialTripDelay	0 Cycles
59	ALARM	
	OvertoltageAlarm Pickup	1.03xRated
	OvertoltageAlarmDelay	3.0 s
	TRIP	
	OvertoltageTrip Pickup	1.04xRated
	OvertoltageTripDelay	1.0 s
27	ALARM	
	UndervoltageAlarm Pickup	0.97xRated
	UndervoltageAlarmDelay	3.0 s
	TRIP	
	UndervoltageTrip Pickup	0.98xRated
	UndervoltageTripDelay	1.0 s
40	Circle 1 Diameter	13.71Ωsec
	Circle 1 Offset	1.00Ωsec
	Circle 1 Trip Delay	5.0 s
	Circle 2 Diameter	9.57Ωsec
	Circle 2 Offset	1.00Ωsec
	Circle 2 TripDelay	5.0s
46	ALARM	
	Neg. Sequence Alarm Pickup	0.12 $I_N$
	Neg. Sequence Alarm Delay	5 s
	TRIP	
	Neg. Sequence O/C Trip Pickup	0.24 $I_N$
	Neg. Sequence O/C Constant K	57
	Neg. Sequence O/C Max. Time	990 s
	Neg. Sequence O/C Reset Rate	40 s
32	ALARM	
	Reverse Power Alarm	0.03 $P_N$
	Reverse Power Alarm Delay	5 s
	TRIP	
	Reverse Power Trip Level	0.03 $P_N$
	Reverse Power Trip Delay	20 s
81	<b>Underfrequency</b>	
	ALARM	
	Underfrequency Alarm Level	59.5 Hz
	Underfrequency Alarm Delay	5 s
	TRIP	
	Underfrequency Trip Level 1	59.5 Hz
	UnderfrequencyTrip Delay1	60 s
	Underfrequency Trip Level 2	58 Hz
	UnderfrequencyTrip Delay2	30 s
	<b>Overfrequency</b>	
	ALARM	
	Overfrequency Alarm Level	60.5 Hz
	Overfrequency Alarm Delay	5 s
TRIP		
Overfrequency Trip Level 1	60.5 Hz	
OverfrequencyTrip Delay1	60 s	
Overfrequency Trip Level 2	62 Hz	
OverfrequencyTrip Delay2	30 s	
24	ALARM	
	Volts/Hertz Alarm Level	1.10 V/Hz
	Volts/Hertz Alarm Delay	40 s
	TRIP	
	Volts/Hertz Trip Level 1	1.18V/Hz
	Volts/Hertz Trip Delay1	2 s

51V	% Voltage	80%
	Tap	1354
	TD	5,5
	Curve	E.I.

Tabla XVI: Ajustes del relé Toshiba 87 Gen de 6 MW.

FUNCIÓN	AJUSTE	PARÁMETRO
87	PICKUP DIFERENCIAL	0.10CT
51-5	Tap	980
	TD	2
	Curve	E.I.

Tabla XVII: Ajustes del relé 745 Trafo de 20/25 MVA.

FUNCIÓN	AJUSTE	PARÁMETRO
87	DifferentialTrip Min. Pickup	0.12 x CT
	Differential Trip Slope 1	25%
	Differential Trip Slope 2	90%
	Differential Trip Delay	0 Cycles
59/81	ALARM	
	Volts/Hertz Alarm Level	1.10 V/Hz
	Volts/Hertz Alarm Delay	40 s
	TRIP	
	Volts/Hertz Trip Level 1	1.18V/Hz
	Volts/Hertz Trip Delay1	2 s
51-4	Tap	140
	TD	0.5
	Curve	E.I.
51-3	Tap	700
	TD	0,5
	Curve	E.I.

Tabla XVIII: Ajustes del relé 745 Trafo de 15 MVA.

FUNCIÓN	AJUSTE	PARÁMETRO
87	DifferentialTrip Min. Pickup	0.06 x CT
	Differential Trip Slope 1	25%
	Differential Trip Slope 2	90%
	Differential Trip Delay	0 Cycles

59/81	ALARM	
	Volts/Hertz Alarm Level	1.10 V/Hz
	Volts/Hertz Alarm Delay	40 s
	TRIP	
	Volts/Hertz Trip Level 1	1.18V/Hz
	Volts/Hertz Trip Delay1	2 s
51-1	Tap	1612
	TD	3
	Curve	E.I.
51-2	Tap	486
	TD	3
	Curve	E.I.

Tabla XIX: Ajustes del relé GE-760.

	GE 760					
	67-1	67-2	67-3	67-4	67-5	67-6
Voltaje (KV)	4.16	4.16	4.16	4.16	13.8	13.8
Tap	1334	1334	754	754	350	59
TD	3,5	3,5	4	4	6	7
Tipo de Curva	E.I.	E.I.	E.I.	E.I.	E.I.	E.I.

Tabla XX: Ajustes del relé GE-469, SEL 551, GE-F60.

	GE 469		SEL 551			GE F60
	52-1	52-2	52-3	52-4	52-5	52-6
Voltaje (KV)	13.8	4.16	4.16	4.16	13.8	13.8
Tap	300	378	378	378	514	700
TD	2	1,5	1	1	6.5	4,5
Tipo de Curva	E.I.	E.I.	E.I.	E.I.	E.I.	E.I.

### 4.3. Conclusiones.

El estudio de protecciones para el proyecto de cogeneración del Ingenio Valdez de la ciudad de Milagro incluyen los siguientes aspectos:

- La determinación del ajuste de los equipos de protección, los cuales se hallaron considerando el sistema bajo condiciones de falla, incluye: la coordinación de las protecciones de la red de distribución industrial interna del ingenio con las funciones de sobrecorriente de la protección del transformador de 15 MVA y la protección de respaldo contra fallas externas de los relés de sobrecorrientes de la protección de los generadores de 27.5 MW y 6 MW.
- La aplicación del Estudio permitirá el despeje oportuno y selectivo de las fallas del sistema.
- La coordinación que se muestra garantiza la debida protección y operación de los elementos incluso en estados críticos, como es el arranque de los motores de 3000 HP y 4000 HP.
- Con los ajustes que se realizaron en los relés de protección se garantizan tiempos de despeje de fallas rápidos, asegurándonos que en caso de presentarse una falla, esta produzca un daño mínimo o ninguno en los equipos.

## 5. CONCLUSIONES.

Con el estudio de coordinación se asegura que al darse una falla en una determinada zona, ésta es despejada rápidamente por el equipo más cercano a la falla, aislando de esta manera el sector donde se originó la falla, sin afectar la continuidad del servicio en las zonas aledañas.

El avance de la tecnología ha ayudado al sector eléctrico con la invención de los relés digitales, ya que estos en comparación con los analógicos son más versátiles, actúan de manera más rápida aún, lo que los analógicos hacen en milisegundos los digitales lo hacen en microsegundos, además que los ajustes de los digitales es por mucho más flexible, dándonos así mayor seguridad a la hora de proteger nuestros equipos.

El tener un buen sistema de coordinación nos ahorra costos por reparación y remplazo de unidades al haber una falla, por no acotar también el hecho de que en las industrias el proceso de producción se puede ver afectado y como sabemos eso no puede suceder porque se generarían enormes pérdidas que verían afectada la economía de la industria.

## 6. RECOMENDACIONES.

El estudio de coordinación de protecciones es importante en nuestro campo de acción, ya que de esto depende cuan confiable es el sistema en caso de haber una falla, garantizando de esta forma el menor daño posible en las unidades y así su vida útil no es afectada por los grandes sobre esfuerzos a los cuales se verían sometidos debido a corrientes de corto circuito.

Se debe contar con toda la información del sistema, tanto de los equipos de generación, como los transformadores, motores, cargas y conductores, ya que de esto depende que los resultados sean lo más fidedignos posibles.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

- Manual del Equipo “489 Generator Management Relay” ; General Electric Industrial System, Canadá – 2010.
- Manual del Equipo “745 Transformer Management Relay” ; General Electric Industrial System, Canadá – 2004.
- Manual del Equipo “SR750/760 Feeder Management Relay” ; General Electric Industrial System,; Canadá – 2008.
- Manual del Equipo “469 Motor Management Relay” ; General Electric Industrial System; Canadá – 2004.
- Manual del Equipo “F60 Feeder Management Relay” ; General Electric Industrial System; Canadá – 2006.
- Manual del Equipo “SEL 511 Overcurrent/Recloser Relay” ; Schweitzer Engineering Laboratories Inc ; Estados Unidos– 2007
- Normas IEEE Std C37.010-1979, IEEE Std C37.5-1979, IEEE Std 141-1993, IEEE Std 241-1990, IEEE Std 242-1986 y IEEE Std. C37.102-2006.