

"ESTUDIOS DE COORDINACION DE LAS PROTECCIONES POR METODOS COMPUTARIZADOS"

José Mendoza Miño, Fabricio Paredes Aguilar, Dario Peralta Moarry.
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.
Mendoza_mino@hotmail.com, dario_peralta_86@hotmail.com, fkravitz@hotmail.com

Resumen

Este proyecto presenta en forma detallada el estudio de ajuste y coordinación de protecciones con relés digitales de la interconexión de las barcasas Power Barge I y II al Sistema Nacional Interconectado a niveles de voltaje de 69 KV y 13,8 KV, haciendo uso de las características de las curvas de los elementos de protección, junto con el programa de hoja de cálculos Microsoft Excel 2007.

Para la elaboración de este proyecto se tuvieron que tomar en cuenta diferentes aspectos previos como son el estudio del flujo de carga así como el estudio de cortocircuito en cada una de las barras, el cual nos permite obtener los resultados óptimos de flujo de carga y cortocircuito para establecer una referencia al escoger el ajuste mínimo en los dispositivos de protección, los cuales serán previamente escogidos mediante un análisis del tipo y de la sensibilidad de la protección que deseamos implementar.

Palabras clave: *Coordinación de protecciones, relés digitales, barcasas Power Barge I y II, Microsoft Excel 2007, flujo de carga, cortocircuito, dispositivos de protección*

Abstract

This project presents in a very detailed way the study of adjustment and coordination when using Digital Relays to protect interconnection of barges such as Power Barge I and II with the SNI (National Interconnected System) at voltage levels of 69KV and 13,8KV, using characteristics of the protection elements' curves along with Microsoft Excel 2007.

In the making of this project several aspects have been taken into account, such as the study of electrical charge flow and the study of short-circuit on each bar. This allows us to obtain top results on charge flow and short-circuit to establish a reference at the moment of choosing the minimum adjustment of the protection devices, which will be previously chosen by a type and sensitive analysis of the kind of protection we wish to implement.

Keywords: *Coordination of protection, digital relays, barges Power Barge I and II, Microsoft Excel 2007, load flow, short circuit, protective devices*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la tecnología ha tenido un gran avance, abarcando casi la totalidad de los sectores de producción y consumo mundial, ubicando al sector eléctrico en uno de los principales campos como eje para satisfacer esta demanda.

Actualmente, se están realizando una gran cantidad de trabajos para modernizar y mejorar la eficiencia de los sistemas de potencia, con el objetivo de proporcionar un funcionamiento continuo de los diferentes equipos, así como la entrega vigente de energía eléctrica. Las protecciones eléctricas juegan un papel esencial en el cumplimiento de este objetivo.

El desarrollo del siguiente proyecto básicamente va encaminado a realizar la protección de un sistema eléctrico mediante la implementación de relés digitales que permitirán una mejor coordinación gracias a las avanzadas condiciones de estos dispositivos.

Se verificará y/o ajustará cada uno de los elementos tomando como base, los estudios de Corrientes de Cortocircuito realizados al Sistema de Potencia mencionado con anterioridad y proporcionados con el fin de consumir el propósito de este trabajo.

1.- DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES

La Empresa ULLYSEAS, llevó a cabo una planificación para la reubicación de la Central Termoeléctrica Power Barge I, hacia el sector de Las Esclusas. Esta unidad cuenta con una capacidad de generación nominal de 22 MW.

Formó parte de ésta planificación, la incorporación al Sistema Nacional Interconectado S.N.I. de la Central Termoeléctrica Power Barge II (actualmente ubicada a orillas del Estero Salado del sector Las Esclusas), constituida por cuatro unidades impulsadas por turbinas a gas con capacidad de 12.25 MW cada una, es decir una generación total de 49 MW nominales.

A pesar de que la unidad de Power Barge I posee una generación nominal de 22 MW, se encuentra trabajando en la actualidad a una capacidad de 12 MW. De manera similar sucede con las cuatro unidades de Power Barge II, las cuales generan a 11 MW cada una. A nivel de 69 KV, las cinco unidades (Power Barge I – Power Barge II), se unen en la SUBESTACION ULYSSEAS la cual sirve como punto de interconexión de los generadores con el alimentador primario de subtransmisión TRINITARIA No. 4.

SUBESTACIÓN TRINITARIA (TRANSELECTRIC)

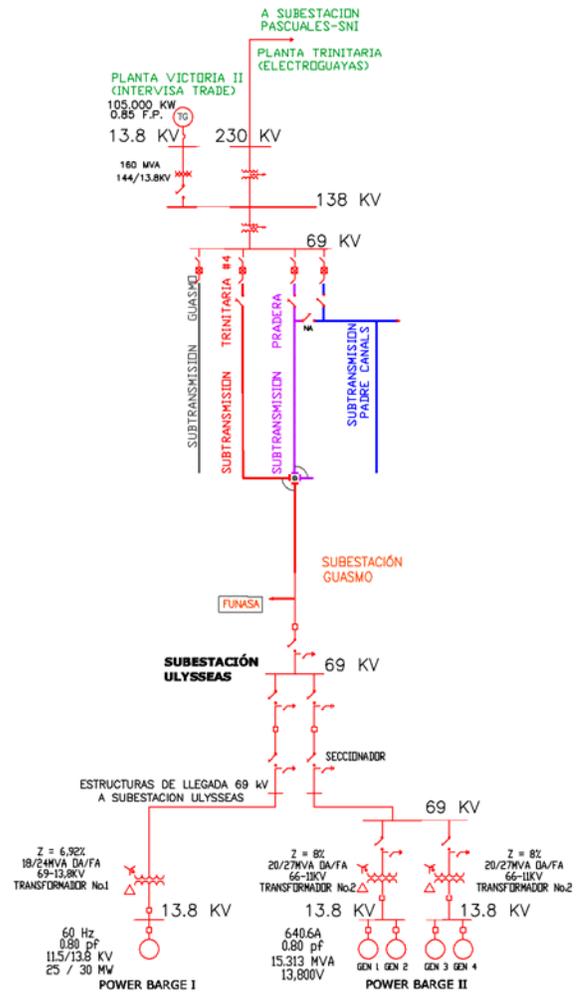


Figura 1 I Diagrama unifilar Del sistema

2. ESTUDIOS DE FLUJO DE CARGA

El segundo capítulo de este texto estipula como objetivo principal el análisis de flujo de carga máxima en el sistema para obtener valores reales de corriente, voltaje y potencia que posteriormente serán utilizados para establecer las características de cargabilidad del sistema en estado estable.

2.1 Criterios adoptados para el estudio.

2.1.1 Flexibilidad Operacional.

El sistema estará disponible a través del Generador de Power Barge I y las cuatro unidades de Power Barge II para cualquiera que sea el requerimiento de las cargas incorporadas sin ninguna restricción.

2.1.2 Niveles de Confiabilidad.

El sistema provee la continuidad del servicio a través de la interconexión de las unidades de generación POWER BARGE por medio de la Subestación ULLYSEAS a 69 KV y el alimentador primario (TRINITARIA No. 4) que sale de la misma, ambas al mismo nivel de voltaje.

2.1.3. Niveles de Sobrecarga.

No se aceptan sobrecarga en las líneas del Sistema mayores a la cargabilidad establecida en las especificaciones técnicas.

2. 3 Datos del Sistema.

2.3.1 Datos de barras

BARRA	VOLTAJE (KV)
G. Power Barge 1	13,8
G. Power Barge 2 (1-2)	13,8
G. Power Barge 2 (3-4)	13,8
69 KV S/E Ulllyseas	69
Trinitaria 69 KV	69

Tabla 2 I Datos de barras del sistema

2.3.2 Datos de líneas y conductores

TRAMO DE LA LINEA		DISTANCIA DE LA LINEA (Km)	TIPO DE CONDUCTOR
DE	A		
Power Barge I	S/E Ulllyseas 69 KV	0,7	3x477 MCM
Power Barge II	S/E Ulllyseas 69 KV		3x477 MCM
S/E Ulllyseas 69 KV	S/E GUASMO	3	3x477 MCM
S/E GUASMO	Trinitaria 69 KV	4,94	477 MCM 26/7 ACSR

Tabla 2 II Datos de líneas y conductores del sistema

2.3.3 Datos de Transformadores de Fuerza.

Para el caso de los Transformadores Convencionales de Fuerza, la carga no debe exceder su capacidad OA.

2.1.4 Regulación de Voltaje

Los voltajes a nivel de barras del Sistema no deben exceder del 5% hacia arriba y 5% hacia abajo, ante cualquier contingencia operativa.

2.2 Análisis de Caso

Para el estudio de flujo de carga, se tomó en consideración la demanda máxima del Sistema Nacional Interconectado.

TRANSFORMADO RES	V. P. (KV)	V.S. (KV)	POTENCIA	CONEXION
T1	13.8	69	15 MVA	Delta - Estrella
T2	13.8	69	25 MVA	Delta - Estrella
T3	13.8	69	25 MVA	Delta - Estrella

Tabla 2 III Datos de los transformadores del sistema

2. 4 Resultados de los Estudios de Flujo de Carga.

Los resultados de Flujo de Carga serán presentados principalmente en forma gráfica por ser el método más conciso y usualmente el 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.
- Factor de Potencia y Potencia Reactiva suministrada por las Unidades de Generación.
- Carga sobre todos las líneas, verificando si las mismas están sobrecargadas.

2.4.1.2 Carga de Líneas

TRAMO DE LA LINEA		CARGABILIDAD
DE	A	
Power Barge I	S/E Ullyseas 69 KV	16,43%
Power Barge II	S/E Ullyseas 69 KV	60,23%
S/E Ullyseas 69 KV	S/E GUASMO	76,65%
S/E GUASMO	Tritinaria 69 KV	76,65%

Tabla 2 IIV Resultados de la carga de cada una de las líneas

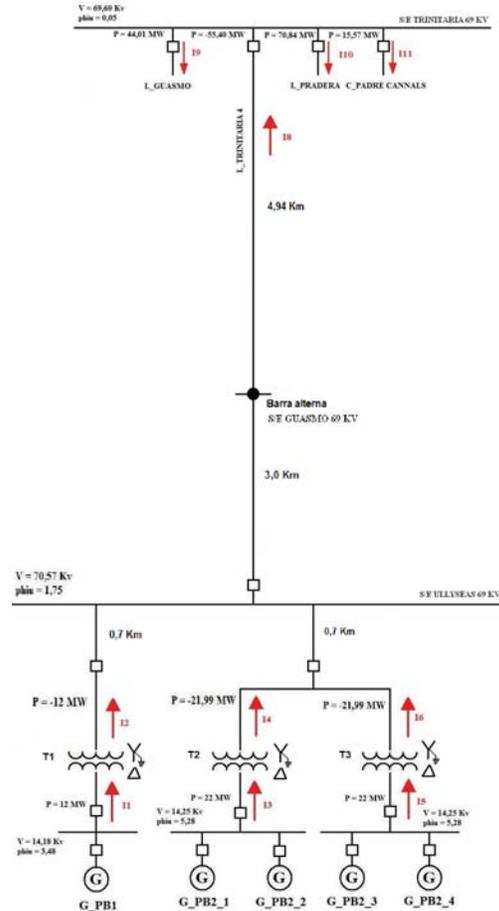
2.5 Conclusiones del estudio de Flujo.

Para el estudio de flujo de carga, se ha considerado la Demanda Máxima del Sistema Nacional Interconectado, por lo tanto el aporte de corrientes nominales por parte de los generadores de Power Barge es reflejado por la mínima potencia a la cual se encuentran trabajando en la demanda mencionada.

Hemos hecho uso de la ecuación de Potencia Trifásica (Potencia Activa), para la obtención de las corrientes nominales (operación normal del caso base), en los diferentes secciones de líneas tomando en cuenta el cambio en el flujo de carga, y el voltaje junto con los ángulos en las barras.

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\theta$$

- I1 = 489,49 A
- I2 = 98,36 A
- I3 = 895,15 A
- I4 = 179,87 A
- I5 = 895,15 A
- I6 = 179,87 A
- I8 = I TOTAL = I2 + I4 + I6 = 458,1 A



3.- ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.

El tercer capítulo contempla el estudio de cortocircuito del sistema; al obtener los resultados del flujo de potencia y datos proporcionados en el capítulo anterior, podemos elaborar el estudio de cortocircuito en las barras de nuestro sistema. Para nuestro esquema de protección se utilizarán los datos de cortocircuito trifásico a tierra y monofásico a tierra. Se toman en cuenta estos tipos de falla debido a que son las más frecuentes que se pueden presentar en un sistema, siendo estas mismas las corrientes con una mayor intensidad.

Los estudios se realizaran con los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de las corrientes de falla en los componentes del sistema tales como cables, barras y componentes del sistema durante el tiempo que persista la falla.

- Los estudios determinaran las zonas del sistema en donde la falla puede resultar en depresión inaceptable de voltajes.
- Determinar del ajuste de los equipos de protección, los cuales son establecidos considerando el sistema bajo condiciones de falla.

3.1 Alcance de los estudios de Corto Circuito.

Considerando que el Sistema de las barcasas 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.
- **Impedancias Equivalentes en el Punto de Entrega de la Empresa Eléctrica:**

La información ha sido trasladada a la base de 100MVA y 69KV y se indica en la siguiente tabla:

3.2.1 MVA de Corto Circuito. (SNI)

Tipo de Falla	Angulo	Corriente de Falla en la barra Amperios	MVA de Corto Circuito del SNI
Trifásica	-90,00	14210	1329
Línea-Tierra	-90,00	15404	503

Tabla 3 I Corrientes y MVA de cortocircuito del SNI

3.2.2 Impedancias Equivalentes (SNI)

Estas Impedancias son los datos que fueron usados para el estudio del flujo de cortocircuito entregado por la empresa eléctrica, que consideró al S.N.I. como un generador equivalente (barra de oscilación) con esas características.

Corriente Equivalente	Impedancia Equivalente		Impedancia de Secuencia Cero		Impedancia de Secuencia Negativa	
	R, Re(Z) (Ohm)	X, Im(Z) (Ohm)	R0, Re(Z0) (Ohm)	X0, Im(Z0) (Ohm)	R2, Re(Z2) (Ohm)	X2, Im(Z2) (Ohm)
Ith (KA)	2,01	21,18	3,52	27,24	1,98	21,14
Relación X/R	10,54		7,74		10,68	

Tabla 3 II Impedancias Equivalentes del SNI en la barra trinitaria 69 KV

3.3 Resultados de los Estudios de Corto Circuito.

A continuación se detalla en las tablas Las corrientes de falla en cada una de las barras del sistema en estudio, el cual va desde la barra a 69 Kv en trinitaria hasta las barras de generación de las unidades POWER BARGE

BARRA TRINITARIA 69 KV.	CC TRIFASICO		CC MONOFASICO	
	Amperios	% Contribución	Amperios	% Contribución
Ifalla	14.210,00		15.404,00	
Contribución Sistema	11.120,00	78,25%	12.634,00	82,02%
Contribución PB I	990,00	6,97%	1.230,00	7,98%
Contribución PB II 1-2	1.050,00	7,39%	770,00	5,00%
Contribución PB II 3-4	1.050,00	7,39%	770,00	5,00%

Tabla 3 III Contribuciones a la falla en la barra trinitaria 69 KV

BARRA S/E ULLYSEAS 69 KV	CC TRIFASICO		CC MONOFASICO	
	Amperios	% Contribución	Amperios	% Contribución
Ifalla	10.310,00		8.795,00	
Contribución Trinitaria	6.480,00	62,85%	5.010,00	56,96%
Contribución PB I - 69 KV	1.240,00	12,03%	2.300,00	26,15%
Contribución PB II 1-2 - 69 KV	1.300,00	12,61%	750,00	8,53%
Contribución PB II 3-4 - 69 KV	1.300,00	12,61%	750,00	8,53%

Tabla 3 IV Contribuciones a la falla en la barra S/E Ulyseas 69 KV

Barra de Generación BI 13.8 KV	CC TRIFASICO		CC MONOFASICO	
	Amperios	% Contribución	Amperios	% Contribución
Ifalla	21.370,00		28.540,00	
Contribución Sistema	8.990,00	42,07%	7.970,00	27,93%
Contribución PB I	8.760,00	40,99%	17.330,00	60,72%
Contribución PB II 1-2	1.810,00	8,47%	1.620,00	5,68%
Contribución PB II 3-4	1.810,00	8,47%	1.620,00	5,68%

Tabla 3 V Contribuciones a la falla en la barra PBI

Barra de Generación BII 3-4 13.8 KV	CC TRIFASICO		CC MONOFASICO	
	Amperios	% Contribución	Amperios	% Contribución
Ifalla	24.180,00		30.1 16,00	
Contribución Sistema	8.290,00	34,28%	9.82 6,00	32,63%
Contribución PB II 1-2	1.680,00	6,95%	1.40 0,00	58,31%
Contribución PB II 3-4	12.620,00	52,19%	17.5 60,00	4,42%
Contribución PB I	1.590,00	6,58%	1.330,00	4,42%

Tabla 3 VI Contribuciones a la falla en la barra PBII

3.3.1.2 Capacidad de Interrupción.

Dentro de nuestra área de estudio contamos con 12 interruptores desde el comienzo de la generación en las barcasas PBI y PBII hasta el interruptor ubicado en la subestación Trinitaria 69 KV

INTERRUPTOR	VOLTAJE NOMINAL	UBICACIÓN	CAPACIDAD (KA)
PB1-G1 IN	13,8	Generador en PB1	23,14
PB1-T1 IN	13,8	Transformador T1	33,3
PB2-G1 IN	13,8	Generador 1 de 12 MW	16,53
PB2-G2 IN	13,8	Generador 2 de 12 MW	16,53
PB2-G1,2 OUT	13,8	Salida de la barra al transformador T2	30,29
PB2-G3 IN	13,8	Generador 3 de 12 MW	16,53
PB2-G4 IN	13,8	Generador 4 de 12 MW	16,53
PB2-G3,4 OUT	13,8	Salida de la barra al transformador T3	30,29
PB1 S/E ULYSEAS IN	69	Entrada a la S/E Ulyseas desde el PB1	3,01
PB2 S/E ULYSEAS IN	69	Entrada a la S/E Ulyseas desde el PB2	6,34
S/E ULYSEAS OUT	69	Salida de la S/E Ulyseas hacia barra Trinitaria 69 KV	15,77
S/E TRINITARIA 69 KV IN	69	Entrada a la S/E Trinitaria 69 KV	8,01

Tabla 3 VII Capacidad de los interruptores para soportar corriente

3.4 Conclusiones.

El presente estudio de Corto Circuito preparado para el estudio de la coordinación de protecciones para la Barcasas Power Barge ha permitido cumplir los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de las corrientes de falla en los componentes del sistema tales como líneas, 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:

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

4.- COORDINACION DE LAS PROTECCIONES.

El desarrollo del capítulo comienza con la selección de los dispositivos y esquemas de protección para cada tramo considerado en el estudio, con los datos obtenidos previamente, se realiza primero los ajustes propios de cada equipo de protección para el dispositivo a proteger, y finalmente la coordinación de todos los equipos para que funcionen ordenadamente y evitar al máximo posibles salidas inoportunas del sistema.

Los estudios se realizaran 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 Ulyseas Power Barge propiamente y con las Protecciones del Sistema de la Empresa Eléctrica.

- La aplicación del Estudio permitirá el despeje oportuno y selectivo de las fallas del sistema.

4.1. Esquemas de Protecciones.

4.1.1. Esquemas de Protección de generadores.

La protección del Generador de 22 MW ubicado en Power Barge I y de los 4 generadores de 12,25 MW cada uno localizados en Power Barge II se la realiza mediante el Relé GE-SR489 diseñado para la protección de generadores, este relé multifunción de generador proporciona funciones de protección, medida y monitorización; puede ser usado como protección principal o de respaldo en generadores.

4.1.2 Esquemas de protección de Transformadores.

El generador de Power Barge I se conecta a un transformador elevador de 13,8 a 69 KV; mientras que en el sistema de Power Barge II se posee 2 transformadores, cada uno conecta a 2 generadores. Se ha utilizado el relé GE- SR745 para la respectiva protección de los 3 transformadores de ULYSEAS, el 745 es un relé de protección de transformador que combina elementos de protección diferencial porcentual, sobrecorriente, frecuencia y sobreexcitación.

4.1.3 Esquemas de Protección de Barras

Dentro del sistema en estudio, se procedió a realizar la protección de 2 barras que son:

Barra de acople de transformadores de Power Barge II; es una barra que acopla a estos transformadores y el sistema de transmisión de la subestación Ulylseas.

Finalmente la barra de la subestación Ulylseas

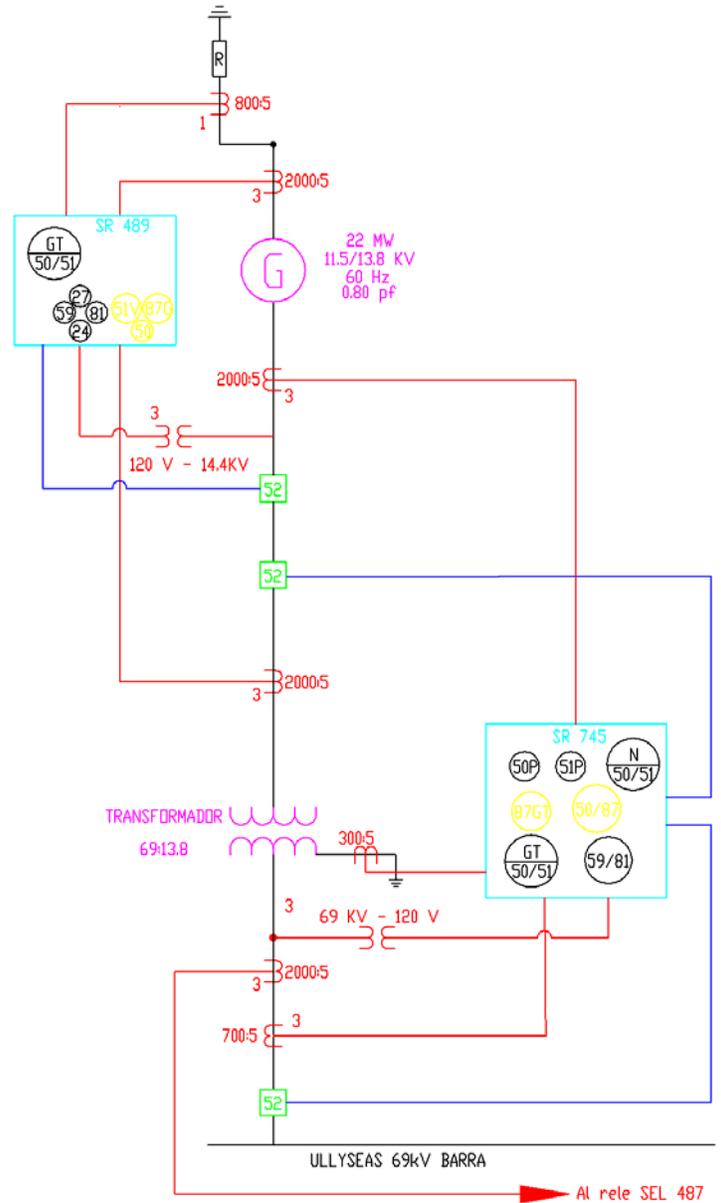
Para la protección de las barras antes mencionadas se utilizó el relé SEL 487 y sus funciones diferencial y sobrecorriente.

4.1.4 Esquemas de Protección de Líneas.

Dentro del sistema de transmisión se posee una sola línea que conecta a la subestación Ulylseas con la subestación Trinitaria a nivel de 69 KV; la protección de esta línea se la ha realizado con el relé SEL 311. Se ubicó este relé en la subestación Ulylseas y se procedió a la ubicación de otro relé del mismo tipo en la subestación Trinitaria; los 2 relés protegen la misma línea pero en sentido contrario.

Respecto a la comunicación que existe entre la subestación Ulylseas y las barcasas Power Barge; existe una distancia de aproximadamente 700 metros, debido a esto las líneas de cada una de las barcasas deben ser protegidas. En este proyecto se realizó esa protección utilizando un traslate de CT.

Los esquemas de protección se muestran en las siguientes figuras:



Esquema de protección PBI

Figura 4 I Esquema de protección PBI

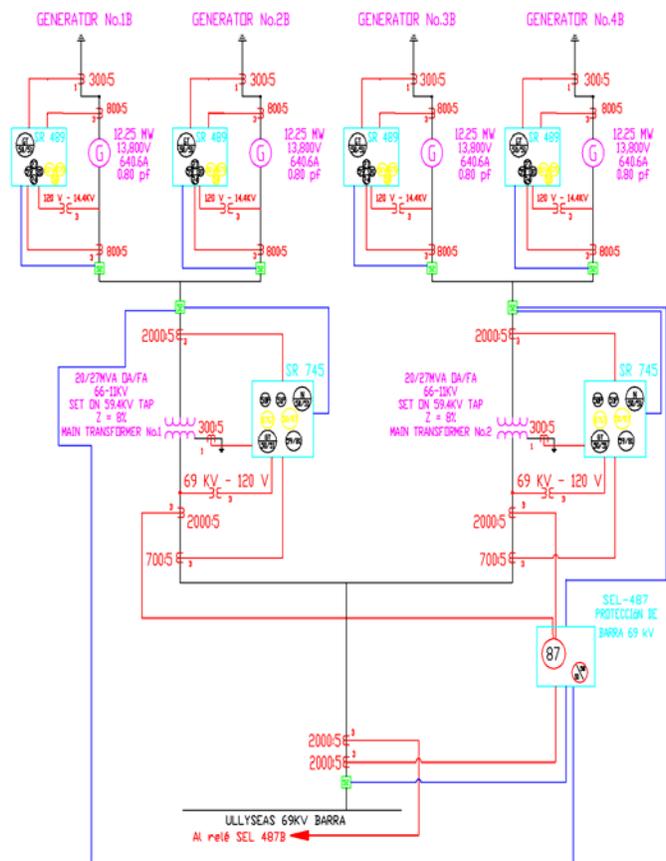


Figura 4 II Esquema de protección PB II

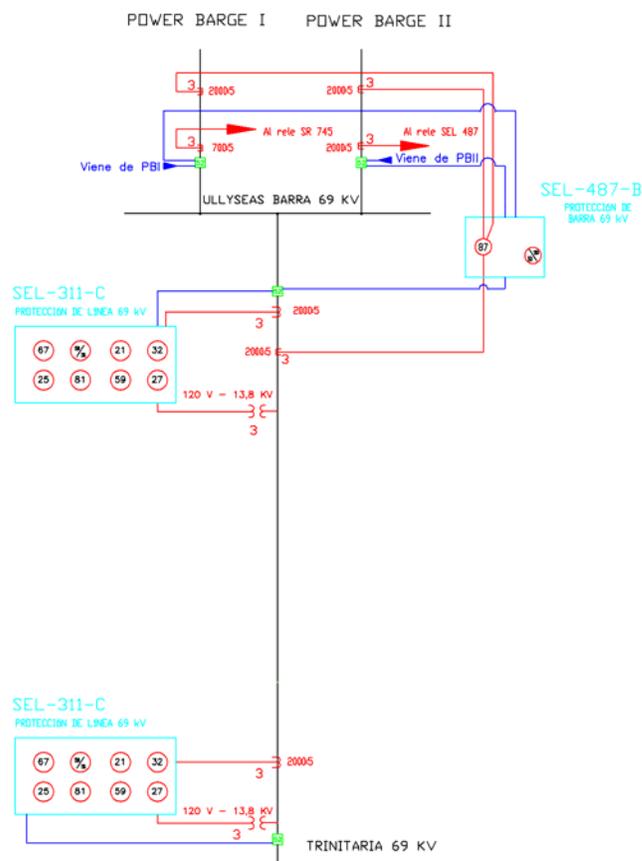


Figura 4 III Esquema de protección de la interconexión CATEG-ULLYSEAS

4.2.5 Coordinación de la Protecciones.

La coordinación de las protecciones se las ha realizado con un retardo de tiempo entre relés de 0,2 segundos a 0,3 segundos, de esta manera nos aseguramos que exista selectividad y velocidad en la coordinación.

Los relés ubicados en Trinitaria están seteados y no pueden ser reajustados, por este motivo se coordinó los relés tomando en cuenta esta situación.

Las unidades de sobrecorrientes instantáneas fueron ajustadas para la corriente de falla trifásica en barra más cercana.

En los generadores se utilizó la unidad de sobrecorriente con restricción de voltaje; el voltaje se lo reguló a un 10%.

Se seleccionaron distintas curvas de acuerdo a las normas ANSI e IEC para realizar la coordinación, para cada relé se usó la curva característica que detalla el manual del fabricante.

En los esquemas de protección presentados a inicios de este capítulo se detallan la ubicación de cada una de las unidades de sobrecorriente del sistema.

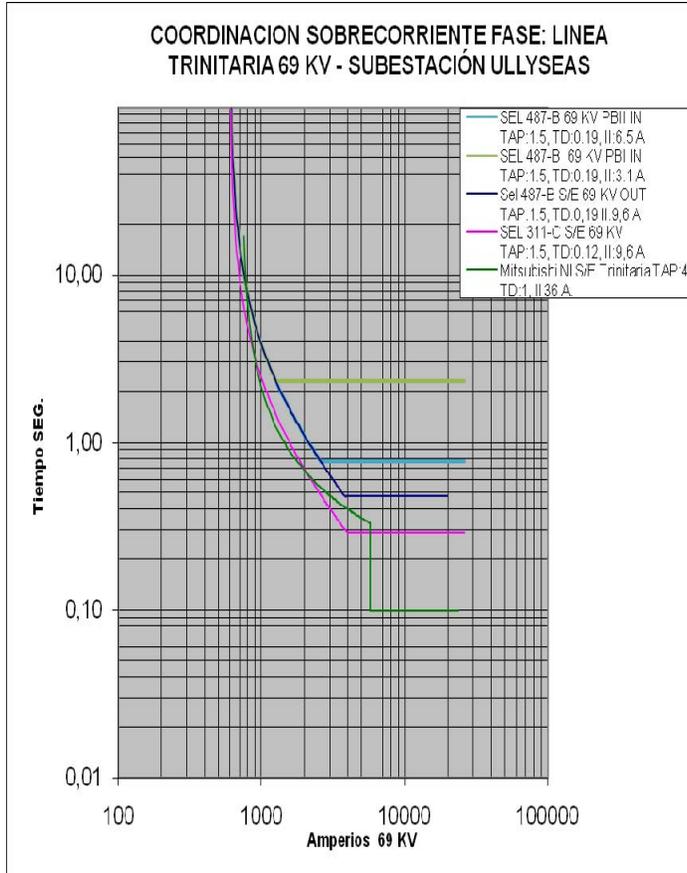


Figura 4 IV COORDINACION S/E TRINITARIA – S/E ULLYSEAS

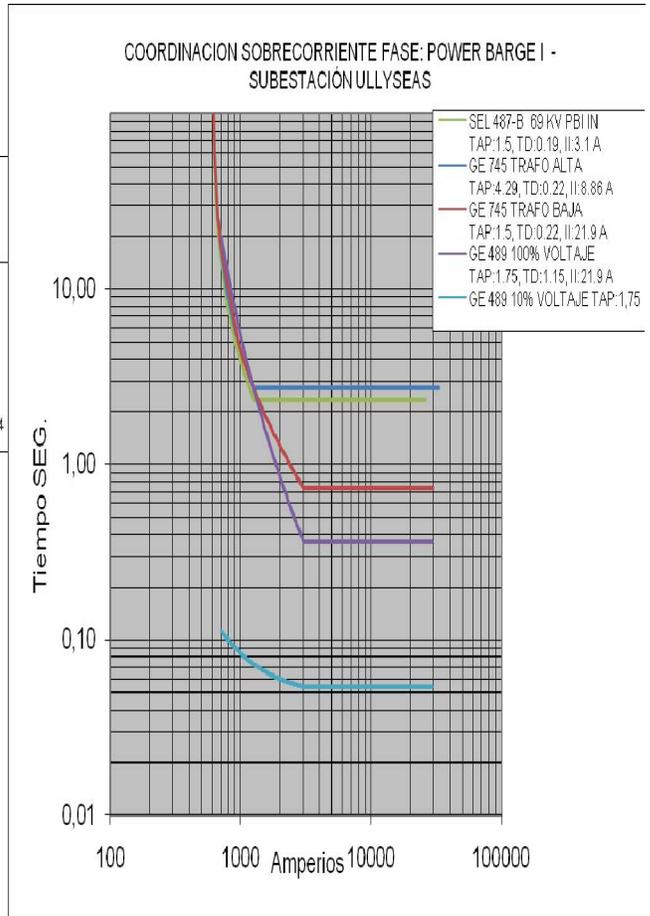
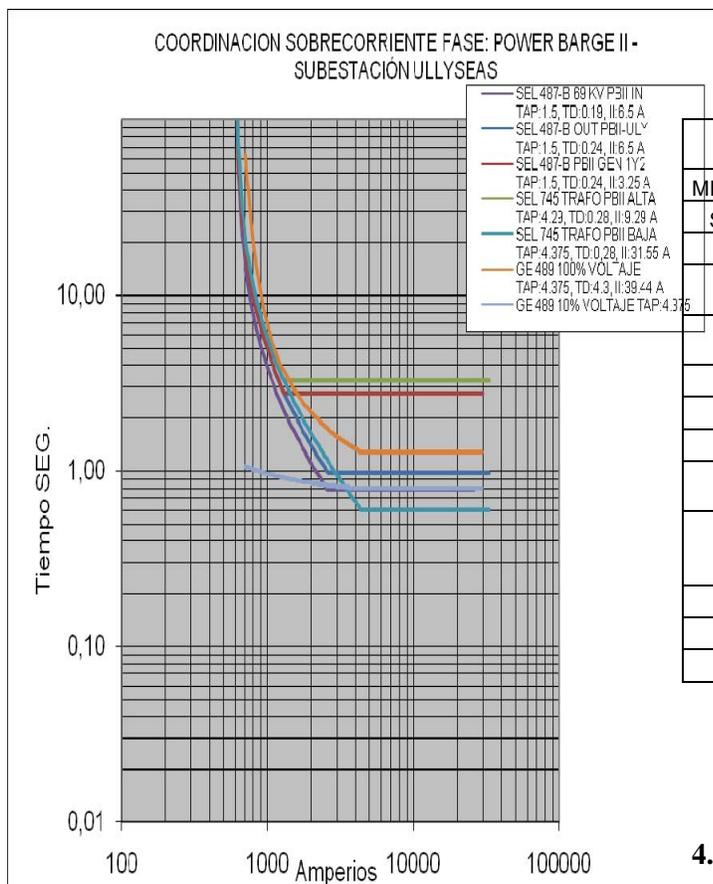


Figura 4 V COORDINACION S/E ULLYSEAS – POWER BARGE 1



**Figura 4 VI COORDINACION S/E ULLYSEAS –
GENERADOR 1 EN PBII**

4.3 Resumen de Ajustes.

RELÈ	UBICACIÓN	TAP	TD	INSTANTANEO
MITSUBISHI	S/E TRINITARIA	4,5	1	36
SEL 311-C	S/E ULLYSEAS	1,5	0,12	9,6
SEL 487	S/E ULLYSEAS	1,5	0,19	9,6
SEL 487	S/E ULLYSEAS IN PBI	1,5	0,19	3,1
SEL 487	S/E ULLYSEAS IN PBII	1,5	0,19	6,5
GE 745	TRAF0 ALTA PBI	4,29	0,22	8,86
GE 745	TRAF0 BAJA PBI	1,5	0,22	21,9
GE 489	GENERADOR PBI	1,75	1,15	21,9
SEL 487	ACOPLE DE 2 TRANSF. PBII OUT	1,5	0,24	6,5
SEL 487	ACOPLE DE 2 TRANSF. PBII IN GEN 1Y2	1,5	0,24	3,25
SEL 745	TRAF0 ALTA PBII	4,29	0,28	9,29
SEL 745	TRAF0 BAJA PBII	4,375	0,28	31,55
GE 489	GENERADOR PBII	4,375	4,3	39,44

Tabla 4 I Resumen de los ajustes de los relés

4.4 Conclusiones .

1. El sistema de protección propuesto abarca todos los elementos presentes en la interconexión del sistema Ulyseas y Trinitaria. Se ha colocado relé de protección en generadores, transformadores, barras, nodos y líneas. Se concluyo que en sectores donde los conductores del sistema se encuentran en ductos no se debe colocar protección alguna, ya que debido a las condiciones ofrecidas es poco probable que se genere alguna falla.
2. Al analizar los ajustes de los relés, se puede observar que las protecciones no permiten que el sistema opere fuera de los criterios de frecuencia y voltaje establecidos en el capítulo 2 de este proyecto. Frente a cualquier anomalía en estas variables, las protecciones envían señales de alarma y/o disparo a los interruptores correspondientes.
3. Con respecto a la protección de sobrecorriente de tiempo, se ha determinado un intervalo de 0.2 – 0.3 segundos entre la operación de las protecciones principales y de respaldo.

4. El relé MITSUBISHI ubicado en la subestación Trinitaria, no interviene dentro de la protección propuesta para el sistema de interconexión de las Barcazas y Trinitaria; Pero el sistema de protección planteado en el capítulo 4 si interviene dentro de las áreas del relé Mitsubishi como respaldo del mismo. Es por este motivo que dentro de la coordinación de protecciones se lo emplea como referencia para los otros relés.
5. La colocación de un relé SEL 311 en TRINITARIA, se la hace con el objetivo de proteger a esta subestación de fallas que ocurran en el sistema de POWER BARGE ó ULLYSEAS.
6. Finalmente por todo lo anterior expuesto se concluye que las protecciones planteadas para el Sistema Eléctrico en estudio, proporcionan selectividad y velocidad en el despeje de las fallas eléctricas que puedan ocurrir.

5. BIBLIOGRAFIA

- Manual de Relé GE-SR489
- Manual de Relé GE- SR745
- Manual de Relé SEL 487
- Manual de Relé SEL 311
- Estudios de Flujo de Carga realizado por TRANSELECTRIC SA
- Estudios de Corrientes de Cortocircuito realizado por TRANSELECTRIC SA
- **El Arte y la Ciencia de la Protección por Relevadores. Autor: C. Russell Mason.**
- **Ajustes de los reles marca MITSUBISHI por parte de la Empresa Electrica De Guayaquil**
- Normas IEEE Std C37.010-1979, IEEE Std C37.5-1979, IEEE Std 141-1993, IEEE Std 241-1990, and IEEE Std 242-1986.
- **Problemas de los disturbios en los Sistemas Eléctricos de Potencia. Autor: Ing. José Layana**