



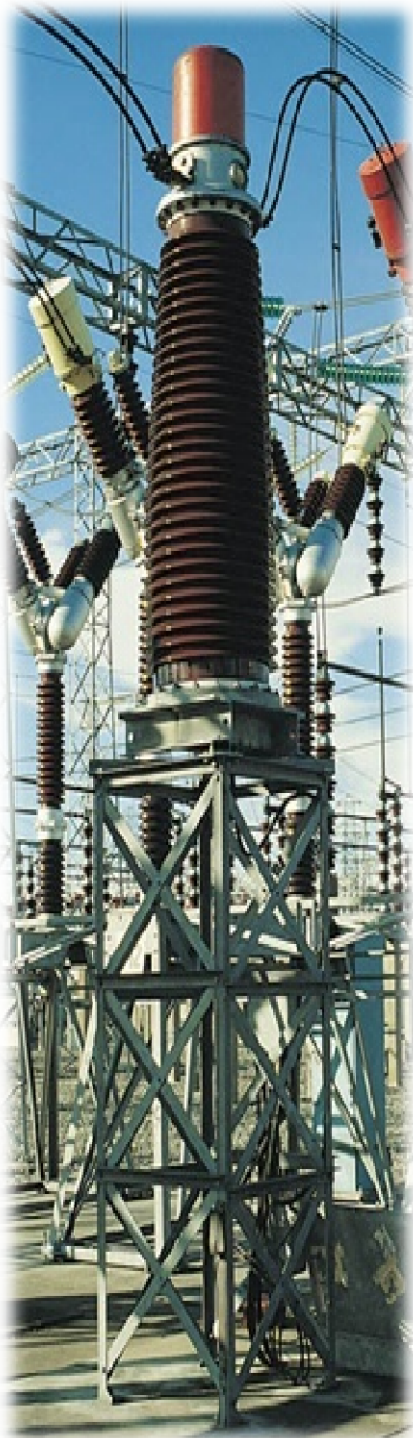
FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACION

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

ESTUDIO DE LA COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES POR MÉTODOS COMPUTARIZADOS APLICADOS A LA CENTRAL TÉRMICA DE GENERACIÓN ÁLVARO TINAJERO

PRESENTADO POR:

- **VLADISLAV BOLEK MERA**
- **SAMUEL ESPINOZA ESCUDERO**
- **ROBERTO PEREZ SUAREZ**





INTRODUCCIÓN

- El presente trabajo abarca el análisis del sistema eléctrico de la Central Térmica Álvaro Tinajero, específicamente las protecciones correspondientes a los elementos que conforman la subestación.
- El estudio de flujo de carga tiene como objetivo determinar las condiciones de operación en régimen permanente del sistema verificando que las capacidades de los generadores satisfacen la carga descartando la aportación del SNI.



INTRODUCCIÓN

- El estudio de cortocircuito permite conocer las corrientes máximas y mínimas de falla para la posterior selección de los ajustes de las protecciones.
- La coordinación de las protecciones asegura el despeje oportuno de fallas que puedan afectar a las líneas de subtransmisión de la subestación principal a 69KV, transformadores de poder y generadores a 13.8 KV.
- El sistema de protecciones está constituido por relés electromecánicos y digitales.



PRIMERA PARTE

DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES





DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES



Vista de la Central Térmica Álvaro Tinajero

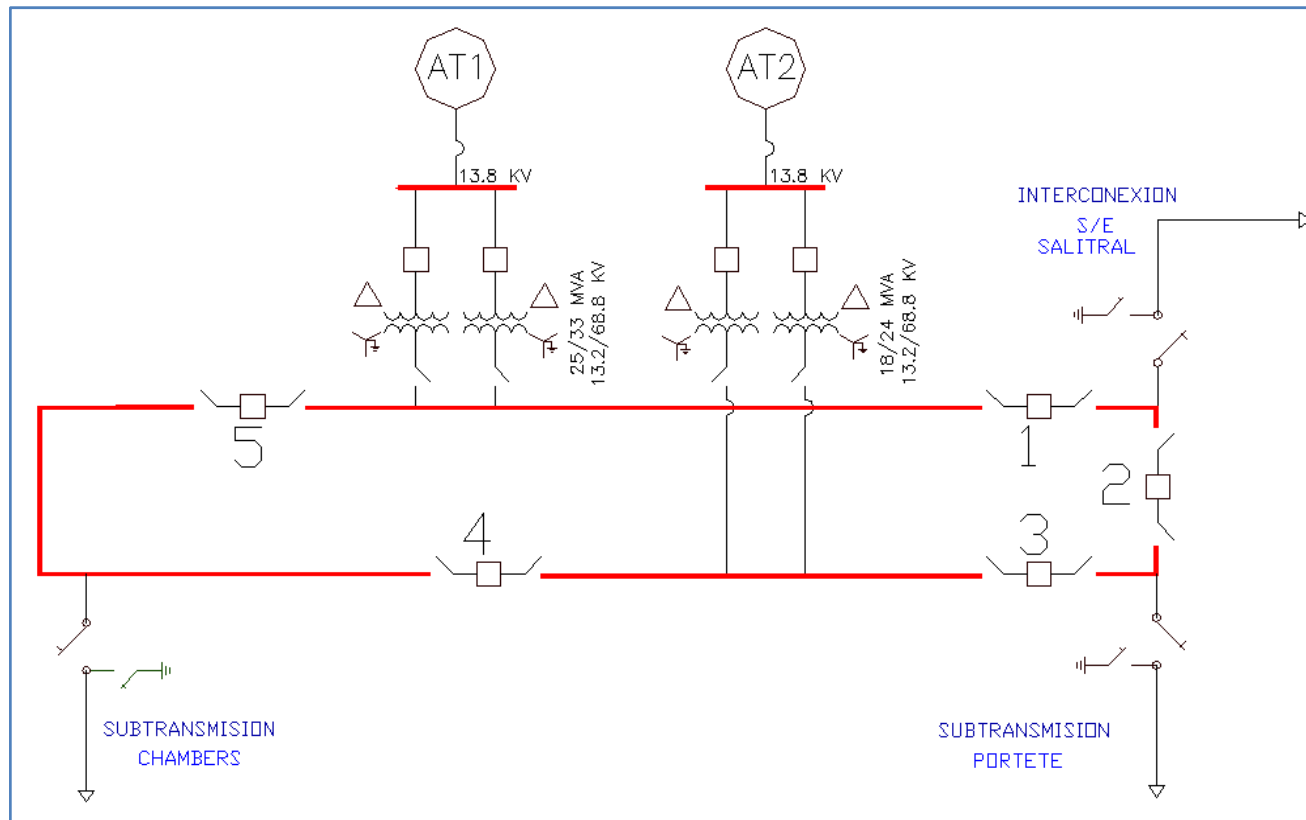


DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

- La Central Térmica Álvaro Tinajero se encuentra ubicada en un área de 62.500 m² en la zona del Salitral.
- Las turbinas fueron adquiridas por ELECTROECUADOR en el año 1995.
- Está comprendida por dos unidades térmicas de generación GE, dos transformadores de poder ABB y dos transformadores de poder GE, conectados a la subestación de elevación tipo anillo a 69 kV.



DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES



- La subestación se interconecta a la barra de 69 kV de la subestación Salitral de Transelectric y abastece de energía a la ciudad de Guayaquil a través de las líneas de subtransmisión Chamber y Portete.



GENERADORES

TURBINA A GAS N° 1 LM6000

General Electric de 60.000 kVA.

Factor de potencia = 0.9,

Velocidad: 3.600 RPM, 60 Hz

Voltaje: 13.800 V



TURBINA A GAS N° 2 MS6001B

General Electric de 48.000 kVA.

Factor de potencia = 0.85,

Velocidad: 3.600 RPM, 60 Hz

Voltaje: 13.800 V



SUBESTACION DE ELEVACIÓN

- La subestación eléctrica de elevación 13.8 kV a 69 kV tiene capacidad para 120 MVA.
- Su configuración en anillo le brinda confiabilidad y capacidad de transferencia de energía.
- Dispone de 3 posiciones para entrada de generación y 3 posiciones para líneas de subtransmisión 69 kV.





TRANSFORMADORES DE PODER

TRANSFORMADORES 1A Y 1B

- Están conectados al generador 1 (Turbina LM6000).

Fases: 3

Frecuencia: 60 Hz

Niveles de Voltaje: 13200/68800 V

Conexión: D – Y

Potencia: 25000/33333 kVA

Enfriamiento: OA/FA

Impedancia: 7.20 % A 25000 kVA

TRANSFORMADORES 2A Y 2B

- Están conectados al generador 2 (Turbina MS6001B).

Fases: 3

Frecuencia: 60 Hz

Niveles de Voltaje: 13200/68800 V

Conexión: D – Y

Potencia: 18000/24400 kVA

Enfriamiento: OA/FA

Impedancia: 8.40 % A 18000 kVA





LINEAS DE SUBTRANSMISION

La subestación posee posiciones para tres líneas de subtransmisión a 69 kV, las cuales se describen a continuación:

- **Interconexión S/E Salitral**
Línea de interconexión con el Sistema Nacional Interconectado llegando a la barra de 69 kV de la Subestación Salitral – Transelectric.
- **Subtransmisión Chambers**
Abastece parte de la carga del sistema de distribución de Guayaquil.
Demanda máxima: 41.32 MW - 10.9 MVAR
- **Subtransmisión Portete**
Abastece parte de la carga del sistema de distribución de Guayaquil.
Demanda máxima: 27.26 MW – 7.02 MVAR



SISTEMAS DE PROTECCION

El equipamiento consiste de interruptores en SF6, interruptores en vacio y relés de protección.

- **Interruptores en vacio– 13.8 kV.**
 - 2 disyuntores en vacio para las unidades de generación
 - 4 disyuntores para los transformadores (primario).

GENERADORES

Marca: GE
Modelo: VB13.8-1000-3
Tipo: VACUUM
Máximo Voltaje: 15 kV
Capacidad momentánea de interrupción: 37 kA
Corriente continua: 3000 A
Tiempo de Interrupción: 5 ciclos

TRANSFORMADORES

Marca: GE
Modelo: VB13.8-1000-3
Tipo: VACUUM
Máximo Voltaje: 15 kV
Capacidad momentánea de interrupción: 37 kA
Corriente continua: 2000 A
Tiempo de Interrupción: 5 ciclos



SISTEMAS DE PROTECCION

Interrupidores en SF6– 69 kV.

- El anillo de la subestación posee 5 disyuntores en SF6 de tanque muerto.

GENERADORES

Marca: ABB

Modelo: 72PM4012

Tipo: SF6

Máximo Voltaje: 72.5 kV

Capacidad momentánea de interrupción: 40 kA

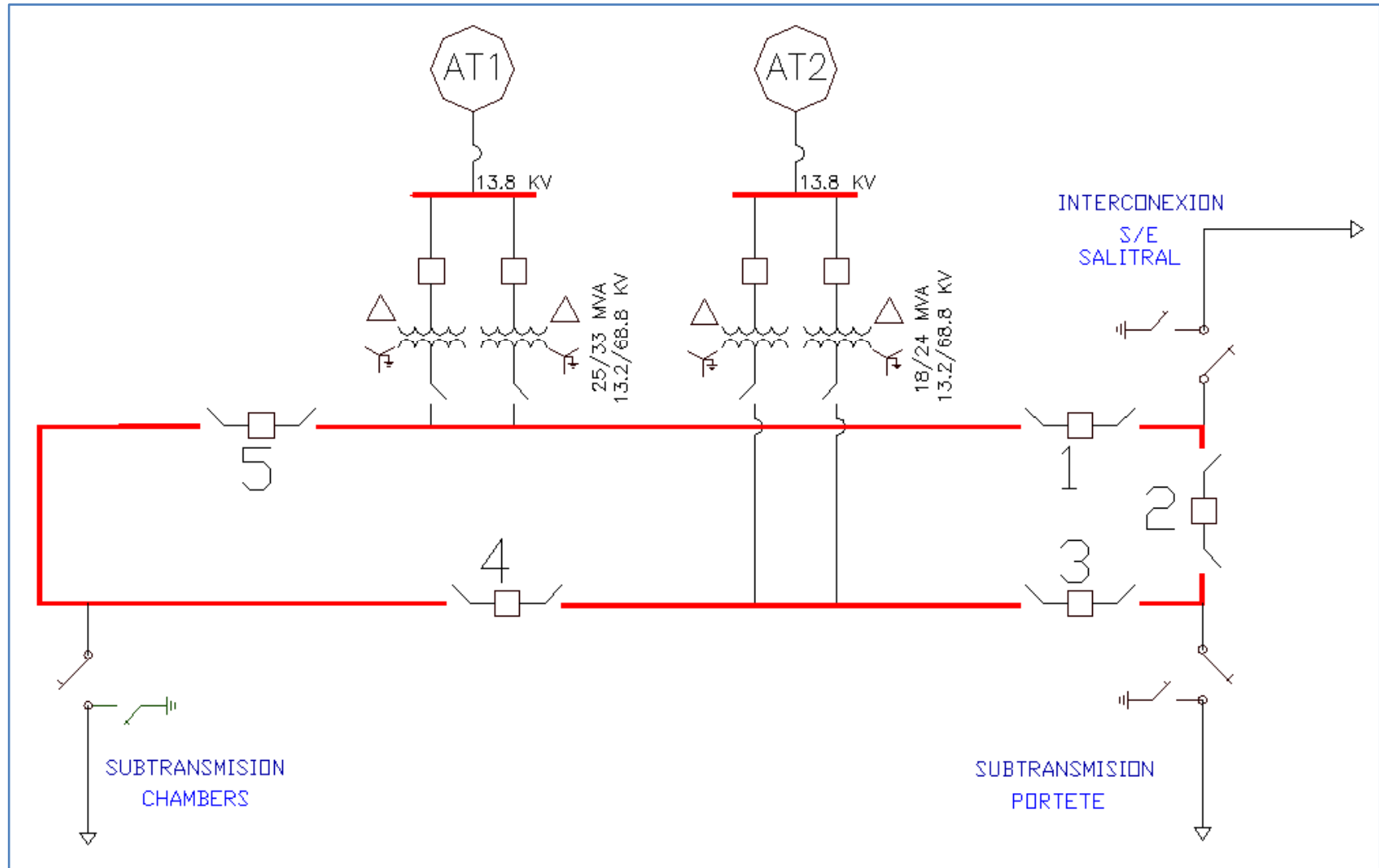
Corriente continua: 1200 A

Tiempo de Interrupción: 5 ciclos





DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES





SISTEMAS DE PROTECCION

Esquemas de protección

EQUIPO	TIPO DE PROTECCIÓN	
GENERADORES	Diferencial	87G
	Sobrecorriente de Fase con restricción de Voltaje	51V
	Protección de Desequilibrio.	46
	Protección Bajo Voltaje de Fase	27P
	Protección Sobrevoltaje de Fase	59P
	Protección Sobrevoltaje de Tierra.	59G
	Protección Pérdida de Excitación.	40
	Protección de Potencia Inversa.	32



SISTEMAS DE PROTECCION

Esquemas de protección

EQUIPO	TIPO DE PROTECCIÓN	
TRANSFORMADORES	Diferencial	87T
	Sobrecorriente de Temporizada e instantánea de Fase.	51/50P
	Protección Sobrecorriente Temporizada de Tierra	51G

LINEA	TIPO DE PROTECCIÓN	
INTERCONEXION S/E SALITRAL	Diferencial	87
SUBTRANSMISION CHAMBER	Distancia	21
SUBTRANSMISION PORTETE	Distancia	21



SEGUNDA PARTE

ESTUDIOS DE FLUJO DE CARGA





CRITERIOS ADOPTADOS

- **Flexibilidad Operacional**

- El sistema genera su propia energía y es capaz de abastecer la carga máxima de las líneas de subtransmisión Portete y Chamber.
- La subestación sirve de paso en condiciones de emergencia.

- **Niveles de Confiabilidad**

- Se prioriza la protección de los elementos del sistema.
- Se provee continuidad de servicio en las líneas de subtransmisión.



CRITERIOS ADOPTADOS

- **Niveles de sobrecarga**
 - No se acepta sobrecarga en los cables.
 - La carga en los transformadores no debe exceder su capacidad FA.
 - Los generadores no deben exceder su capacidad nominal.
- **Regulación de Voltaje**
 - Las unidades de generación se encuentran disponibles ante los requerimientos del CENACE.
 - El TAP de los transformadores de poder se mantiene fijo.



ANALISIS DE CASOS

- Se establecieron los siguientes casos:
 - Carga Máxima con las 2 unidades generando.
 - Carga Máxima con la unidad de menor capacidad generando.
 - Carga Máxima con las 2 unidades fuera de línea.
- La simulación de cada caso se la realizo en la versión 15.0 de Power World



ANALISIS DE CASOS

DATOS DEL SISTEMA

- Carga del sistema

Condición de Carga	kWh	MW	kVARh	MVAR
MAX CHAMBERS	10,331	41,324	2,598	10,390
MAX PORTETE	6,814	27,258	1,756	7,023
MIN CHAMBERS	1,123	4,493	22	89
MIN PORTETE	1,997	7,986	-97	-388



ANALISIS DE CASOS

DATOS DEL SISTEMA

- **Generadores – Capacidad e impedancias**

Generador	Capacidad MW	MVAR MAX	MVAR MIN	Impedanci a + (X)	Impedanci a - (X)	Impedanci a cero (X)	Impedanci a a tierra (R)
1	51,00	31,60	15,00	0,225	0,313	0,162	762,24
2	45,60	15,00	-25,00	0,259	0,357	0,198	349,36





ANALISIS DE CASOS

DATOS DEL SISTEMA

- Transformadores – Capacidad e impedancias

Transformador	Potencia (MVA)	Voltaje (kV) Alta	Voltaje (kV) Baja	Resistencia Serie	Reactancia Serie
T1A	33,33	69	13,8	0,00618	0,26343
T1B	33,33	69	13,8	0,00618	0,26343
T2A	26,88	69	13,8	0,00950	0,44212
T2B	26,88	69	13,8	0,00950	0,44212





SIMULACION DEL SISTEMA

- La representación del sistema fue realizada mediante 4 barras:
 - La subestación en anillo es representada mediante una barra de carga (ANILLO).
 - Dos barras de control (AT1 y AT2) relacionadas con cada unidad de generación.
 - Una barra de compensación (INTERCONNECTADO), representa la interconexión Salitral-SNI.



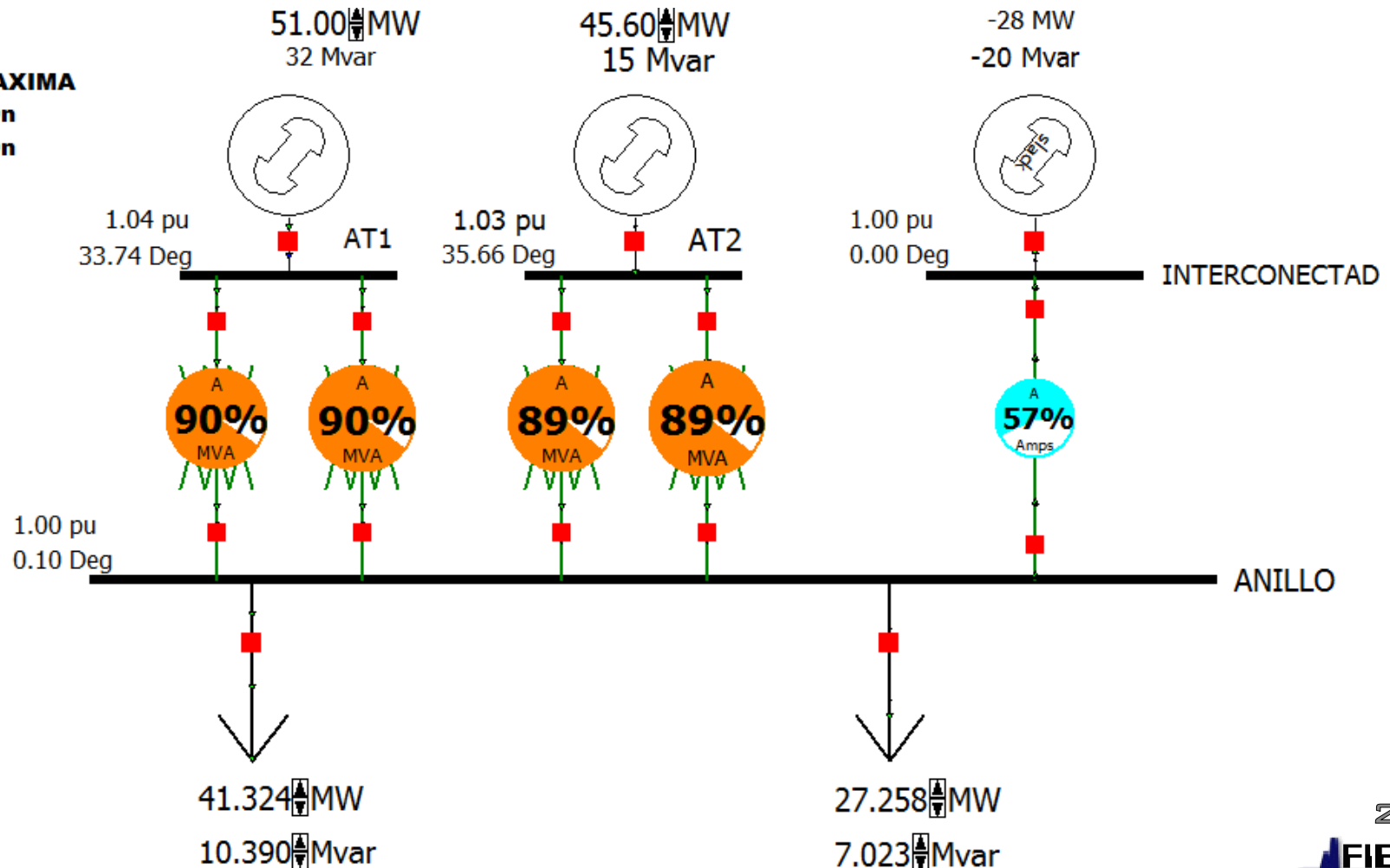
SIMULACION DEL SISTEMA

CASO 1 - CARGA MÁXIMA CON LAS 2 UNIDADES GENERANDO

CARGA MAXIMA

G1 - On

G2 - On





SIMULACION DEL SISTEMA

CASO 1 - CARGA MÁXIMA CON LAS 2 UNIDADES GENERANDO

VOLTAJE DE BARRAS

Barra No.	Nombre de Barra	Nominal (kV)	Voltaje (pu)	Angulo (deg)	Voltaje (kV)	Reg. Vol +/- 2,5%
1	AT1	13,8	1.04191	33,74	14.378	Si
2	AT2	13,8	1.03200	35,66	14.242	Si
3	ANILLO	69	1.00247	0,10	69.170	Si
4	INTERCONECTADO	69	1,00000	0,00	69,000	Si

CONSUMO Y FACTOR DE POTENCIA

Barra No.	Nombre de Barra	Voltaje [kV]	Carga Activa [MW]	Carga Reactiva [MVAR]	Factor Potencia
1	AT1	14.378	-51,00	-31,60	0.85
2	AT2	14.242	-45,60	-15,00	0.949
3	ANILLO	69.170	68,58	17,41	0.969
4	INTERCONECTADO	69,000	27,78	19,94	0.812
PERDIDAS			0,24	9,25	



SIMULACION DEL SISTEMA

CASO 1 - CARGA MÁXIMA CON LAS 2 UNIDADES GENERANDO

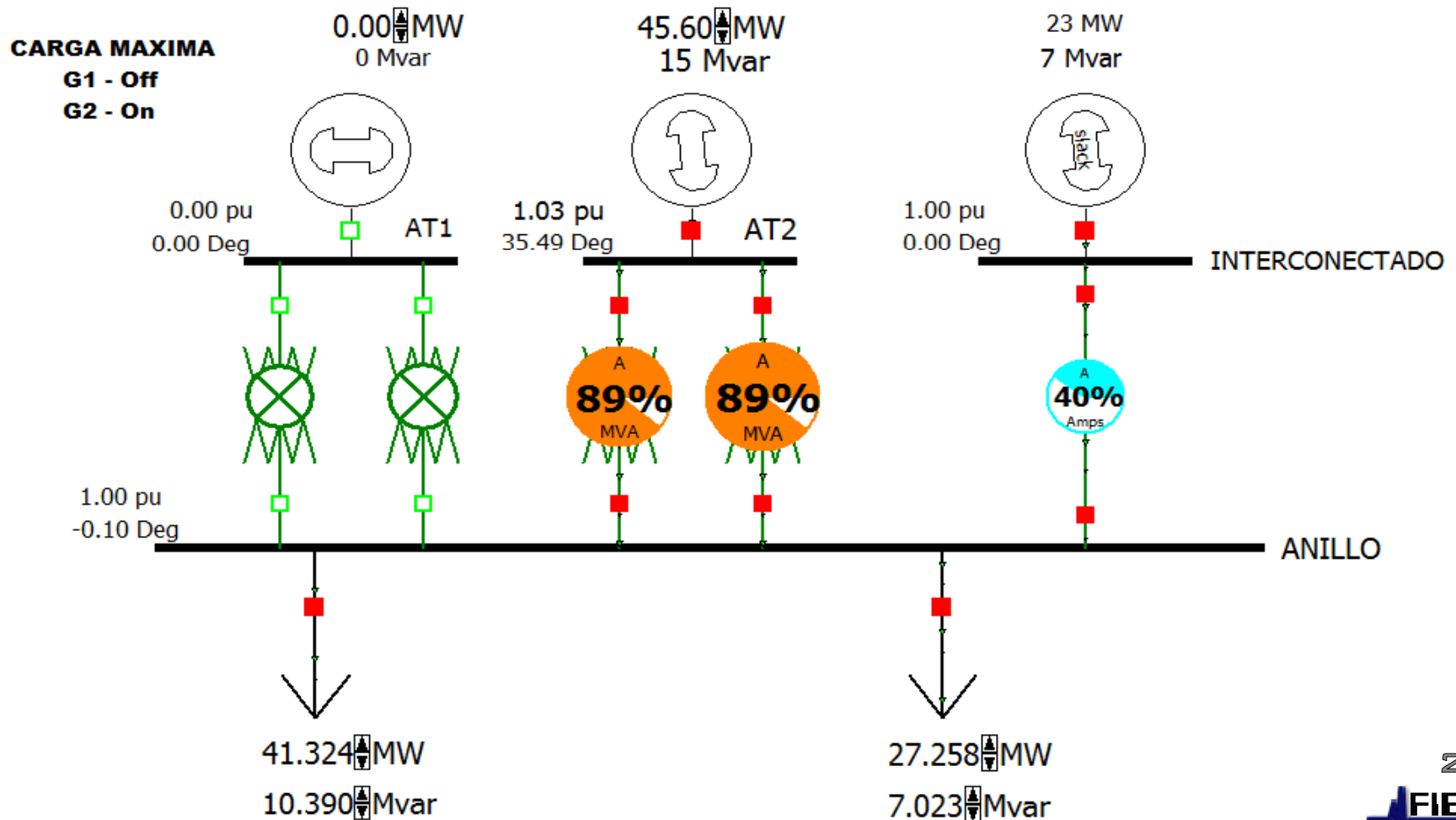
CARGA DE TRANSFORMADORES

Cond. No.	Desde Barra	Hasta Barra	CIRCUITO	MVA	MVA LIMITE	% SOBRECARGA
1	AT1	ANILLO	1	30,0	33,3	90,1
2	AT1	ANILLO	2	30,0	33,3	90,1
3	AT2	ANILLO	1	24,0	26,9	89,3
4	AT2	ANILLO	2	24,0	26,9	89,3
5	INTERCONECTADO	ANILLO	1	34,2	60,0	57,1



SIMULACION DEL SISTEMA

CASO 2 - CARGA MÁXIMA CON LA UNIDAD DE MENOR CAPACIDAD GENERANDO





SIMULACION DEL SISTEMA

CASO 2 - CARGA MÁXIMA CON LA UNIDAD DE MENOR CAPACIDAD GENERANDO VOLTAJE DE BARRAS

Barra No.	Nombre de Barra	Nominal (kV)	Voltaje (pu)	Angulo (deg)	Voltaje (kV)	Reg. Vol +/- 2,5%
1	AT1	13,8	0	0	0	No
2	AT2	13,8	1.02834	35.49	14.191	Si
3	ANILLO	69	0.99874	-0,10	68.913	Si
4	INTERCONECTADO	69	1,00000	0,00	69.000	Si

CONSUMO Y FACTOR DE POTENCIA

Barra No.	Nombre de Barra	Voltaje [kV]	Carga Activa [MW]	Carga Reactiva [MVAR]	Factor Potencia
1	AT1	0.000	0	0	0
2	AT2	14.191	-45,60	-15,00	0.949
3	ANILLO	68.913	68,58	17,41	0.969
4	INTERCONECTADO	69.000	-23.09	-7.28	0.954
PERDIDAS			0,11	4,87	



SIMULACION DEL SISTEMA

CASO 2 - CARGA MÁXIMA CON LA UNIDAD DE MENOR CAPACIDAD GENERANDO

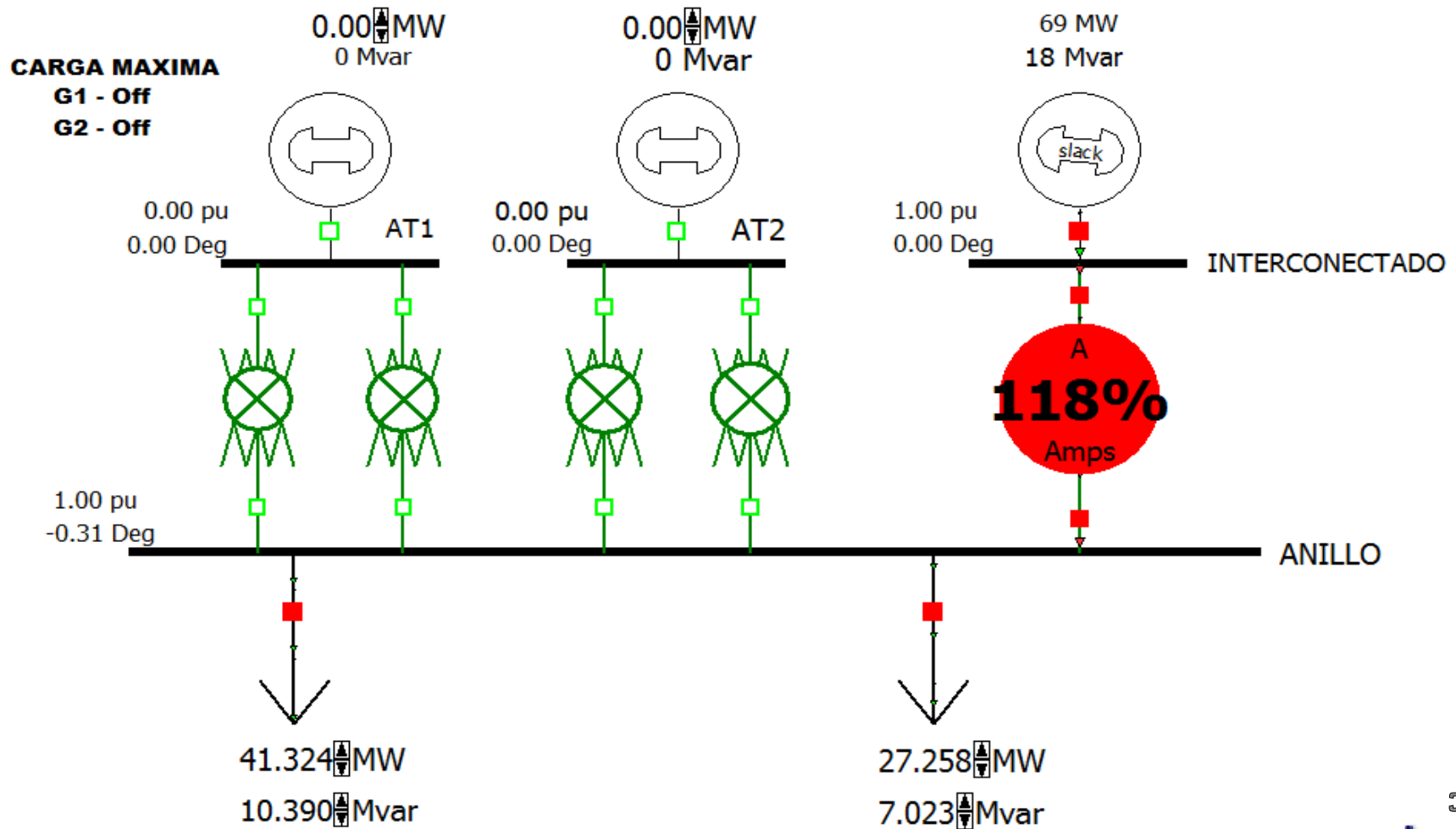
CARGA DE TRANSFORMADORES

Cond. No.	Desde Barra	Hasta Barra	CIRCUITO	MVA	MVA LIMITE	% SOBRECARGA
1	AT1	ANILLO	1	0	33,3	0
2	AT1	ANILLO	2	0	33,3	0
3	AT2	ANILLO	1	24,0	26,9	89,3
4	AT2	ANILLO	2	24,0	26,9	89,3
5	INTERCONECTADO	ANILLO	1	24,2	60,0	40,4



SIMULACION DEL SISTEMA

CASO 3 - CARGA MÁXIMA LAS 2 UNIDADES FUERA DE LINEA





SIMULACION DEL SISTEMA

CASO 3 - CARGA MÁXIMA LAS 2 UNIDADES FUERA DE LINEA

VOLTAJE DE BARRAS

Barra No.	Nombre de Barra	Nominal (kV)	Voltaje (pu)	Angulo (deg)	Voltaje (kV)	Reg. Vol +/- 2,5%
1	AT1	13,8	0	0	0	No
2	AT2	13,8	0	0	0	No
3	ANILLO	69	0.99659	-0,31	68.765	Si
4	INTERCONECTADO	69	1,00000	0,00	69.000	Si

CONSUMO Y FACTOR DE POTENCIA

Barra No.	Nombre de Barra	Voltaje [kV]	Carga Activa [MW]	Carga Reactiva [MVAR]	Factor Potencia
1	AT1	0	0	0	0
2	AT2	0	0	0	0
3	ANILLO	68.765	68,58	17,41	0.969
4	INTERCONECTADO	69.000	- 68.72 0,14	- 17.84 0,43	0.968
PERDIDAS			0,14	0,43	



SIMULACION DEL SISTEMA

CASO 3 - CARGA MÁXIMA LAS 2 UNIDADES FUERA DE LINEA

CARGA DE TRANSFORMADORES

Cond. No.	Desde Barra	Hasta Barra	CIRCUITO	MVA	MVA LIMITE	% SOBRECARGA
1	AT1	ANILLO	1	0	33,3	0
2	AT1	ANILLO	2	0	33,3	0
3	AT2	ANILLO	1	0	26,9	0
4	AT2	ANILLO	2	0	26,9	0
5	INTERCONECTADO	ANILLO	1	71,0	60,0	118,3



SIMULACION DEL SISTEMA

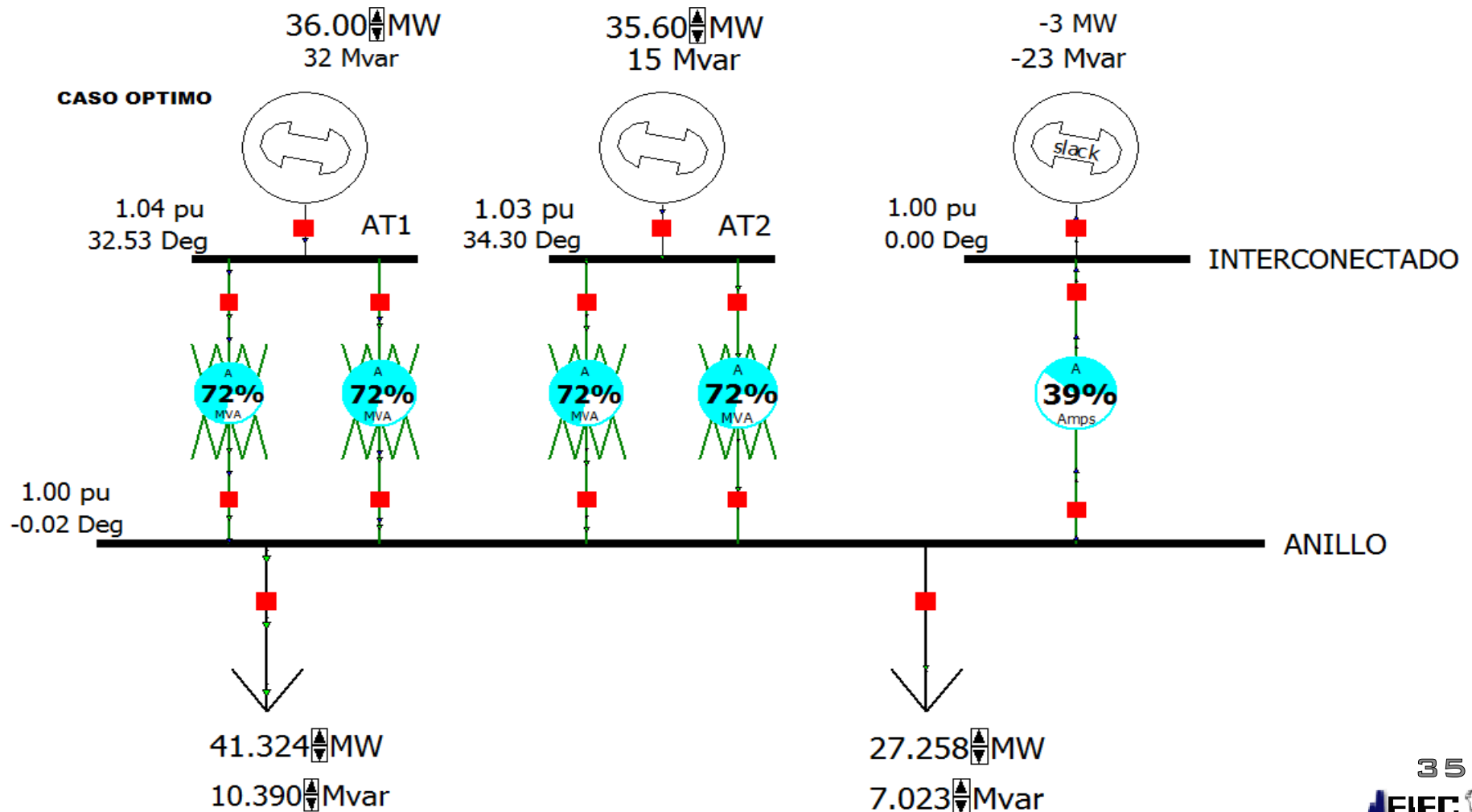
CASO OPTIMIZADO

- El [caso base](#) mostraba una carga considerable para cada transformador.
 - El margen de reserva se ve afectado
 - El sistema se vuelve sensible ante una simple contingencia.
- Se propone suplir parte de la carga a través de la interconexión con Salitral
- El factor de potencia en la barra de carga es bueno (0.97) por lo que no es necesaria compensación reactiva.



SIMULACION DEL SISTEMA

CASO OPTIMIZADO





SIMULACION DEL SISTEMA

CASO OPTIMIZADO

VOLTAJE DE BARRAS

Barra No.	Nombre de Barra	Nominal (kV)	Voltaje (pu)	Angulo (deg)	Voltaje (kV)	Reg. Vol +/- 2,5%
1	AT1	13,8	1.04212	32.53	14.381	Si
2	AT2	13,8	1.03295	34.30	14.255	Si
3	ANILLO	69	1.00206	-0,02	69.142	Si
4	INTERCONECTADO	69	1,00000	0,00	69,000	Si

CONSUMO Y FACTOR DE POTENCIA

Barra No.	Nombre de Barra	Voltaje [kV]	Carga Activa [MW]	Carga Reactiva [MVAR]	Factor Potencia
1	AT1	14.381	-36,00	-31,60	0.751
2	AT2	14.255	-35,60	-15,00	0.921
3	ANILLO	69.142	68,58	17,41	0.969
4	INTERCONECTADO	69,000	2,87	23,3	0.122
PERDIDAS			0,15	5,89	



SIMULACION DEL SISTEMA

CASO OPTIMIZADO

CARGA DE TRANSFORMADORES

Cond. No.	Desde Barra	Hasta Barra	CIRCUITO	MVA	MVA LIMITE	% SOBRE CARGA
1	AT1	ANILLO	1	24,0	33,3	71.9
2	AT1	ANILLO	2	24,0	33,3	71.9
3	AT2	ANILLO	1	19,3	26,9	71.9
4	AT2	ANILLO	2	19,3	26,9	71.9
5	INTERCONECTADO	ANILLO	1	23,5	60,0	39.2



ANALISIS DE RESULTADOS

- La sobrecarga vista en los transformadores hace sensible el sistema ante una simple contingencia.
- Ante la salida de una de las unidades de generación, la Interconexión es capaz de suplir la carga del sistema.
- Se evidencia una baja pérdida de potencia activa producto de la baja resistencia de los transformadores.



TERCERA PARTE

ESTUDIOS DE CORTO CIRCUITO





OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Determinar el efecto de las corrientes de falla en los componentes del sistema durante el tiempo que persista la falla.
- Determinar las zonas del sistema en donde la falla puede resultar en depresiones inaceptables de voltaje.
- Determinar el ajuste de los equipos de protección, los cuales son establecidos considerando el sistema bajo condiciones de falla.



ALCANCE

- Considera los tipos de falla:
 - Falla trifásica a tierra
 - Falla de una línea a tierra
- La existencia de resistencias de aterrizamiento en el neutro de ambos generadores será motivo de análisis



DATOS DEL SISTEMA

- MVA DE CORTO CIRCUITO**

Prefalla [kV]	Tipo de falla	Potencia de falla [MVA]	Ia [kA]	Ia [Deg]	Ib [kA]	Ib [Deg]	Ic [kA]	Ic [Deg]	In [kA]
69	LLL	940	28.35	-80.11	28.35	159.89	28.35	39.89	0,00
69	LG	790	22.83	-78.54	0,00	0,00	0,00	0,00	-78.54
69	LL	814	0,00	0,00	24.55	-170.11	24.55	9.89	0
69	LLG	884	0,00	-162.9	26.75	169.0	25.93	31,41	102.52

- IMPEDANCIAS EQUIVALENTES**

Secuencia	R (pu)	X (pu)	X/R
Positiva	0.0051615	0.0292605	5.669
Negativa	0.0051615	0.0292605	5.669
Cero	0.0118866	0.0499398	4.2014



RESULTADOS

CASO APLICADO - CARGA MAXIMA CON 2 UNIDADES GENERANDO

CORRIENTES DE FALLA TRIFASICA VISTAS EN LA BARRAS

Barra No	Barra Nombre		Falla LLL [pu]	Falla LLL [A]	Falla LLL [Deg]
1	Generador 1 (13.8 kV)	AT1	10.878	45510.26	-54.16
2	Generador 2 (13.8 kV)	AT2	8.015	33532.33	-52.99
3	Subestación (Anillo de 69 kV)	ANILLO	31.090	26014.23	-78.64
13	Interconexión (69 kV)	INTER	38.543	32250.45	-80.17

CORRIENTES DE FALLA DE UNA LINEA A TIERRA VISTAS EN LAS BARRAS

Barra No	Barra Nombre		Falla LG [pu]	Falla LG [A]	Falla LG [Deg]
1	Generador 1 (13.8 kV)	AT1	0.001	4.18	33.73
2	Generador 2 (13.8 kV)	AT2	0.003	12.55	35.63
3	Subestación (Anillo de 69 kV)	ANILLO	45.955	38452.36	-78.49
13	Interconexión (69 kV)	INTER	38.611	32307.35	-79.92



ANALISIS DE RESULTADOS

- La resistencia de puesta a tierra en el generador a través de un transformador de distribución, limita la corriente de falla de línea – tierra a un valor bajo de corriente de falla.
 - El generador es protegido contra esfuerzos mecánicos y daños internos.



CUARTA PARTE

COORDINACION DE LAS PROTECCIONES



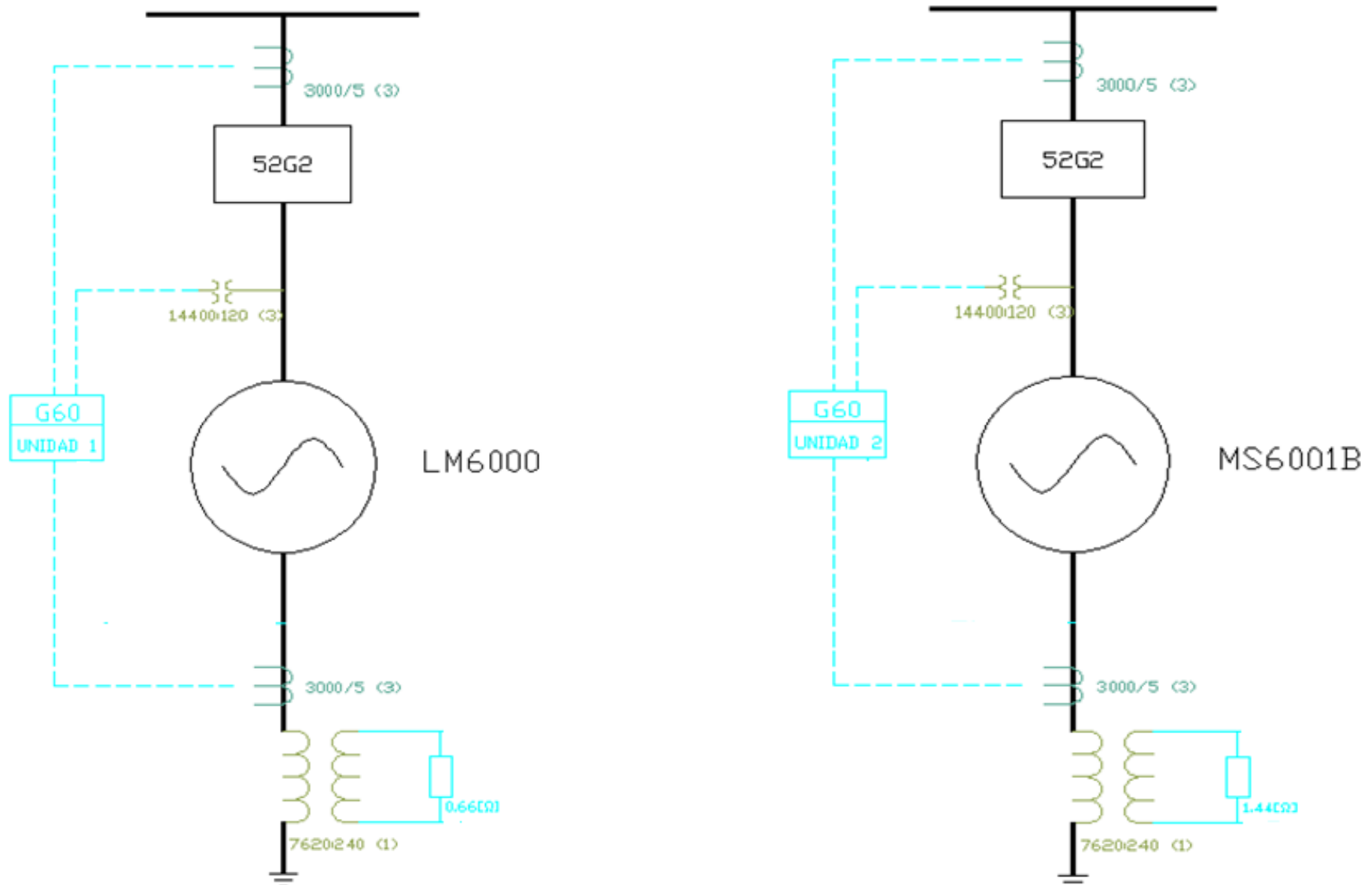


OBJETIVOS

- 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 propiamente con la protección de las líneas de subtransmisión Chambers y Portete, pertenecientes a la Unidad Eléctrica de Guayaquil.
- La aplicación del Estudio permitirá el despeje oportuno y selectivo de las fallas del sistema.

ESQUEMAS DE PROTECCIONES

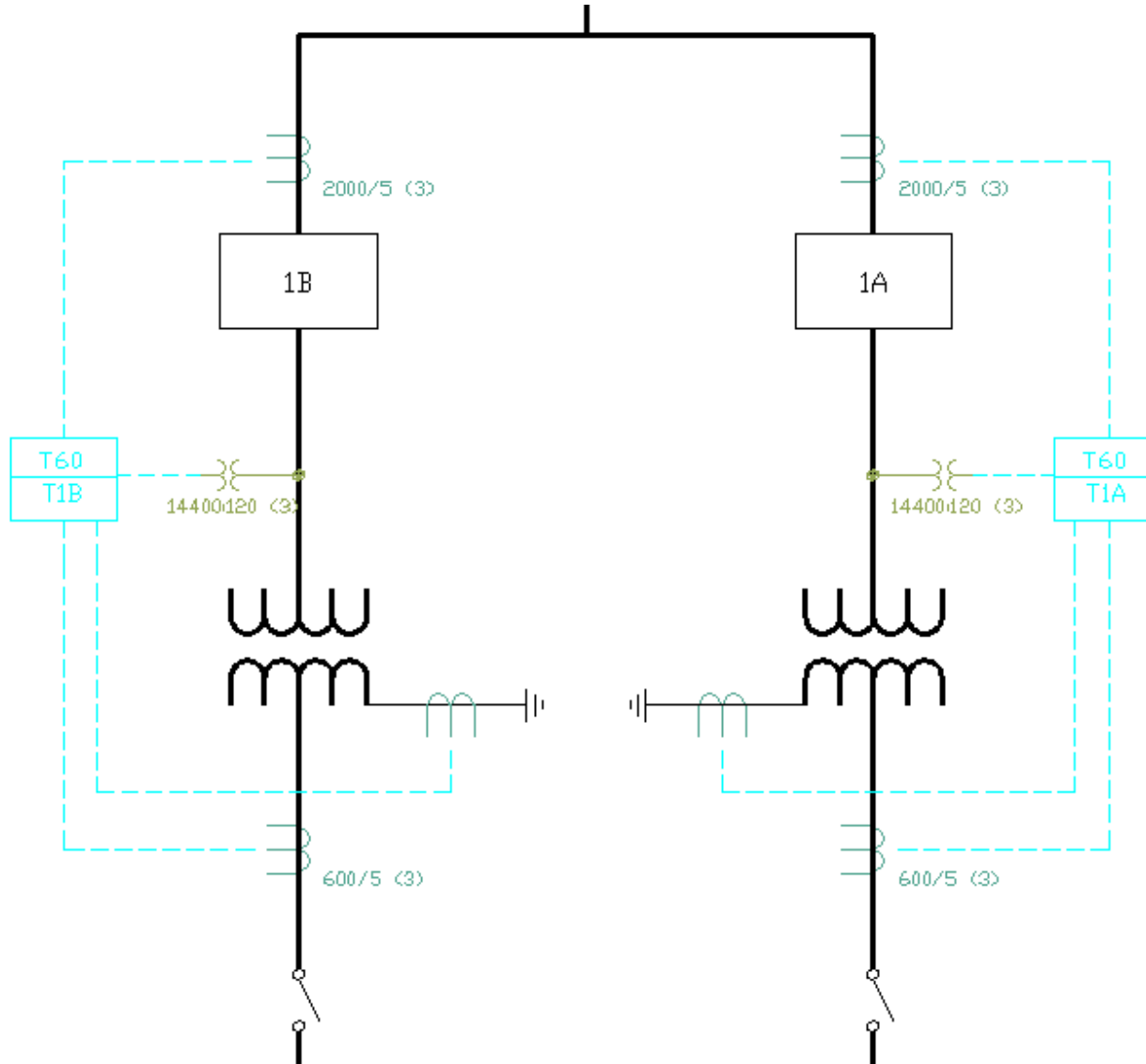
PROTECCION DE GENERADORES



Ambas unidades son protegidas a través de relés GE, modelo G60, pertenecientes a la familia Multilin

ESQUEMAS DE PROTECCIONES

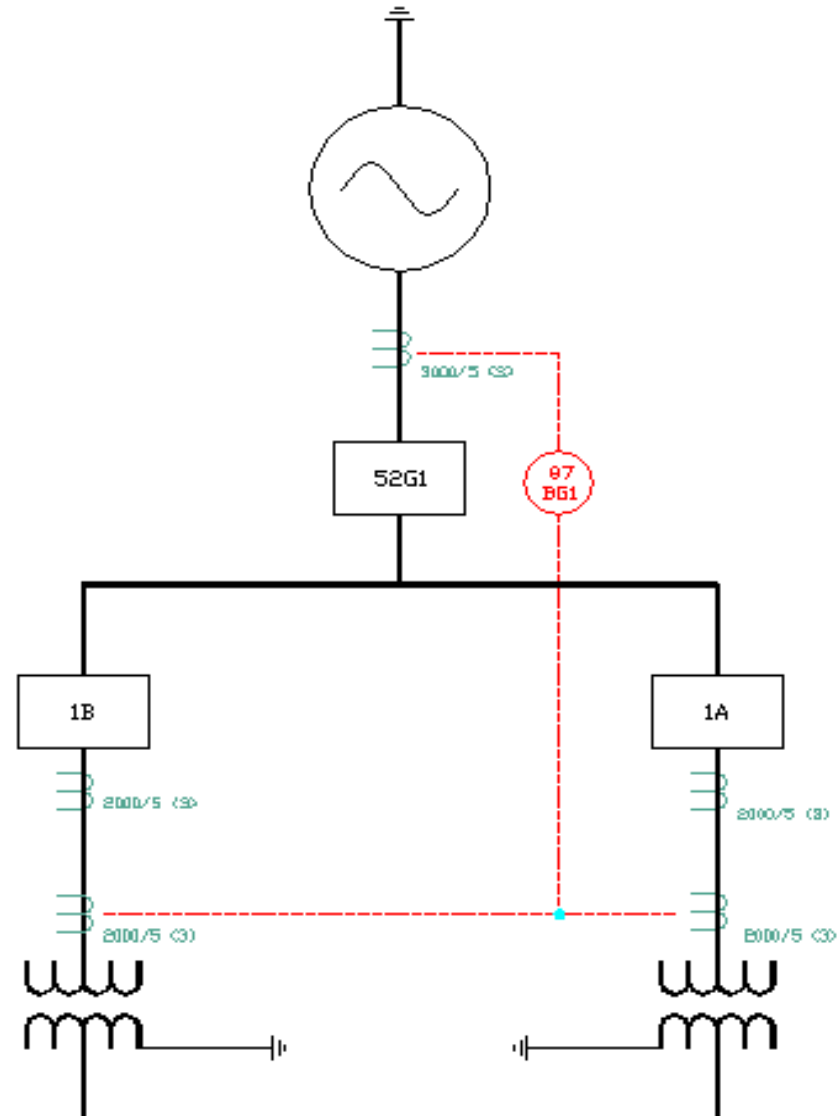
PROTECCION DE TRANSFORMADORES



Cada uno de los 4 transformadores son protegidos a través de relés GE, modelo T60, pertenecientes a la familia Multilin

ESQUEMAS DE PROTECCIONES

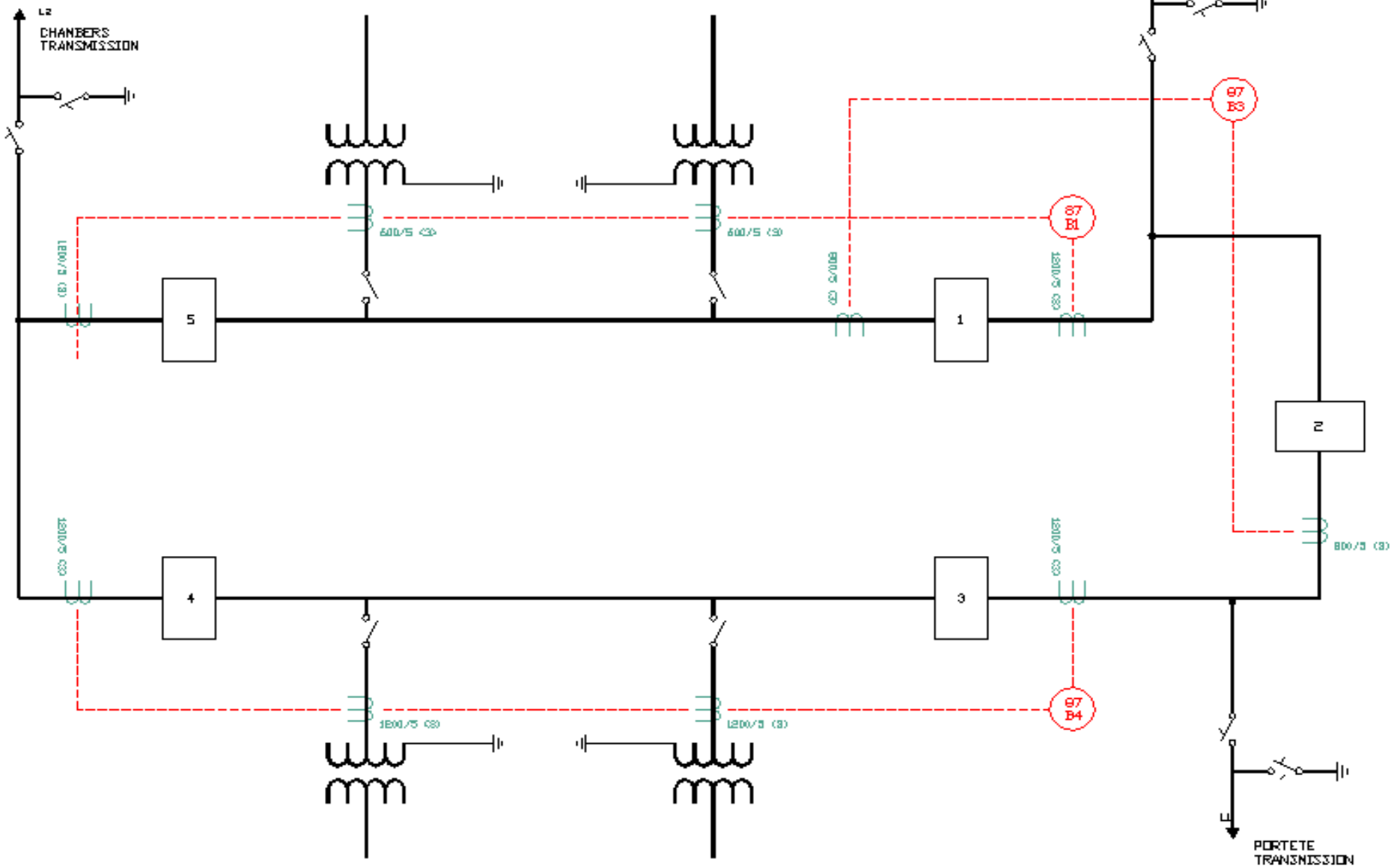
PROTECCION DE BARRAS – BARRAS DE LOS GENERADORES



La protección diferencial de barras es realizada a través de relés electromecánicos.

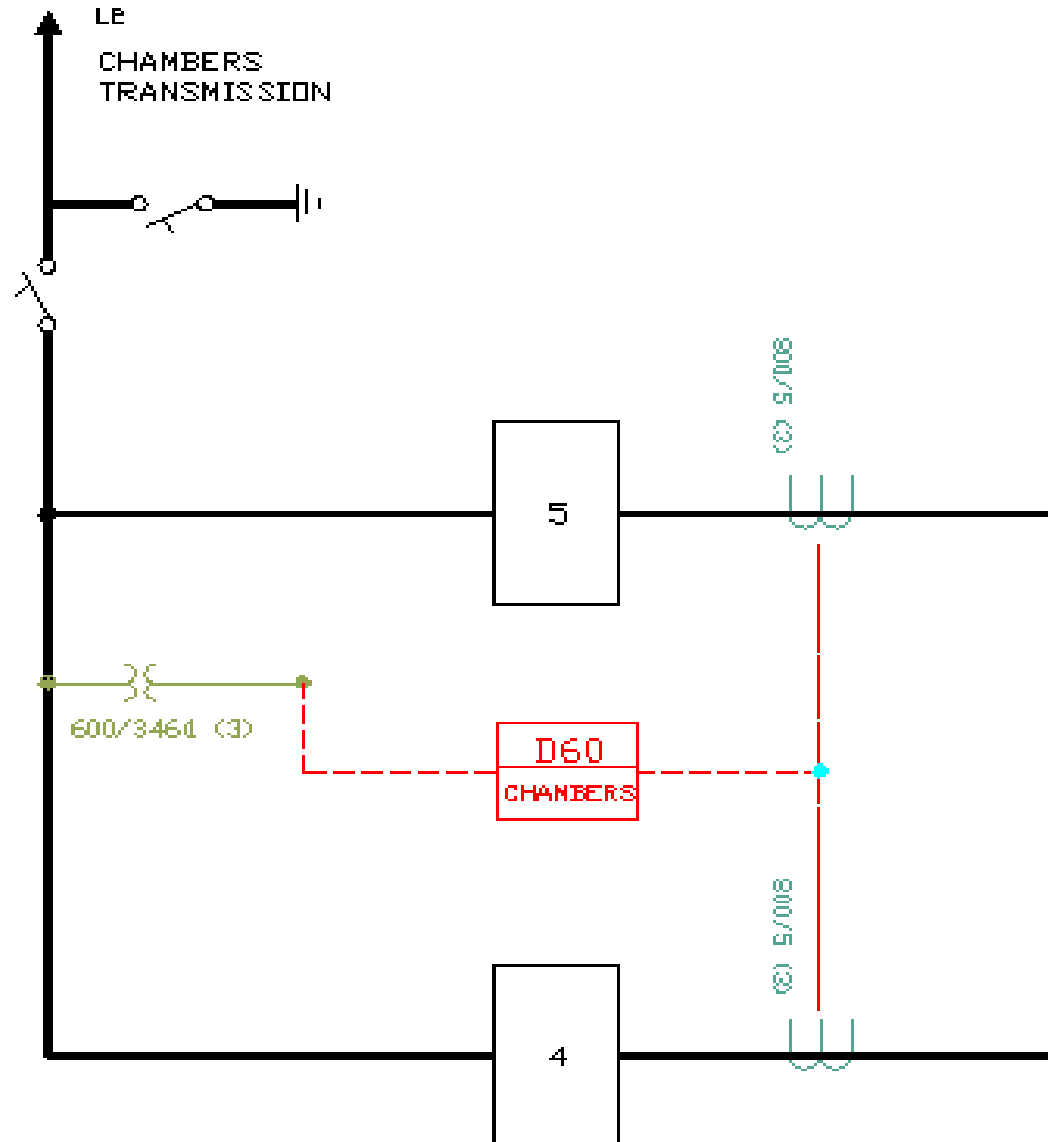
ESQUEMAS DE PROTECCIONES

PROTECCION DE BARRAS – BARRAS DEL ANILLO



ESQUEMAS DE PROTECCIONES

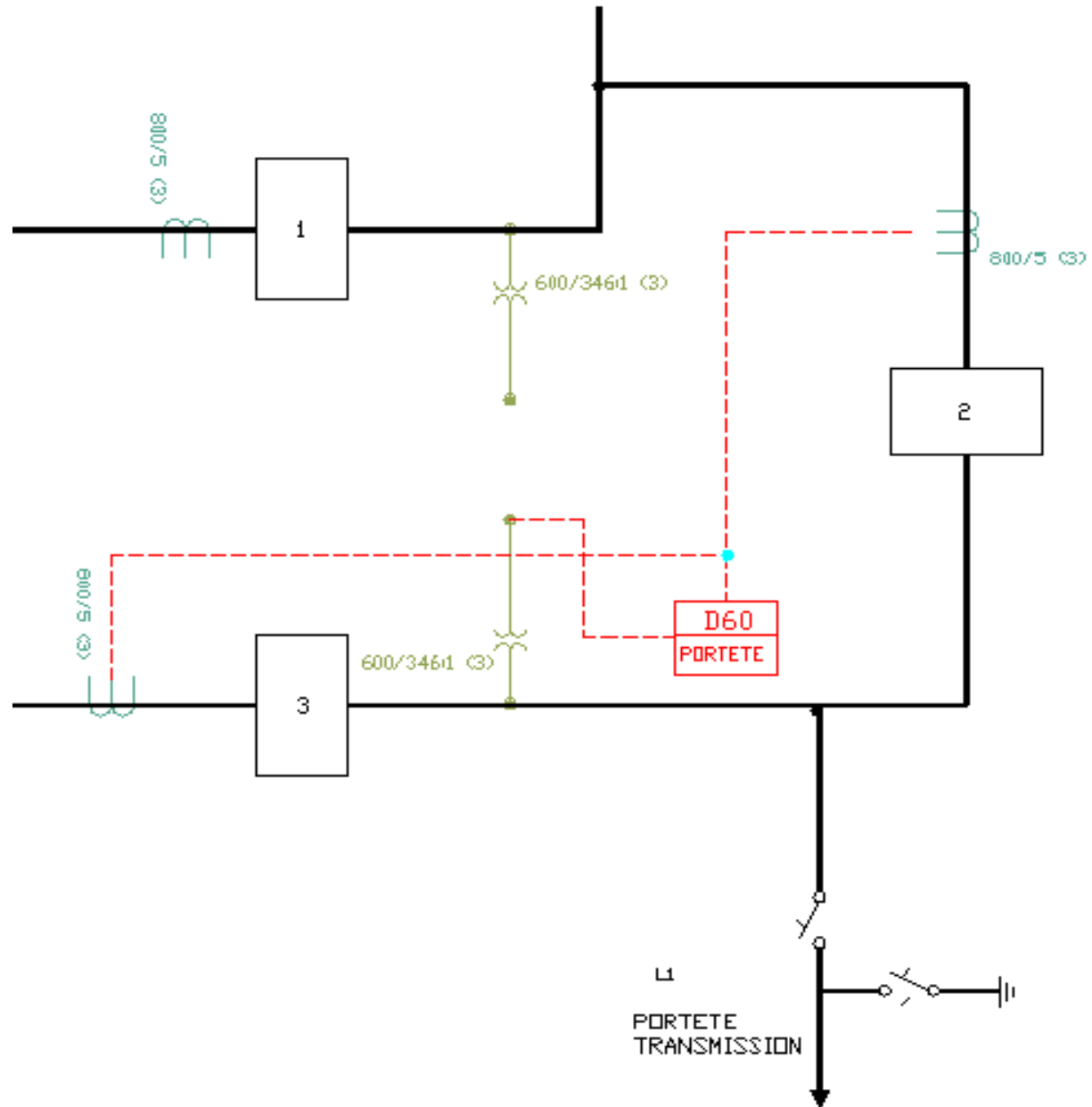
LÍNEAS DE SUBTRANSMISION - CHAMBERS



Las líneas de subtransmision son protegidas a través de relés de distancia GE, modelo D60, pertenecientes a la familia Multilin

ESQUEMAS DE PROTECCIONES

LINEAS DE SUBTRANSMISION - PORTETE



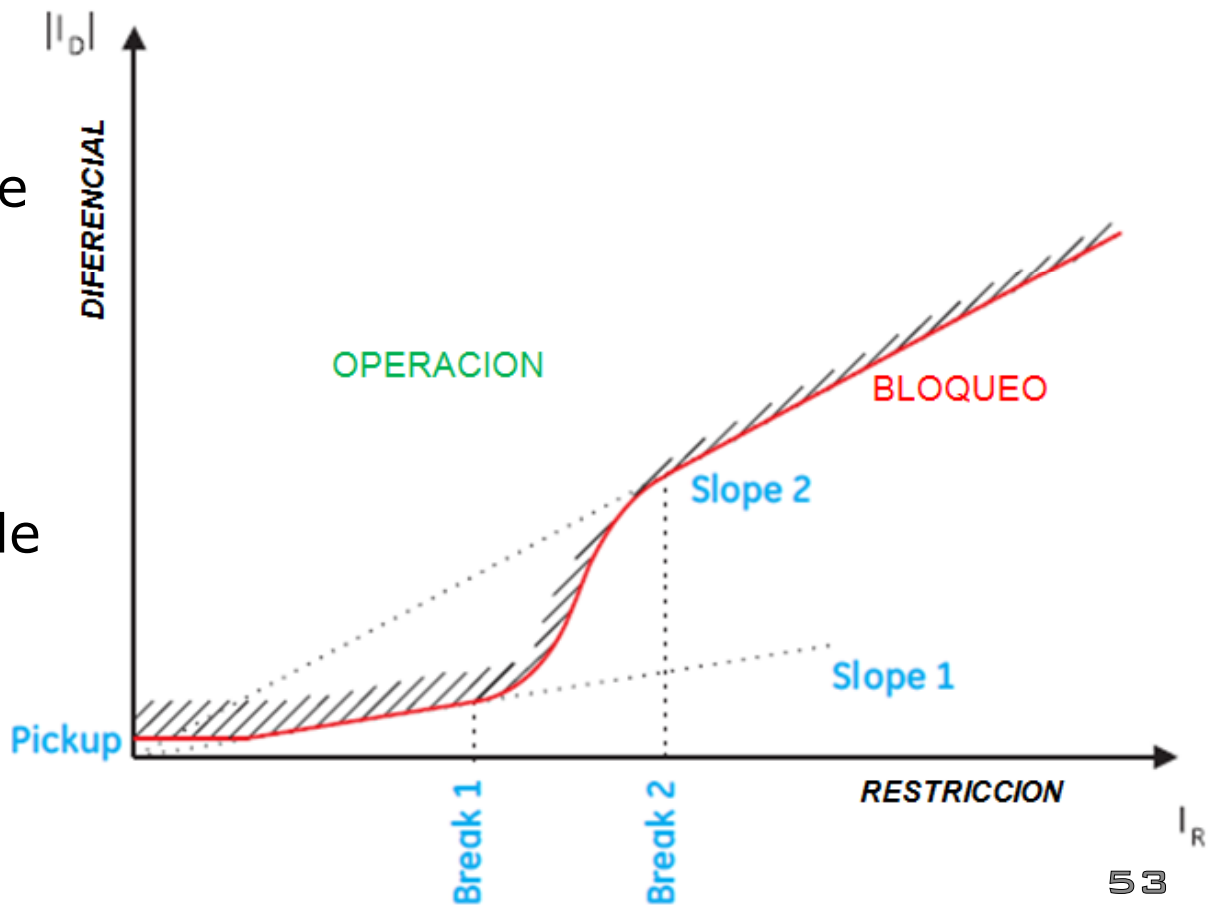


AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DIFERENCIAL DEL ESTATOR (87G)

- Posee una característica de doble pendiente (Slope).
- Permite ajustes muy sensibles cuando la corriente de falla es de magnitud baja.



DESCRIPCION DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE SOBRECORRIENTE CON RESTRICCION DE VOLTAJE (51V)

	UNIDAD 1	UNIDAD 2
Pickup:	0.050 pu	0.050 pu
Slope 1:	15%	15%
Break 1:	1.00 pu	1.00 pu
Slope 2:	60%	60%
Break 2:	5.00 pu	5.00 pu



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE SOBRECORRIENTE CON RESTRICCIÓN DE VOLTAJE (51V)

- Los tiempos de operación son directamente proporcionales al TD ajustado.
- El tipo de curva ajustado para los relés de ambos generadores corresponde a la IAC.

$$T = TDM \times \left(A + \frac{B}{(I/I_{pkp}) - C} + \frac{D}{((I/I_{pkp}) - C)^2} + \frac{E}{((I/I_{pkp}) - C)^3} \right)$$

Forma de Curva	A	B	C	D	E
Extremadamente Inversa	0.0040	0.6379	0.6200	1.7872	0.2461
Muy Inversa	0.0900	0.7955	0.1000	-1.2885	7.9586
Moderadamente Inversa	0.2078	0.8630	0.8000	-0.4180	0.1947
Poco Inversa	0.0428	0.0609	0.6200	-0.0010	0.0221

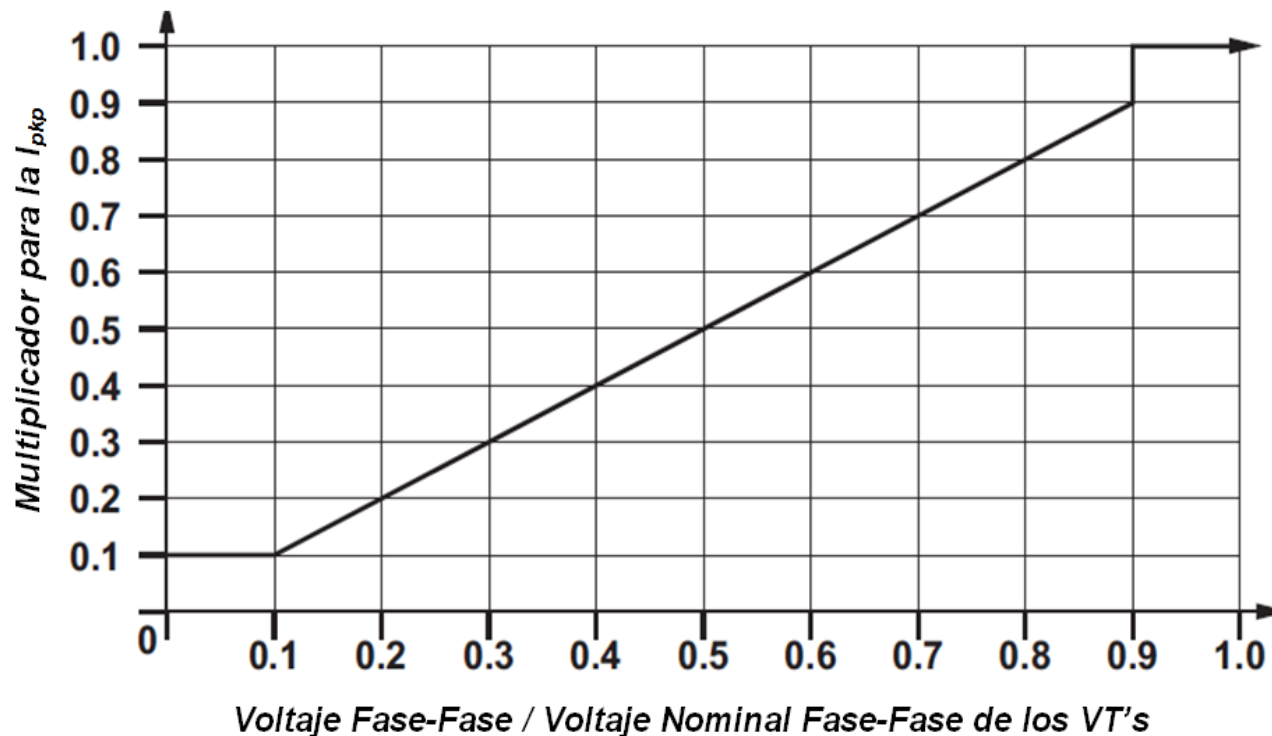


AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE SOBRECORRIENTE CON RESTRICCION DE VOLTAJE (51V)

- La restricción de voltaje es lograda por medio de multiplicadores (Mvr) correspondientes a los voltajes de línea.
- El tiempo de disparo es dinámicamente reducido a través de esta característica.



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE SOBRECORRIENTE CON RESTRICCION DE VOLTAJE (51V)

	UNIDAD 1	UNIDAD 2
Pickup:	1.6 pu	1.3 pu
Curve:	IAC Very Inverse	IAC Very Inverse
TD Multiplier:	6.00	6.00



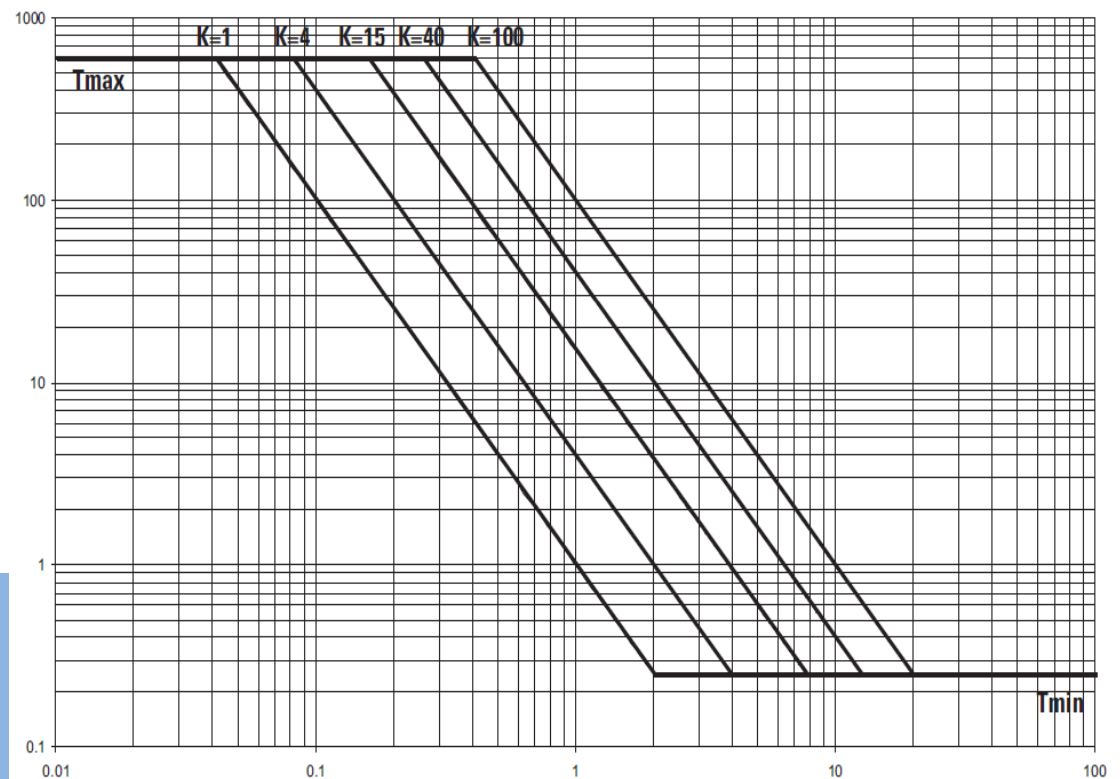
AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE DESBALANCE (46)

- Se protege el rotor de la máquina ante daños debidos a la corriente de secuencia negativa.
- El elemento tiene una etapa de tiempo inverso (disparo) y una de tiempo definido (alarma).

- **K** constante de capacidad de secuencia negativa.
- **I_{nom}** es la corriente nominal.
- **I₂** es la corriente de secuencia negativa censada por el relé.



$$T = \frac{K}{(I_2/I_{nom})^2}$$

AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE DESBALANCE (46)

	UNIDAD 1	UNIDAD 2
Inom:	0.746 pu	0.746 pu
Stage 1 Pickup:	8.00 %	8.00 %
Stage 1 K-Value:	10.00	10.00
Stage 1 Tmin:	0.250 s	0.250 s
Stage 1 Tmax:	600.0 s	600.0 s
Stage 1 K-Reset:	0.0	0.0
Stage 2 Pickup:	5.60 %	5.60 %
Stage 2 Pickup Delay:	5.0 s	5.0 s



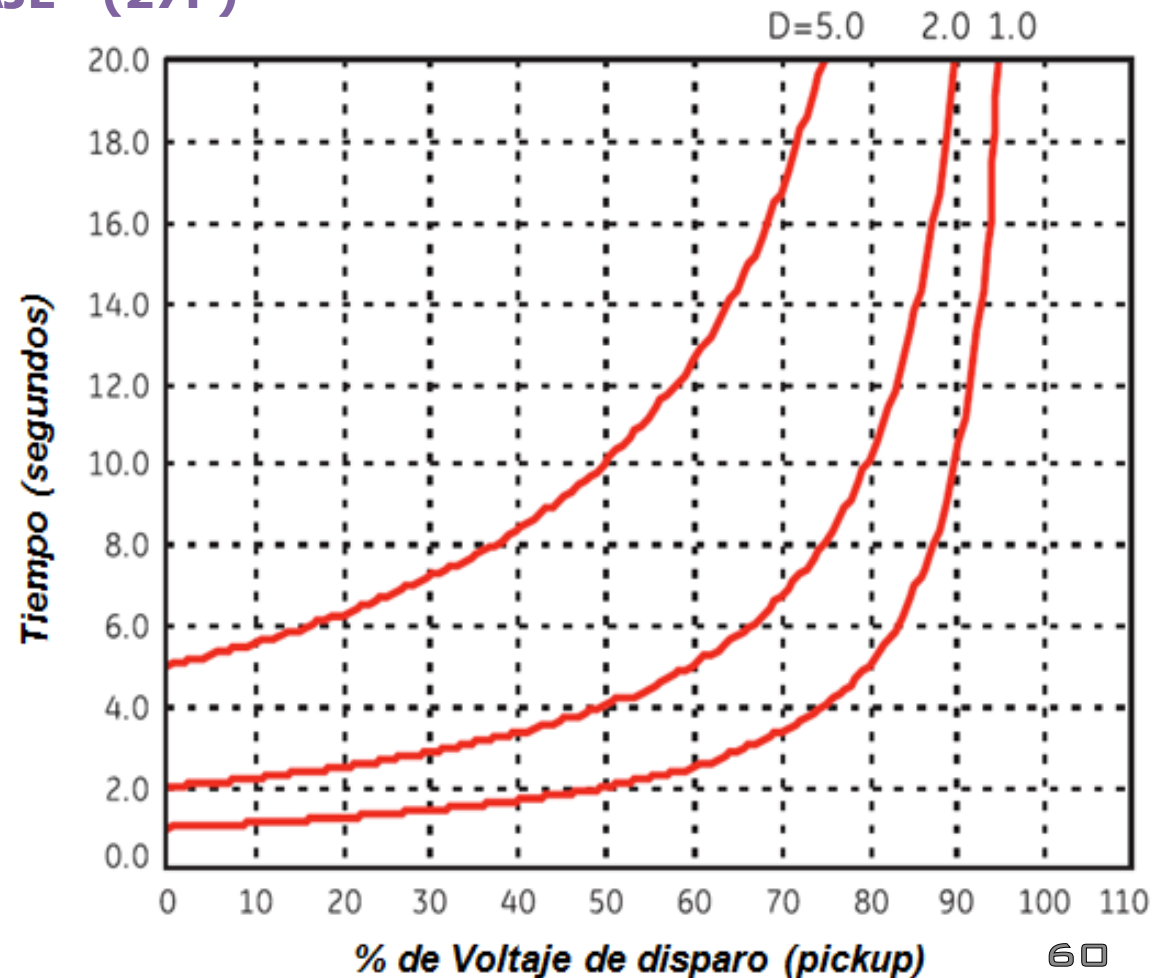
AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE BAJO VOLTAJE (27P)

$$T = \frac{D}{\left(1 - \frac{V}{V_{pickup}}\right)}$$

- T es el tiempo de operación
- D es el ajuste para el retraso en la operación (D=0.00 la operación es instantánea).
- V es el voltaje secundario aplicado al relé.
- V_{pickup} es el nivel de voltaje de disparo



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE DESBALANCE (46)

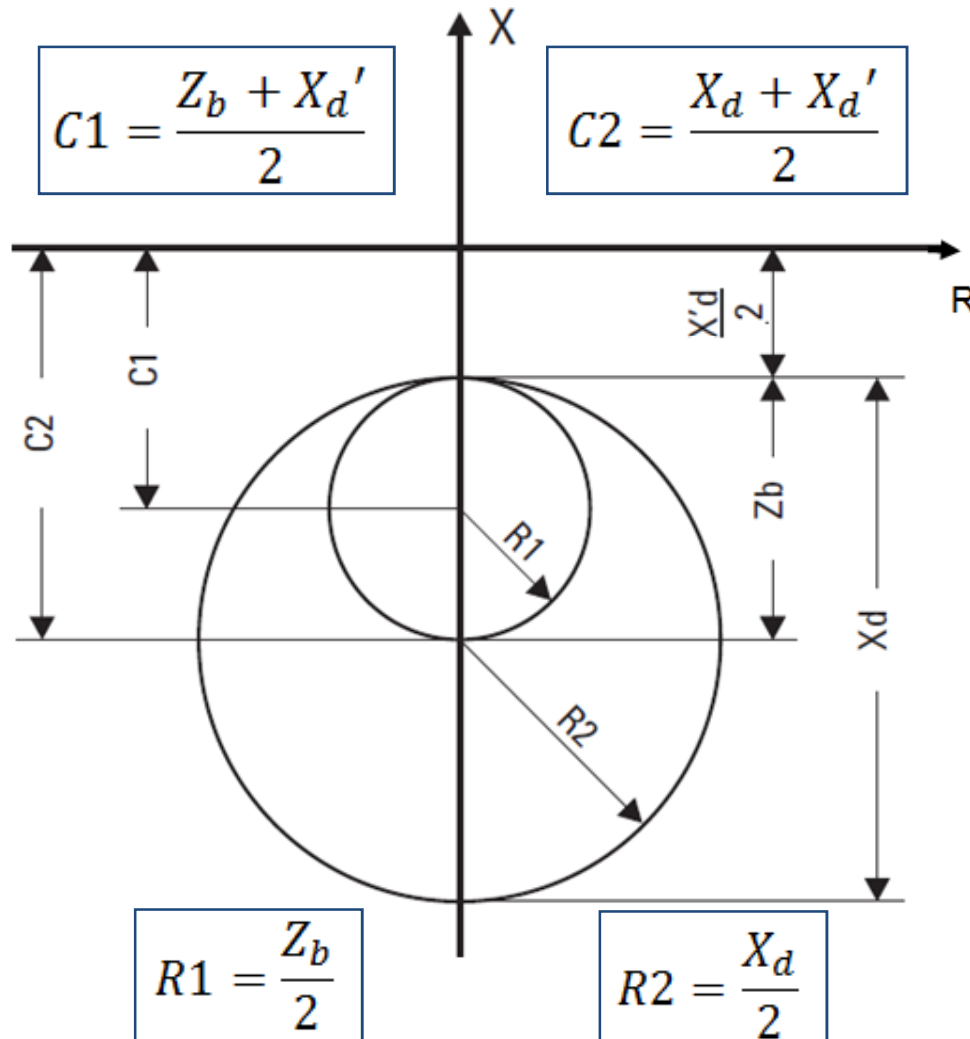
	UNIDAD 1	UNIDAD 2
Pickup:	0.81pu	0.81pu
Curve:	Inverse Time	Inverse Time
Delay:	1.00 s	1.00 s
Minimum Voltage	0.25 pu	0.25 pu



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE PERDIDA DE EXCITACIÓN (40)



-La característica es representada por dos círculos desplazados tipo MHO.

Z_b es la impedancia base de la maquina.

X_d es la reactancia sincrónica de la maquina

X_d' es la reactancia transiente de la maquina

C1 es el centro del elemento 1. Primera zona de operación.

R1 es el radio del elemento 1.

C2 es el centro del elemento 2. Segunda zona de operación.

R2 es el radio del elemento 2.

AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE DESBALANCE (46)

	UNIDAD 1	UNIDAD 2
Center 1:	11.42 ohm	9.665 ohm
Radius 1:	8.90 ohm	7.937 ohm
Pickup Delay 1:	0.060 s	0.060 s
Center 2:	23.27 ohm	20.345 ohm
Radius 2:	20.74 ohm	18.616 ohm
Pickup Delay 2:	0.500 s	0.500 s



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

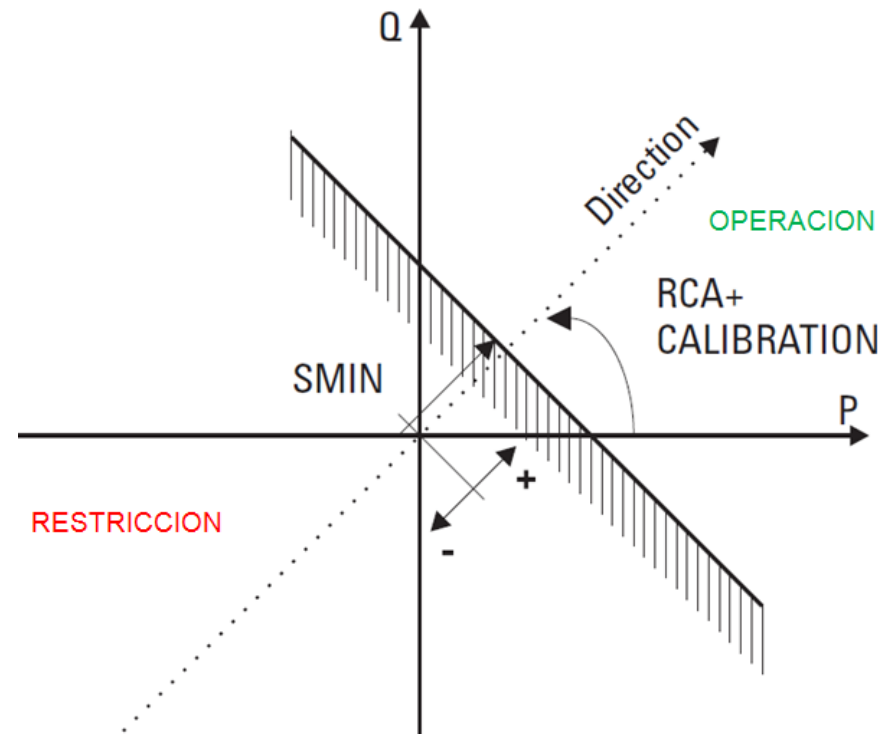
PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE POTENCIA INVERSA (32)

El elemento responde a la siguiente condición:

$$P \cos \theta + Q \operatorname{Sen} \theta > S_{MIN}$$

- **P y Q** son las potencias activa y reactiva medidas.
- es una suma entre los ángulos: elemento característico (DIR POWER 1 RCA) y calibración (DIR POWER 1 CALIBRATION).
- **S_{MIN}** es la mínima potencia de operación.



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE POTENCIA INVERSA(46)

	UNIDAD 1	UNIDAD 2
Sensitive Directional Power RCA:	180 deg	180 deg
Sensitive Directional Power Calibration:	0.00 deg	0.00 deg
Stage 1 SMIN:	0.022 pu	0.022 pu
Stage 1 Delay:	5.00 s	5.00 s
Stage 2 SMIN:	0.022 pu	0.022 pu
Stage 2 Delay:	0.100 s	0.100 s

AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE GENERADORES - GE G60

PROTECCION DE BAJO VOLTAJE DE FASE (27P)

	UNIDAD 1	UNIDAD 2
Pickup:	0.81pu	0.81pu
Curve:	Inverse Time	Inverse Time
Delay:	1.00 s	1.00 s
Minimum Voltage	0.25 pu	0.25 pu

PROTECCION DE SOBRE VOLTAJE DE FASE (59P)

	UNIDAD 1	UNIDAD 2
Pickup:	1.100 pu	1.100 pu
Delay:	5.00 s	5.00 s
Reset Delay:	1.00 s	1.00 s

PROTECCION DE SOBRE VOLTAJE DE TIERRA (59G)

	UNIDAD 1	UNIDAD 2
Pickup:	0.026 pu	0.0225 pu
Delay:	5.00 s	5.00 s
Reset Delay:	1.00 s	1.00 s

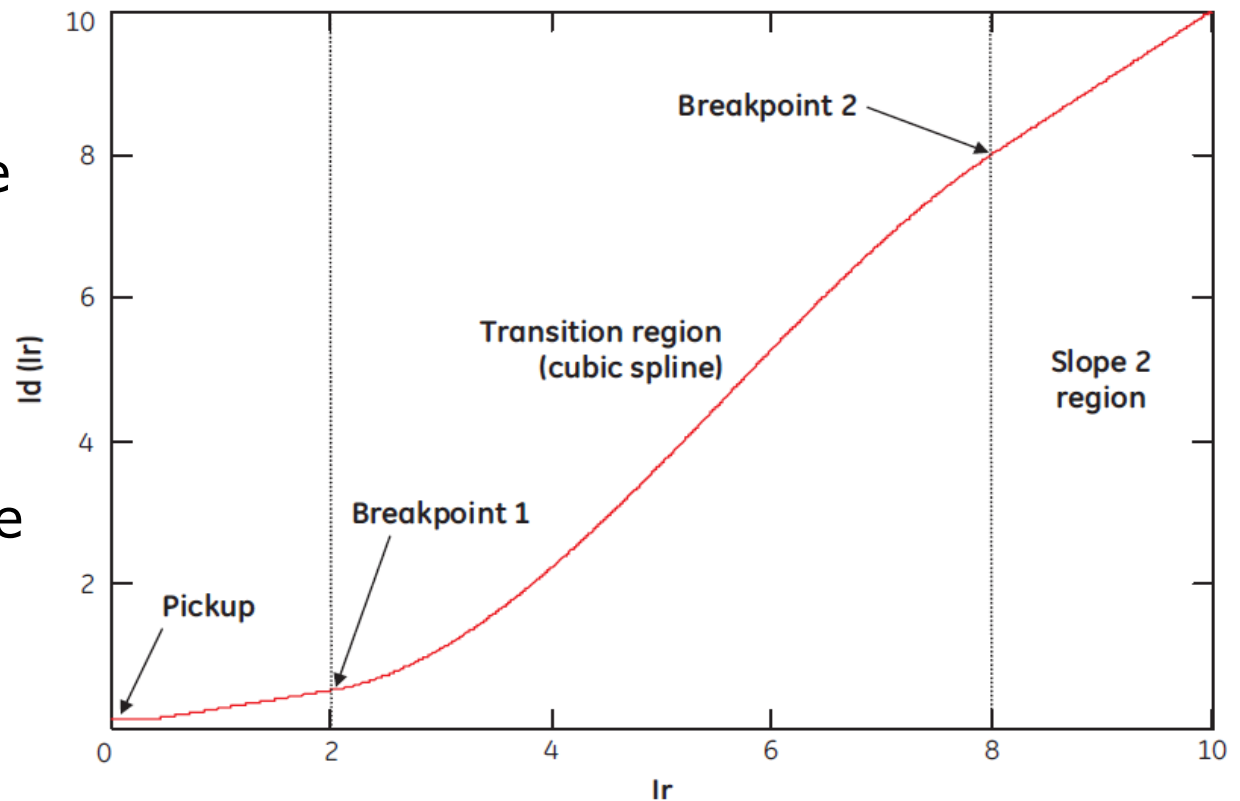


AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE TRANSFORMADORES - GE T60

PROTECCION DIFERENCIAL (87T)

- Posee una característica de doble pendiente (Slope).
- Permite ajustes muy sensibles cuando la corriente de falla es de magnitud baja.



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE TRANSFORMADORES - GE T60

PROTECCION DIFERENCIAL (87T)

	TRANSFORMADORES 1A Y 1B	TRANSFORMADORES 2A Y 2B
Function:	Enabled	Enabled
Pickup:	0.180 pu	0.180 pu
Slope 1:	25%	25%
Break 1:	2.000 pu	2.000 pu
Break 2:	8.000 pu	8.000 pu
Slope 2:	75%	75%

Para los valores dados en pu multiplicar por 2000 para obtener los valores en amperios primarios.



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE TRANSFORMADORES - GE T60

PROTECCION DE SOBRECORRIENTE (51P)

- Los tiempos de operación son directamente proporcionales al TD ajustado.
- El tipo de curva ajustado para los relés de ambos generadores corresponde a la IAC.

$$T = TDM \times \left(A + \frac{B}{(I/I_{pkp}) - C} + \frac{D}{((I/I_{pkp}) - C)^2} + \frac{E}{((I/I_{pkp}) - C)^3} \right)$$

Forma de Curva	A	B	C	D	E
Extremadamente Inversa	0.0040	0.6379	0.6200	1.7872	0.2461
Muy Inversa	0.0900	0.7955	0.1000	-1.2885	7.9586
Moderadamente Inversa	0.2078	0.8630	0.8000	-0.4180	0.1947
Poco Inversa	0.0428	0.0609	0.6200	-0.0010	0.0221

AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE TRANSFORMADORES - GE T60

PROTECCION DE SOBRECORRIENTE TEMPORIZADA E INSTANTANEA DE FASE

	TRANSFORMADORES 1A Y 1B	TRANSFORMADORES 2A Y 2B
51		
Pickup:	0.900 pu	0.900 pu
Curve:	IAC Very Inv	IAC Very Inv
TD Multiplier:	5.00	5.00
Voltage Restraint:	Disabled	Disabled
50		
Pickup:	3.600 pu	3.600 pu
Delay:	0.40 s	0.40 s
Reset Delay:	0.00 s	0.00 s

Para los valores dados en pu multiplicar por 2000 para obtener los valores en amperios primarios.

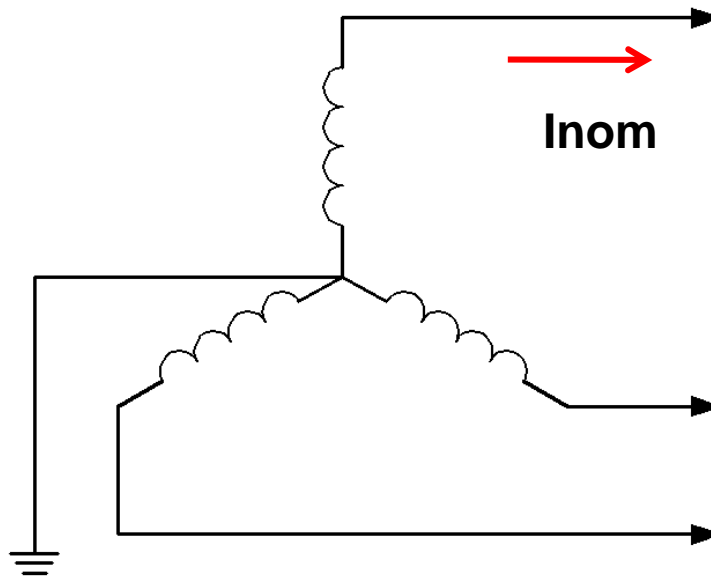


AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE TRANSFORMADORES - GE T60

PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE TEMPORIZADA DE TIERRA DE TRANSFORMADOR (51G)

- El valor censado en la entrada correspondiente al valor de la corriente del neutro es el desbalance de fases por la carga del transformador.



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE TRANSFORMADORES - GE T60

PROTECCIÓN SOBRECORRIENTE TEMPORIZADA DE TIERRA DE TRANSFORMADOR (51G)

	TRANSFORMADORES 1A Y 1B	TRANSFORMADORES 2A Y 2B
--	----------------------------	----------------------------

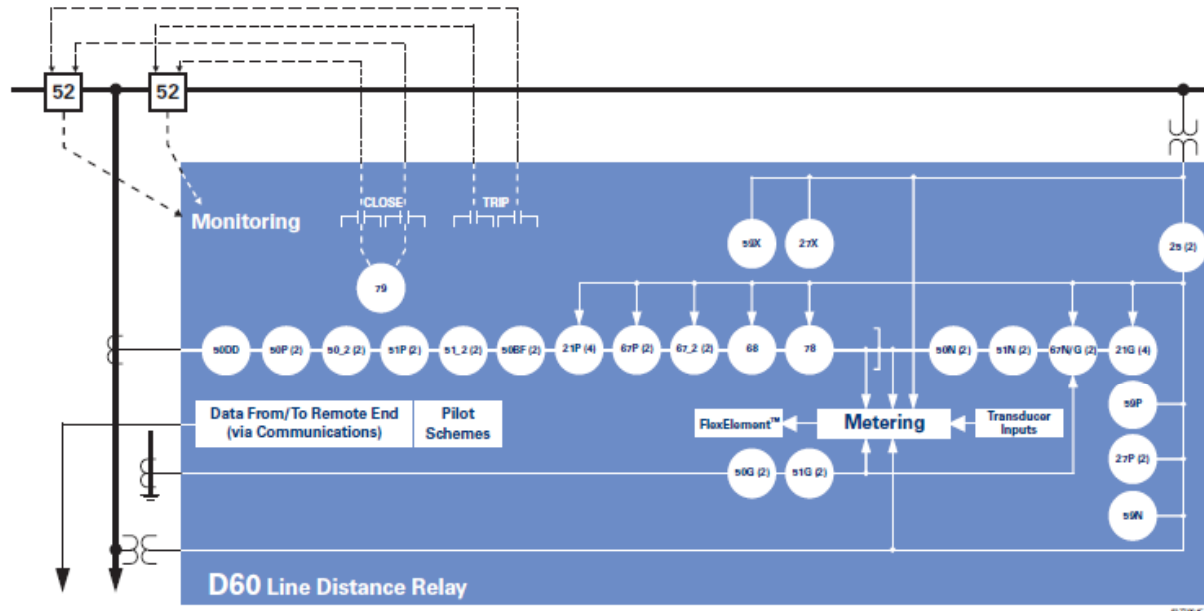
51G

Input:	RMS	RMS
Pickup:	0.600 pu	0.600 pu
Curve:	IAC Very Inv	IAC Very Inv
TD Multiplier:	6.00	6.00



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE LAS LINEAS DE SUBTRANSMISION - GE D60



- El D60 tiene habilitada la función de protección de impedancia para fallas entre fases.
- Los reles de cada linea han sido ajustados en cinco diferentes grupos de ajustes, los mismos que dependen de las configuraciones de la red 69kV de distribución.



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE LAS LINEAS DE SUBTRANSMISION - GE D60 LINEA DE SUBTRANSMISION PORTETE

GRUPOS DE AJUSTES

Grupo	Total Km. Línea	Desde	Hasta
1	6.42	S/E Tinajero	S/E Astillero
2	11.81	S/E Tinajero	S/E Riocentro Sur
3	10.91	S/E Tinajero	S/E Salitral AT Chambers
4	8.51	S/E Tinajero	S/E Salitral AS Sur
5	12.91	S/E Tinajero	S/E Salitral AS Garay

Grupo	Zona 1 ($t_{op} = 0ms$)		Zona 2 ($t_{op} = 300ms$)		Zona 3 ($t_{op} = 600ms$)	
	Magnitud [Ohm]	Angulo	Magnitud [Ohm]	Angulo	Magnitud [Ohm]	Angulo
1	0.86	72°	1.07	72°	1.94	82°
2	1.2	72°	1.5	72°	2.36	79°
3	3.57	71°	4.46	71°	6.66	77°
4	3.39	71°	4.24	71°	6.45	78°
5	3.52	72°	4.4	72°	6.62	78°



AJUSTES DE LAS PROTECCIONES

PROTECCION DE LAS LINEAS DE SUBTRANSMISION - GE D60 LINEA DE SUBTRANSMISION CHAMBER

GRUPOS DE AJUSTES

Grupo	Total Km. Línea	Desde	Hasta
1	6.42	S/E Tinajero	S/E Esmeraldas
2	11.81	S/E Tinajero	S/E Trinitaria
3	10.91	S/E Tinajero	S/E Pradera
4	8.51	S/E Tinajero	S/E Astillero
5	12.91	S/E Tinajero	S/E Garay2

Grupo	Zona 1 ($t_{op} = 0ms$)		Zona 2 ($t_{op} = 300ms$)		Zona 3 ($t_{op} = 600ms$)	
	Magnitud [Ohm]	Angulo	Magnitud [Ohm]	Angulo	Magnitud [Ohm]	Angulo
1	0.58	72°	0.73	72°	1.6	82°
2	1.07	72°	1.34	72°	2.2	79°
3	0.99	72°	1.24	72°	2.10	79°
4	0.77	72°	0.97	72°	1.83	81°
5	1.18	71°	1.48	71°	2.34	78°

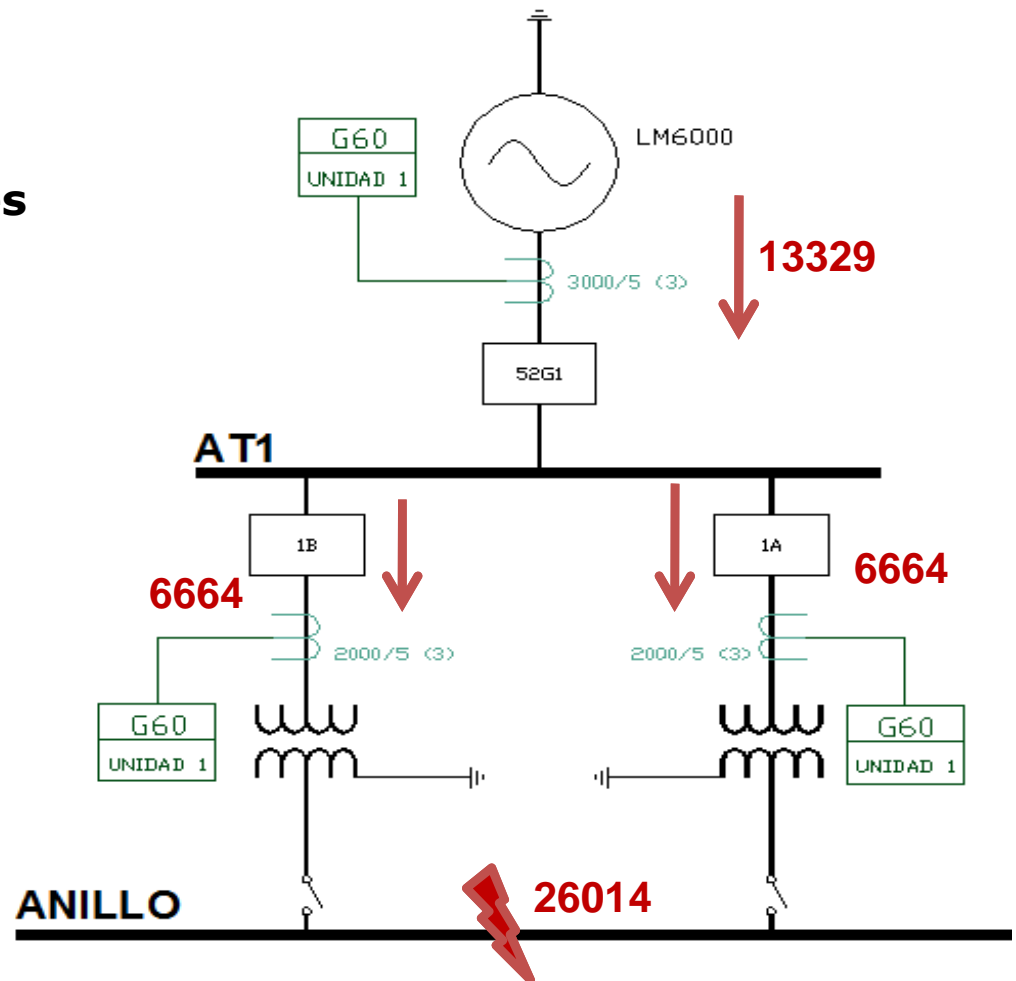


COORDINACION DE LAS PROTECCIONES

COORDINACION – PROTECCIONES DE LA BARRA 1

Corrientes vistas por los componentes

Componente	Corriente Max de Falla [A]
Generador 1	13328.76
Transformador 1A	6664.38
Transformador 1B	6664.38





COORDINACION DE LAS PROTECCIONES



Ante una falla externa a la central, tan solo deberá operar la unidad de distancia D60



La curva del relevador T60 guarda un intervalo de coordinación de 0.2 segundos por encima de la línea de operación de la unidad D60

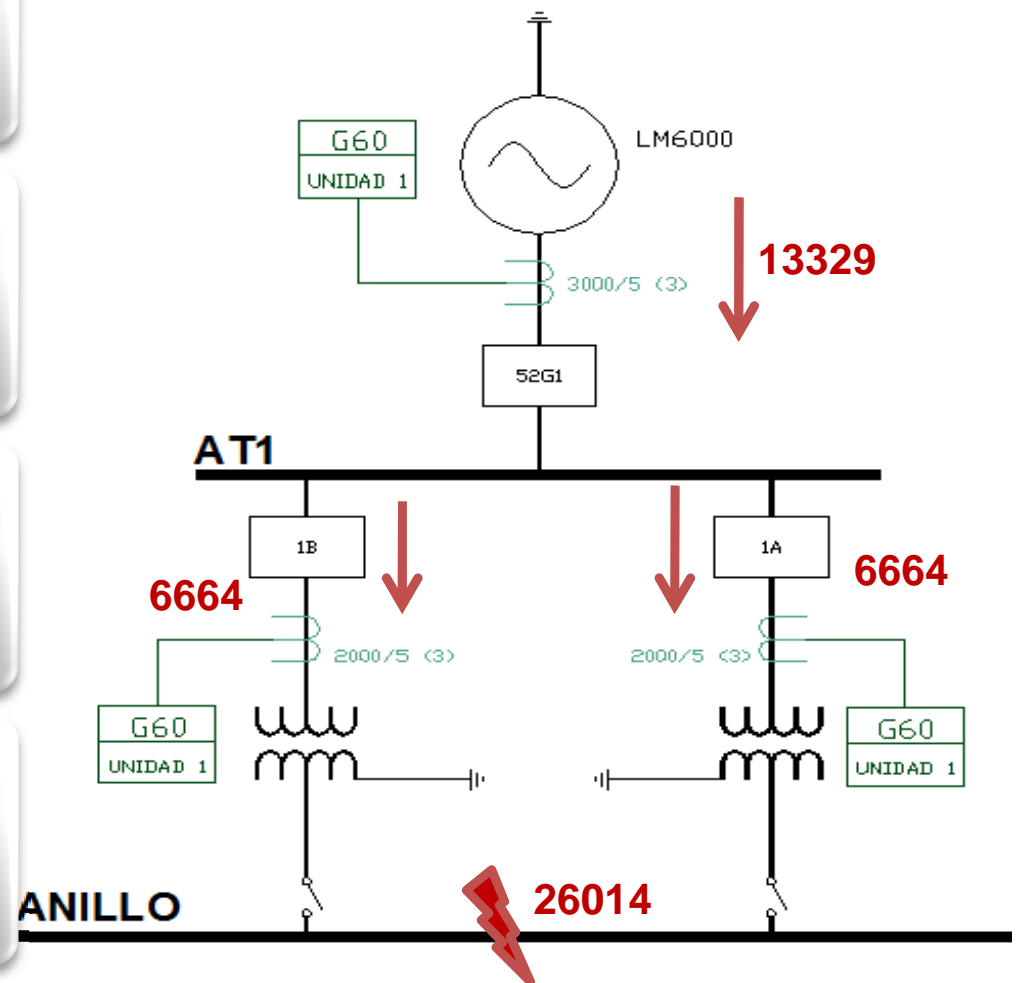


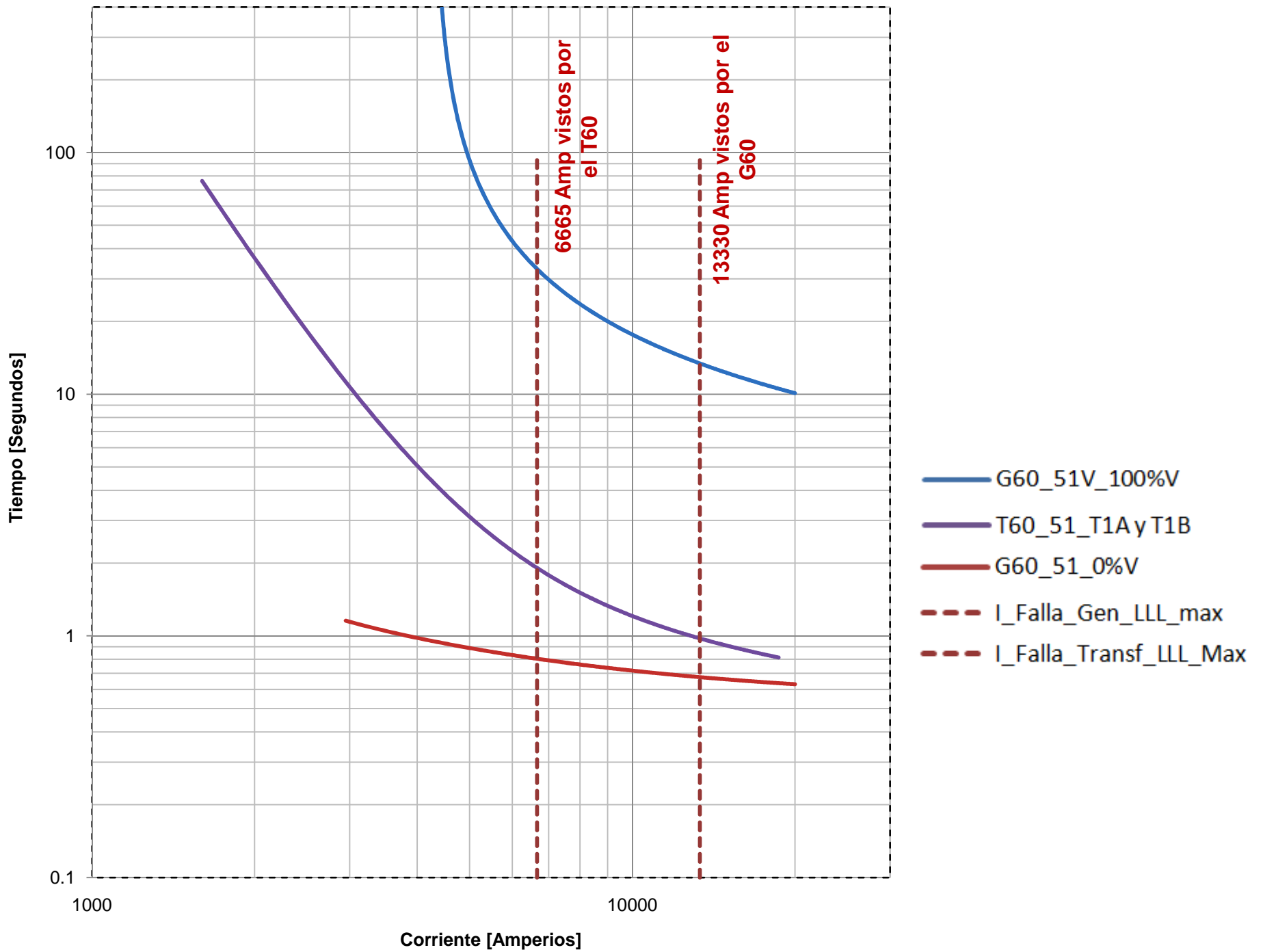
Por encima de la curva de operación del T60 deberá ubicarse la característica del G60



El ajuste de la característica de sobrecorriente para la restricción de voltaje 0% asegura la protección del generador para fallas cercanas al mismo.

CRITERIO DE COORDINACION





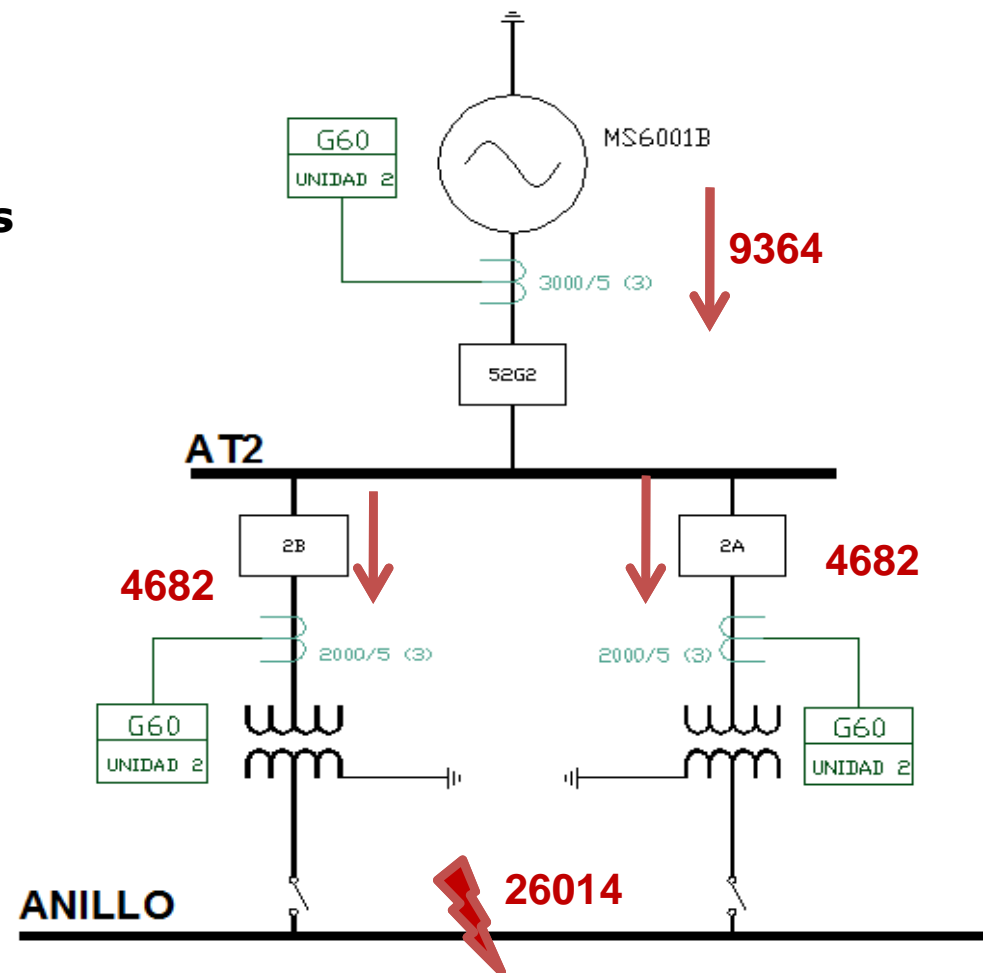


COORDINACION DE LAS PROTECCIONES

COORDINACION – PROTECCIONES DE LA BARRA 2

Corrientes vistas por los componentes

Componente	Corriente Max de Falla [A]
Generador 1	9364.23
Transformador 1A	4682.12
Transformador 1B	4682.12





COORDINACION DE LAS PROTECCIONES



Ante una falla externa a la central, tan solo deberá operar la unidad de distancia D60



La curva del relevador T60 guarda un intervalo de coordinación de 0.2 segundos por encima de la línea de operación de la unidad D60

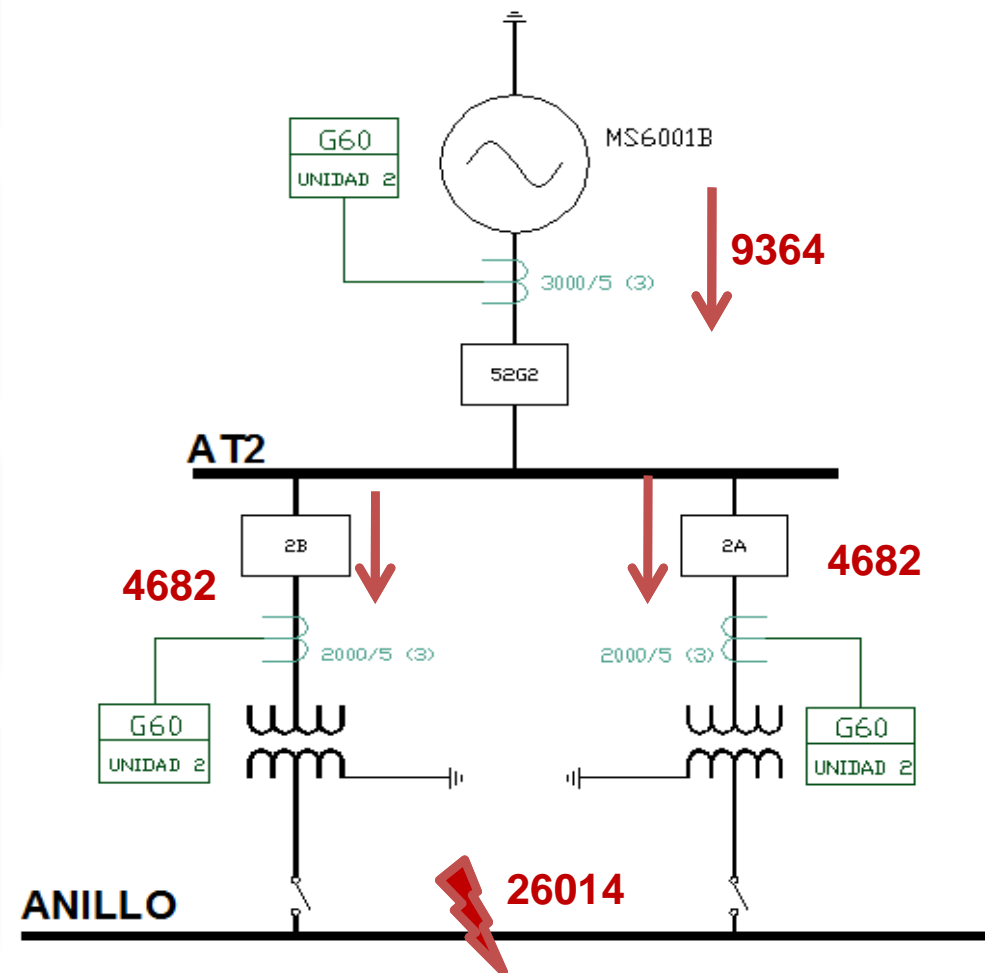


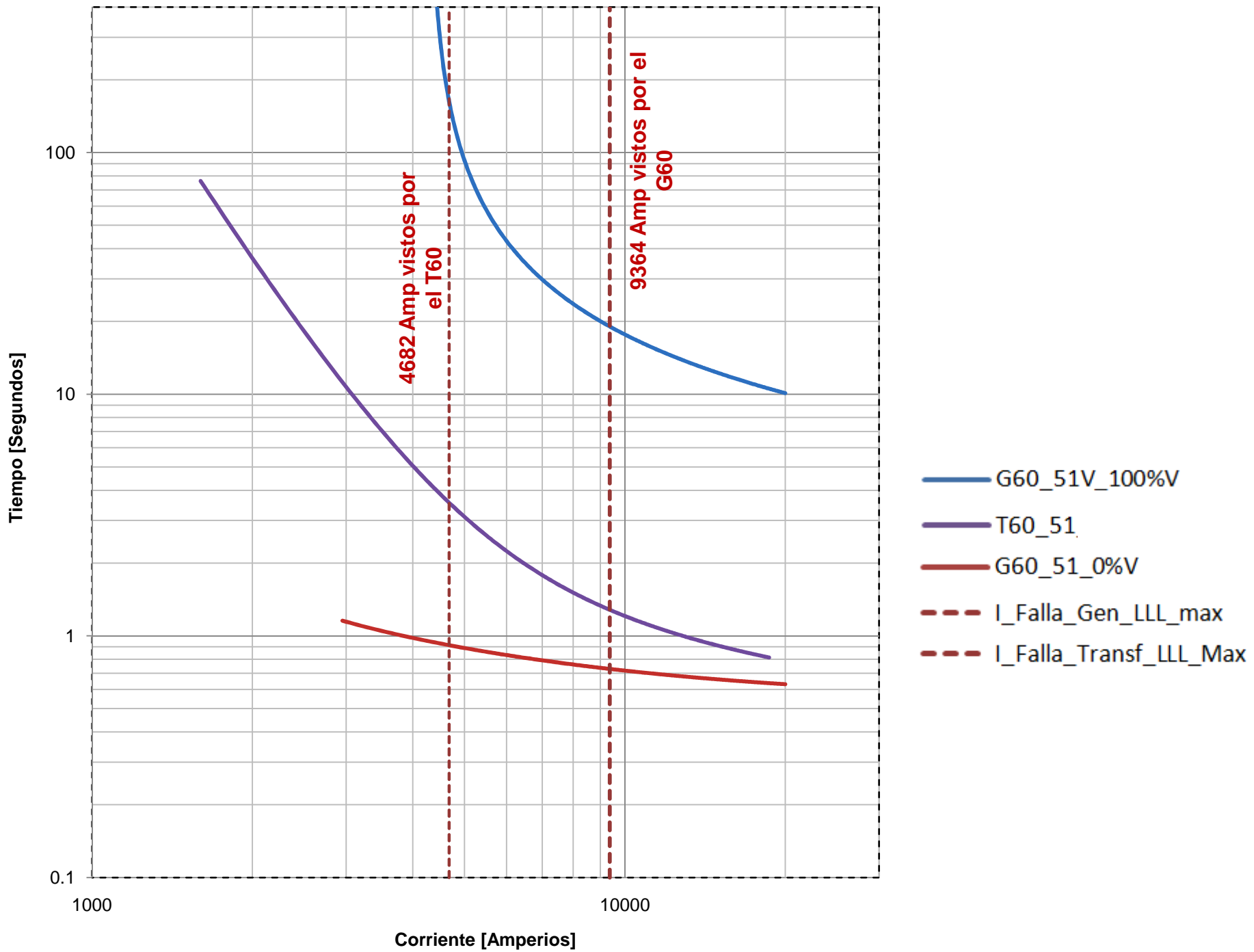
Por encima de la curva de operación del T60 deberá ubicarse la característica del G60



El ajuste de la característica de sobrecorriente para la restricción de voltaje 0% asegura la protección del generador para fallas cercanas al mismo.

CRITERIO DE COORDINACION







RESUMEN DE AJUSTES - PROTECCION DE SOBRECORRIENTE

	BARRA 1		BARRA 2	
	Relés T60	Relé G60	Relés T60	Relé G60
Voltaje de línea [KV]	13.8	13.8	13.8	13.8
Relación de CT	2000/5	3000/5	2000/5	3000/5
Corriente de ajuste [p.u]	0.9	1.6	0.9	1.3
I pu Amp. Primarios	1800	4800	1800	3900
Tipo de Curva	IAC VERY INV	IAC VERY INV	IAC VERY INV	IAC VERY INV
TD de selección	5	6	5	6
Punto de Coordinación	6664.38	13328.76	4682.12	9364.23



CONCLUSIONES

- La resistencia de puesta a tierra en el generador a través de un transformador de distribución, limita la corriente de falla de línea – tierra a un valor bajo de corriente de falla.
 - El generador es protegido contra esfuerzos mecánicos y daños internos.
- En caso de presentarse una corriente de falla, cuya magnitud tenga un valor pequeño como el que se espera para fallas de líneas a tierra, se espera que esta sea despejada oportunamente por la protección de sobrevoltaje de tierra (59G).



CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en los estudios de corto circuito, notamos que la capacidad de interrupción de los disyuntores apenas satisface las corrientes esperadas en las diferentes barras falladas.
- La modernización del sistema de protección de la Central Alvaro Tinajero, a través de la sustitución de los relés electromecánicos por relés de tipo numérico, permite un mejor desempeño en el despeje de fallas, además de ser más eficaz por los siguientes aspectos:
 - Confiabilidad
 - Velocidad
 - Selectividad
 - Simplicidad
 - Flexibilidad Operacional



RECOMENDACIONES

- Deberán verificarse que los interruptores satisfagan las capacidades de interrupción requeridas acorde con los cambios de las corrientes de corto circuito.
- Los ajustes son sensibles con los cambios en la topología del sistema; considerando que a futuro puede darse el crecimiento de la carga y un mayor número de ramificaciones de las líneas de subtransmisión Portete y Chamber, se necesitaran cambios en los ajustes de las protecciones para satisfacer la coordinación de protecciones.
- No todas las unidades de protección electromecánicas fueron reemplazadas, por lo que se recomienda continuar con la renovación de las unidades faltantes a relés de tipo digital, específicamente, los relés diferenciales de barra.