

## Estudios de los Ajustes de las Protecciones Aplicados a la Central Hidroeléctrica “Marcel Laniado de Wind”

Beltrán Ramos Luis Josué <sup>(1)</sup>, Yonfá Cantos Keyla Elizabeth <sup>(2)</sup>

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación <sup>(1)(2)</sup>

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

[ljbelta@espol.edu.ec](mailto:ljbelta@espol.edu.ec) <sup>(1)</sup>, [keyonfa@espol.edu.ec](mailto:keyonfa@espol.edu.ec) <sup>(2)</sup>

Saavedra Mera Juan <sup>(3)</sup>, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) <sup>(3)</sup>, Ingeniero en Electricidad especialización

Potencia <sup>(3)</sup>, [jsaavedra@hidronacion.org](mailto:jsaavedra@hidronacion.org) <sup>(3)</sup>

### Resumen

*Este proyecto está enfocado al estudio de los Equipos de Protección que se encuentran presentes en los sistemas de potencia de la Central Hidroeléctrica Daule Peripa. Para ello, fue necesario realizar estudios de Flujo de Carga y Cortocircuito; si bien es cierto, estos análisis permiten la determinación de los factores que se deben considerar al momento de realizar ajustes en las protecciones, pues hay que conocer contra que fallas, disturbios o anomalías se está protegiendo a un determinado equipo, como son en éste caso los generadores, transformadores y barras de la subestación que se encuentran en la central.*

*Sin embargo, el presente proyecto realiza de manera inicial una descripción detallada de los elementos e instalaciones propias de la Central Daule Peripa, con el propósito de dar a conocer el mecanismo que desencadena generar energía eléctrica a partir de una central Hidráulica.*

*Hemos considerado oportuno conocer lo descrito anteriormente, con el propósito de que cuando se presenten posibles avances sustanciales que beneficien a la central, adopten los mismos criterios de operación basados en éste estudio.*

**Palabras Claves:** Protecciones Eléctricas, Daule Peripa, Estudio de Flujo de Carga, Estudio de Cortocircuito.

### Abstract

*This paper is focused on the study of protective devices that are present in the power systems of the Daule Peripa hydroelectric plant. It was necessary to perform load flow studies and short circuit, if it is true, these analyzes allow the determination of the factors to consider when making settings in the protections, because we have to know from which faults, disturbances or anomalies are protecting certain equipment, such as generators, transformers and the substation buses in the plant.*

*However, we present of initial way a detailed description of the elements and facilities of the Daule Peripa hydroelectric plant, in order to show the mechanism that implies generate electricity from a hydroelectric plant.*

*We have considered appropriate knowing the previously described, in order that when there is some substantial advance to improve the plant, adopt the same operating criteria based on this study.*

**Keywords:** Electrical Protection, Daule Peripa, Load Flow Study, Short Circuit Study.

## 1. Introducción

La Central Hidroeléctrica Daule Peripa, ubicada en la Cuenca del Guayas, en la región centro occidental del país, es el componente eléctrico del Proyecto de uso Múltiple Daule Peripa, ahora llamado Jaime Roldós Aguilera, el cual además de producir electricidad cumple la finalidad de suplir agua turbinada a los usos consuntivos del proyecto múltiple:

- Agua para consumo humano de las poblaciones rivereñas del Río Daule, incluyendo la ciudad de Guayaquil.
- Agua para riego en la parte alta y en la cuenca baja del Daule.
- El trasvase a la península de Santa Elena y a la provincia de Manabí.
- Control de salinidad.
- Control de inundaciones.

La potencia instalada del proyecto Daule Peripa es de 213 [MW] con una producción de energía anual media de 600 [GWh], es una obra de carácter nacional, cuya energía producida en conjunto con otras centrales del país satisface al sector energético incluso en épocas de estiaje debido a su gran embalse y régimen hidrológico distinto para la cual fue llevada a cabo.

La magnitud de esta obra y la capacidad de ejecución y financiamiento del mismo, exigieron que su construcción incluyeran un sin número de revisiones tanto de planos como diseños estructurales para las obras civiles, mecánicas, eléctricas, instrumentación, control y sin dejar atrás el impacto hacia el medio ambiente.

El potencial de energía del Proyecto de Propósito Múltiple Jaime Roldós Aguilera, se origina en el salto bruto de 68,5 metros, disponible como resultado del llenado del embalse Daule-Peripa. El nivel máximo normal del embalse se encuentra en la cota 85,00 y la fluctuación normal, radica entre la cota 85,00 y la cota 70,00.

La construcción de ésta central conlleva al estudio de los distintos componentes eléctricos que la conforman, sin embargo, el desarrollo del presente trabajo, se encuentra directamente enfocado hacia el análisis de los distintos Equipos de Protección ubicados en las respectivas unidades de generación, a fin de resaltar los ajustes para los cuales fueron programados, con el objetivo de comprender el funcionamiento de operación ante la presencia de fallas.

No obstante, para llevar a cabo el propósito planteado en éste proyecto, es preciso el desarrollo de cuatro capítulos. Para el primer capítulo se tiene una

descripción de la Central Hidroeléctrica Daule Peripa, en donde se detalla funcionamientos y características de elementos e instalaciones específicos que giran en torno a la producción de la energía eléctrica.

Posterior a ello, en el capítulo dos, se muestra un estudio de Flujo de Carga con la finalidad de definir parámetros mediante ciertos criterios adoptados que garantizan la confiabilidad del sistema, entre ellos los límites de voltajes en las distintas barras, cargabilidad en los conductores, ajustes de TAP's de los transformadores entre otros, para de esta manera evaluar el funcionamiento y control de los sistemas de potencia.

Para el Estudio de Corto Circuito, se desarrolla un tercer capítulo por medio del cual, se examinan los casos críticos en que se puede manifestar una falla. Nos basaremos en éste análisis para obtener la información básica que requieren los ajustes de las protecciones eléctricas.

Finalmente, en el cuarto capítulo se definen los Equipos de Protección presentes en cada una de las unidades de generación de la Central Hidroeléctrica Daule Peripa, además se realizan los ajustes donde establecen los límites o umbrales de las características de operación para la detección de fallas; para efectos del presente proyecto, se ha realizado dentro de este capítulo una clasificación de las protecciones en base al elemento a ser protegido, con el propósito de identificar mejor sus diferencias y generar un mejor entendimiento.

## 2. Descripción de las Instalaciones

La central hidroeléctrica Daule Peripa posee una potencia instalada de 213 [MW], la misma que es suplida equitativamente a través de tres generadores síncronos trifásicos de 71 [MW] a un nivel de voltaje de 13.8 [KV]. Estos generadores convierten la energía mecánica proveniente de las turbinas tipo Francis de eje vertical a energía eléctrica.

### 2.1. Proceso de conversión a Energía Mecánica

La energía mecánica es producto del movimiento de rotación de la turbina, el caudal necesario para mover cada turbina es de  $132.5 \text{ [m}^3/\text{seg]}$ .

### 2.2. Proceso de conversión a Energía Eléctrica

Una vez obtenido el movimiento del generador a través del acople con la turbina, se produce un campo magnético mediante la aplicación conjunta de una

corriente continua en el rotor del generador, lo cual sumado a su movimiento rotativo provoca la inducción de una tensión en el estator o parte fija del generador, que hará circular una gran corriente alterna una vez que haya sido conectada al sistema.

El neutro del generador es puesto a tierra a través de un transformador de tipo de distribución con resistencia en su bobinado secundario, contenido en una celda metálica ubicada a la cota 20,60 pegado al recinto del generador

### 2.3. Entrega de la Energía Eléctrica

Siguiendo el diagrama unifilar de la Central Hidroeléctrica Daule Peripa, se tiene del lado de baja del generador la presencia del interruptor de máquina, el mismo que viene representado por la nomenclatura 52G1 para la unidad uno, 52G2 y 52G3 para la unidad dos y unidad tres respectivamente. Su funcionalidad radica en la puesta en línea del generador una vez que haya sido sincronizado.

La energía generada en 13,8 [KV] es elevada por medio del transformador principal a 138 [KV] en cada una de la unidades de generación; estos transformadores de 85 [MVA] son conectados en el lado de baja tensión en DELTA y en el lado de alta tensión en ESTRELLA ATERRIZADO representando su grupo conexiones por medio de Ynd1, debido a que el desfase entre los voltajes de línea a línea tanto en el lado de alta y baja tensión es de 30° eléctricos.

Entre otros elementos de interrupción, se tiene los Interruptores del lado de alta del transformador. Su representación está asignada mediante las nomenclaturas: 152G1, 152G2 y 152G3 provenientes de las unidades 1,2 y 3 respectivamente.

La Central entrega la energía eléctrica al Sistema Nacional mediante cinco líneas de transmisión que se dirigen dos a Quevedo, dos a Portoviejo y una a Chone.

La Subestación de Maniobra es del tipo Barra Doble a un voltaje de 138000 [V] de tipo convencional con aislamiento en aire, cuyas barras reciben los nombres de Barra I y Barra II, que se encuentran acopladas al sistema de generación por medio de un conjunto de seccionadores.

Cada barra puede operar independiente o acoplado por el bypass ubicado en uno de los extremos de la subestación tal y como se puede observar en el diagrama unifilar de la subestación mostrado a continuación:

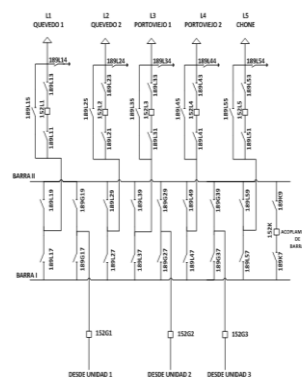


Figura 1. Diagrama Unifilar de la Subestación.

### 2.4. Sistemas de Servicios Auxiliares

Los sistemas de servicios auxiliares son esenciales para lograr el arranque, marcha y parada de las máquinas con altos niveles de confiabilidad, pues los equipos auxiliares son los que hacen posible el funcionamiento de los equipos principales. Estos sistemas la conforman los siguientes servicios:

- 2 transformadores 13,8/0,48[kV], de 2 [MVA].
- 2 transformadores 480/208-120[V], de 200 [kVA].
- 1 transformador 480/208-120 [V], de 100 [kVA].
- 1 tablero de Distribución Principal (PC) de 480 [V].
- 6 tableros de Centros de Control Motores (CCM) de 480 [V], instalados:
  - 3 CCM "Servicios de Unidad" (CCM1, CCM2 y CCM3).
  - 1 CCMS "Servicios 480 [V] de Subestación".
  - 1 CCMA "Servicios Auxiliares Generales 480 [V]".
  - 1 CCMD "Drenaje y Desagüe".
- 1 tablero de Distribución Iluminación Principal (T.I.) 208/120 [V].
- 1 grupo Generador Diesel de Emergencia, de 435 [kW].
- 1 tablero de Distribuidor del Grupo Diesel 480 [V].
- 1 tablero de 13.8 [kV] para la Línea de Emergencia Emelgur.

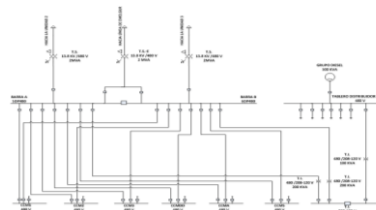


Figura 2. Diagrama Unifilar del Sistema de Servicios Auxiliares.

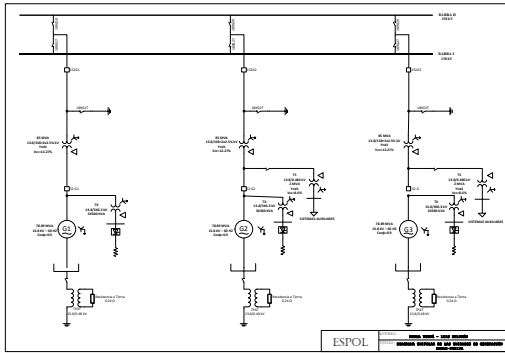


Figura 3. Diagrama Unifilar

### 3. Estudios de Flujo de Carga

En el presente proyecto se hace uso de la herramienta computacional POWERWORLD SIMULATOR. Este simulador permite realizar algunos análisis con resultados óptimos para un sistema eléctrico de potencia entre ellos flujos de carga.

#### 3.1. Criterios adoptados para el estudio

**3.1.1. Flexibilidad Operacional.** El sistema deberá funcionar con una, dos o tres unidades de generación dependiendo de los requerimientos del sistema y las restricciones propias de una Central Hidroeléctrica.

**3.1.2. Niveles de Confiabilidad.** El sistema debe proveer la continuidad del servicio y la alimentación al sistema nacional interconectado en forma prioritaria, ante la existencia de falla de un elemento del Sistema.

**3.1.3. Niveles de Sobrecarga.** No se aceptan sobrecarga en los elementos y 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.

**3.1.4. 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.

#### 3.2. Análisis de Casos

El estudio considera la operación de la central con las tres unidades de generación.

#### 3.3. Datos del Sistema

Se ingresaron los siguientes datos en el programa Powerworld:

- Datos de barras de carga.
- Datos de conductores.

- Datos de Transformadores de potencia.

### 3.4. Resultados de los Estudios de Flujo de Carga

La producción de potencia activa y reactiva del Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.) para el caso base es de 206 [MW] y 50 [MVAR] respectivamente.

Los voltajes de operación en las barras de generación 1DP13.8, 2DP13.8 y 3DP13.8 presentan un nivel de 1.0289 [p.u.], los cuales han sido regulados mediante la generación de reactivos. Esta regulación asegura que dichos valores se encuentren dentro de los rangos establecidos.

Las barras de carga 5DP480 y 6DP480 que salen de los transformadores auxiliares, poseen un voltaje de operación de 1.0174 [p.u.] y 1.0553 [p.u.] respectivamente. Para el caso de la barra 5DP480 fue posible su regulación por medio del TAP del transformador auxiliar en -2.5% ubicado en el lado de alto voltaje, pues por tratarse de una barra de carga no se la puede controlar por generación de reactivos. Por otro lado, la barra 6DP480 por condiciones de operación del sistema no presenta cargas conectadas, es decir se encuentra en vacío, razón por la cual el voltaje sobrepasa los límites de regulación.

El flujo de potencia a través de los transformadores de la central, no exceden su capacidad OA. Los transformadores principales están cargados al 85% de su capacidad OA, mientras que el transformador auxiliar de la unidad 2 utiliza el 82 % de límite de MVA.

Además, en los transformadores principales se tienen pérdidas de potencia reactiva del orden de 7 [MVAR], las cuales son consumidas por la reactancia propia del transformador.

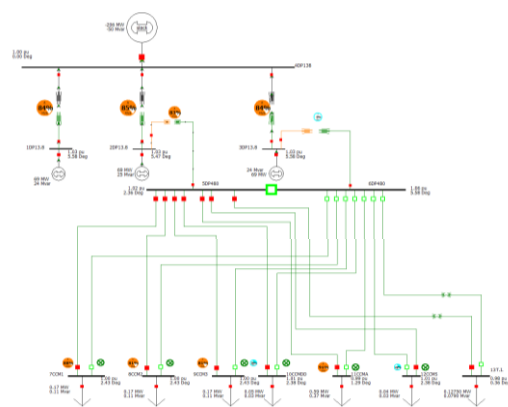


Figura 4. Resultado Gráfico del Flujo de Carga.

#### 4. Estudios de Corto Circuito

Los estudios de corto circuito son realizados en base a 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 determinan 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.

##### 4.1. Alcance de los Estudios de Corto Circuito

Considerando que el Sistema de generación de Daule Peripa 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 verificara que la corriente de falla a tierra no exceda la corriente trifásica.

##### 4.2. Datos del Sistema

El CENACE nos ha entregado los MVA de Corto Circuito y las Impedancias de Thevenin en la Barra de la subestación. La información ha sido trasladada a la base de 100 [MVA] y 138 [KV].

**Tabla 1.** Corrientes y MVA de Cortocircuito

Tipo de Falla	Corriente de Falla p.u.	Angulo	Corriente de Falla [A]	MVA de Corto Circuito
Trifásica	11,03	-90,00	4614,89	1103,065
Línea-Tierra	10,17	-90,00	4255,57	339,060

**Tabla 2.** Impedancias Equivalentes

Tipo de impedancia	Magnitud en p.u.	Angulo	R en Ohm	X en Ohm
Positiva	0,0994	80,09	3,27	18,716
Negativa	0,09549	80,23	3,086	17,922
Cero	0,12936	78,07	5,091	24,104

#### 4.3. Resultados de los Estudios de Corto Circuito

Las corrientes de cortocircuito han sido calculadas considerando los criterios técnicos indicados en la sección 3.1. La falla trifásica a tierra y línea a tierra se aplica a cada barra del sistema

**Tabla 3.** Corrientes de Falla Trifásica.

Falla Trifásica			
Barra No.	Corriente [p.u.]	Corriente [A]	Angulo [Grados]
1	7,350	30748,600	-82,85
2	7,359	30786,500	-82,87
3	7,350	30748,500	-82,85
4	15,551	6506,100	-83,60
5	0,238	28579,500	-84,38
6	0,237	28541,500	-84,37
7	0,083	9640,620	-42,68
8	0,083	9640,620	-42,68
9	0,083	9640,620	-42,68
10	0,083	9605,720	-42,84
11	0,113	13027,9	-71,37
12	0,083	9603,140	-42,85
13	0,02	5828,040	-61,13

**Tabla 4.** Corrientes de Falla Línea a Tierra.

Falla Línea a Tierra			
Barra No.	Corriente [p.u.]	Corriente [A]	Angulo [Grados]
1	6,981	29205,400	-83,25
2	6,987	29231,400	-83,29
3	6,981	29205,400	-83,25
4	11,474	4800,350	-80,72
5	0,237	28510,900	-85,49
6	0,240	28819,000	-84,38
7	0,063	7233,980	-40,43
8	0,06	6951,050	-38,09
9	0,06	6951,050	-38,09
10	0,061	6987,210	-38,23
11	0,087	10042,9	-70,30
12	0,061	6989,740	-38,24
13	0	0,085	-89,64



## 5.2. Resumen de los Ajustes de Protecciones

**Tabla 6.** Ajustes de Protecciones del Generador

	FUNCIÓN DE PROTECCIÓN	AJUSTES	
		Unidad	Valores
1	Generator differential 87G	g (xIn)	0,1
		v (xIn)	0,25
3	Underimpedance 21 - 1 etapa	z (Un/In)	0,065
		t1 (sec)	0,2
5	Underimpedance 21 - 2 etapa	z (Un/In)	0,28
		t1 (sec)	2
7	Losse of excitation 40 . 1 etapa	Xa (Un/In)	-1,14
		Xb (Un/In)	-0,14
		t1 (sec)	5
8	Losse of excitation 40 . 2 etapa	Integrating delay function	
		t (sec)	5
		treset (sec)	1
9	Overvoltage 59 - 1Etapa	U (xUn)	1,12
		t (sec)	5
10	Overvoltage 59 - 2Etapa	U (xUn)	1,2
		t (sec)	0,2
14	Reverse Power 32G	P (xPn)	-0,02
		t (sec)	5
		Pn=0,9*Un*In	
16	Breaker Failure	t (msec)	300
18	Overfrequency 81>	f> (Hz)	59
		t> (sec)	5
		Umin (xUn)	0,8
19	Underfrequency 81<	f< (Hz)	-19,6
		t< (sec)	-49,7
		Umin (xUn)	-79,8
20	Stator Hearth Fault 90% 1 Etapa	U (Un)	0,1
		t (sec)	0,6
21	Stator Hearth Fault 100% 2 Etapa	RFs (KΩ)	10
		t1 (sec)	10
		RFS (KΩ)	2
		t2 (sec)	1
22	Rotor Hearth Fault 1 Etapa	Rfr (KΩ)	5
		t1 (sec)	5
23	Rotor Hearth Fault 2 Etapa	Rfr (KΩ)	1
		t2 (sec)	1
24	Overflying 59/81 1Etapa	U/f (Un/fn)	1,1
		t (sec)	60

25	Overflying 59/81 2Etapa	U/f (Un/fn)	1,07
		treset (min)	60
		tmin (min)	0,2
		tmax (min)	60
26	Thermal Overcurrent 49 1Etapa	Ib (xIn)	1
		tconstante(min)	10
		Theta begin	100%
		Theta warn	105%
26	Thermal Overcurrent 49 2Etapa	Ib (xIn)	1
		tconstante(min)	8
		Theta begin	110%
27	Negative Phase Secuence 46 1Etapa	I2 (xIn)	0,08
		t (sec)	5
28	Negative Phase Secuence 46 1Etapa	k (sec)	30
		tmin (sec)	5
		tmax (sec)	1000
		treset (sec)	30
29	Neutral Overvoltage 64B	U (xUn)	0,1
		t (sec)	1
30	Shaft overcurrnt 64C	I	1,5
		t (sec)	3

**Tabla 7.** Ajustes de Protecciones del Transformador

	FUNCIÓN DE PROTECCIÓN	AJUSTES	
		Unidad	Valor
1	Transformer/Generator differential 87TG	g (xIn)	0,3
		v (xIn)	0,2
		b (xIn)	1,5
		Inst. (xIn)	9
		a1	1
		s1	Y
		a2	1
2	Sobrecorriente tiempo inverso 51TX	I> (xIn)	0,5
		tk (td)	0,3
3	Sobrecorriente instantaneo 50TX	I>> (xIn)	3
		t>>(sec)	0,05
4	Sobrecorriente tiempo inverso 51 TS	I> (xIn)	0,5
		tk (td)	0,3
5	Sobrecorriente instantaneo 50 TS	I>> (xIn)	3,34
		t>>(sec)	0,05
6	Synchrocheck 25M	dU (xUn)	0,03
		dΦ (deg)	5°
		df (mHz)	150
7	Restricted Earth fault	Iod (xIn)	5%

	Transf. diferencial 87TN	tk (td)	inst
--	-----------------------------	---------	------

**Tabla 8.** Ajustes de Protecciones de las Barras de la Subestación

	FUNCIÓN DE PROTECCIÓN	AJUSTES	
		Unidad	Valor
1	Protección diferencial de Barras	S	0.8
		Id1	0.88 A
		RdT	165

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

Después de haber realizado todos los estudios del sistema de la Central Hidroeléctrica Daule-Peripa se concluye lo siguiente:

Al realizar el flujo de carga del sistema eléctrico de la central, fue necesario realizar una regulación de voltaje por medio de la compensación de reactivos en la barras de generación, ajustando el voltaje terminal de los generadores a 1.0289 [p.u.]; para las barras de carga 5DP480 y 6DP480 y las barras de los centros de control de motores se obtuvo la regulación de voltaje por medio del ajuste de los tap's de los transformadores auxiliares pertenecientes a las unidades dos y tres de la central.

En el estudio de cortocircuito aplicado a todo el sistema, se producen efectos de sobrecorrientes transitorias siendo más evidentes en los transformadores y conductores próximos al sitio de la falla, es decir se presentan cambios en las condiciones de operación del sistema tales como depresiones de voltaje y sobrecargas de los equipos eléctricos. Las magnitudes de corriente de falla dependen de la generación del sistema, tipo de cortocircuito y de la localización del cortocircuito.

Para los ajustes de las diferentes funciones de protección fue de vital importancia realizar un estudio de las características eléctricas y constructivas de los equipos eléctricos mediante el uso de normas estándares. Algunas de las funciones ajustadas son en base a valores típicos proporcionados por el fabricante del relé multifuncional.

Los valores ajustados en cada una de las funciones de protección de los relés multifuncionales fueron debidamente justificados, sin embargo se puede mencionar la siguiente recomendación:

Los interruptores termomagnéticos en los centros de control de motores deben poseer un sistema de respaldo aguas arriba mediante la función de

sobrecorriente de tiempo inverso. Además, esta función puede ser usada para protección de sobrecorrientes en el secundario del transformador auxiliar.

## 7. Referencias

- [1] IEEE, IEEE Std 141 *Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants*, 1993
- [2] IEEE, IEEE Std 242 *Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems*, 1996.
- [3] IEEE, IEEE Std C37.010 *Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis*, 1979.
- [4] IEEE, IEEE Std C37.5 *Guide for Calculation of Fault Currents for Application of AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Total Current Basis*, 1979.
- [5] ANSI/IEEE, ANSI C37.06 *American National Standard AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis- Preferred Ratings and Related Required Capabilities*, 2000.
- [6] ANSI, ANSI C50.12 *Requirements for Salient Pole Synchronous Generators and Generator/Motors for Hydraulic Turbine Applications*, 1982.
- [7] ANSI, ANSI C50.13 *Requirements for Cylindrical Rotor Synchronous Generators*, 1989.
- [8] IEEE/ANSI, ANSI/IEEE C37.102 *Guide for AC Generator Protection*, 1995.
- [9] IEEE/ANSI, ANSI/IEEE C37.91 *Guide for Protective Relay Applications to Power Transformers*, 1985.
- [10] IEEE, Tutorial IEEE de Protección de Generadores Síncronos.
- [11] Garcia Garcia, Alvaro, Proyecto de Fin de Carrera Sistema de Protecciones, Septiembre 2007.
- [12] ABB, Protección Numérica del Generador REG316\*4, 2002.
- [13] ABB, Protección Numérica del Transformador RET316\*4, 2002.
- [14] Guerrero, Xavier, Mielles, Joffre, Zhunio, Cecilia. Tesis Estudio del los Componentes del Sistema de Protecciones de la Central Hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind, ESPOL, 2002.
- [15] Torres, Orlys, Protección de Generadores Eléctricos, 2010.
- [16] Mason, C. Russel, *The Art & Science of Protective Relaying*.
- [17] Blackburn, J. Lewis, *Protective Relaying Principles and Applications*, 2006.