

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**“PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO A  
INTERRUPTORES DTB 245 KV  
SET POMACOCHA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

CONDORI AGUIRRE, LUZ YAMILY

**Villa El Salvador  
2015**

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres, por ser la inspiración de cada día, por el apoyo constante para lograr mis metas.

## **Agradecimiento**

En primer lugar agradezco a Dios por sus bendiciones de cada día, a mis padres por el esfuerzo de tantos años, a mis compañeros de trabajo de ABB que me apoyaron en esta etapa y agradezco a mi alma mater UNTELS por sus profesores, por las enseñanzas, gracias a todos ellos me encuentro presente en este día.

## Índice

### **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1.	Descripción de la Realidad Problemática.....	01
1.2.	Justificación del Problema.....	02
1.3.	Delimitación del Proyecto.....	02
1.4.	Formulación del Problemas.....	03
1.5.	Objetivos.....	03
1.5.1.	Objetivo General.....	03
1.5.2.	Objetivos Específicos.....	04

### **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1	Antecedentes de la Investigación.....	05
2.2	Bases Teóricas.....	07
2.2.1	Interruptores.....	07
2.2.2	Clasificación Interruptores.....	09
2.2.3	Llenado de Gas.....	18
2.2.4	Construcción y diseño compacto.....	21
2.2.5	Diseño sin mantenimiento.....	23
2.2.6	Características generales de los equipos de patio.....	23
2.2.7	Funcionamiento.....	26
2.2.8	Mecanismo de accionamiento por resorte.....	27
2.2.9	Mecanismo de funcionamiento hidromecánico para interruptores.....	30
2.2.10	Pruebas DRM.....	32
2.3	Marco Conceptual.....	35

### **CAPÍTULO III: PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO A INTERRUPTORES DTB**

3.1	Análisis de Protocolos de Mantenimiento Eléctrico.....	39
3.1.1	Actividades previas.....	43
3.1.2	Recursos.....	44
3.1.3	Pruebas Eléctricas a Interruptores 220KV.....	45
3.1.4	Detección de pérdidas de gas SF6.....	46

3.1.5	Requerimiento de Calidad.....	46
3.2	Construcción de Protocolos de Mantenimiento Eléctrico .....	47
3.2.1	Mantenimiento Preventivo del Patio 220kV SE Pomacocha – Bahía Línea.....	48
3.2.2	Medición de Resistencia de Aislamiento.....	48
3.2.3	Medición de Resistencia de contactos.....	50
3.2.4	Medición de tiempos de cierre y Desplazamiento.....	51
3.2.5	Trabajos Realizados.....	56
3.2.6	Normas Aplicadas.....	58
3.3	Revisión y consolidado de resultados.....	60
3.3.1	Protocolos de Pruebas de Resistencia de contactos Fase R.....	60
3.3.2	Protocolos de Prueba de Resistencia de contactos Fase S.....	61
3.3.3	Protocolos de Prueba de Resistencia de contactos Fase T.....	62
3.3.4	Protocolos de Prueba de Tiempo de Cierre Equipo TM1800.....	64
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>74</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>77</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>

## Listado de Figuras

- FIGURA 01. Interruptor.....	21
- FIGURA 02. Designación de un Interruptor .....	22
- FIGURA 03. DTB-Tipos PM/I.PMG/I,PMR/I,PME,PM,PA .....	23
- FIGURA 04. Componentes principales del Interruptor .....	25
- FIGURA 05. Componentes de Interruptor LTB .....	27
- FIGURA 06. Partes principales del aislador compuesto (1) Brida de metal (2) Tuno de resina (3) Revestimiento (4) Aleta de caucho.....	28
- FIGURA 07. Partes principales de los componentes de llenado de gas .....	31
- FIGURA 08. Partes del Interruptor .....	33
- FIGURA 09. Polo de un Interruptor .....	34
- FIGURA 10. Cámara de interrupción de doble movimiento.....	37
- FIGURA 11. Funcionamiento de un interruptor .....	38
- FIGURA 12. Posición cerrado resorte de cierre con carga.....	39
- FIGURA 13. Posición abierto resorte de cierre con carga.....	39
- FIGURA 14. Posición cerrada, resorte de cierre sin carga.....	40
- FIGURA 15. (a) Sin carga, estado abierto (b) Con carga estado abierto (c) Con carga, estado cerrado.....	41
- FIGURA 16. Pruebas DRM.....	44
- FIGURA 17. Disminución de la vida útil de las partes eléctricas del interruptor.....	44
- FIGURA 18. Análisis de resultados.....	45
- FIGURA 19. Principio de cierre sincronizado.....	61
- FIGURA 20. Evaluación de operaciones de cierre sincronizado...	61
- FIGURA 21. Desmontaje de las placas indicadoras y tapas.....	63
- FIGURA 22. Conexión del transductor.....	63
- FIGURA 23. Conexión del transductor.....	64

## Listado de Tablas

- <b>Tabla 01</b> Componentes principales del Interruptor.....	25
- <b>Tabla 02</b> Familia de Interruptores TIPO LTB .....	25
- <b>Tabla 03</b> Presión de llenado .....	31
- <b>Tabla 04</b> Descripción del INT 211.....	51
- <b>Tabla 05</b> Descripción del INT 212.....	51
- <b>Tabla 06</b> Ficha Técnica de los equipos de la subestación.....	52
- <b>Tabla 07</b> Ficha Técnica del equipo de medición.....	59
- <b>Tabla 08</b> Ficha Técnica del equipo de medición.....	60
- <b>Tabla 09</b> Ficha Técnica de equipos de medición.....	65

## **RESUMEN**

Este proyecto contiene, la metodología necesaria, para la elaboración y puesta en marcha de un programa de mantenimiento en la SUBESTACION DE POMACOCKA, haciendo énfasis en la descripción de las diferentes partes que componen una subestación, pruebas, mediciones y ensayos establecidos por normas eléctricas, para la protección del sistema y mejorar la vida útil de los equipos.

Este material, demostrará la importancia de los protocolos de pruebas del mantenimiento eléctrico, ver al mantenimiento como una herramienta primordial, buscando un máximo nivel de eficiencia en el sistema productivo y de servicios, disminuyendo el tiempo perdido en reparaciones no previstas, ocasionando la menor contaminación del medio ambiente, produciendo el menor costo posible y teniendo como premisa las normas de seguridad en todo momento.

La importancia económica que representa este tipo de edificación, los servicios que prestan sus diferentes ocupantes, necesariamente hace que el sistema eléctrico presente un alto nivel de confiabilidad y seguridad, esto se logra con un completo conjunto de procedimientos y normas establecidas que aplicadas de forma eficiente por personal calificado, garanticen el servicio eléctrico y minimicen las salidas innecesarias y la disminución en los costos en reparaciones o reposición de equipos.

## **INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto fue realizado para la Minera Chinalco en la subestación de Pomacocha, se realizó el mantenimiento y pruebas eléctricas de los interruptores DTB de 245 KV, a ello se coordinó las habilitaciones de ingreso a sitio para el desarrollo de las actividades.

El área de Sistema de Potencia de POMACOCHA POWER es la encargada del mantenimiento y operación de las instalaciones de alta tensión, las cuales comprenden: equipos de patio de llaves 220Kv.

El equipamiento descrito en el presente proyecto requiere de actividades especializadas para mantener su confiabilidad en el tiempo, estas actividades fueron a requerimiento de Pomacocha Power y están descritas en el presente alcance para establecer el desarrollo de las actividades en campo.

Se ha desarrollado pruebas eléctricas a los interruptores descritos una por una en el presente proyecto, se añadió las pruebas DRM para medir los desgastes de los contactos del interruptor de tanque muerto de la subestación.

La aparición de nuevas tecnologías en la actualidad, han dado origen modelos de equipos que brindan elevados índices de calidad y nuevas prestaciones a los clientes. Entre estos nuevos modelos se tiene al equipo TM 1800, la cual es un equipo que verifica y da la trazabilidad de los resultados obtenidos a pruebas DRM a equipos de tanque muerto.

Las pruebas DRM consiste en verificar el desgaste del contacto del interruptor a raíz de los resultados obtenidos y validados por fabrica se obtiene las conclusiones del caso. Actualmente las plataformas de operación y mantenimiento centralizado de las subestaciones a nivel nacional están basadas en pruebas convencionales y no específicas a diferentes tipos de equipos. Estas pruebas generan altos costos, operación y mantenimiento para la administración.

El presente trabajo tiene como objetivo aplicar las pruebas específicas a interruptores de tanque muerto y obtener los valores correctos para el análisis adecuado.

Al obtener los protocolos de pruebas eléctricas se desarrolla un comparativo con los parámetros de fábrica, de esta forma desarrollar el análisis del equipo intervenido de la subestación, las conclusiones del presente proyecto demostrara los resultados y acciones a tomar en la subestación Pomacocha.

En la Primera Parte se hace un breve marco teórico sobre los equipos de tanque muerto y la comparación con los equipos de tanque vivo, que son los equipos a estudio en esta tesis, también se presenta como está estructurada e implementada en el Perú, luego se explica en detalle cómo están conformadas y cuál es la función dentro de los sistemas eléctricos y la de Operación y Mantenimiento Centralizado.

Con todo lo expuesto anteriormente se demostrará la conveniencia de la implementación de las pruebas eléctricas a los equipos del modelo DTB en la subestación de Pomacocha.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### 1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Actualmente se hacen pruebas eléctricas a los interruptores sin estar de acorde al procedimiento adecuado dentro de los parámetros de seguridad y calidad, a ello se necesita tener conocimiento de los protocolos emitidos de las pruebas realizadas a los equipos.

Los parámetros de resultados de las pruebas son estrictamente confidenciales por parte de fábrica, hablando sólo de pruebas DRM, solo ellos pueden hacer la verificación de los resultados e indicar las conclusiones de las pruebas al equipo, a ello se suma los costos de los equipos de prueba (DRM).

El mal manejo de los equipos de prueba para interruptores de tanque muerto, personal técnico capacitado que siga los parámetros de fábrica, a ello se requiere la certificación del personal, solo así los resultados obtenidos son analizados.

## 1.2. Justificación del Problema

Al realizar las pruebas eléctricas a los equipos de la subestación, obtenemos en los protocolos el estado actual de ellos, de esta manera analizamos los resultados para prevenir cualquier incidente futuro, en muchos casos las conclusiones de los informes solicita el cambio de algún repuesto del equipo, mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo genera un ahorro considerable visto en proyecciones futuras.

## 1.3. Delimitación del Proyecto

Los datos de parámetros para el comparativo con los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en el patio de llaves son confidenciales por parte del fabricante del equipo.

## 1.4. Formulación del Problema

### Problema Principal

¿Cuáles son las pruebas electricas realizadas a los equipos de tanque muerto?

¿Cuál es el procedimiento a realizar en el patio de llaves?

¿Cómo se interpreta los protocolos de prueba?

¿Es necesario hacer el mantenimiento completo al patio de llaves, antes de iniciar las pruebas electricas?

¿Qué equipos se utiliza para realizar las pruebas electricas a los interruptores de tanque muerto?

### Problemas secundarios

¿Cuáles son las condiciones de seguridad para desarrollar el servicio en la subestación?

¿Cuáles son las condiciones para el desarrollo de trabajo en campo?

¿Cuál es el nivel técnico del personal para realizar las pruebas eléctricas a éste tipo de interruptores?

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo General

Realizar el mantenimiento y pruebas eléctricas a los interruptores de la subestación de Pomacocha, para hacer el diagnóstico del equipo de acuerdo a los protocolos generados.

#### 1.5.2. Objetivos Específicos

Aplicación de pruebas DRM a equipos tanque muerto y verificación de resultados.

Identificar los posibles resultados de análisis con equipos TM-1800 a interruptores de tanque muerto.

Analizar los resultados de los protocolos emitidos por las pruebas eléctricas.

Identificar los diferentes problemas en el desarrollo del servicio de pruebas.

Identificar el plan de mantenimiento correctivo.

Verificar la conformidad del cliente, a quien se realizó el servicio de mantenimiento de pruebas eléctricas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

La presente tesis es desarrollada por Andres De Jesus Hernandez Plata, del Instituto Politécnico Nacional, el tema que sustenta es: “Maniobras para liberar en subestaciones de Distribución (230/23Kv)”

Esta tesis nos muestra las diferentes formas de liberar cada equipo, la confiabilidad de poder seguir el servicio continuo y en otros suspender el servicio al usuario. También vemos la función y características que tiene cada uno de los equipos que integran la subestación y al mismo tiempo contemplar en la práctica su función y conocer sus características.

La presente tesis es desarrollada por Wilfredo Alban Martinez y German Alfonso Pantoja Puerta, en la universidad Autónoma de

Occidente Facultad de Ingeniería Eléctrica Santiago de Cali, 2011, el tema sustentado es el siguiente: “Programa de mantenimiento para la Subestacion de la torre de Cali”.

Este proyecto contiene en detalle, la metodología necesaria, para la elaboración y puesta en marcha de un programa de mantenimiento en la SUBESTACION DE LA TORRE DE CALI, haciendo énfasis en la descripción de las diferentes partes que componen una subestación, pruebas, mediciones y ensayos establecidos por normas eléctricas, para la protección del sistema y mejorar la vida útil de los equipos. Este material, demuestra la importancia del mantenimiento eléctrico en las subestaciones.

La presente tesis fue desarrollada por Alvarado Lopez Carlos, Menchaca Garcia Edgar y Rojas Lara Alfredo, en la Universidad Nacional Autónoma de México el tema a sustentar es: “Manual de mantenimiento de subestaciones de distribución”

El mantenimiento sin duda tiene una importancia intrínseca, debido a ello y al constante crecimiento de las instalaciones eléctricas y en caso particular las subestaciones del Campus Universitario U.N.A.M, surge la necesidad no sólo de la construcción o reacondicionamiento de estas instalaciones, sino además de un mantenimiento adecuado, es lo que nos sustenta la tesis en mención.

## 2.2. Bases Teóricas

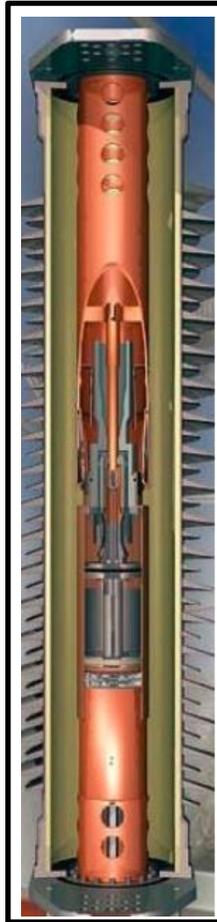
Durante más de un siglo, las compañías eléctricas de todo el mundo han confiado en los productos y los servicios brindados por diversas compañías locales o extranjeras para aumentar la fiabilidad de los sistemas de potencia y mejorar la solidez de la red y su capacidad de respuesta. La tecnología ha hecho posible la mejora en los productos y por tanto implica el uso de más tecnología para estar a la par en desgastes y averías de producto.

### 2.2.1. Interruptores

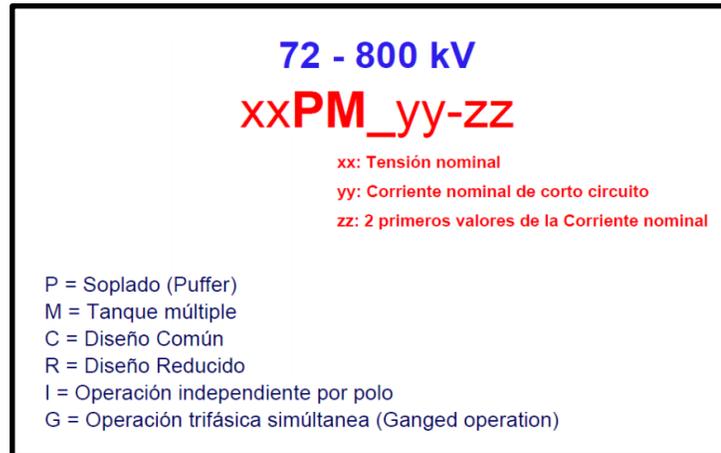
**Definición NEMA:** Un interruptor se define en los estándares NEMA como un dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito por medios no automáticos y para abrir el circuito automáticamente en una sobrecarga de corriente predeterminada sin sufrir daño, cuando se aplica dentro de sus valores de operación o especificaciones.

**Definición ANSI:** Un interruptor se define en los estándares ANSI como un dispositivo de conmutación mecánico que puede cerrar un circuito eléctrico,

llevar la corriente e interrumpir corrientes eléctricas en condiciones normales de circuito. Puede también cerrar un circuito y sostener la corriente durante un tiempo especificado e interrumpir corrientes en condiciones anormales de circuito especificadas como es el caso de un cortocircuito



**FIGURA 01.** Interruptor



**FIGURA 02.** Designación de un Interruptor

### 2.2.2. Clasificación Interruptores

**Interruptores de tanque muerto:** Tienen el tanque que confina el medio en el cual se interrumpe el arco conectado a tierra. Se conectan al exterior mediante bujes, lo cual permite instalar sobre estos los transformadores de corriente. Interruptores de tanque vivo: El medio en el cual se extingue el arco se encuentra sometido a alta tensión. Tienen la ventaja de ocupar menos espacio y ser más económicos.



**FIGURA 03.** DTB-Tipos PM/I,PMG/I,PMR/I,PME,PM,PA

El interruptor es un elemento de conexión o desconexión de circuitos eléctricos. Su función la cumple en dos niveles diferentes:

**Maniobra:** Es la conexión o desconexión de circuitos con un flujo de corriente que no es muy superior a la corriente nominal del circuito.

**Protección:** Es la desconexión de circuito que se encuentran bajo condiciones de falla, generalmente se interrumpe una corriente muy superior a la corriente nominal del circuito.

Los mecanismos de operación pueden ser:

Neumáticos: Almacenan la energía para la operación en forma de aire comprimido, por lo cual se requiere de la utilización de compresores.

Hidráulicos: Almacenan la energía para la operación en forma de aceite a presión, por lo cual se requiere de la utilización de bombas.

Resortes: Almacenan la energía para la operación en resortes, por lo cual se requiere de la utilización de motores para la carga de dichos resortes.

Los medios utilizados para la extinción del arco que se forma en la cámara de extinción, debido a la apertura o cierre con corriente de carga o de falla, pueden ser:

Aceite Aire comprimido SF6 Vacío (media tensión)

Los tiempos de operación de los interruptores pueden ser de alrededor de 40 o 50 ms.

Las secuencias de maniobra normalmente son: O – 0,3 seg – CO – 3 min – CO (OCO) .Lo anterior significa que un interruptor puede abrir el circuito, re cerrar a los 0,3 s y en caso de cierre en falla debe esperar 3 minutos para intentar de nuevo la maniobra de cierra.

## **Interruptores de tanque vivo**

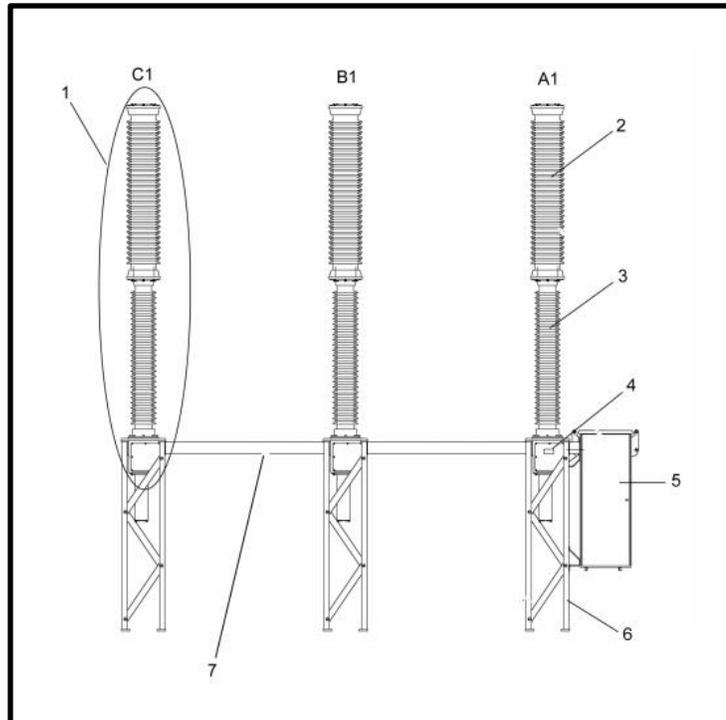
Los equipos de tanque vivo su mayor representación es el LTB.

Cada polo del interruptor de circuito consta de tres componentes principales:

- Un mecanismo
- Un aislador de columna hueco con barra de tracción aislante.
- Una unidad del interruptor que consta de un aislador de la cámara del interruptor con bridas asistentes y placas del adaptador. El interior de la unidad del interruptor consta de una ruta de corriente superior e inferior fija con un sistema de contactos integrado y una unidad puffer móvil.

Los polos del interruptor de circuito están adaptados a soportes de columnas independientes. El soporte está galvanizado por inmersión en caliente y consta de dos mitades soldadas que están interconectadas mediante soportes diagonales con pernos.

Los polos del interruptor de circuito están enlazados mediante barras de tracción selladas en tubos protectores.



**FIGURA 04.** Componentes principales del Interruptor

**TABLA 01**  
Componentes principales del Interruptor

Elemento	Pieza	Peso, kg
1	Polo del interruptor de circuito	Consulte la referencia impresa de dimensiones para el pedido aplicable.
2	Unidad del interruptor	Consulte la referencia impresa de dimensiones para el pedido aplicable.
3	Aislador de columna	Consulte la referencia impresa de dimensiones para el pedido aplicable.
4	Mecanismo	Consulte la referencia impresa de dimensiones para el pedido aplicable.
5	Mecanismo de operación	465 kg
6	Soporte	86-200 kg
7	Tubo protector	Consulte la referencia impresa de dimensiones para el pedido aplicable.

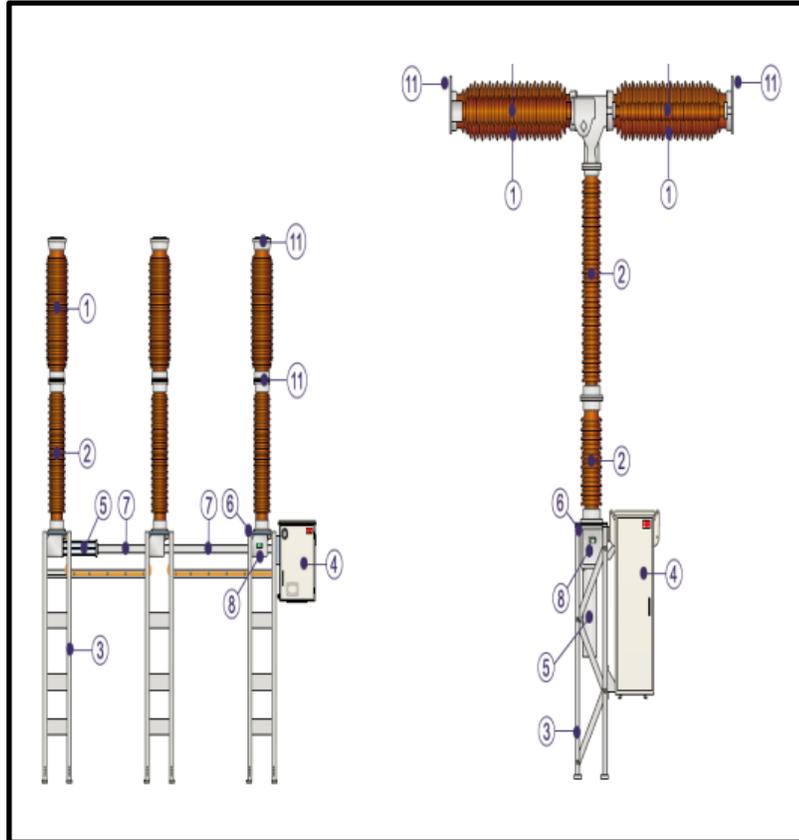
**TABLA 02**  
**Familia de Interruptores TIPO LTB**

Interruptores tipo LTB	Mecanismo de operación			
	BLK	BLG	FSA1	MD
LTB D 72,5 - 170 kV operación tripolar	X		X (máx 145 kV)	X
LTB D 72,5 - 170 kV operación monopolar	X		X	X
LTB E 72,5 - 245 kV operación tripolar		X		
LTB E 72,5 - 245 kV operación monopolar	X			
LTB E 420 - 800 kV operación monopolar		X		

#### Partes del interruptor LTB

Los Interruptores de tanque vivo consisten en cuatro componentes principales:

- Una o más unidades de ruptura (interruptores).
- Soporte aislante.
- Uno o más mecanismos de funcionamiento.
- Estructura de soporte (soporte).



**FIGURA 05.** Componentes de Interruptor LTB

### Unidad de Interrupción

El alojamiento aislante está hecho de porcelana o de material compuesto y se llena con gas SF6 presurizado.

La unidad de interrupción es sometida a su potencial, es decir, es "en vivo", de ahí el término interruptor "tanque vivo".

Un polo del interruptor de circuito puede incluso consistir en dos o más unidades de ruptura en serie.

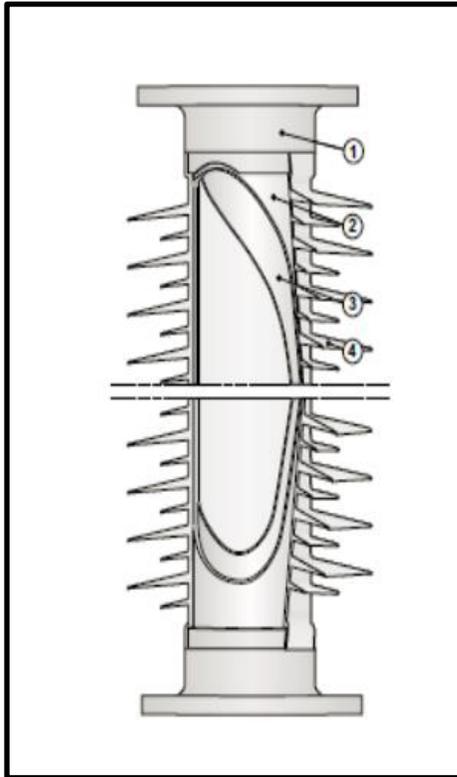
El número de unidades de interrupción es dependiente de la tensión del sistema y los requisitos en la capacidad de interrupción.

#### Aislador soporte

La función principal del aislador de soporte es asegurar el suficiente aislamiento de los terminales de alta y la unidad de ruptura a tierra.

El aislador soporte es hueco viene hecha de porcelana o composite y contiene gas SF6 a la misma presión que la cámara.

La varilla de tracción aislada, (también llamado aislante operativo) que es parte de la vinculación sistema entre el mecanismo de funcionamiento y los contactos principales, está montado en el interior del aislador de soporte.



**FIGURA 06.** Partes principales del aislador compuesto (1) Brida de metal (2) Tuno de resina (3) Revestimiento (4) Aleta de caucho

### Mecanismo de Operación

El requisito principal del mecanismo de funcionamiento es abrir y cerrar los contactos del interruptor en un plazo determinado. El mando deberá proporcionar las siguientes funciones consecutivas:

- La carga y el almacenamiento de energía
- La liberación de la energía
- Transmisión de energía
- Funcionamiento de los contactos

Además, un mecanismo de accionamiento deberá proporcionar el control y la interfaz de señalización para los sistemas de control y protección de una red.

Un requisito común en la mayoría de los interruptores de circuito, sin importar el tipo de mecanismos de operación, es llevar a cabo una (O - 0,3 s – CO).

Para los interruptores destinados al rápido re-cierre, el ciclo de trabajo de explotación según IEC 62271-100 es: O - 0,3 s - CO - 3 min – CO.

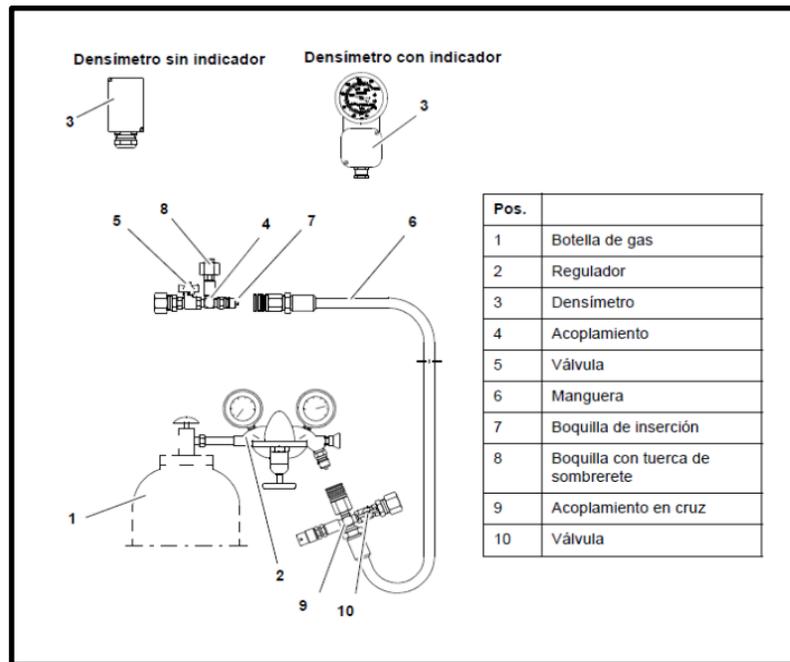
El tiempo de 3 minutos es el tiempo necesario para el mecanismo de funcionamiento pueda restaurar su poder después de una O - 0,3 s.

### 2.2.3. Llenado de Gas

Pasos a realizar para el llenado de Gas sf6:

- Conectar el regular a la botella.
- Conectar la manguera al regulador.
- Llenar de gas la manguera y conectar al interruptor.
- Controlar con un termohigrometro la temperatura de llenado.

- Controlar con un multímetro los contactos de bloqueo y alarma al momento del llenado.
- Retirar los acoples.



**FIGURA 07.** Partes principales de los componentes de llenado de gas

**TABLA 03 Presión de llenado**

Presión absoluta de llenado en MPa indicada en la etiqueta: 0,7				
Presión de llenado indicada por el manómetro en				
Temperatura durante el llenado de gas °C	MPa (presión absoluta)	bar (presión absoluta)	MPa (presión atmosférica)	bar (presión atmosférica)
+40	0,75	7,5	0,65	6,5
+30	0,72	7,2	0,62	6,2
+20	0,70	7,0	0,60	6,0
+10	0,66	6,6	0,56	5,6
± 0	0,63	6,3	0,53	5,3
-10	0,61	6,1	0,51	5,1
-20	0,58	5,8	0,48	4,8

### ¿Por qué necesitamos los interruptores?

El interruptor es un componente crucial en la subestación, se utilizan para acoplamiento de barra, transformadores, líneas de transmisión, etc. La tarea más importante de un interruptor es interrumpir corrientes de falla y por lo tanto proteger los equipos eléctricos.

La interrupción y la reconexión posterior deben llevarse a cabo de tal manera que la operación normal de la red se restablezca rápidamente, con el fin de mantener la estabilidad del sistema.

Además de la función de protección, los interruptores de circuito también aplican para conexión de reactores en derivación y baterías de condensadores.

### **Aspectos Ambientales**

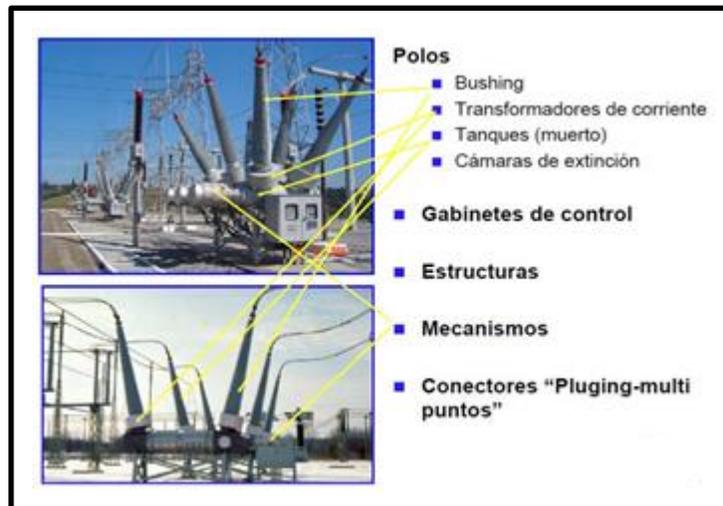
Los interruptores automáticos se instalan en todo tipo de entornos y deben ser capaces de soportar y operar en cualquier tipo de condiciones climáticas, como la extrema alta y baja temperatura, alta humedad, cargas de hielo y altas velocidades de viento.

Otros requisitos importantes son la capacidad para soportar la actividad sísmica y para mantener el correcto funcionamiento en áreas con alta contaminación, así como en instalaciones en grandes altitudes.

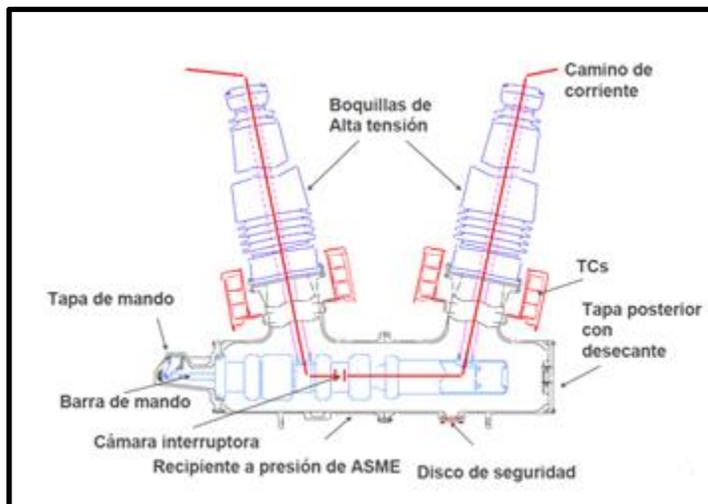
#### **2.2.4. Construcción y diseño compacto**

- La avanzada tecnología de extinción de arco reduce de forma significativa el tamaño de los productos e incrementa la confiabilidad.
- Rendimiento sísmico excelente y capacidad de resistencia a la contaminación

- El interruptor de tanque muerto es idóneo para zonas en las que se producen terremotos con frecuencia, o tienen gran altura, o una severa contaminación.



**FIGURA 08.** Partes del Interruptor



**FIGURA 09.** Polo de un Interruptor

#### 2.2.5. Diseño sin mantenimiento

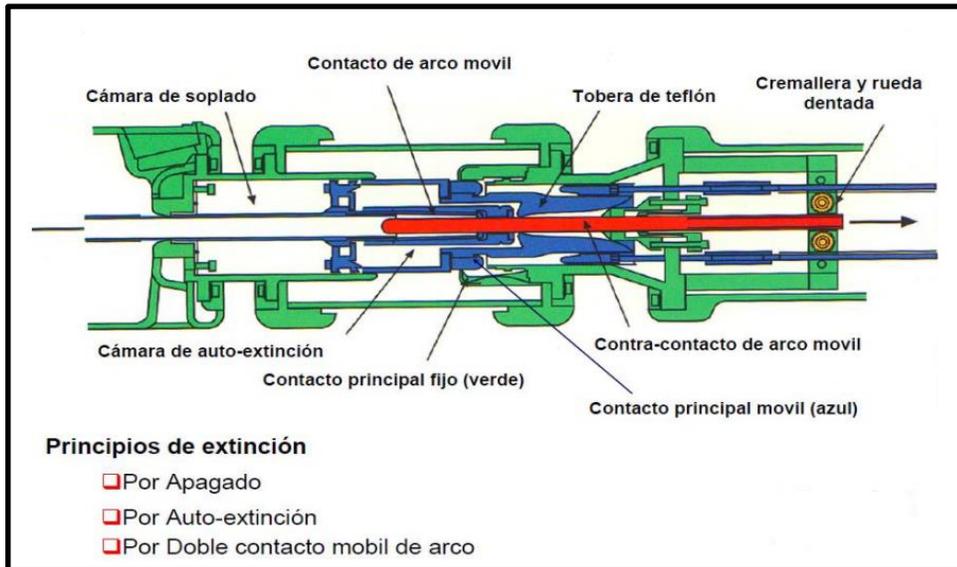
Mecanismo de accionamiento por muelle modular y mecanismo de funcionamiento hidromecánico integrado que mejora la fiabilidad de los productos, reduce los costes y minimiza los requisitos de mantenimiento.

#### 2.2.6. Características generales de los equipos de patio

- Menos espacio
- Los transformadores de corriente instalados en los aisladores permiten que el espacio requerido para la cimentación e instalación sea menor.
- Tensión [kV]: 72.5, 123, 145, 170, 245, 362, 550, 800.
- Nivel de aislamiento al impulso por rayo (LIWL/BIL) [kV pico]: 350, 650, 1050, 2050.
- Nivel de aislamiento al impulso por maniobra (SIWL/SIL).
- Corriente de cortocircuito [kA]: 25, 31.5, 40, 50, 63, 80.
- Corriente nominal [A]: 1200, 2000, 3150, 4000, 5000.
- Frecuencia [Hz]: 50, 60.
- Tiempo de interrupción [ms o ciclos]: 50 ms (=3 ciclos en 50/60 Hz).
- Frecuencia nominal del sistema: Frecuencia a la cual opera el SEP; Perú 60 Hz. La frecuencia normalmente varía poco menos de un 0.1%.

- Frecuencia asignada del equipo: Frecuencia para la cual está diseñado el equipo; debe ser igual a la frecuencia del sistema.
- Algunos equipos funcionan bien a frecuencias diferentes (interruptores y seccionadores), otros equipos son muy sensibles a los cambios de frecuencia (Transformadores, Generadores).
- Tensión nominal del sistema: Tensión a la cual opera una porción del SEP en el cual se instalan los equipos, por ejemplo 115 kV, 220 kV, 230 kV, 500 kV. En Perú se permite una variación de  $\pm 10\%$ .
- Tensión asignada del equipo: Tensión para la cual está diseñado el equipo. La tensión del sistema no debe ser superior a la tensión asignada del equipo. Las tensiones asignadas para los equipos están dadas por normas internacionales.
- Tensión asignada soportada a frecuencia industrial: Tensión de frecuencia industrial que el equipo puede soportar en una prueba de corta duración, normalmente 1 minuto. Esta tensión es normalmente cercana al doble de la tensión asignada.
- Tensión soportada asignada al impulso tipo rayo: Tensión que puede soportar el equipo cuando se presenta una sobretensión transitoria de tipo atmosférico.

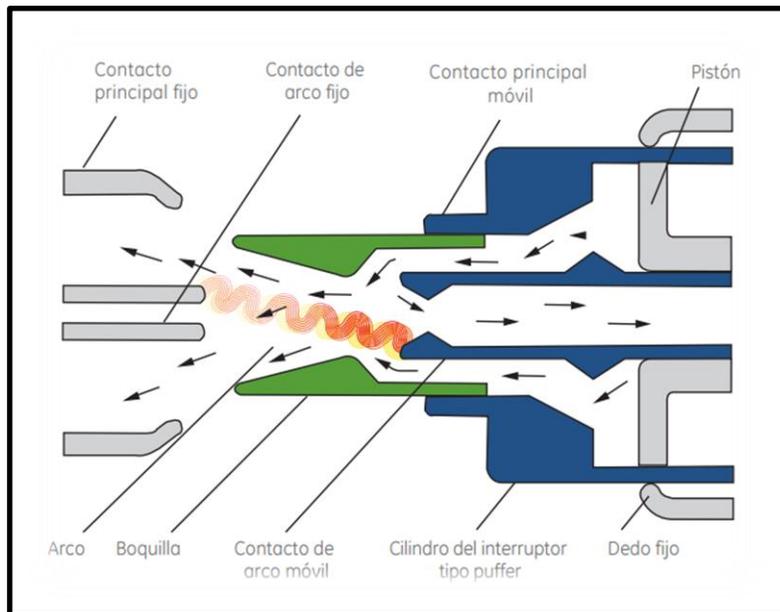
- Corriente asignada del equipo: Corriente rms que el equipo puede soportar continuamente. Normalmente se utilizan como valores nominales 10 n veces: 1, 1.25, 1.6, 2, 2.5, 3.15, 4, 5, 6.3, 8.
- Corriente asignada de corta duración: Corriente que puede soportar el equipo en condiciones de falla. Se especifica la corriente y el tiempo que el equipo puede soportarla. Por ejemplo, 31.5 kA durante 1 s.
- El aislamiento del equipo se determina de acuerdo con la tensión nominal del sistema, las sobretensiones esperadas y las condiciones ambientales. Esto determina la distancia de fuga que debe tener el aislamiento (por ejemplo, la porcelana de los equipos).
- La contaminación ambiental establece cuanta distancia se requiere por cada kV de aislamiento necesario. Por ejemplo 16 mm/kV, 20 mm/kV, 25 mm/kV o 31 mm/kV.



**FIGURA 10.** Cámara de interrupción de doble movimiento

### 2.2.7. Funcionamiento

En la siguiente figura se muestra la construcción básica del interruptor. La presión del gas en el cilindro del interruptor tipo puffer se eleva al calentarse el gas por medio del arco y, a continuación, se comprime debido al movimiento de apertura del cilindro del soplador. Este gas a presión y comprimido se dirige hacia el arco entre el contacto fijo y el contacto móvil. La boquilla concentra el flujo de gas hacia el arco para una refrigeración efectiva.

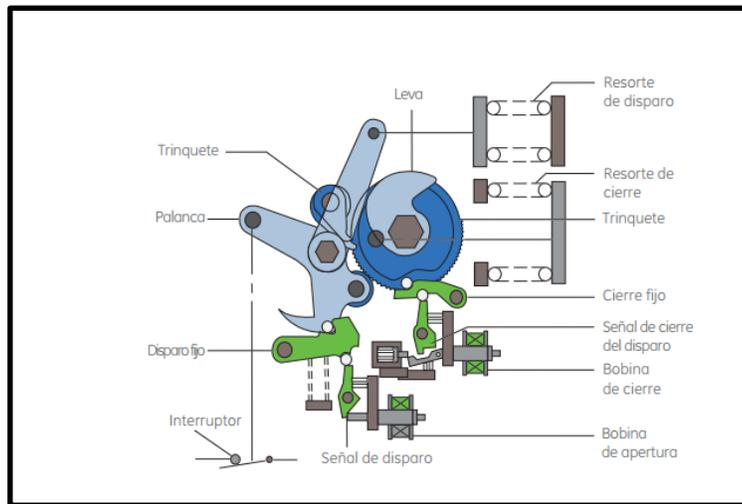


**FIGURA 11.** Funcionamiento de un interruptor

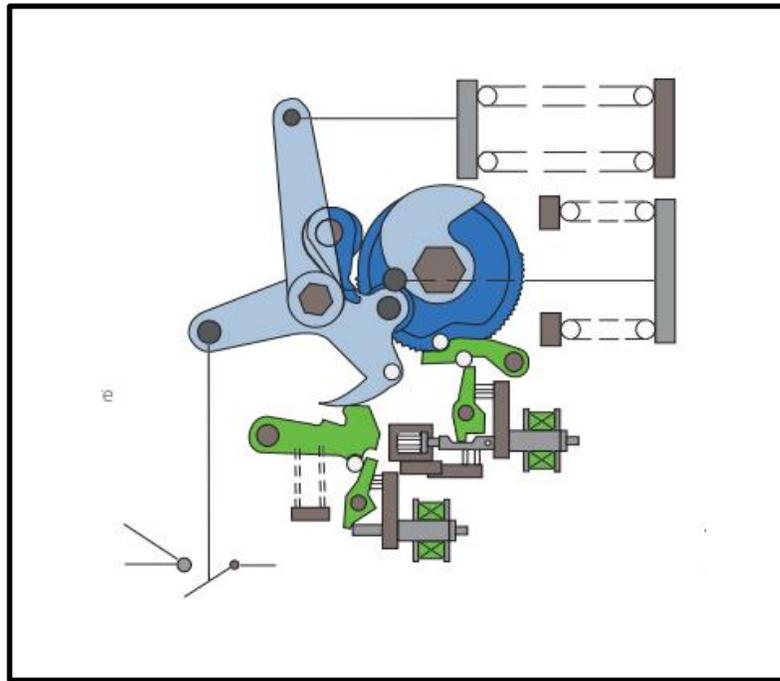
#### 2.2.8. Mecanismo de accionamiento por resorte

El diseño del mecanismo de accionamiento por resorte proporciona el alto rendimiento necesario para un funcionamiento fiable. La palanca acoplada en el dispositivo de bloqueo, que se suelta cuando se excita la bobina de disparo, la gira hacia la izquierda el muelle de disparo (Fig. 12). La leva y la rueda de trinquete acoplados en el dispositivo de bloqueo, que se suelta cuando se excita la bobina de cierre, y giran hacia la izquierda del resorte de cierre. La palanca se gira hacia la derecha,

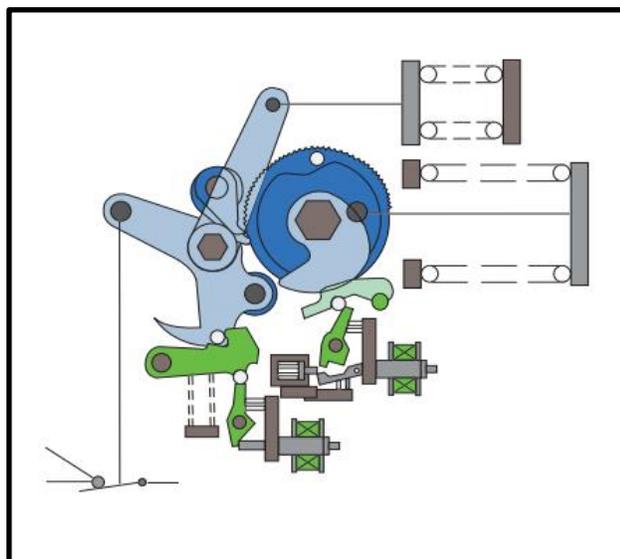
comprimiendo el muelle de disparo por par de torsión desde la leva (Fig. 13). En cuanto se completa la secuencia de cierre, el muelle de cierre se carga por medio del trinquete conectado al motor (Fig. 14).



**FIGURA 12.** Posición cerrado resorte de cierre con carga



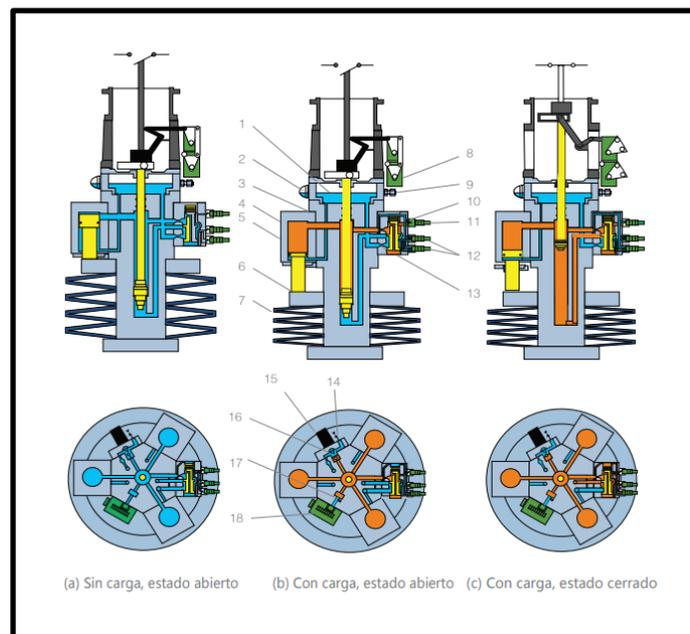
**FIGURA 13.** Posición abierto resorte de cierre con carga



**FIGURA 14.** Posición cerrada, resorte de cierre sin carga

### 2.2.9. Mecanismo de funcionamiento hidromecánico para interruptores

El mecanismo hidromecánico se ha fabricado con las piezas funcionales unidas por módulos integrados. Para que su funcionamiento sea lo más fiable posible, se utilizan juntas tipo anillo "O" en los puntos de sellado, se usan resortes de disco para almacenar la energía, y se incorporan dos conjuntos de válvulas de control de apertura independientes en el diseño. Este mecanismo se puede accionar en una sola fase o en tres fases de forma eléctrica, y se puede accionar por segmento en tres fases de forma mecánica.



**FIGURA 15.** (a) Sin carga, estado abierto (b) Con carga estado abierto  
(c) Con carga, estado cerrado

1. Depósito de aceite a baja presión
2. Indicador de nivel de aceite
3. Barra de pistón de funcionamiento
4. Depósito de aceite de alta presión
5. Pistón de carga
6. Anillo de soporte
7. Resorte de disco
8. Interruptor auxiliar
9. Orificio de llenado de aceite
10. Válvula tipo garganta de cierre
11. Electroválvula de cierre
12. Válvula electromagnética de apertura
13. Válvula tipo garganta de apertura
14. Válvula de drenaje de aceite
15. Motor de almacenamiento de energía
16. Bomba de aceite tipo clavija
17. Válvula de alivio de presión
18. Interruptor de carrer

### **¿Qué es la operación sincronizada?**

Los interruptores operan tripolarmente de modo simultáneo sin considerarlos valores instantáneos de voltaje y corriente Origina sobrecorrientes y sobrevoltajes en el sistema

La Sincronización de Operación Monopolar minimiza dichos transitorios.

Mejor desempeño que la sincronización tripolar escalonada que no compensa por las variaciones durante una maniobra

### **Cierre sincronizado**

- Cierre en un punto de la onda de voltaje
- Minimiza los transitorios de voltaje y corriente
- Apertura sincronizada
- Abre en un punto de la onda de corriente
- Minimiza la probabilidad de re-encendido
- Minimiza el desgaste de los contactos (interrupción de fallas)

#### 2.2.10. Pruebas DRM

La inspección y las pruebas de DRM es parte del mantenimiento de los interruptores.

Periodo para realizar DRM (depende del uso de la planta de generación).

Después de un cortocircuito o de corriente mayores al 150 % de la  $I_n$ .

Cada 2 años o cada pérdida del 25 % de su vida útil.

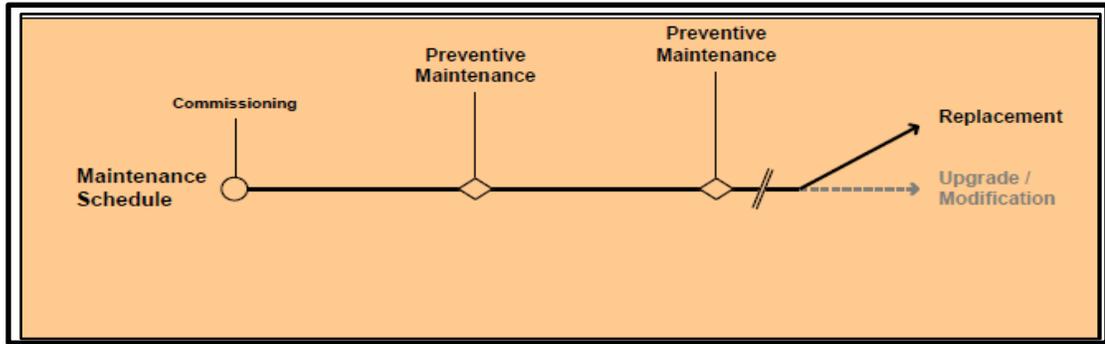


FIGURA 16. Pruebas DRM

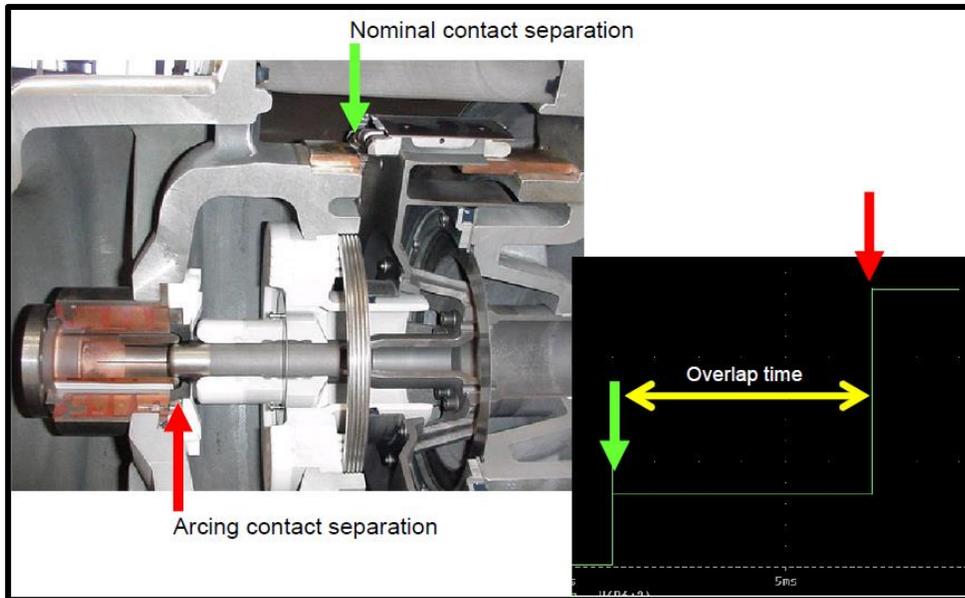


FIGURA 17. Disminución de la vida útil de las partes eléctricas del interruptor

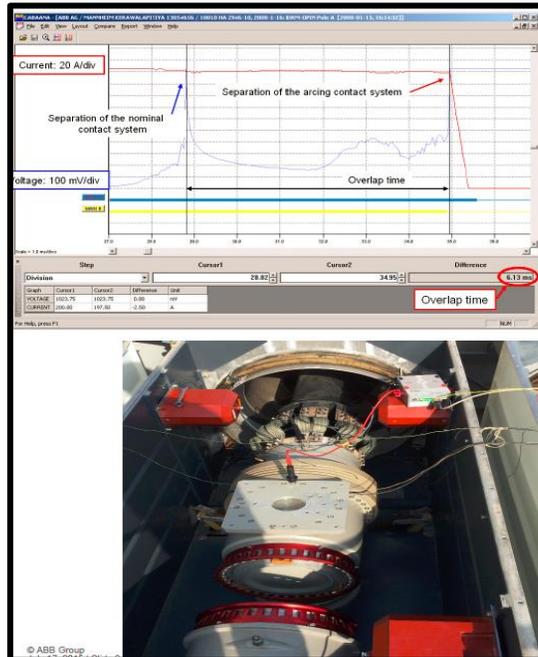
## **Cálculo de la vida útil de un interruptor**

- Por cálculo.
- Curvas de la resistencia eléctrica que se encuentra en los manuales O&M.
- Todas las operaciones realizadas con el interruptor deben estar disponible cuando un supervisor lo solicite.
- Prueba DRM
- Por una medición continua.
- El record de DRM realizados en el tiempo de vida útil del interruptor.

## **Interpretación de los resultados**

El primer pico muestra el instante cuando se separa el contacto nominal.

La separación del contacto de arco es cuando el voltaje se incrementa a infinito y la corriente empieza a decrecer a 0.



**FIGURA 18.** Análisis de resultados

### 2.3. Marco Conceptual

**Interruptor:** Un interruptor eléctrico es un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica.

Es aquel mecanismo especialmente diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico en este caso dentro de la subestación.

**Mantenimiento correctivo:** Es un mantenimiento simple, que consiste en reparar la avería producida y es aplicable a equipos que permiten la Interrupción operativa en cualquier momento, sin importar el tiempo de interrupción y sin afectar la seguridad del personal o bienes.

Mantenimiento programado: Este método se basan en tener un programa de acción por falla de fiabilidad ocasional para un equipo determinado y en la oportunidad de detención.

Mantenimiento preventivo: Se realiza retirando la máquina o equipo del servicio operativo para realizar inspecciones y sustituir componentes de acuerdo a una programación planificada y organizada con antelación. Este tipo de mantenimiento es muy ventajoso

Mantenimiento Predictivo: Este tipo de mantenimiento permite un adecuado control por la mayor frecuencia de inspecciones estando la máquina o equipos en funcionamiento, que es la forma adecuada de obtener datos concretos para el fin determinado de solucionar fallas.

Protocolos: En analogía con los contratos privados, el protocolo supondría un addendum al acuerdo inicial, manteniendo la validez del cuerpo principal pero modificándolo o ampliándolo en algunos aspectos.

Pruebas de mantenimiento. Se realizan periódicamente durante toda la vida del equipo, con el propósito de verificar si el equipo se encuentra en condiciones de operación satisfactorias y detectar fallas de manera oportuna, antes de que se convierta en un problema

grave.

Las mediciones eléctricas: Son los métodos, dispositivos y cálculos usados para medir cantidades eléctricas. La medición de cantidades eléctricas puede hacerse al medir parámetros eléctricos de un sistema. Usando transductores, propiedades físicas como la temperatura, presión, flujo, fuerza, y muchas otras pueden convertirse en señales eléctricas, que pueden ser convenientemente registradas y medidas.

DRM: Pruebas electricas para el análisis de los contactos del interruptor y análisis de la apertura.

Equipo Elcon: Equipo de pruebas a interruptores eléctricos.

TM 1800: Equipos de pruebas específicamente pruebas DRM.

Patio de llaves: Instalaciones eléctricas que comprenden máquinas O aparatos, instalados en ambiente cerrado o al aire libre, destinadas a transformación de tensión, distribución de energía.

Transitorios de tensión: Impactan las cargas de los usuarios (Calidad de energía) Pueden perforar el aislamiento de los equipos.

Transitorios de corriente: Elevadas tensiones en los secundarios de los transformadores Interferencia con los circuitos de control y protección

Transitorios: Altas corrientes de energización, saturación del núcleo, intensas fuerzas magnéticas.

## **CAPÍTULO III**

### **Protocolos de Mantenimiento Eléctrico a Interruptores DTB**

#### **3.1. Análisis de Protocolos de Mantenimiento Eléctrico**

El área de Sistema de Potencia de POMACCOCHA POWER es la encargada del mantenimiento y operación de las instalaciones de alta tensión, las cuales comprenden: equipos de patio de llaves 220Kv.

El equipamiento descrito líneas abajo requiere de actividades especializadas para mantener su confiabilidad en el tiempo, estas actividades serán a requerimiento de Pomacocha Power y están descritas en el presente alcance para establecer el procedimiento de trabajo.

Procesando el pedido las características especificadas se transmiten automáticamente en el plan de pruebas de rutina. De este modo se verifica el cumplimiento de cada uno de los requisitos especificados por el cliente

antes de la entrega. Las pruebas de rutina se realizan según IEC o ANSI, e incluyen como mínimo los siguientes puntos:

- 100 maniobras mecánicas
- Medición de los tiempos de maniobra
- Corrientes de disparo y del motor
- Comprobación del sistema de supervisión de gas
- Verificación de los circuitos de mando de acuerdo con el esquema eléctrico.
- Medición de la resistencia del circuito principal
- Ensayo dieléctrico Ensayo de 2 kV de los circuitos auxiliares
- La tasa de fugas de nuestros interruptores de potencia no supera el 0,1% por año. (IEC establece una tasa de fugas de SF6 máxima de 0,5% o 1% por año).

Equipos a intervenir en la subestación de Pomacocha:

Interruptores: Los equipos se detallan en el presente alcance de mantenimiento preventivo o en correctivo. Los equipos que se detallan en la base de datos son interruptores de 220 KV .

**TABLA 04 Descripción del INT 211**

<b>Celda: L-2284 IN-211</b>	<b>Descripción:</b>
<b>Fabricante</b>	<b>ABB - USA</b>
<b>Modelo</b>	<b>245 PMI 40-B</b>
<b>Tensión Máxima</b>	<b>245 KV</b>
<b>Frecuencia</b>	<b>60 Hz</b>
<b>Nro. Serie</b>	<b>XAL12170-03</b>
<b>Corriente Nominal</b>	<b>2000 A</b>
<b>Tipo Mecanismo</b>	<b>HMB-8.7</b>
<b>Año de Fabricación</b>	<b>2010</b>

**TABLA 05 Descripción del INT 212**

<b>Celda: L-2285 IN-212</b>	<b>Descripción:</b>
<b>Fabricante</b>	<b>ABB - USA</b>
<b>Modelo</b>	<b>245 PMI 40-B</b>
<b>Tensión Máxima</b>	<b>245 KV</b>
<b>Frecuencia</b>	<b>60 Hz</b>
<b>Nro. Serie</b>	<b>XAL12170-04</b>
<b>Corriente Nominal</b>	<b>2000 A</b>
<b>Tipo Mecanismo</b>	<b>HMB-8.7</b>
<b>Año de Fabricación</b>	<b>2010</b>

**TABLA 06 Ficha Técnica de los equipos de la subestación**

<b>ITEM</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>L-2284</b>	<b>T-2285</b>
a.	Tipo	245 PMI 40-20B	245 PMI 40-20B
b.	Fabricante - País	ABB-USA	ABB-USA
c.	Año de Fabricación	2010	2010
d.	Año de entrada en operación	2013	2013
e.	Ubicación		
	Celda	L-2284	T-2285
	Código de operación	IN-211	IN-212
	Nº de serie	XAL12170-03	XAL12170-04
f.	Tipo de Accionamiento	Hidráulico	Hidráulico
g.	Corriente Nominal (A)	2000	2000
h.	Corriente Nominal de Corta Duración (3s) (KA)	40	40
i.	Corriente Nominal de Cierre en Cortocircuito (KA)	104	104
j.	Tensión Máxima del equipo (KV)	245	245
k.	Niveles de Aislamiento (KV)	1050	1050
l.	Ciclo de Operación	A-0.3s-CA-3min-CA	A-0.3s-CA-3min-CA
m.	Medio de Extinción de Arco	SF6	SF6
n.	Mecanismo de Operación	HMB-8.7	HMB-8.7
o.	Distancia de Fuga Específica (mm/KV)	25.4	25.4

### 3.1.1. Actividades previas

El servicio comprende tanto actividades predictivas como correctivas, éstas se muestran distribuidas en 05 grupos: Transformadores, celdas GIS, interruptores 220kV, interruptores 23kV y otros, el análisis de estos protocolos sólo comprenderá los Interruptores situados en la subestación de Pomacocha.

Estas actividades se ejecutarán a requerimiento de POMACOCHA POWER, en coordinación con el Contratista, los requerimientos mínimos de éstas se encuentran descritos en el presente alcance.

Antes de ejecutar el servicio, se presentó los siguientes procesos para la obtención de documentos de la mina:

- a) Obtener los fotochecks para todo su personal especializado.
- b) Haber pasado los cursos de: Trabajos en Altura, Bloqueo y Etiquetado, Ingreso a Salas – Riesgo Eléctrico, Elaboración de ATS y uso de herramienta manual y eléctrica.
- c) Haber obtenido la aprobación del Análisis de Riesgo por parte del área de Seguridad y Salud Ocupacional (Matriz IPERC y procedimientos de trabajo).

d) Movilización de todo el personal, equipos y herramientas, materiales e insumos, y cualquier otro recurso necesario para ejecutar adecuadamente el servicio, desde el lugar de origen hasta las instalaciones de Pomacocha Power, con los equipos, maletas de pruebas (TM1800, ELCON SA10, CPC100 OMICRON, CPCTD1 OMICRON, AEMC MEGOMETRO), herramientas, materiales e insumos para ejecutar adecuadamente el servicio.

### 3.1.2. Recursos

#### **Instrumentos y herramientas necesarias:**

- Analizador de interruptores ELCON tipo SA10
- Megóhmetro METRE tipo Tera Ohm
- TM 1800
- Termómetro digital
- Herramientas milimétricas
- Escaleras telescópicas y tijera.

#### **Materiales necesarios**

- Paños absorbentes
- Desengrasante
- Solvente dieléctrico

## **Trabajos Preliminares**

- Charla de inducción al personal involucrado.
- Aislar la zona de trabajo.
- Hacer el AST
- Revisión del buen funcionamiento de los equipos a utilizar y tomar los datos de placa (marca y N° de serie) y confrontar con el certificado de calibración existente.

### **3.1.3. Pruebas Eléctricas a Interruptores 220KV**

La actividad consiste en realizar la colocación de tierras temporales, desconexión mecánica del interruptor, limpieza del aislamiento del interruptor y realizar las pruebas eléctricas de resistencia estática de contactos (Considerar a 100 y 200A), prueba de resistencia de contactos dinámico, nivel de aislamiento (entre fases y fase-tierra), tiempos de apertura - cierre y simultaneidad, curva de desplazamiento y velocidad de contactos (Se debe fabricar y suministrar adaptadores para los traductores, lo cuales quedaran con POMACCOCHA POWER).

Así mismo registrar los valores de corriente de bobinas de Apertura, Cierre y de motor, rebotes.

Los equipos utilizados son de tecnología digital, conexión mecánica y normados los bornes del tablero eléctrico utilizados en las pruebas concluyentes, comparando los valores obtenidos con los de fábrica, y el manual del modelo del interruptor.

Se consideró la Norma IEC-60056 para desarrollar las pruebas eléctricas.

#### 3.1.4. Detección de pérdidas de gas SF6

Se deberá realizar una inspección en los bushings del interruptor, en la cámara y en todo punto de posible fuga de gas SF6, se deberá de aplicar como mínimo con detector de fuga de SF6 Dilo o similar, para verificar la presencia de fugas: con el detector de gas SF6.

#### 3.1.5. Requerimiento de Calidad

Se deberá demostrar que se tiene implementado y funcionando un sistema de Garantía de Calidad con programas y procedimientos documentados en manuales, cumpliendo la siguiente Norma: ISO 9001: Sistemas de calidad: Modelo de garantía de calidad en diseño, producción, instalación y servicio.

Pomacocha Power verificó los procedimientos y la documentación relativa a reparaciones en sitio.

### 3.2. Construcción de Protocolos de Mantenimiento Eléctrico

#### Procedimiento de trabajo preliminar

El procedimiento que se describe con lleva los siguientes riesgos latentes: Electrocutión por contacto de equipos energizados; Quemaduras por explosión y/o fuego al fallar los equipos. Toda persona debe contar con sus implementos de seguridad y en especial guantes de alto voltaje en las operaciones de montaje de equipos de alta tensión.

Además todas las pruebas deben ser realizadas mínimo por dos personas con sus elementos de seguridad y equipos de radio y/o RPC, y cuando sea aplicable, efectuar el procedimiento de puesta a tierra.

La no observación de las indicaciones de precaución y la secuencia descrita en este procedimiento pueden dar lugar a muerte, a graves daños personales y a considerables daños materiales y del medio ambiente.

- Charla de inducción al personal involucrado.
- Charla de trabajos cerca de cables energizados y alta tensión.

- Inspección de todas las herramientas e instrumentos a intervenir en los trabajos.

### 3.2.1. Mantenimiento Preventivo del Patio 220kV SE Pomacocha – Bahía Línea

- Limpieza de aisladores de los pararrayos de línea.
- Limpieza de los aisladores de los transformadores de tensión.
- Limpieza de los aisladores del seccionador de línea.
- Limpieza de aisladores del interruptor.
- Limpieza de los aisladores del seccionador de barra.
- Limpieza de cadena de aisladores porta barra.
- Limpieza de aisladores porta barras verticales.
- Limpieza, engrase con pasta conductora y ajuste (con torquímetro) de terminaciones de alta tensión (En caso se MCP lo requiera).
- Se utilizará camión grúa con canastilla.
- Limpieza de canaletas.
- Se utilizara equipo de hidrolavado.

### 3.2.2. Medición de Resistencia de Aislamiento

#### **Interruptores**

Lado 1 Vs. Lado 2

## Lado 1 Vs. Masa

### **Procedimiento**

Para realizar estas mediciones de resistencia de aislamiento es necesario que los equipos se encuentren en posición de abierto y limpios los aisladores.

### **Lado 1 Vs. Lado 2**

- Conectar el cable de alta tensión del Megóhmetro en la parte superior del aislador del Lado 1
- Conectar el cable de descarga del Megóhmetro en el aislador del Lado 2

### **Lado 2 Vs. Masa**

- Conectar el cable de alta tensión del Megóhmetro en la parte superior del aislador del Lado 2
- Conectar el cable de descarga del Megóhmetro en el cable de tierra de la estructura soporte.
- Para cada caso aplicar 10,000 VCD por un lapso de 60 segundos y tomar la lectura de cada prueba. Este valor será registrado en el informe de pruebas.

**TABLA 07**  
**Ficha Técnica del equipo de medición**

<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Número de serie</b>	<b>Escala</b>
Megóhmetro	Metrel	Tera Ohma	10220878	500 a 10,000 VDC
Termohigrometro	AEMC	CA846	1069GMVY	0 A 100 °C

### 3.2.3. Medición de Resistencia de contactos

#### **Procedimiento**

- Para realizar esta prueba de resistencia de contactos es necesario que los equipos se encuentren en posición de cerrado.
- Conectar los cables de corriente y de medición en el Microhmimetro.
- Conectar el cable de medición rojo en el Lado 1 y el cable negro en el Lado 2 lo más cerca posible del contacto.
- Conectar el cable de corriente rojo en el Lado 1 y el cable negro en el Lado 2, (No colocar los cables de medida y corriente en el mismo lugar).
- Aplicar corriente continua aumentando gradualmente hasta alcanzar el valor deseado de corriente (100 ó 200 A).

- Presionar el botón de medición de la resistencia del contacto en micro Ohmios y registrar el valor obtenido en el informe de pruebas.
- Repetir esta prueba para cada fase de los equipos.

**TABLA 08**  
**Ficha Técnica del equipo de medición**

<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo</b>	<b>Numero de serie</b>	<b>Escala</b>
Analizador de interruptores	Elcon AB	SA10	SA10432	0 a 200 ADC

#### 3.2.4. Medición de tiempos de cierre y Desplazamiento

- Mando de cierre
- Mando de Apertura 1
- Mando de Apertura 2
- Motor de carga del resorte de cierre
- Desplazamiento
- Amortiguador de cierre

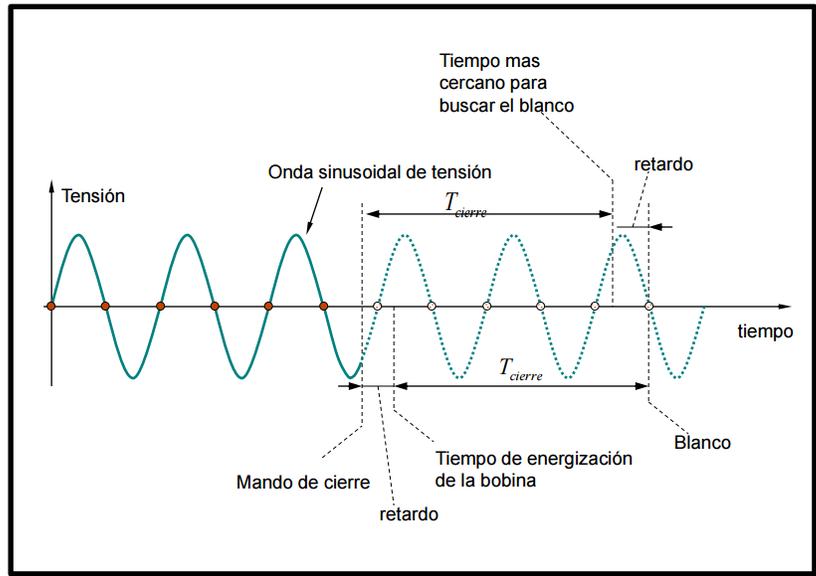


FIGURA 19. Principio de cierre sincronizado

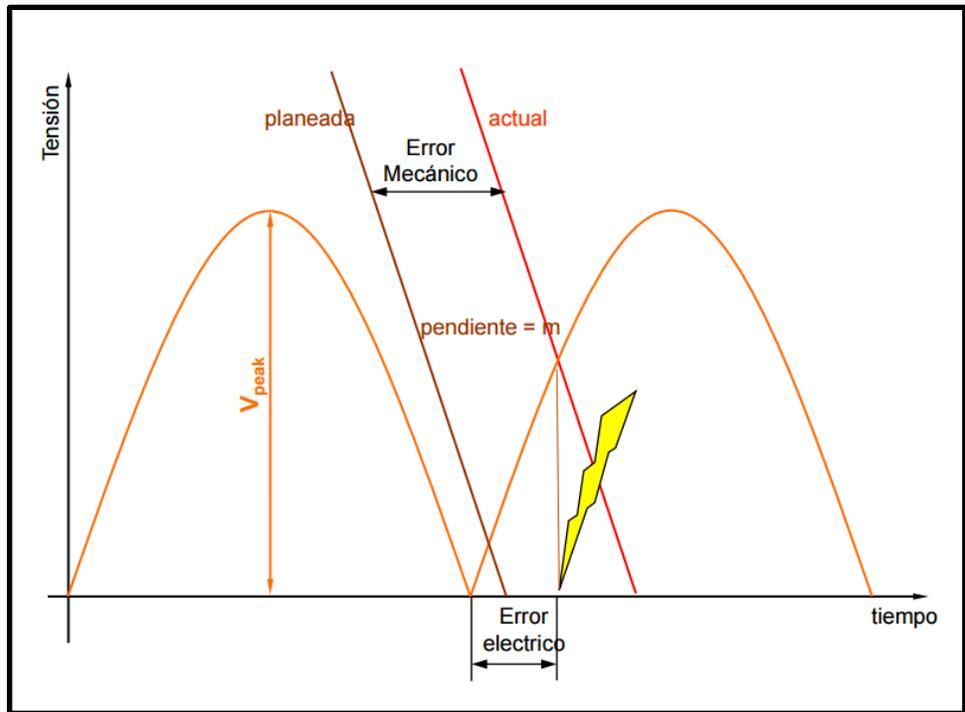


FIGURA 20. Evaluación de operaciones de cierre sincronizado

## **Procedimiento**

### **Preparativos para las bobinas**

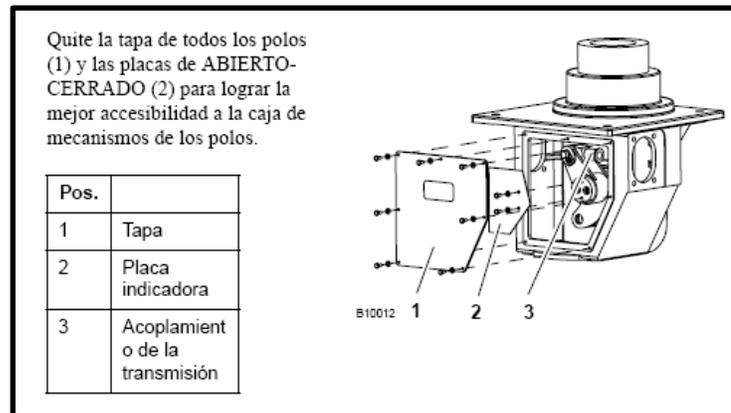
- Conectar la interface del equipo con la computadora portátil y entrar en línea.
- Conectar el cable de cierre (Close) del equipo de pruebas en la bornera de la bobina de cierre (610) y el cable de apertura 1 y 2 en la bornera (630 y 730).
- Conectar una señal de tensión positiva del borne (602) y una señal de tensión negativa del borne (625) y conectarlas en las borneras del VR10.

### **Preparativos para el motor**

- Desconectar el cable (450) de la bornera del motor y unirlo con el cable marrón, el cable negro lo conectas en la bornera (450) y el plomo en la bornera (460).
- Conectar una señal de tensión positiva en borne (450) y una señal de tensión negativa del borne (460) y conectarlas en las borneras del equipo de pruebas.

## Preparativos para medir desplazamiento

- Desmontar la tapa (1) del interruptor



**FIGURA 21.** Desmontaje de las placas indicadoras y tapas

- Conectar el transductor como se muestra en la foto.

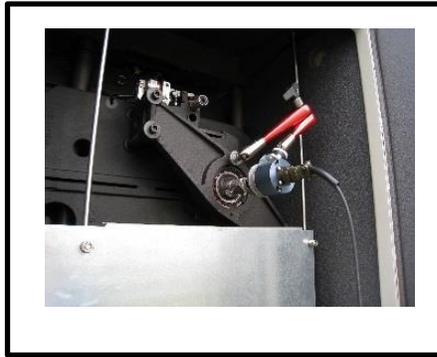


**FIGURA 22.** Conexión del transductor

- Conectar el cable en el transductor y el otro extremo al terminal T1 del equipo de pruebas

### **Preparativos para medir el amortiguador de cierre**

- Conectar el transductor como se muestra en la foto.



**FIGURA 23.** Conexión del transductor

- Conectar el cable en el transductor y el otro extremo al terminal T2 del equipo de pruebas

### **Pruebas**

- Ubicar el cursor del mouse en cada prueba seleccionadas y realizar las pruebas de tiempos de operación (Close-Open / CO / C.0,3S-CO)

- Guarda los registros de las pruebas para emitir el informe de pruebas final.

## Equipos de pruebas

**TABLA 09**  
**Ficha Técnica de equipos de medición**

<b>Equipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Numero de serie</b>	<b>Tipo</b>
Analizador de interruptores	ELCON AB	SA10432	SA10
Reductor de tensión	ELCON AB	004	VR10
Fuente regulable de tensión	Ibeko Power	10M691	POB30AD
Transductor digital	Elcon AB	1023107328	LT6743-EL-A
Multímetro	Metrel	104470507	MD9050

### 3.2.5. Trabajos Realizados

#### **Pruebas de calidad de gas SF6 en Interruptor 220 KV**

- Porcentaje de gas SF6.
- Punto de rocío.
- Contenido de vapor de agua.
- Dióxido de azufre.

- Detección de fuga de gas SF6 con instrumento detector de fuga de gases marca DILO, antes y después de la medición con nuestro multianalizador.
- Medición de la calidad de gas SF6 del interruptor de potencia con instrumento Multianalizador de gases marca DILO.

### **Pruebas eléctricas a Interruptor**

- Colocación de tierras temporales.
- Desconexión mecánica del interruptor.
- Pruebas eléctricas de resistencia estática de contactos (A 100A y 200A)
- Prueba de resistencia de contactos dinámico.
- Nivel de aislamiento (entre fases y fase-tierra)
- Tiempos de apertura - cierre y simultaneidad.
- Curva de desplazamiento y velocidad de contactos.
- Registrar los valores de corriente de bobinas de Apertura, Cierre y de motor, rebotes.
- Conexión mecánica y normalización de los bornes del tablero eléctrico.

### 3.2.6. Normas Aplicadas

- IEC 60694: Estipulaciones comunes para las normas de equipos de alta tensión.
- IEC 62271-102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna para Alta Tensión.
- IEC 62271-100: Interruptores de corriente alterna para Alta Tensión.
- IEC 60044-1 Transformadores de Intensidad
- IEC 60044-2 Transformadores de Tensión
- IEC 60137: Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1.000 V
- NEMA CC1: Conectores eléctricos de potencia para subestaciones.
- Pruebas de capacidad nominal y corte de los elementos y equipos (sec. 6.101)
- Pruebas de operación de los elementos y accesorios de la Celda (sec.6.102)
- Pruebas a elementos aislantes de puntos energizados, según corresponda (secc.6.104)
- Las pruebas de rutina serán realizadas de acuerdo con las recomendaciones de la Norma IEC 62271-200 sección 7 y se

efectuarán a las celdas completamente armadas y previamente probadas por el fabricante.

- Pruebas mecánicas y verificación de enclavamientos.(62271-200 secc.7.102)
- Prueba funcional de los dispositivos y/o elementos auxiliares eléctricos. (62271-200 secc.7.104)
- Prueba de aislamiento con tensión a frecuencia industrial ( 60694 secc. 7.1)
- Prueba en los circuitos auxiliares y de control. (60694 secc. 7.2)
- Prueba de resistencia al circuito principal. (60694 secc. 7.3)

### 3.3. Resultados de Protocolos de Pruebas Eléctricas

#### 3.3.1. Protocolos de Pruebas de Resistencia de contactos Fase R

##### SE POMACOCCHALINEA-2284\IN-211\Fase R.xml:

**Dispositivo de prueba:** CPC 100  
**Número de serie:** MF080T (V1)  
**Fecha/hora:** 09/11/2015 13:02:10  
**Evaluación final:** Correcto

##### Vista general de pruebas:

Tarjeta de Prueba	Tipo	Fecha/hora	Resultado	Evaluación	Sobrecarga
Resistencia Contacto	Resistencia	09/11/2015 13:02:07	Sí	Correcto	no

##### Pruebas

##### Resistencia Contacto:

**Tipo:** Resistencia  
**Fecha/hora:** 09/11/2015 13:02:07  
**Sobrecarga:** no  
**Evaluación:** Correcto  
**Rango:** DC 400<sup>a</sup>  
**I pru.:** 200.0 A  
**R mín.:** 1.0000  $\mu\Omega$   
**R máx.:** 25.000m $\Omega$   
**Automático:** sí  
**Resultado:**  
  
**I DC:** 200.04 A  
**V DC:** 22.028 mV  
**R:** 110.12  $\mu\Omega$

### 3.3.2. Protocolos de Prueba de Resistencia de contactos Fase S

#### SE POMACOCCHALINEA-2284\IN-211\Fase S.xml:

**Dispositivo de prueba:** CPC 100

**Número de serie:** MF080T (V1)

**Fecha/hora:** 09/11/2015 13:19:15

**Evaluación final:** Correcto

#### Vista general de pruebas:

Tarjeta de	Tipo	Fecha/hora	Resultado	Evaluación	Sobrecarga
Resistencia Contacto	Resistencia	09/11/2015 13:19:14	sí	Correcto	no

#### Pruebas

##### Resistencia Contacto

**Tipo:** Resistencia

**Fecha/hora:** 09/11/2015  
13:19:14

**Sobrecarga:** no

**Evaluación:** Correcto

**Rango:** DC 400A

**I pru.:** 200.0 A

**R mín:** 1.0000  $\mu\Omega$

**R máx:** 25.000 m $\Omega$

**Automático:** sí

##### Resultado:

**I DC:** 200.05 A

**V DC:** 22.647 mV

**R:** 113.21  $\mu\Omega$

### 3.3.3. Protocolos de Prueba de Resistencia de contactos Fase T

#### SE POMACOCCHALINEA-2284\IN-211\Fase T.xml:

**Dispositivo de prueba:** CPC 100  
**Número de serie:** MF080T (V1)  
**Fecha/hora:** 09/11/2015 13:34:32  
**Evaluación final:** Correcto

#### Vista general de pruebas:

Tarjeta de	Tipo	Fecha/hora	Resultado	Evaluación	Sobrecarga
Resistencia Contacto	Resistencia	09/11/2015 13:34:28	sí	Correcto	no

#### Pruebas

##### Resistencia Contacto:

**Tipo:** Resistencia  
**Fecha/hora:** 09/11/2015 13:34:28  
**Sobrecarga:** no  
**Evaluación:** Correcto  
**Rango:** DC 400A I  
**pru.:** 200.0 A  
**R mín:** 1.0000  $\mu\Omega$   
**R máx:** 25.000 m $\Omega$   
**Automático:** sí

##### Resultado:

**I DC:** 200.04 A  
**V DC:** 22.970 mV  
**R:** 114.83  $\mu\Omega$

### 5.1 Pole Resistance Measurement

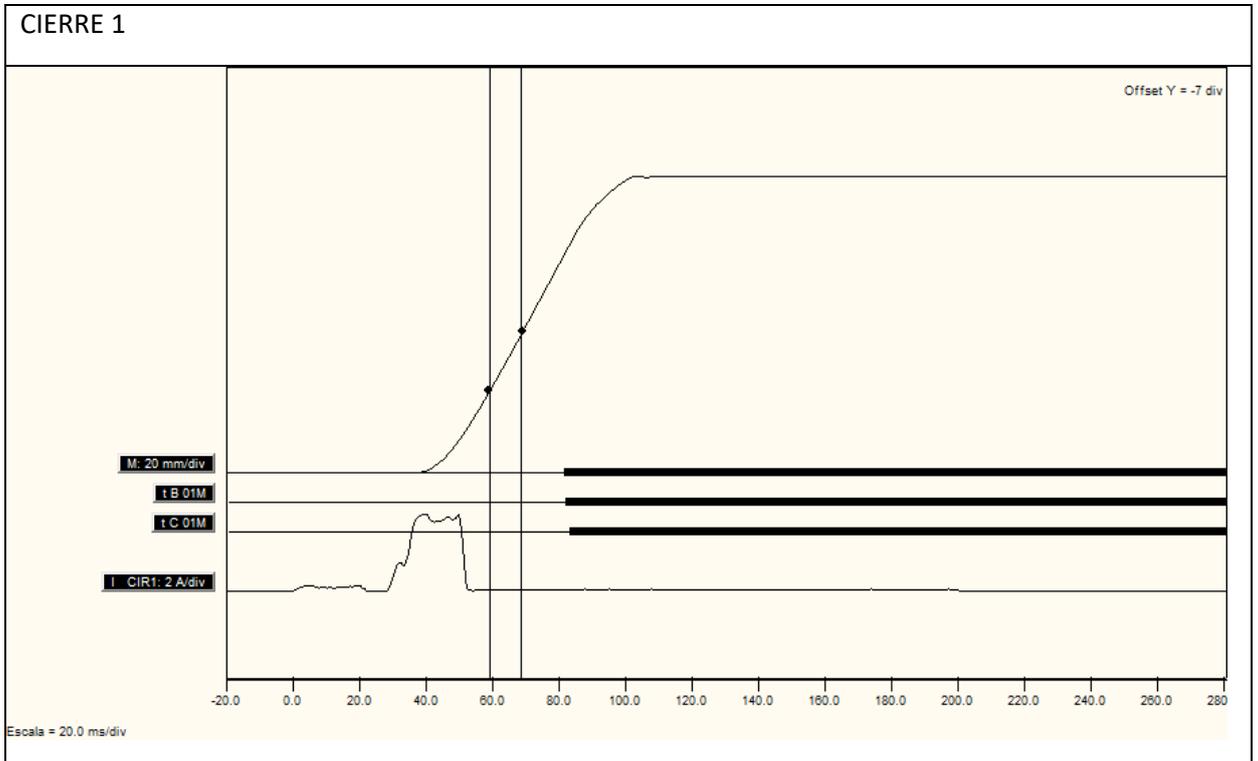
Using a 100 A micro-ohmmeter (or millivolt drop meter), perform a contact resistance (or millivolt drop) measurement on each pole of the breaker. The maximum resistance from bushing terminal to bushing terminal should not exceed 120 micro-ohms.

#### **FIGURA 22.** Parámetro del Máximo valor de la resistencia de contacto

- Los resultados obtenidos están dentro de los parámetros del fabricante.
- Si los resultados estaban en variación, se debe hacer un monitoreo al equipo por un periodo de 06 meses, para determinar la variabilidad de la Resistencia de contacto.

### 3.3.4. Protocolos de Prueba de Tiempo de Cierre Equipo TM1800

Circuit Breaker Data			Test Data	
Breaker ID1	Tanque Muerto PMI 40-20B		Test Id	IN 201
Test date	03/09/2015			
Type	Pruebas de campo			
Reference				
Serial no.	XAL12170-01		CO-Counter	
Commission date			Operator	ABB
Interrupting medium			Plan Id	Creado desde TM1800
Rated frequency	60	Hz	Plan description	Creado desde TM1800
Rated voltage	245	kV		
Rated current	2000	A		
Rated short-circuit breaking current	104	kA		
Rated motor voltage	125	V		
Rated supply voltage	125	V		
Nominal stroke	200	mm		

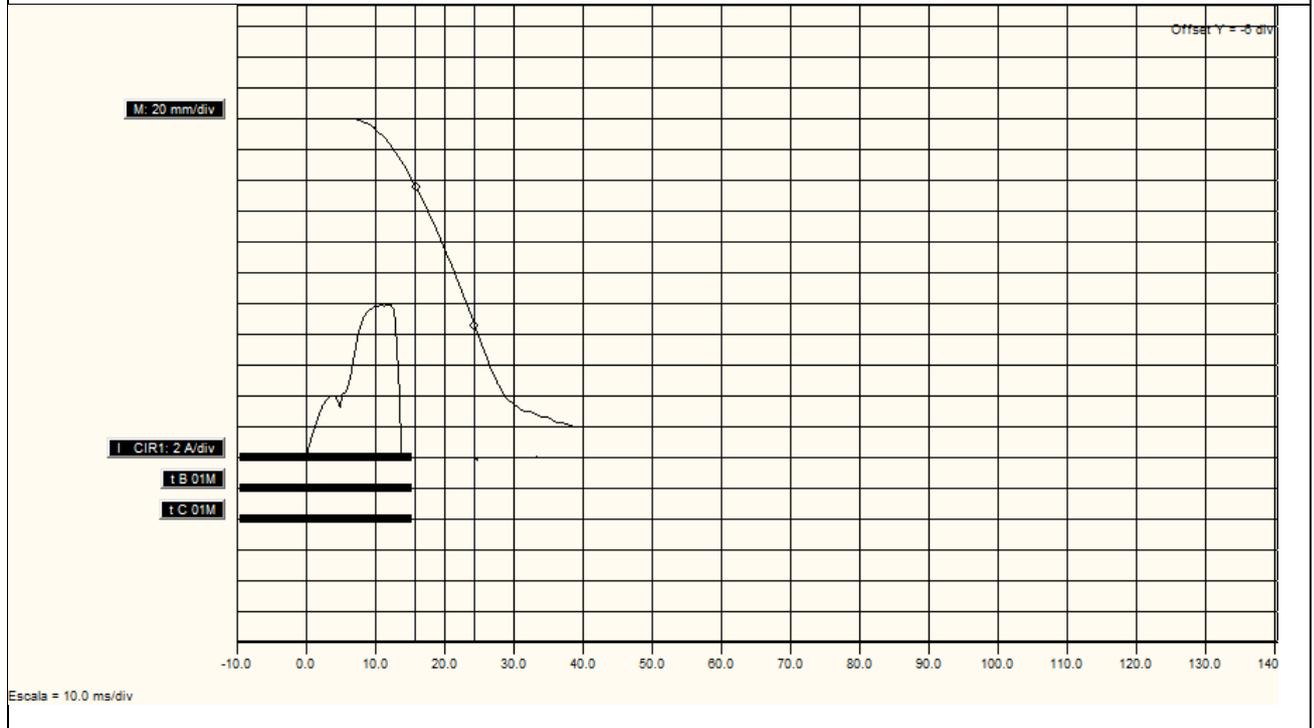


<b>ParameterTable:</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Close time A 01M	81.825	ms
Bounce t A 01M	1.000	ms
Penetr. A 01M	51.900	mm
Close time A 01R	81.825	ms
Diff M-R A 01R	0.000	ms
PIR Res. A 01R	79.000	ohm
Close time A 02M	-----	ms
Bounce t A 02M	-----	ms
Penetr. A 02M	-----	mm
Close time A 02R	-----	ms
Diff M-R A 02R	-----	ms

<b>ParameterTable:</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
PIR Res. A 02R	-----	ohm
Close time B 01M	82.175	ms
Bounce t B 01M	1.175	ms
Penetr. B 01M	50.500	mm
Close time B 01R	82.175	ms
Diff M-R B 01R	0.000	ms
PIR Res. B 01R	148.200	ohm
Close time B 02M	-----	ms
Bounce t B 02M	-----	ms
Penetr. B 02M	-----	mm
Close time B 02R	-----	ms
Diff M-R B 02R	-----	ms
PIR Res. B 02R	-----	ohm
Close time C 01M	83.450	ms
Bounce t C 01M	0.975	ms
Penetr. C 01M	45.200	mm
Close time C 01R	83.450	ms
Diff M-R C 01R	0.000	ms
PIR Res. C 01R	149.100	ohm
Close time C 02M	-----	ms
Bounce t C 02M	-----	ms
Penetr. C 02M	-----	mm
Close time C 02R	-----	ms
Diff M-R C 02R	-----	ms
PIR Res. C 02R	-----	ohm
Cls time a AUXa1	89.700	ms
Diff M-a AUXa1	6.250	ms
Opn time b AUXb1	50.700	ms

<b>ParameterTable:</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Diff M-b AUXb1	-32.750	ms
Cls time a AUXa2	-----	ms
Diff M-a AUXa2	-----	ms
Opn time b AUXb2	-----	ms
Diff M-b AUXb2	-----	ms
Close time A	81.825	ms
Close time B	82.175	ms
Close time C	83.450	ms
Close time	83.450	ms
Pk current CCIR1	5.200	A
C contr. V CCMD1	110.400	V
Stroke	200.000	mm
Cls speed A	4.05	m/s
Cls speed B	4.0	m/s
Cls speed C	4.1	m/s
Overtravel	0.500	mm
Rebound	0.300	mm
Cls Coil R CCIR1	156.900	ohm
Temp.	-----	°C
Temp.	-----	°F

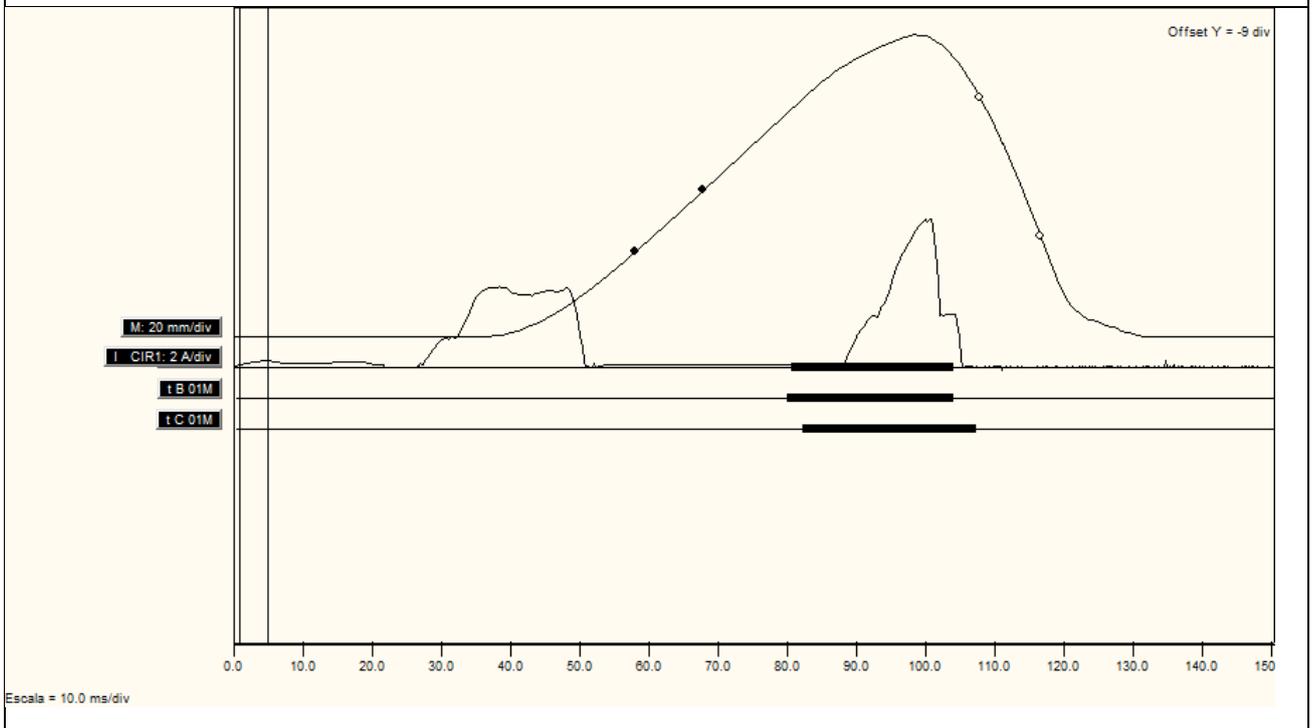
### APERTURA 3



<b>ParameterTable:</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Open time A 01M	15.350	ms
Open time A 01R	15.350	ms
Diff M-R A 01R	0.000	ms
PIR Res. A 01R	69.100	ohm
Open time A 02M	-----	ms
Open time A 02R	-----	ms
Diff M-R A 02R	-----	ms
PIR Res. A 02R	3056.300	ohm
Open time B 01M	15.425	ms
Open time B 01R	15.425	ms
Diff M-R B 01R	0.000	ms
PIR Res. B 01R	20.900	ohm
Open time B 02M	-----	ms
Open time B 02R	-----	ms
Diff M-R B 02R	-----	ms
PIR Res. B 02R	3234.500	ohm
Open time C 01M	15.450	ms
Open time C 01R	15.450	ms
Diff M-R C 01R	0.000	ms
PIR Res. C 01R	33.000	ohm
Open time C 02M	-----	ms
Open time C 02R	-----	ms
Diff M-R C 02R	-----	ms
PIR Res. C 02R	2883.400	ohm
Opn time a AUXa1	12.600	ms
Diff M-a AUXa1	-----	ms
Cls time b AUXb1	308.400	ms
Diff M-b AUXb1	-----	ms

Opn time a AUXa2	-----	ms
Diff M-a AUXa2	-----	ms
Cls time b AUXb2	-----	ms
Diff M-b AUXb2	-----	ms
Open time A	-----	ms
Open time B	-----	ms
Open time C	-----	ms
Open time	-----	ms
Pk current TCIR1	9.900	A
O contr. V TCMD1	110.900	V
Stroke	200.000	mm
Opn speed A	10.63	m/s
Opn speed A	10.6	m/s
Opn speed A	10.65	m/s
Undertrav.	0.300	mm
Rebound	0.100	mm
Opn Coil R TCIR1	45.900	ohm
Temp.	-----	°C
Temp.	-----	°F

# CIERRE-APERTURA 1



<i>ParameterTable:</i>		
Parámetros	Valor	Unidad
Close time A 01M	80.775	ms
Penetr. A 01M	47.500	mm
Close time A 01R	80.775	ms
Cls df M-R A 01R	0.000	ms
Opn df M-R A 01R	1.025	ms
Close time A 02M	-----	ms
Penetr. A 02M	-----	mm
Close time A 02R	-----	ms
Cls df M-R A 02R	0.000	ms
Opn df M-R A 02R	-----	ms

<b>ParameterTable:</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Close time B 01M	80.075	ms
Penetr. B 01M	50.400	mm
Close time B 01R	80.075	ms
Cls df M-R B 01R	0.000	ms
Opn df M-R B 01R	0.975	ms
Close time B 02M	-----	ms
Penetr. B 02M	-----	mm
Close time B 02R	-----	ms
Cls df M-R B 02R	0.000	ms
Opn df M-R B 02R	-----	ms
Close time C 01M	82.275	ms
Penetr. C 01M	41.300	mm
Close time C 01R	82.275	ms
Cls df M-R C 01R	0.000	ms
Opn df M-R C 01R	0.000	ms
Close time C 02M	-----	ms
Penetr. C 02M	-----	mm
Close time C 02R	105.100	ms
Cls df M-R C 02R	-105.101	ms
Opn df M-R C 02R	-----	ms
CO time A	-----	ms
CO time B	-----	ms
CO time C	-----	ms
CO time	-----	ms
C contr. V CCMD1	111.000	V
O contr. V TCMD1	111.700	V
Stroke	196.100	mm
Cls speed A	4.05	m/s

<b>ParameterTable:</b>		
<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Cls speed B	4.03	m/s
Cls speed C	4.05	m/s
Opn speed A	10.26	m/s
Opn speed B	10.25	m/s
Opn speed C	10.28	m/s
Overtravel	3.900	mm
Undertrav.	0.200	mm
Temp.	-----	°C
Temp.	-----	°F

## CONCLUSIONES

- Se realizó el mantenimiento eléctrico a la subestación de Pomacocha, los valores encontrados en las pruebas de contactos y pruebas de cierre de apertura están dentro de los valores exigidos por fábrica.
- Se realizó las pruebas DRM al interruptor DTB PMI B40 logrando obtener los resultados de acuerdo a los parámetros de fábrica.
- El análisis de los resultados fueron comparados por los parámetros de los manuales del equipo, el cual se anexa en el presente proyecto.
- La subestación se encontró con falta de mantenimiento continuo, por ello se hizo la limpieza de los equipos y obtener resultados más exactos al realizar pruebas eléctricas.
- En este proyecto nose detectó un plan de mantenimiento correctivo, puesto que los interruptores están dentro de los parámetros exigidos por el fabricante.
- El cliente presentó su conformidad del servicio con la firma de la conformidad, validando de esta manera los resultados de los protocolos de mantenimiento eléctrico desarrollados a sus interruptores.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener los datos del fabricante previamente antes del desarrollo del servicio, puesto que determina el comparativo de forma más exacta en campo.
- Al realizar el circuito para realizar las pruebas de apertura y cierre del interruptor, se han encontrado ciertas anomalías con el sistema de alimentación, esto obedece que se debe revisar la ingeniería de control, se tiene que realizar un levantamiento global y corregir en los planos, esquemas funcionales.
- El uso de equipos de pruebas debe ser efectuado por personal técnico calificado.
- Las pruebas de análisis de gas interruptor los resultados están dentro de los parámetros exigidos por fábrica, por tal efecto se recomienda hacer un control de cada seis meses.
- En muchos casos existen fuga de gas del equipo, para ello se recomienda programar detección de fuga de gas en periodos de 06 meses.
- Si los datos obtenidos no están dentro de los parámetros de fábrica, se puede concluir que el equipo necesita cambios de repuestos para el cambio de contactos.

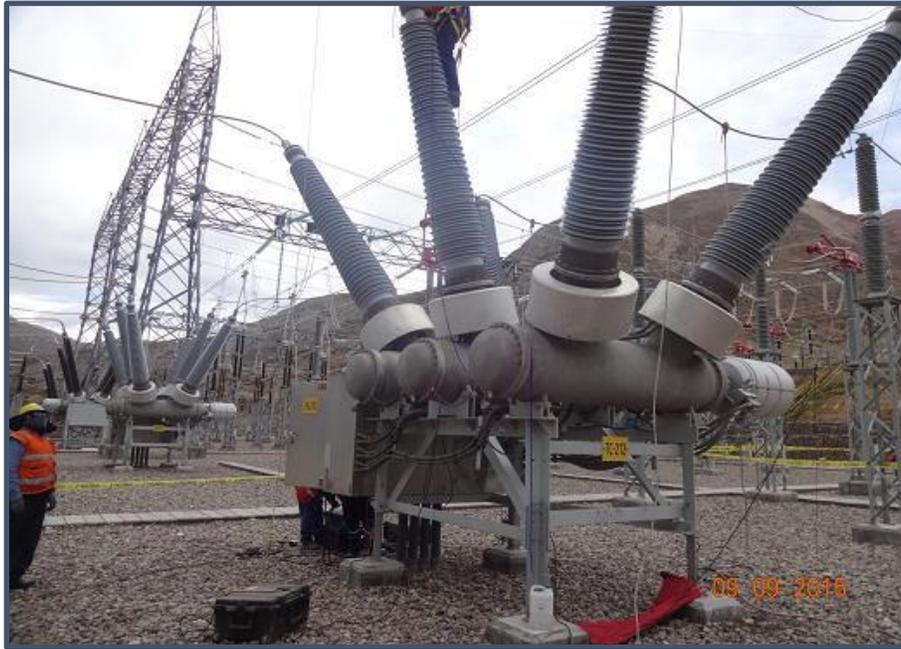
- La realización del mantenimiento previos a realizar las pruebas eléctricas, hace que los resultados sean preciso y no exista errores por la falta de limpieza del equipo, por ello se recomienda un mantenimiento global de la subestación.
- Los equipos de pruebas deben estar calibrados para el reconocimiento de los resultados obtenidos.
- El personal que realice las pruebas eléctricas debe estar certificado en pruebas de interruptores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Power Products, Catálogo de Productos Equipamiento de Media y Alta Tensión, ABB Perú.
- Manuales de Alta Tensión Interruptores DTB PMI, ABB Perú.
- Manuales de Interruptores DTB, ABB Perú.
- Manual de Equipos de Tanque Vivo y Tanque Vivo, ABB Suecia.
- Manuales de parámetros técnicos de Equipos DTB, ABB Suecia.
- Reglamento de instalaciones Electricas de alta Tensión y sus fundamentos Técnicos, F. GARNACHO GARCETA GRUPO EDITORIAL, 2014.
- Trabajos y maniobras de Alta Tensión, RODOLFO DUFO LOPEZ EDICIONES PARANINFO, S.A., 2012.
- Codigo Nacional de Electricidad, Tomo V, Sistema de Utilización.
- Manual Interruptores de Tanque Vivo, ABB Perú.
- Interruptores Tanque Muerto, Aplicaciones, Monitoreo en Línea, Maniobras Sincronizadas, Ing. William J. Henao – Jornadas Técnicas de ABB en Chile, 4 de Junio, 2013
- Manuales de productos de ABB, Interruptores.
- Interruptores de Tanque Muerto, Técnico Especialista, Luis Torero, Exposición realizada en Arequipa, Agosto 2015.
- <file:///C:/Users/pelucacon/Downloads/Module5.pdf>

- [http://www.sagradorazon.edu.ar/web/sexta\\_elect\\_a/Inst\\_Aplic\\_Ener/sub%20estaciones.pdf](http://www.sagradorazon.edu.ar/web/sexta_elect_a/Inst_Aplic_Ener/sub%20estaciones.pdf)
- <http://electricidad.utpuebla.edu.mx/Manuales%20de%20asignatura/5to%20cuatrimestre/Subestaciones%20electricas.pdf>

## ANEXOS



**Imagen 01.** Se muestra el cableado y conexionado de las maletas de pruebas al interruptor



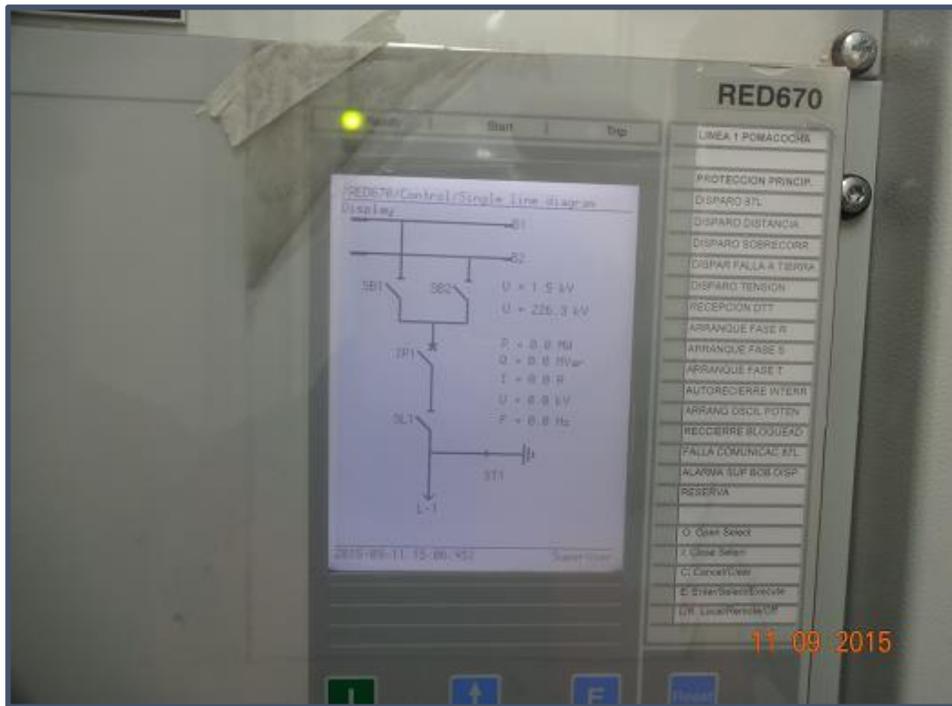
**Imagen 02.** Inspección del mecanismo HMB 8.1, instalación de transductor para realizar las pruebas



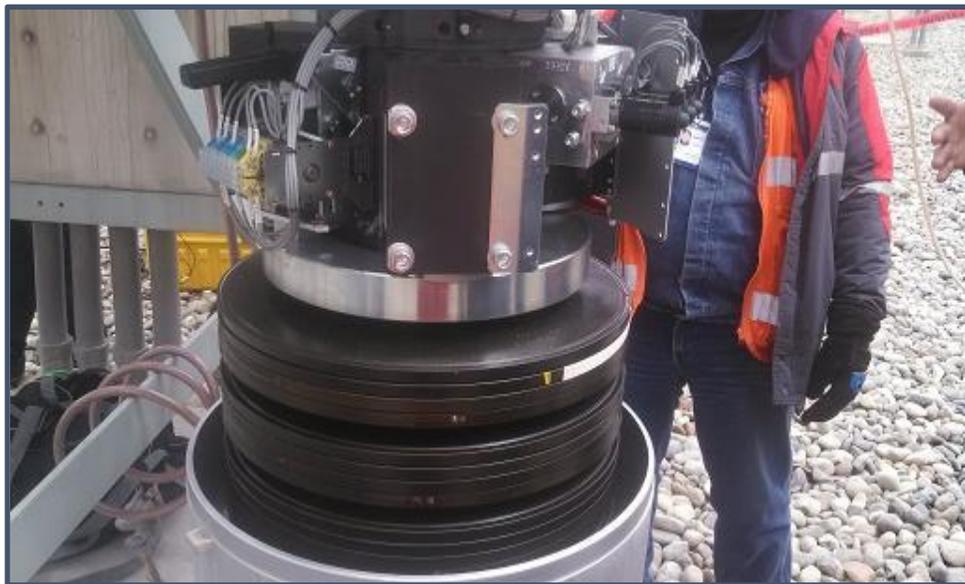
**Imagen 03.** Proceso de pruebas eléctricas del interruptor DTB 245 kV



**Imagen 04.** Inspección de los mecanismos unipolares del interruptor DTB 245 kV



**Imagen 05.** Verificación del mando a distancia del interruptor IN-212, dejándolo operativo luego de las pruebas.



**Imagen 06.** Verificación del mecanismo del interruptor operativo.



**Imagen 07.** Subestación de Pomacocha.

Item	Cod. SAP	Área	Serie	Fab/País	Año Fab	Tipo	Tensión(KV)	Corriente Nominal (Amp)	Tipo de Extinción	Mecanismo de operación	Tipo de accionamiento	Mando
1	701-L-2284	Set Pomacocha	XAL12170-03	ABB/USA	2010	245PMI-B	245	2000	SF6	HMB-8.7	Hidraulico	Unipolar
2	701-L-2285	Set Pomacocha	XAL12170-04	ABB/USA	2010	245PMI-B	245	2000	SF6	HMB-8.7	Hidraulico	Unipolar

**Tabla 01.** Datos Técnicos de los Interruptores



**Imagen 08.** Interruptores intervenidos



## ACTA DE CONFORMIDAD

Pág. 1 de 3

CLIENTE	MINERA CHINALCO PERU					
TIPO DE SERVICIO BRINDADO	Diagnostico	<input checked="" type="checkbox"/>	Supervision	<input type="checkbox"/>	Montaje	<input type="checkbox"/>
	Puesta en servicio	<input type="checkbox"/>	Reparación	<input type="checkbox"/>	Pruebas	<input checked="" type="checkbox"/>
	Entrenamiento	<input type="checkbox"/>	Mantenimiento	<input checked="" type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>
ASUNTO	SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y PRUEBAS ELECTRICAS LOS SECCIONADORES E INTERRUPTORES DE LA SET POMACCOCHA 220 KV					
SUBESTACION	S.E.T. POMACCOCHA 220 KV					
ORDEN DE SERVICIO		AREA	PPHV SERVICIOS			
FECHA DE INICIO	09-09-2015	FECHA FINAL	12-09-2015			
ALCANCE						

Traslado de personal, equipos y materiales a la SET POMACCOCHA 220 kV de la Minera Chinalco Perú.

ISA REP - SET POMACCOCHA 220 kV.

El día 09-09-2015 al 10/09/2015 se realizaron las pruebas eléctricas al IN – 212 y los TCs de este interruptor. .

Tipo de Interruptor: 245 PMI 40-20B

Nro. Serie: XAL12170-04.

Nivel de tensión: 245 kV

Se realizaron pruebas eléctricas a los TCs, relación de transformación, resistencia de devanados y curva de excitación con maleta de pruebas CPC100 OMICROM.

Se realizaron las pruebas eléctricas al Interruptor: Apertura, Cierre, Cierre Apertura, SDRM, Resistencia de contactos, Desplazamiento, con maleta de pruebas TM1800 MEGGER y CPC100 OMICROM.

Se realizaron las pruebas de resistencia de aislamiento con MEGOMETRO AEMC.

Se realizaron las pruebas de calidad de gas SF6 con maleta de pruebas DILO.

Se realizaron pruebas de detección de fugas de gas SF6 con detector de fugas DILO.

Se realizaron las pruebas eléctricas al SL-212, ST-212 de la L-2285

Tipo de Seccionador: VSSBIII-300

Nro. Serie:R: 410339-020-010, S: 410339-020-011, T: 410339-020-012

Nivel de tensión: 245 kV

ABB S.A.

Av. Argentina 3120 – Lima 1

Teléfono. (51-1) 4155100

Fax: (51-1) 5613040

Apartado postal 3846

Web: <http://www.abb.com/pe> / [abb.peru@pe.abb.com](mailto:abb.peru@pe.abb.com)

Lima 100 – Perú

SERVICIO 24 HORAS

ATENCION DE EMERGENCIAS 415.5200 / 0800-20400

Imagen 09. Acta de Conformidad de Minera Chinalco



## ACTA DE CONFORMIDAD

Se realizaron las pruebas de Tiempos de Apertura y Cierre, corriente de Motor, con maletas de pruebas ELCON SA10

Se realizó la regulación, calibración y alineamiento de las fases R y S, con el apoyo de un camión Grúa con canastilla.

Se realizaron las pruebas de Resistencia de contactos con la maleta de prueba Microhmimetro..

Se realizaron las pruebas de resistencia de aislamiento con MEGOMETRO AEMC.

El día 10-09-2015 al 11/09/2015 se realizaron las pruebas eléctricas al IN-211 y los TCs de este interruptor.

Tipo de Interruptor: 245 PMI 40-20B

Nro. Serie: XAL12170-03.

Nivel de tensión: 245 kV

Se realizaron pruebas eléctricas a los TCs, relación de transformación, resistencia de devanados y curva de excitación con maleta de pruebas CPC100 OMICROM.

Se realizaron las pruebas eléctricas al Interruptor: Apertura, Cierre, Cierre Apertura, SDRM, Resistencia de contactos, Desplazamiento, con maleta de pruebas TM1800 MEGGER y CPC100 OMICROM.

Se realizaron las pruebas de resistencia de aislamiento con MEGOMETRO AEMC.

Se realizaron las pruebas de calidad de gas SF6 con maleta de pruebas DILO.

Se realizaron pruebas de detección de fugas de gas SF6 con detector de fugas DILO.

Se realizaron las pruebas eléctricas al SL-212, ST-212 de la L-2284

Tipo de Seccionador: VSSBIII-300

Nro. Serie:R: 410339-020-007, S: 410339-020-008, T: 410339-020-009

Nivel de tensión: 245 kV

Se realizaron las pruebas de Tiempos de Apertura y Cierre, corriente de Motor, con maletas de pruebas ELCON SA10

Se realizó la regulación, calibración y alineamiento de las fases R y S, con el apoyo de un camión Grúa con canastilla.

Se realizaron las pruebas de Resistencia de contactos a 100 A y 200 A con la maleta de prueba Microhmimetro.

Se realizaron las pruebas de resistencia de aislamiento con MEGOMETRO AEMC.

Pág. 2 de 3

ABB S.A.

Av. Argentina 3120 – Lima 1

Teléfono. (51-1) 4155100

Fax: (51-1) 5613040

Apartado postal 3846

Web: <http://www.abb.com/pe> / [abb.peru@pe.abb.com](mailto:abb.peru@pe.abb.com)

Lima 100 – Perú

SERVICIO 24 HORAS

ATENCION DE EMERGENCIAS 415.5200 / 0800-20400

Imagen 10. Acta de Conformidad de Minera Chinalco



# ACTA DE CONFORMIDAD

## OBSERVACIONES

Al final del trabajo se realizaron pruebas a los seccionadores con el mando local y remoto, previo a la Energización para seguridad de funcionamiento de MCP.  
No se pudo intervenir los seccionadores pantógrafos de las L-2284 y L-2285 debido a que la barra se Encontraba energizada.

## RECOMENDACIONES

Pág. 3 de 3

## FIRMA DE LOS INVOLUCRADOS

ABB

Nombre: Arturo Bejarano.

ABB

Nombre: TITO RIVEROS

CLIENTE

Nombre: Christian Taya

CLIENTE

Nombre: GUSTAVO GONZALES P.  
Supervisor de Mantenimiento  
Electricidad  
PROYECTO TOROMOCHO  
MINERA CHINALCO

Los firmantes dan su conformidad por los trabajos efectuados

ABB S.A.

Av. Argentina 3120 - Lima 1  
Apartado postal 3846  
Lima 100 - Perú

Teléfono: (51-1) 4155100  
Web: <http://www.abb.com/pe> / [abb.peru@pe.abb.com](mailto:abb.peru@pe.abb.com)  
SERVICIO 24 HORAS  
ATENCION DE EMERGENCIAS 415.5200 / 0800-20400

Fax: (51-1) 5613040

Imagen 10. Acta de Conformidad de Minera Chinalco



**Timing Checklist Bulletin**  
**245 PMI-B Outdoor Power Circuit Breaker**  
**40, 50, and 63 kA**  
**Continuous Current Rating: 2000, 3000, and 4000A, 60Hz**

Date: _____	Circuit Breaker Manufacturer: _____	Breaker Serial #: _____
Substation: _____	Line or Bus: _____	Tests Performed by: _____
Item to Check	Actual Value	Specified Parameters
Opening Time		14 to 19 ms
Opening Velocity (mechanism fully charged)**		11.0 m/sec maximum
Inter-Pole Spread Opening		2.7 ms maximum
Closing Time*		45 to 60 ms
Closing Velocity - Non-Synchronous (mechanism fully charged)***		4.0 m/s minimum
Closing Velocity - Synchronous (mechanism fully charged)***		5.3 - 5.4 m/s
Inter-Pole Spread Closing		4.0 ms maximum
Reclose Time		300 ms minimum
Close-Open Contact Dwell Time		20 to 40 ms
Close-Open Travel Distance		185 mm minimum
Total Travel		198-202 mm
<p>*SUBTRACT the Pick-Up Time of the X-Relay if close timing tests are performed with the X-Relay in the circuit.</p> <p>**OPENING VELOCITY is calculated from 45 to 135 mm travel from the closed position.</p> <p>***CLOSING VELOCITY is calculated from 55 to 95 mm travel from the closed position.</p>		

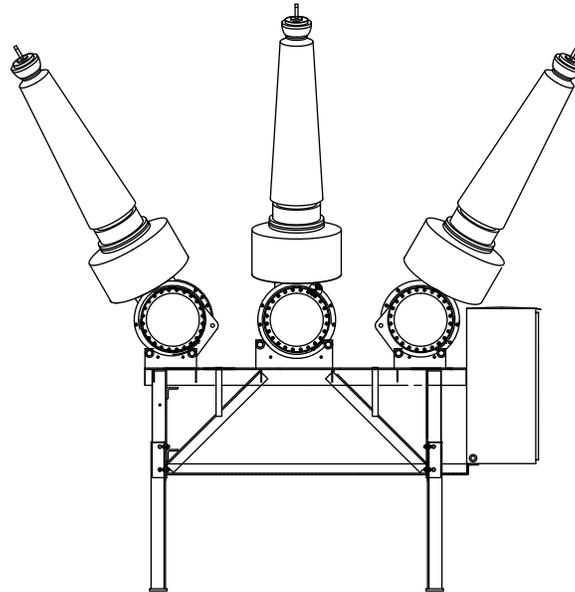
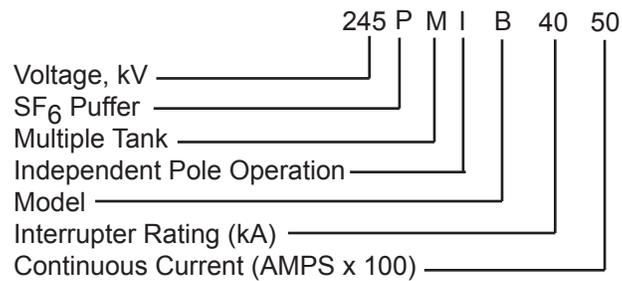
Notice: Velocity measurement using a doble timer on HMB-8 class mechanisms will report 14.9% below the true value.  
 A 1.175 multiplication factor must be applied to the measured trip and close velocity values to be correct.

# Installation/Maintenance Instructions for SF<sub>6</sub> Power Circuit Breaker©

April 2007

## Outdoor Power Circuit Breaker Type 245 PMI-B

Breaker model number nomenclature is as follows:



### IMPORTANT

READ ENTIRE MANUAL BEFORE OPERATING.  
DE-ENERGIZE AND GROUND ALL EQUIPMENT BEFORE PROCEEDING  
WITH INSTALLATION AND MAINTENANCE.

## **LEGAL NOTICES:**

### **Notice 1**

Based on our own experience, you will obtain the best possible operational reliability by following the recommendations given in these instructions. The data contained herein purports solely to describe the product, and it is not a warranty of performance or characteristics. It is with the best interests of our customers in mind that we constantly strive to improve our products and keep them abreast of advances in technology. This may lead to discrepancies between a product and these instructions.

### **Notice 2**

Within the scope of these instructions, it is impossible to take into account every eventuality which may arise with technical equipment in service. Please consult our local salesman in the event of any irregularities, especially if not referred to herein.

### **Notice 3**

We expressly decline liability for damages resulting from any incorrect operation or wrong handling of our equipment, even if these instructions contain no specific indication in this respect. We stress the fact that only genuine spare parts should be used for replacements.

### **Notice 4**

This publication is a copyrighted work. Therefore, it is not permissible to disclose, reprint, copy, or reproduce any part of these instructions without express written permission from ABB. These instructions do not purport to cover all details or variations in equipment nor to provide for every possible contingency to be met in connection with installation, operation, or maintenance. Should further information be desired or should particular problems arise which are not covered sufficiently for the purchaser's purposes, the matter should be referred to ABB Inc., Westmoreland Distribution Park East, 100 Distribution Circle, Mount Pleasant, PA 15666, Phone No. (724) 696-1500, Fax No. (724) 696-1502. Support is also available via the World Wide Web at [www.abb.com](http://www.abb.com) and [www.abbhvsg.com](http://www.abbhvsg.com)

**2GNB110054-001**  
**Module Listing**  
**for**  
**245 PMI-B Installation & Maintenance Instruction Book**

<b>Module Title</b>	<b>Publication Number</b>
<b>Customer Data</b>	2GNB110019-002
<b>Timing Checklist Bulletin</b>	2GNB110037-001
<b>Installation &amp; Maintenance</b>	
245 PMi-B Breaker	2GNB110043-001
<b>Notices:</b>	
Sliding Contact Surfaces in SF6	ED7.4.95-003
Static Current-Carrying Connections in SF6	ED7.4.96-003
<b>Timing</b>	2GNB110020-002
<b>Checklists</b>	
245 PMI-B with Tank-Mounted Density Monitor	2GNB110058-001
245 PMI-B with Control Housing Density Monitor	2GNB110059-001
<b>Bushings</b>	
Porcelain Bushings (245 PMI-B & 245 PMG-B)	2GNB110023-002
Composite Bushings (245 PMI-B & 245 PMG-B)	2GNB110024-002
<b>Interrupters</b>	2GNB110044-001
<b>Spare Parts</b>	2GNB110045-001
<b>Mechanism HMB-4.2</b>	641P027-006

Follow the instructions in this manual to prevent accidents and failures. Adhere to the procedures presented herein in the step-by-step sequence for the safety of personnel and equipment.

The Customer Data modure contains customer-specific information including timing values, wiring diagrams, and drawings.



**ABB Inc.**

Westmoreland Distribution Park East  
100 Distribution Circle  
Mount Pleasant, PA 15666

Tel: (724) 696-1500

Fax: (724) 696-1502

[www.abb.com](http://www.abb.com)

[www.abbhvsg.com](http://www.abbhvsg.com)