



REP
CTM
ISAP

Implementación de buenas
prácticas en Gestión de
Activos según la norma ISO
55000.01.02

Estrategia de Ciclo de Vida de
Interruptor de Potencia

Versión 6.0

Octubre 2023

Cuadro de Control				
Versión	Fecha	Elaboración	Revisión	Participación
2.0	12-06-2018	Jorge Dávila	Kernick Ruíz	Félix Arroyo Javier Vilcas
3.0	28-06-2019	Henry De La Cruz	Javier Vilcas	Jorge Dávila Félix Arroyo
4.0	17-06-2020	Gustavo Guillen	Fredy Ascencio Kernick Ruíz	
5.0	13-10-2022	Gustavo Guillen	Fredy Ascencio Kernick Ruíz	Angel Huamán
6.0	13-10-2023	Gustavo Guillen	Felix Arroyo Kernick Ruíz	Angel Huamán

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen ejecutivo.....	4
2. Definiciones.....	4
3. Referencias	6
4. Situación actual de los activos	6
4.1. Clasificación de interruptores	6
4.2. Incorporación de interruptores de potencia	10
4.3. Desempeño actual de equipos.....	11
4.4. Principales Riesgos actuales	15
5. Estrategia de ciclo de VIDA.....	15
5.1. Creación de activos.....	16
5.1.1. Planeación.....	16
5.1.2. Diseño	16
5.1.3. Compras	17
5.1.4. Montaje, puesta en servicio y entrega a operación.....	18
5.2. Operación de activos.....	19
5.3. Mantenimiento de Activos	20
5.3.1. Planear el Mantenimiento	20
5.3.2. Ejecutar el Mantenimiento	22
5.3.3. Evaluar el Mantenimiento	23
5.4. Renovación de activos	24
5.5. Disposición final de activos	31

1. Resumen ejecutivo

La visión centrada en los activos es un principio clave de la gestión de activos moderna, la cual requiere plasmar claramente los efectos de las decisiones de un proceso/área en otras áreas.

Las etapas de ciclo de vida definidas para Perú son crear, operar, mantener y renovar/disponer. Estas etapas son soportadas por habilitadores como lo son cultura, competencias, abastecimiento, gestión de riesgos, entre otros.

La gestión de los activos se hará por medio de la implementación de estrategias para cada etapa del ciclo de vida, estas estrategias están resumidas y particularizadas en este documento para interruptores de potencia de corriente alterna.

La empresa de transmisión de energía maneja una variedad de equipos de alta tensión con la intención de proveer servicios de transporte de energía. Los interruptores de potencia de corriente alternan por su importancia requieren de amplias destrezas y conocimiento para lograr su óptimo desempeño y ciclo de vida. Los interruptores se usan para conectar y desconectar circuitos con y sin carga en el menor tiempo.

La estrategia de ciclo de vida busca tener en un solo documento el manejo detallado del ciclo de vida de los equipos interruptores usados en la red.

Propósito

Describir la estrategia para gestionar el interruptor de potencia durante su ciclo de vida, es decir en sus etapas de creación, operación, mantenimiento, renovación y disposición final. Busca optimizar todos los recursos en sus actividades para maximizar los resultados con análisis de riesgos, costos y desempeño acordes con el PEGA y el Plan Estratégico de la Organización.

Alcance

Aplica a los interruptores de potencia para transporte de energía propios y de los clientes (CTM e ISA PERÚ) administrados por REP, durante todo su ciclo de vida.

Asimismo, se consideran las instalaciones de terceros conectadas a la infraestructura administrada por REP y que representan riesgos potenciales.

2. Definiciones

PEGA	Plan Estratégico de Gestión de Activos acorde con la norma internacional ISO 55001: 2014 – Asset Management – Management systems – Requirements.
Innovación	Cambios que introducen alguna novedad en los procesos buscando generar valor.
KPI	Key Performance Indicators – Indicadores Claves de Desempeño

Mejorabilidad	Es una herramienta que permite evaluar y definir de manera metódica, sistemática, sistémica y con un enfoque de riesgo, los activos sobre los que una organización debe enfocar sus recursos. Ello permite que se logre el mejor uso de sus recursos, y la mejor relación costo/beneficio en la implementación de acciones de mejora y en la definición de acciones de mantenimiento sobre los activos.
ECR	Eliminación de causa de riesgo: Es un método sistemático de gestión de eventos no deseados dirigido a identificar, documentar y eliminar las causas raíces de estos. Se trata de un proceso basado en hechos demostrables y auditables.
Matriz RACI	Matriz en la cual se definen las funciones de responsabilidad, Rendición de cuentas, consulta y participación para el sistema de Gestión de Activos (Responsible, Accountable, Consulted, Informed).
RCM+	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Plus (Reliability Centered Maintenance Plus). Es un proceso sistemático que permite preservar las funciones de los activos, identificando los modos de fallas con sus causas raíces para establecer las tareas que sean efectivas y económicas que nos garantizan que nuestra instalaciones cumplan el plan estratégico del negocio.
GAN	Guía de Aplicación Normalizada. Es un instructivo que indica el cómo realizar las actividades de mantenimiento. En él se describen los recursos, condiciones operativas, análisis de riesgos, estrategias de mantenimiento y se describe el paso a paso de cada actividad.
REM	<p>Las REM's son documentos que muestran que hay que hacer a nivel de equipos comunes.</p> <p>Las rutinas estándares de mantenimiento REM's como su nombre lo indica busca estandarizar los requerimientos mínimos de mantenimiento a ejecutar por equipo, digamos por ejemplo: líneas, transformadores, interruptores, controladores, bahías, barras, etc.</p> <p>Forman parte fundamental del gobierno corporativo del mantenimiento y el control del OPEX.</p>
PMO	Planned Maintenance Optimization
Análisis de Criticidad	<p>La criticidad es un índice de la importancia de un activo teniendo en cuenta el valor de los activos y la probabilidad y las consecuencias de fallas.</p> <p>El Análisis de criticidad define la criticidad de los activos de la empresa.</p>
MSDS	Hoja informativa sobre sustancias peligrosas (Material Safety Data Sheets).
SALVO	Proceso para la optimización del ciclo de vida del activo.

DST	Decision Support Tools. Herramienta para la toma de decisiones del ciclo de vida del activo.
OSINERGMIN:	Institución pública que regula la tarifa GRT, y fiscaliza a las empresas del sector eléctrico.
COES	Es el Comité de Operación Económica del Sistema y tiene como función coordinar la operación de corto, mediano y largo plazo del SEIN al mínimo costo, preservando la seguridad del sistema, el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, así como planificar el desarrollo de la transmisión del SEIN y administrar el Mercado de Corto Plazo”.

3. Referencias

Las siguientes referencias son relevantes para este documento de estrategia:

- PAS 55-2:2008: Guidelines for the application of PAS 55-1
- ISO 55001: 2014 – Asset Management – Management systems – Requirements.
- Plan estratégico de gestión de activos (PEGA)
- Estrategias funcionales de crear, operar, mantener, abastecer, fin de vida.
- Estrategia funcional de creación de activos
- Estrategia funcional de operar de activos
- Estrategia funcional de mantener de activos
- Estrategia funcional de fin de vida de activos
- Procedimiento de mejora continua
- MANOMAS
- IEC 62271-100 Interruptores de corriente alterna
- IEEE C37.09 Estándar de pruebas de interruptores
- IEC 62271-1 Especificaciones comunes para interruptores de alta tensión y controladores estándar.
- IEC 60376 Especificaciones del grado de SF6 para uso de equipos eléctricos
- IEC 62271-101 Equipos de patio de llaves y controladores parte 101, pruebas sintéticas.
- Publicación IEC 62155: Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V.
- Publicación IEC 60060: High-voltage test techniques

4. Situación actual de los activos

4.1. Clasificación de interruptores

Los interruptores de potencia en REP se clasifican de la siguiente forma:

- Medio de extinción: Vacío, aire, aceite y gas (SF6).

- Nivel de tensión: Media tensión (10kV - 33kV) y alta tensión (60kV – 500kV).
- Sitio de instalación: Costa, sierra y Selva.
- Tipo de mecanismo de operación: Hidráulico, neumático y mecánico.
- Tipo de montaje: Tanque vivo y tanque muerto.
- Tipo de operación: Tripolar y unipolar.

➤ **Nivel de tensión:**

En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de los interruptores de media tensión por Sociedad y Nivel de kV.

Cuenta de Equipo	Sociedad			
kV	CTMP	ISAP	REPD	Total general
10	5		148	153
13		5	7	12
22	2	4	51	57
24			20	20
33	3			3
34			5	5
35			4	4
Total general	10	9	235	254

En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de los interruptores de alta tensión de subestaciones AIS:

Tabla 2	Sociedad			
kV	CTMP	ISAP	REPD	Total general
60	19	5	97	121
66		3	15	18
132			2	2
138	8	15	121	144
220	118	30	172	320
500	65			65
Total general	210	53	407	670

➤ **Tipo de mecanismo de operación**

En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de los interruptores de alta tensión por tipo de mecanismo de operación hidráulico (H: aceite), mecánico (M: resorte) y neumático (N: aire):

Cuenta de Equipo	Sociedad			
kV	CTMP	ISAP	REPD	Total general
MECÁNICO	205	49	397	651
HIDRÁULICO	4	1	10	15
NEUMÁTICO	1	3		4
Total general	210	53	407	670

➤ **Por antigüedad.**

En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de los interruptores en media tensión por año de antigüedad:

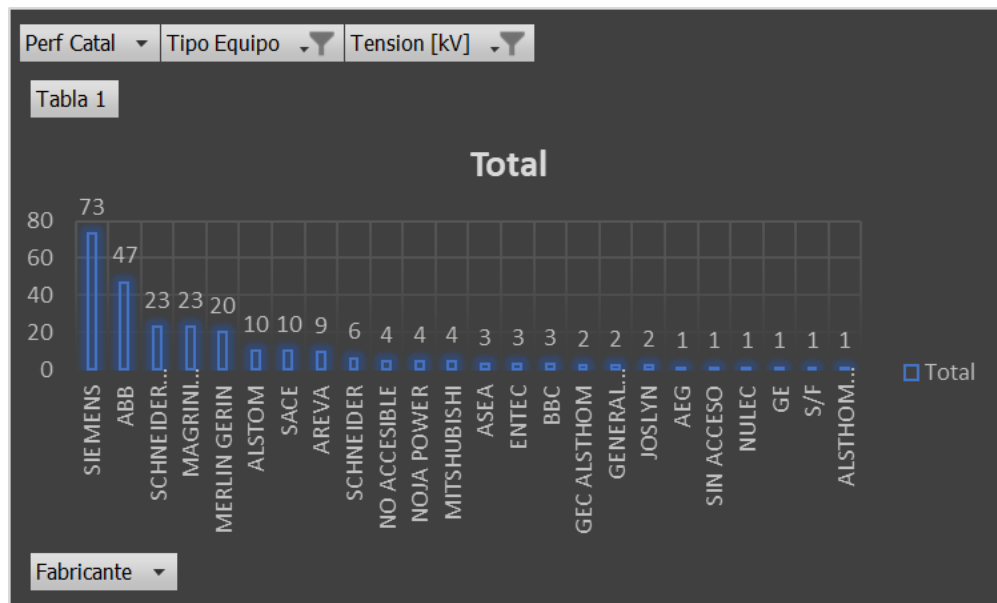
Tabla 4	Sociedad			
Edad	CTMP	ISAP	REPD	Total general
[0 - 10> años	9	3	87	99
[10 - 20> años	1		62	63
[20 - 30> años		6	15	21
[30 - 40> años			50	50
[40 - 50> años			18	18
[50 - 60> años			3	3
Total general	10	9	235	254

En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de los interruptores en alta tensión por año de antigüedad:

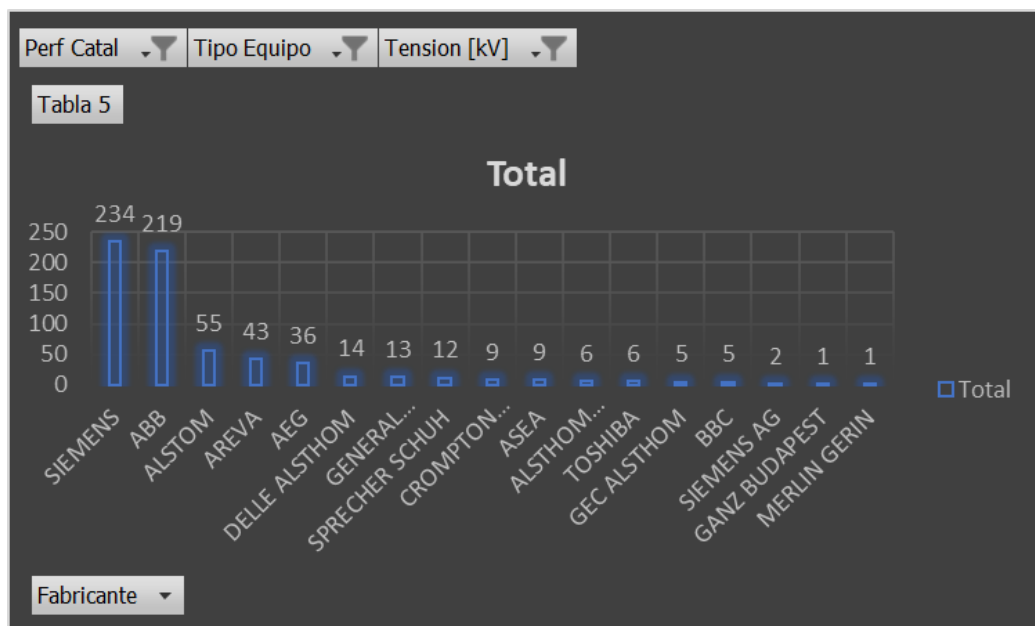
Tabla 5	Sociedad			
kV	CTMP	ISAP	REPD	Total general
[0 - 10> años	128	6	97	231
[10 - 20> años	68	2	163	233
[20 - 30> años	14	42	106	162
[30 - 40> años		3	28	31
[40 - 50> años			13	13
Total general	210	53	407	670

➤ **Por marca.**

En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de los interruptores en media tensión por marca: 254 Interruptores



En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de los interruptores en alta tensión por marca:
670 Interruptores



4.2. Incorporación de interruptores de potencia

En los próximos 10 años se planea reemplazar los interruptores indicadas en la tabla 1. El criterio utilizado para estimar su tiempo de reemplazo es por vida útil y se utilizó como referencia las buenas prácticas registradas en la norma de CIGRE WG 37.27:

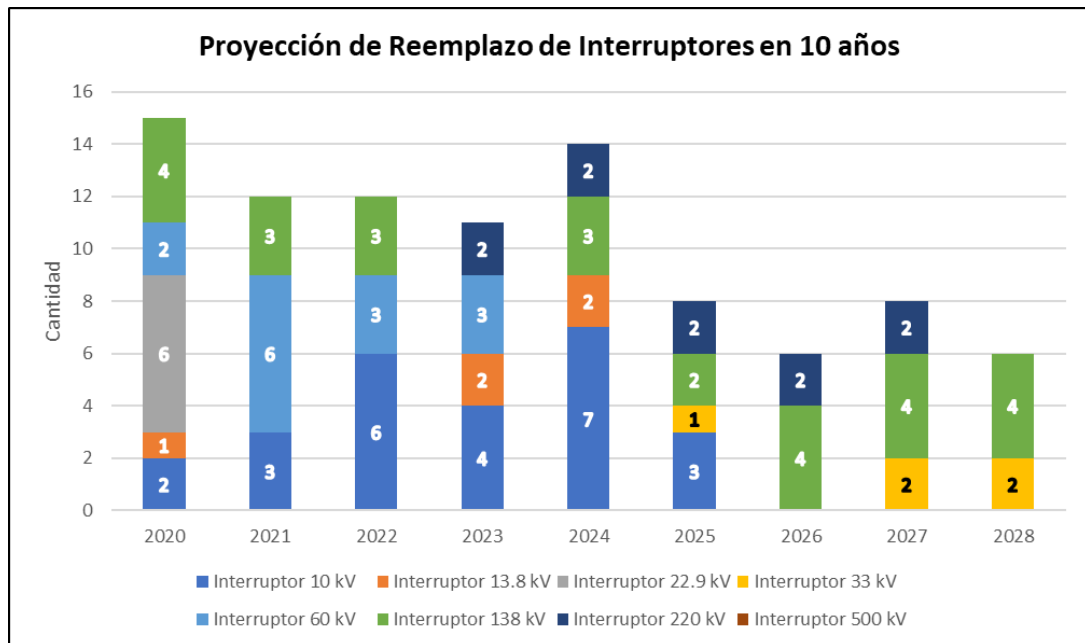
Vida promedio de acuerdo al tipo de interruptor.

Tipo	Tensión	Vida promedio Años	Desviación estándar Años	Razones por la varianza
Aire	<66 kV	40 (30 a 40)	6	Requiere una clasificación detallada de componentes, fallas por adecuación de componentes, costo de mantenimiento elevado, desgaste acelerado de los repuestos, desgaste mecánico, problemas con empaques de seguridad
	138 kV	41 (30 a 50)	6	
	220 kV	41 (30 a 50)	6	
	500 kV	40 (30 a 50)	6	
Aceite	< 66 kV	40 (30 a 40)	6	
	138 kV	42 (30 a 50)	6	
	220 kV	41 (30 a 50)	6	
	500 kV	38 (30 a 45)	5	
Gas	< 66 kV	40 (30 a 50)	6	Requiere una clasificación detallada del componente, fallas por adecuación de componentes, obsolescencia de partes, desgaste mecánico, problemas con empaques, vistos como menos robustos, preocupación por el SF6
	138 kV	43 (30 a 50)	6	
	220 kV	42 (30 a 50)	6	
	500 kV	42 (30 a 50)	6	

La exactitud del año de reemplazo se estimó utilizando las herramientas de gestión de activos con visión de costo, riesgo y desempeño a lo largo de su ciclo de vida.

Cantidad de interruptores a reemplazar en 10 años

Nivel de Tensión	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Interruptor 10 kV	2	3	6	4	7	3				
Interruptor 13.8 kV	1			2	2					
Interruptor 22.9 kV	6									2
Interruptor 33 kV						1		2	2	4
Interruptor 60 kV	2	6	3	3						
Interruptor 138 kV	4	3	3		3	2	4	4	4	
Interruptor 220 kV				2	2	2	2	2		3
Interruptor 500 kV										



El costo operacional futuro estimado de las inversiones requeridas para interruptores es aproximadamente de 7.313 Millones de dólares.

4.3. Desempeño actual de equipos

➤ Calificación de equipos:

En el siguiente cuadro se muestra la calificación de la condición de los interruptores, en el que se aprecia 122 interruptores cuestionados. El criterio de calificación de condición del equipo utilizado es, (0: Pérdida funcional, 1: Crítica y 2: Riesgosa).

COND_STR	A	B	C	Total
0			3	3
1		10	15	25
2	1	33	60	94
Total	1	43	78	122

- Interruptores Cuestionados Por Subgerencia De Transmisión

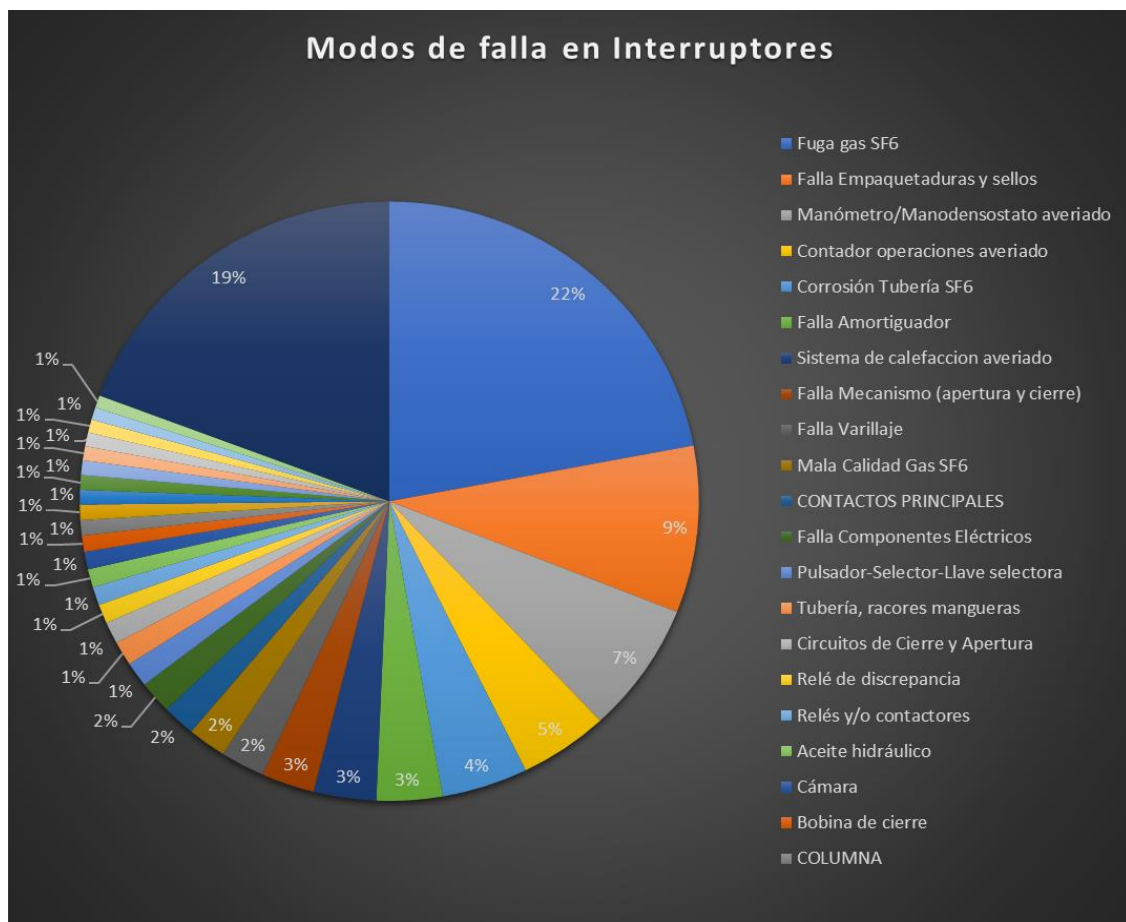
DT	0,00	1,00	2,00	Total
⊕ DTC		13	45	58
⊕ DTN	1	4	21	26
⊕ DTS	2	8	28	38
Total	3	25	94	122

➤ **Estado de avisos de los equipos:**

A la fecha existen 254 avisos N2/N4 en estado abierto y asociados a interruptores de los cuales 222 son del tipo OPERATIVO, 25 son del tipo POA y 7 son del tipo por RGAR.

Cuenta de Aviso	Tipo de aviso			
Año de aviso	OPER	POA	RGAR	Total general
N2	170	14	6	190
2020	1			1
2021	47	11	1	59
2022	47	3	4	54
2023	75		1	76
N4	52	11	1	64
2013		1		1
2015	3	1		4
2016	1	1		2
2017	4			4
2018	8	1		9
2019	13	1	1	15
2020	21	4		25
2021	2	2		4
Total general	222	25	7	254

En el siguiente grafico se muestra un diagrama de torta con los modos de falla reportadas en los avisos N2 y N4 asociados a interruptores.



En el siguiente cuadro se muestra la estadística completa de % de avisos y el % acumulado de los modos de falla reportadas en los avisos N2 y N4 asociados a interruptores.

Modos de falla	% Avisos	%Acumulado
Fuga gas SF6	22.02%	22.02%
Falla Empaquetaduras y sellos	9.00%	31.02%
Manómetro/Manodensostato averiado	7.06%	38.08%
Contador operaciones averiado	4.66%	42.74%
Corrosión Tubería SF6	4.50%	47.24%
Falla Amortiguador	3.43%	50.67%
Sistema de calefaccion averiado	3.28%	53.95%
Falla Mecanismo (apertura y cierre)	2.76%	56.71%
Falla Varillaje	2.33%	59.04%
Mala Calidad Gas SF6	2.01%	61.05%
CONTACTOS PRINCIPALES	1.74%	62.79%
Falla Componentes Eléctricos	1.74%	64.52%
Pulsador-Selector-Llave selectora	1.34%	65.86%
Tubería, racores mangueras	1.30%	67.17%
Circuitos de Cierre y Apertura	1.18%	68.35%
Relé de discrepancia	1.03%	69.38%
Relés y/o contactores	0.99%	70.36%
Aceite hidráulico	0.99%	71.35%
Cámara	0.95%	72.30%
Bobina de cierre	0.87%	73.16%
COLUMNA	0.83%	73.99%
Bobina de apertura	0.83%	74.82%
Polo (conjunto Cámara y Columna)	0.79%	75.61%
CONTROL	0.79%	76.40%
Interruptor de potencia	0.79%	77.19%
Contacto (fijo)-Contracontacto (móvil)	0.75%	77.94%
Motor	0.75%	78.69%
Elemento externo	0.71%	79.40%
Aceite dielectrico	0.67%	80.07%
Sistema eléctrico de control	0.67%	80.74%
OTROS	19.26%	100.00%

4.4. Principales Riesgos actuales

Los principales riesgos potenciales actuales en los interruptores son:

1. Falla de interruptores con más de cuarenta (40) años de operación y con mando neumático e hidráulico
2. Fuga de gas SF6 en los interruptores instalados en la costa debido a la corrosión atmosférica.
3. Falla de interruptores de 500kV por mal diseño y por error en la configuración y ajustes de los relés de mando sincronizado.
4. Esquemas de protección y control, asociados a interruptores no actualizado por entrada de proyectos sin la debida revisión y pruebas.
5. Diversidad de marcas y tipos de interruptores hace difícil contar con un stock mínimo de repuestos y es lento su compra.

5. Estrategia de ciclo de VIDA

El ciclo de vida de los interruptores de potencia está basado en la siguiente cadena:



5.1. Creación de activos

En la estrategia del crear se define los criterios y etapas para la creación de activos nuevos que se incorporarán al sistema de transmisión. El resumen de las etapas del crear son los siguientes:

5.1.1. Planeación

- Se han definido y estandarizado las mejores prácticas de gestión de los Interruptores en todo su ciclo de vida, a través del conocimiento del personal interno y de las lecciones aprendidas, las cuales se documentan en las Rutinas Estándar de Mantenimiento - REM, Guías de Aplicación Normalizada – GAN, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM+, Especificaciones Técnicas Garantizadas – ETG.
- En función de la criticidad de las actividades a ser desarrolladas, especialmente en los procesos de diseño, montaje, operación y mantenimiento de los Equipos, se tiene definido el perfil del personal requerido para realizar las actividades más críticas y aquellas personas que están en proceso de formación y por lo tanto pueden hacerse cargo de las actividades más básicas, logrando que solo las personas habilitadas operen o intervengan los Interruptores.
- Con el objetivo de garantizar la transferencia interna de conocimiento, el personal más capacitado de las áreas de DGM y Mantenimiento de STs, es responsable de formar parte activa del Plan de Formación y Capacitación de aquellas personas que se encuentran en proceso.
- La estructuración de las Ofertas de Convocatoria y Conexiones para Proyectos Nuevos y de Renovación, se realiza con la participación de un equipo multidisciplinario de la Empresa (Ingeniería, Ejecución de Proyectos, Operación, Mantenimiento, entre otros), quienes, con sus aportes efectivos, logran una planeación integral en todo el Ciclo de Vida de los Activos, que minimiza los riesgos, optimiza los costos y potencia el desempeño del Sistema

5.1.2. Diseño

Las Especificaciones Técnicas de los interruptores se generan con el fin de garantizar un equipo confiable maximizando su disponibilidad de servicio, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Criterios de Operación y Mantenimiento.
- Requerimientos del cliente final.
- Detalle suficiente del Alcance del Proyecto.
- Requisitos eléctricos, mecánicos y civiles del sistema eléctrico al cual serán conectados los Equipos.
- Condiciones del sitio de instalación (ambiente).
- Regulación y Normatividad Nacional e Internacional.
- Requerimientos definidos en el sistema integrado de gestión.
- Solicitud de criterios para la disposición final de los equipos.
- Para el montaje de equipos asociados a nuevos proyectos (Ampliaciones, Conexiones, Convocatorias) las Especificaciones Técnicas debe definir el alcance, responsabilidades, requisitos legales de Seguridad y Salud en el Trabajo, requisitos

de formación y experiencia del personal designado por el fabricante para la prestación del Servicio de Supervisión del Montaje y de las Pruebas de Puesta en Servicio y Entrenamiento (en los componentes básicos del equipo suministrado y en las recomendaciones de mantenimiento de fábrica).

- Dichas especificaciones son actualizadas periódicamente, siguiendo los procedimientos definidos para la edición y modificación de las mismas, los cuales se sustentan en el consenso logrado entre las áreas de Ingeniería y DGM - Mantenimiento, y en las experiencias que se presentan en la ejecución de los diferentes Proyectos y en la operación de los equipos.
- Buscando fomentar la homologación, entre las áreas de Ingeniería y DGM – Mantenimiento, se han estandarizado los requisitos técnicos mínimos que deben ser cumplidos por los Interruptores en todos los Proyectos, con miras a lograr el mejor desempeño en el Ciclo de Vida, y los requisitos específicos se generan de acuerdo con las condiciones particulares.
- Los diseños específicos de subestaciones nuevas, ampliaciones y los correspondientes a los Planes de Optimización de Activos – POA, se realizan buscando el mejor desempeño de los equipos existentes y de los nuevos a ser instalados, y para esto se consideran niveles óptimos de repuestos que prevean posibles fallas durante el montaje y la posterior operación de los Equipos.
- Para prestar un servicio integral, el personal designado a las actividades de Diseño, conoce a fondo las Especificaciones Técnicas, acompaña todas las etapas del Proyecto y se le da continuidad en los procesos siguientes, de forma que se mantienen el flujo de información, se garantiza la aplicación de los mismos criterios y se logra contrastar el cumplimiento de las especificaciones técnicas a medida que fluyen las etapas, minimizando las desviaciones.

5.1.3. Compras

- Se aplica una metodología de precalificación y segmentación de proveedores (a nivel de fábrica específica), a partir de análisis de documentación y la realización de inspecciones (auditorías) periódicas presenciales con personal interno y externo (con gran reconocimiento en el mercado), con el objetivo de determinar la capacidad técnica real para diseñar, fabricar y probar los Interruptores, para prestar los Servicios de Supervisión del Montaje, y establecer el alcance comercial (logística, prestación del servicio postventa, nivel de competitividad) de cada fabricante que es invitado a participar en los procesos de contratación.
- Alineado con el Sistema de Gestión de ISA y sus filiales, se incluye en la precalificación de proveedores y contratistas, criterios como la certificación en las normas ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 y criterios de responsabilidad social y ambiental, según sea el caso.
- El suministro de Interruptores (con sus respectivos repuestos) y la prestación de los servicios asociados, se contratan con proveedores y contratistas precalificados, siguiendo fielmente las Especificaciones Técnicas definidas por ISA, minimizando los riesgos de incumplimiento y optimizando los tiempos y montos de contratación.
- Para garantizar que el proveedor preste su servicio postventa de forma ágil y atienda todas las reclamaciones por garantía que se le notifiquen dentro de los cinco (5) años siguientes a su suministro; para ello, en cada Contrato se definen claramente los mecanismos que se deben aplicar para presentar una reclamación durante y después del suministro, los tiempos de respuesta acordados entre las partes y las responsabilidades frente a las acciones que se deben implementar.
- Se respalda con pólizas de garantía, la calidad y el correcto funcionamiento de los equipos y sus accesorios.

- Como complemento, se contrata con el fabricante del equipo, el suministro de personal técnico idóneo para la prestación del servicio de montaje y de las pruebas de puesta en servicio, y el entrenamiento.
- Las personas que gestionan la categoría de Interruptores desde el proceso de abastecimiento agregan valor al proceso por medio de la toma de decisiones basado en el análisis de costos en todo el Ciclo de Vida y en el análisis de todas las variables comerciales, que permiten la contratación óptima y con los precios más competitivos.
- Para validar el cumplimiento de las Especificaciones Técnicas en el diseño y fabricación de los Interruptores por parte del fabricante, Ingeniería realiza la revisión y aprobación del Diseño y de los resultados de las pruebas de aceptación, con el acompañamiento de personal de las áreas de DGM - Mantenimiento, o incluso con el apoyo de un proveedor externo que sea referente técnico en el mercado.
- Cuando en la etapa de revisión y aprobación del Diseño relativo a un Proyecto, se requiere aprobar la desviación del fabricante frente a las Especificaciones Técnicas definidas, se escala la consulta al grupo responsable por su edición, quien determina su aceptación puntual y la necesidad de replicar dicha modificación para Proyectos futuros.
- Adicionalmente se tienen definidos procedimientos para realizar control y seguimiento durante la fabricación de los Interruptores, que permiten validar el cumplimiento de las Especificaciones Técnicas por parte del fabricante, que incluyen entre otros las siguientes:
 - Análisis de los controles de calidad aplicados por el fabricante sobre sus subcontratistas de materias primas, accesorios y empaques.
 - Validación del control metrológico y su nivel de actualización, sobre los equipos de pruebas.
 - Con el objetivo de homologar el suministro de Interruptores, se realizan acuerdos de estandarización (sin modificar las Especificaciones Técnicas) con los proveedores recurrentes y se documentan como “Reglas de Negocio Técnicas” que son replicadas en todos los Proyectos sucesivos (cuando aplica).

5.1.4. Montaje, puesta en servicio y entrega a operación.

Para garantizar el desempeño de los Interruptores y la validez de la Garantía de Fábrica, el montaje y puesta en servicio se realiza de acuerdo con los siguientes lineamientos:

- Se aplica el Manual de Montaje suministrado por el fabricante,
- Se cuenta con la supervisión de personal idóneo del fabricante para los casos de Proyectos de Concesión o Ampliaciones, quien se encarga de validar que los Equipos al momento de ser montados, cumplan con las condiciones de diseño y fabricación.
- Se atienden los Protocolos de Puesta en Servicio definidos (incluyendo la validación frente a los estudios eléctricos),
- Se cumple con los requisitos técnicos y parámetros mínimos definidos por REP, y que se han documentado en las GAN para este tipo de procesos.

De esta forma se logra que, en el montaje y puesta en servicio de los Equipos, se garanticen las condiciones para las cuales fueron diseñados y fabricados, y por lo tanto se asegura la correcta operación, la menor cantidad de intervenciones antes de los primeros 6 años desde su energización y el cumplimiento de la vida útil estimada.

El montaje de los equipos se realiza con personal idóneo, para lo cual se utiliza personal interno certificado de acuerdo con lo establecido en el numeral 8.1.1 –Planeación– del presente documento, o se subcontrata con empresas que tienen la capacidad y experiencia certificada para realizar dicha actividad.

El personal de la fábrica (supervisores) demuestra antes de iniciar las labores contratadas, su capacitación y certificación para realizar trabajos en altura, cumpliendo con la normatividad legal peruana. Para el caso de personal extranjero, que no tengan estos certificados desde su país de origen, cumplen con el procedimiento definido por REP y en consecuencia presentan una carta de la fábrica en la que se certifica que las personas tienen la competencia técnica y capacitación suficiente para trabajar en alturas. (Esto se debe validar con las personas de Seguridad de REP).

El entrenamiento prestado por el fabricante, en los componentes básicos del equipo (accesorios, relés, protecciones, mecanismos, entre otros) y en las recomendaciones de mantenimiento, es coordinado por Gestor del Proyecto y se atiende con el personal interno certificado que se encargará de realizar los Estudios Eléctricos, operar el equipo en la subestación (Operador del Equipo), ejecutar maniobras, realizar mantenimiento y con el personal en formación.

Para garantizar la eficacia del Montaje, se ponen en práctica las siguientes directrices:

- Se definen los protocolos para la atención de emergencias.
- Se definen los protocolos para realizar la capacitación en sitio al personal seleccionado, en función de los procedimientos.
- Se tiene un procedimiento documentado para realizar el reporte interno de anomalías y reclamaciones de forma inmediata, el consecuente análisis de dichas fallas entre el Proyecto y el área de Subestaciones para determinar las acciones correctivas y preventivas que aseguren la mejora continua (proceso de garantía).

5.2. Operación de activos

Para asegurar la confiabilidad y disponibilidad de los interruptores y evitar impactos sobre las personas y medio ambiente, la operación de estos debe cumplir con los siguientes criterios y consideraciones:

- Las maniobras operativas y no forzadas se realizan desde el nivel de control 3, es decir desde el Centro de Control, con el fin de agilizar los mantenimientos y recuperación de las instalaciones y no afectar la seguridad del personal operador y de mantenimiento de la subestación.
- Evaluar el estado del interruptor por corte de corrientes de cortocircuito durante las fallas.
- Utilizar adecuadamente los manuales de operación de los equipos en las contingencias y mantenimientos.
- Acordar estrategias para disminuir tiempos de respuesta ante eventos de falla en interruptores.
- Aplicar los planes de contingencia para eventos de falla de los interruptores.

5.3. Mantenimiento de Activos

5.3.1. Planear el Mantenimiento

Como consigna primordial del Mantenimiento en la Empresa, se privilegia el Mantenimiento Predictivo que no genere interrupciones a la Operación, a través del monitoreo continuo al Sistema y de la intervención oportuna de los equipos cuando realmente se requiere.

A los Interruptores se les realiza un mantenimiento periódico definido en la aplicación de las Rutinas Estándar de Mantenimiento (REM) con criterios de diagnóstico normalizados (estandarizados) y con la Información Operativa (número de maniobras, corrientes de corto, tiempos de operación, etc), de forma que reflejen la disponibilidad operativa (e incluso las restricciones para su operación) y el nivel de riesgo para el Sistema.

La definición de las frecuencias se establece de acuerdo al ambiente y desempeño operacional de los equipos definidas en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para las modificaciones en la frecuencia se debe realizar mediante el uso de las herramientas DST.

En función de los resultados obtenidos en el mantenimiento, se plantea la necesidad de realizar las intervenciones y su nivel de profundidad, y se realiza la priorización de las actividades a partir de su criticidad sobre la disponibilidad.

Para el caso de los Interruptores, se enfatiza el monitoreo continuo al desempeño de las principales variables: Presión SF6 y para los interruptores con mando sincronizado se debe monitorear la operación de los mismos.

Como estrategia del mantenimiento para el control de las fugas de SF6 se realizará mantenimiento mayor a juntas entre los aisladores y parte metálica del equipo (Efecto rayos UV, corrosión y humedad) y sellos de acuerdo a condición (Overhaul). Para el desarrollo de estas actividades se debe contar con la experiencia del personal de la compañía y en algunos con la asesoría de los fabricantes y especialistas locales o internacionales en temas como hidráulica, neumática y lubricación. Para dichas asesorías se debe garantizar el canal de comunicación permanente con fabricantes y expertos.

El mantenimiento de los Equipos y sus accesorios se planea en función de la Regulación Eléctrica vigente en el país y se retroalimenta luego de que se presentan cambios en dicha regulación.

Adicionalmente se hace referenciamiento periódico con empresas líderes (nacionales e internacionales) del sector, en metodologías de mantenimiento, modos de falla y desempeño de equipos.

Se tiene definidos los criterios para realizar los Planes de Mantenimiento en función de las siguientes variables:

- Edad de los equipos.

- Vigencia de garantías de fábrica.
- Lugar de instalación del Equipo.
- Tecnología (Mecanismo hidráulico, neumático, resorte).
- Operación del equipo.

Se han documentado y estandarizado los tiempos requeridos para las principales actividades de mantenimiento, en función de la cantidad de equipos, estado de los activos, recursos, entre otros.

Para garantizar la eficacia del trabajo de mantenimiento, se ponen en práctica las siguientes directrices:

- Se recopila toda la información documental e histórica de los equipos a ser intervenidos (planos, pruebas, manuales, etc) y son analizados para planear correctamente las actividades.
- El personal calificado realiza previamente una inspección en sitio, con el objetivo de determinar la condición real de los equipos y sus accesorios, la cual incluye el monitoreo de los sistemas de control, de forma que se tenga información confiable para la toma de decisiones.
- Se han analizado alternativas para realizar inspecciones “no invasivas” en los Equipos y que no se requiera abrir los Equipos.
- Se potencia la utilización de sistemas de información para la recopilación en línea de la información del desempeño de los equipos y obtener el reporte de fallas presentadas en tiempo real.
- Se realiza un Plan de Trabajo detallado en el que se incluye el listado de actividades que se van a realizar, los recursos humanos que van a participar y el listado de herramientas que se van a utilizar,
- Para garantizar la correcta operación de los Equipos, durante el mantenimiento de los Equipos se ponen en práctica las siguientes directrices que aplican a las herramientas que serán utilizadas:
 - Se cuenta con equipos para manipulación y análisis del gas SF6 de manera que se puedan realizar buenas prácticas de operación y mantenimiento para mitigar el impacto ambiental del gas SF6.
 - Las grúas cumplen con la normatividad legal vigente, en especial los temas relacionados con el mantenimiento periódico.
 - El operador de la grúa, tiene el conocimiento y experiencia probados para trabajar en subestaciones energizadas (cuando aplica), y por lo tanto son certificados una vez por año en coordinación con los Analistas del Sistema Integrado de Gestión.
 - Los equipos de medición y las herramientas de verificación (vacuómetros y torquímetros) están bajo un control metrológico que garantiza su actualización y precisión.

Las tareas de mantenimiento en REP para los interruptores está definida de la siguiente manera:

Tareas predictivas

- Inspección Operativa mensual en servicio a cargo del asistente.
- Inspección nocturna del aislamiento en servicio a cargo del asistente 1M/3M.
- Termografía en conectores de tensión anual.
- Medida resistencia contactos, 3A en celdas de reactores y capacitores. s/mando sincronizado 6A.
- Revisión del mecanismo de accionamiento 6A

- Inspección de conexiones de PAT 6A
- Medición de pureza del gas 6A
- Limpieza e inspección de capacitores 6A, donde aplique.
- Verificación de operación de la resistencia pre inserción 12A, donde aplique.
- Medida de la capacitancia 12A
- Medida tiempos de operación 12A

Mantenimiento basado en frecuencia

- Siliconado o limpieza del aislamiento 3A/1A
- Reapriete de borneras en gabinetes 6A
- Tratamiento anticorrosivo en tubería de SF6 en SIEMENS modelo 3AP1 FI 6A, GEC ALTHOM

Búsqueda de falla

- Verificar camino señales salida 12A

Mantenimiento correctivo a condición

- Cambio de empaques y reemplazo de empaques en gabinetes.
- Reemplazo de conectores de tensión por punto caliente.
- Mantenimiento mayor en interruptores.
- Llenado de gas SF6.
- Cambio de empaques por fugas de SF6.

A continuación, se detallan los puntos por mejorar:

1. Se debe contar con un Plan de Formación y capacitación que contemple las personas idóneas para el mantenimiento de los interruptores para que asistan a sesiones de entrenamiento que realizan los fabricantes y/o expertos en diferentes temas asociados a la tecnología de interruptores.
2. Normalizar los procedimientos para realizar el overhaul de los Interruptores y su seguimiento se realiza a partir de Listas de Chequeo, de forma que todas las intervenciones se planeen y se ejecuten de acuerdo con los mismos criterios, cumpliendo con las recomendaciones de seguridad definidos.
3. Culminar con la catalogación de los repuestos que se ingresan al inventario, para cada Equipo y/o marca (cuando aplica), unificando los códigos y las descripciones de los repuestos en el Maestro de Materiales de SAP, lo que permite conocer exactamente el inventario disponible y reducir el valor almacenado.
4. Generación de plan de simulación de planes de contingencia de manera sistemática.
5. Revisión/actualización/sistematización de protocolo de diagnóstico de equipos ante alarmas y equipos cuestionados (ejemplo fugas de SF6).
6. Asegurar el uso de las celdas de entrenamiento para el entrenamiento del personal en la ejecución de pruebas predictivas.
7. Las celdas de entrenamiento deben tener un plan de mantenimiento activo.

5.3.2. Ejecutar el Mantenimiento

Para garantizar la eficacia del trabajo de mantenimiento y la disponibilidad de los Equipos, se ponen en práctica las siguientes directrices:

- Se siguen los procedimientos normalizados para controlar todas las actividades que se desarrollan.
- Se ejecutan los controles a los riesgos de Seguridad y Salud en el Trabajo y Gestión Ambiental que se definieron en las correspondientes matrices.
- Se cumplen las directrices de mantenimiento suministradas por los fabricantes de los Equipos.
- El personal calificado para ejecutar el Mantenimiento completa su Plan de Formación y Capacitación mediante las siguientes acciones:
 - La asistencia a las sesiones de Entrenamiento y/o capacitaciones que realizan los fabricantes de los Interruptores durante el montaje de estos,
 - La aprobación de los cursos para obtener y mantener su habilitación para Trabajar en Alturas de acuerdo con la legislación vigente,
 - El estudio de la documentación asociada a la ejecución de las tareas de mantenimiento,
 - El conocimiento detallado de la información técnica de los Equipos, sus accesorios y su historial de desempeño.
 - La asistencia a las sesiones de capacitación internas y externas, en temas especializados en Seguridad y Salud en el Trabajo, y Gestión Ambiental.
- Una vez terminado el Mantenimiento, se documentan las lecciones aprendidas y se determina la necesidad de modificar o completar los procedimientos. Adicionalmente se registran en SAP, los valores de condición del Equipo registrados en los puntos de medida.

5.3.3. Evaluar el Mantenimiento

- Dado que uno de los objetivos primordiales del Mantenimiento es que ningún equipo quede “cuestionado” para seguir en operación de acuerdo con su criticidad para el Sistema, se realizan pruebas para validar la calidad del Mantenimiento ejecutado. Adicionalmente, se determina la aplicación de los procedimientos homologados, el cumplimiento de las listas de chequeo, la correcta utilización de los recursos, la manipulación de equipos y herramientas calibradas, entre otros.
- Como medida de seguimiento, se tienen implementados Indicadores de Gestión para validar el cumplimiento de los Planes de Mantenimiento.
- Si alguna actividad definida en el Plan no se realiza, se reprograma para otra intervención planeada, en función de su criticidad (riesgo) y se crean en SAP los avisos de dicha actividad faltante para efectos de seguimiento.
- Cuando se van a realizar intervenciones que no están documentadas en los Planes de Mantenimiento, se sustentan en función de los análisis operativos y de condición.
- Se determina el índice de calificación de cada equipo, con lo cual se definen los requerimientos de mantenimiento correctivo. La actualización de la calificación se realiza cada vez que se tienen nueva información para diagnosticar la condición. Adicionalmente, se calcula el Índice de Salud de cada interruptor, con el cual se definen los equipos candidatos a ser renovados.
- Cuando se presenta una falla de alto impacto según la Guía se realiza el análisis de Eliminación Causa de Riesgo –ECR– con el fin de evaluar la causa y prevenir potenciales fallas en otros Equipos. Adicionalmente, se estructura un plan de acción con su respectivo seguimiento de implementación.

Condición de los activos

En REP se cuenta con una calificación de la condición del estado en una escala Licker:

- 5 Buen estado
- 3 Seguimiento
- 2 Cuestionado
- 1 Crítico
- 0 Fuera de servicio

Los criterios para la evaluación de la condición de los activos se encuentran detallados en el Anexo I.

5.4. Renovación de activos

Aspectos limitantes de la vida útil de un Interruptor:

De acuerdo con la experiencia que se ha desarrollado en REP con el mantenimiento de los interruptores de hexafluoruro de Azufre (SF6) y con las recomendaciones realizadas por los diferentes fabricantes de equipos de alta tensión, los siguientes factores son considerados como las principales causas que llevan a un interruptor al de fin de su vida útil:

- Decremento de la confiabilidad, disponibilidad o mantenibilidad.
- Cambios en la configuración de la red que requieran mayor esfuerzo de interrupción.
- Degradación excesiva de los componentes del interruptor, hasta el punto de que es más viable económicamente renovar el equipo que realizar un mantenimiento mayor/ Overhaul/ Repotenciación.
- Consideraciones técnicas dadas por el fabricante del equipo (Edad del Interruptor, número máximo de operaciones, sumatoria máxima de corriente despejada).
- Debido que los interruptores son instalados típicamente en el exterior, las condiciones ambientales adversas contribuyen de manera significativa a las tasas de severidad de su degradación de salud. Los siguientes factores representan la degradación ambiental de los interruptores:
 - Corrosión de las cajas de mando o de las partes metálicas.
 - Potencial ingreso de humedad y/o animales en el mecanismo de operación.
 - Deterioro del aislamiento bajo la influencia de la humedad, sal, niebla, hielo, etc.
 - Deterioro de las partes mecánicas.

Conociendo las principales causas del porque un interruptor llega al fin de su ciclo de vida y como, el medio ambiente afecta drásticamente la condición de los equipos, la valoración de la condición general del interruptor puede hacerse a través de la evaluación de la condición de los siguientes componentes críticos:

- a) Cámara de interrupción, incluyendo contactos y la calidad del SF6.
- b) Componentes del mecanismo de operación
- c) Sellamientos y empaques que impacten la integridad del aislamiento y/o medio de extinción SF6.
- d) Degradación de los componentes de control, dispositivos electromecánicos y cables.

- e) Deterioro de los aisladores de soporte.
- f) Corrosión de las cubiertas y gabinetes de control.
- g) Deterioro de las fundaciones y estructuras de soporte.
- h) Degradación de los dispositivos auxiliares, como resistencias o inductancias de pre-inserción.

Aunque todos los componentes listados anteriormente pueden impactar la operación del interruptor y la falla de alguno de dichos componentes puede inducir a la falla del interruptor, los primeros cinco aspectos son de importancia crítica y pueden llevar a la falla repentina del interruptor.

Estableciendo un índice de salud y tiempo de reemplazo del activo

El objetivo principal del índice de salud es poder cuantificar técnicamente, el grado de deterioro de sus componentes y poder estimar un plan de inversión a corto, mediano y largo plazo con los equipos que se determinen que están cerca de su fin de ciclo de vida.

Para hacer el cálculo del IH se tuvo que hacer una clasificación de los interruptores según su operación organizándolos de la siguiente manera: por su característica de extinción de arco en la cámara (Gas, Aceite, Vacío).

Según esta clasificación de los tipos de interruptores se ha seleccionado variables las cuales clasificamos como variables determinantes en los interruptores.

Los criterios para seleccionar estas variables fueron las siguientes:

- Mayor cantidad de data ingresada al sistema SAP por el personal de campo.
- Variables que impactan en el estado de salud del interruptor

En los siguiente cuadros se muestran las variables seleccionadas y parametrización triangular Fuzzy por cada variable y por cada familia de interruptor:

- **Caso Interruptores - SF6:**

FamiliaEquipo	Variable	Descripcion	Nivel	X1	X2	X3
INT-SF6	EDAD	Edad del Interruptor	Mbueno	0	15	20
INT-SF6	EDAD	Edad del Interruptor	Bueno	15	25	40
INT-SF6	EDAD	Edad del Interruptor	Pobre	35	45	55
INT-SF6	EDAD	Edad del Interruptor	Mpobre	50	60	100
INT-SF6	HI	Indice de Salud	Mbueno	3	4	5
INT-SF6	HI	Indice de Salud	Bueno	2	3	4
INT-SF6	HI	Indice de Salud	Pobre	1	2	3
INT-SF6	HI	Indice de Salud	Mpobre	0	1	2
INT-SF6	HUM	Humedad de SF6	Mbueno	0	100	150
INT-SF6	HUM	Humedad de SF6	Bueno	100	200	300
INT-SF6	HUM	Humedad de SF6	Pobre	250	350	450
INT-SF6	HUM	Humedad de SF6	Mpobre	400	600	1000
INT-SF6	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Bueno	0	1	2
INT-SF6	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Pobre	1	2	3
INT-SF6	PUR	Pureza de SF6	Mbueno	98	99	101
INT-SF6	PUR	Pureza de SF6	Bueno	96	98	99
INT-SF6	PUR	Pureza de SF6	Pobre	94	96	97
INT-SF6	PUR	Pureza de SF6	Mpobre	0	94	95
INT-SF6	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mbueno	0	50	70
INT-SF6	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Bueno	50	100	120
INT-SF6	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Pobre	100	200	300
INT-SF6	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mpobre	250	400	5000
INT-SF6	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Mbueno	0	1	2
INT-SF6	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Bueno	1	3	5
INT-SF6	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Pobre	4	12	20
INT-SF6	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Mpobre	12	36	1000

- **Caso Interruptores - GIS:**

FamiliaEquipo	Variable	Descripcion	Nivel	X1	X2	X3
INT-GIS	EDAD	Edad del Interruptor	Mbueno	0	15	20
INT-GIS	EDAD	Edad del Interruptor	Bueno	15	25	40
INT-GIS	EDAD	Edad del Interruptor	Pobre	35	45	55
INT-GIS	EDAD	Edad del Interruptor	Mpobre	50	60	100
INT-GIS	HI	Indice de Salud	Mbueno	3	4	5
INT-GIS	HI	Indice de Salud	Bueno	2	3	4
INT-GIS	HI	Indice de Salud	Pobre	1	2	3
INT-GIS	HI	Indice de Salud	Mpobre	0	1	2
INT-GIS	HUM	Humedad de SF6	Mbueno	0	100	150
INT-GIS	HUM	Humedad de SF6	Bueno	100	200	300
INT-GIS	HUM	Humedad de SF6	Pobre	250	350	450
INT-GIS	HUM	Humedad de SF6	Mpobre	400	600	1000
INT-GIS	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Bueno	0	1	2
INT-GIS	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Pobre	1	2	3
INT-GIS	PUR	Pureza de SF6	Mbueno	98	99	101
INT-GIS	PUR	Pureza de SF6	Bueno	96	98	99
INT-GIS	PUR	Pureza de SF6	Pobre	94	96	97
INT-GIS	PUR	Pureza de SF6	Mpobre	0	94	95
INT-GIS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mbueno	0	170	200
INT-GIS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Bueno	170	250	300
INT-GIS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Pobre	280	400	600
INT-GIS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mpobre	400	600	5000
INT-GIS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Mbueno	0	1	2
INT-GIS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Bueno	1	3	5
INT-GIS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Pobre	4	12	20
INT-GIS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Mpobre	12	36	1000

- Caso Interruptores - HÍBRIDOS:**

FamiliaEquipo	Variable	Descripción	Nivel	X1	X2	X3
INT-HIBRIDOS	EDAD	Edad del Interruptor	Mbueno	0	15	20
INT-HIBRIDOS	EDAD	Edad del Interruptor	Bueno	15	25	40
INT-HIBRIDOS	EDAD	Edad del Interruptor	Pobre	35	45	55
INT-HIBRIDOS	EDAD	Edad del Interruptor	Mpobre	50	60	100
INT-HIBRIDOS	HI	Indice de Salud	Mbueno	3	4	5
INT-HIBRIDOS	HI	Indice de Salud	Bueno	2	3	4
INT-HIBRIDOS	HI	Indice de Salud	Pobre	1	2	3
INT-HIBRIDOS	HI	Indice de Salud	Mpobre	0	1	2
INT-HIBRIDOS	HUM	Humedad de SF6	Mbueno	0	100	150
INT-HIBRIDOS	HUM	Humedad de SF6	Bueno	100	200	300
INT-HIBRIDOS	HUM	Humedad de SF6	Pobre	250	350	450
INT-HIBRIDOS	HUM	Humedad de SF6	Mpobre	400	600	1000
INT-HIBRIDOS	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Bueno	0	1	2
INT-HIBRIDOS	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Pobre	1	2	3
INT-HIBRIDOS	PUR	Pureza de SF6	Mbueno	98	99	101
INT-HIBRIDOS	PUR	Pureza de SF6	Bueno	96	98	99
INT-HIBRIDOS	PUR	Pureza de SF6	Pobre	94	96	97
INT-HIBRIDOS	PUR	Pureza de SF6	Mpobre	0	94	95
INT-HIBRIDOS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mbueno	0	200	300
INT-HIBRIDOS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Bueno	250	350	400
INT-HIBRIDOS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Pobre	350	450	600
INT-HIBRIDOS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mpobre	500	600	5000
INT-HIBRIDOS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Mbueno	0	1	2
INT-HIBRIDOS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Bueno	1	3	5
INT-HIBRIDOS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Pobre	4	12	20
INT-HIBRIDOS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Mpobre	12	36	1000

- Caso Interruptores - MT**

FamiliaEquipo	Variable	Descripción	Nivel	X1	X2	X3
INT-MT	EDAD	Edad del Interruptor	Mbueno	0	15	20
INT-MT	EDAD	Edad del Interruptor	Bueno	15	25	35
INT-MT	EDAD	Edad del Interruptor	Pobre	30	40	45
INT-MT	EDAD	Edad del Interruptor	Mpobre	40	50	80
INT-MT	HI	Indice de Salud	Mbueno	3	4	5
INT-MT	HI	Indice de Salud	Bueno	2	3	4
INT-MT	HI	Indice de Salud	Pobre	1	2	3
INT-MT	HI	Indice de Salud	Mpobre	0	1	2
INT-MT	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Bueno	0	1	2
INT-MT	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Pobre	1	2	3
INT-MT	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mbueno	0	80	150
INT-MT	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Bueno	100	300	400
INT-MT	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Pobre	350	500	600
INT-MT	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mpobre	500	700	5000

- **Caso Interruptores - RECLOSER:**

FamiliaEquipo	Variable	Descripcion	Nivel	X1	X2	X3
RECLOSER	EDAD	Edad del Interruptor	Mbueno	0	10	15
RECLOSER	EDAD	Edad del Interruptor	Bueno	10	15	20
RECLOSER	EDAD	Edad del Interruptor	Pobre	15	20	30
RECLOSER	EDAD	Edad del Interruptor	Mpobre	25	30	60
RECLOSER	HI	Indice de Salud	Mbueno	3	4	5
RECLOSER	HI	Indice de Salud	Bueno	2	3	4
RECLOSER	HI	Indice de Salud	Pobre	1	2	3
RECLOSER	HI	Indice de Salud	Mpobre	0	1	2
RECLOSER	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Bueno	0	1	2
RECLOSER	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Pobre	1	2	3
RECLOSER	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mbueno	0	100	150
RECLOSER	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Bueno	100	250	500
RECLOSER	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Pobre	400	600	700
RECLOSER	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mpobre	600	800	5000

- **Caso Interruptores - ACEITE:**

FamiliaEquipo	Variable	Descripcion	Nivel	X1	X2	X3
INT-ACEITE	EDAD	Edad del Interruptor	Mbueno	0	15	20
INT-ACEITE	EDAD	Edad del Interruptor	Bueno	15	25	40
INT-ACEITE	EDAD	Edad del Interruptor	Pobre	35	40	50
INT-ACEITE	EDAD	Edad del Interruptor	Mpobre	45	50	100
INT-ACEITE	HI	Indice de Salud	Mbueno	3	4	5
INT-ACEITE	HI	Indice de Salud	Bueno	2	3	4
INT-ACEITE	HI	Indice de Salud	Pobre	1	2	3
INT-ACEITE	HI	Indice de Salud	Mpobre	0	1	2
INT-ACEITE	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Bueno	0	1	2
INT-ACEITE	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Pobre	1	2	3
INT-ACEITE	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mbueno	0	100	150
INT-ACEITE	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Bueno	125	200	300
INT-ACEITE	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Pobre	250	400	600
INT-ACEITE	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mpobre	400	600	5000

Flujograma del ciclo de cálculo del IH:



Después del proceso de cálculo se validan los resultados con los especialistas de campo para definir acciones, estas se definen en una columna según la tabla siguiente.

DECISIONES	CARACTERÍSTICA
POA	Reemplazo de equipos según el indicador de calculo
M-MAYOR	Realizar Mantenimiento mayor según el indicador de cálculo y proceder hacer reinicio de reloj
CAMBIO PARTES	Realiza el cambio de la parte dañada y proceder hacer reinicio de reloj
SEGUIMIENTO	Realizar pruebas según el indicador de calculo

Los niveles de Índice de salud determinados por el proyecto de Gestión de Activos los cuales serán utilizados para calificar cada criterio son:

HI. Nivel de Índice Salud	Condición	Tiempo de reemplazo	Color
1	Muy Pobre	0-2 años	Rojo
2	Pobre	2-5 años	Marrón
3	Bueno	5-10 años	Amarillo
4	Muy bueno	>10 años	Verde

Donde los tiempos de intervención no consideran los tiempos durante el proceso de adquisición, compra y entrega del equipo en Sitio.

Los modos de falla que no puedan ser monitoreados mediante una prueba o inspección, o fallas repentinas como explosión o daño inminente del activo, serán considerados como índice de salud “1” y son equipos que deben reemplazar de inmediato y no entran dentro de un análisis de índice de salud.

Otros factores que desencadena un análisis de reemplazo de activos y no hacen parte del alcance del índice de salud para los interruptores son mantenibilidad, oportunidad tecnológica, requisitos normativos, reducción de ingresos, restricciones operativas, imagen o intangibles entre otros.

Para la determinación del índice de salud bajo el criterio de condición técnica, se debe tener en cuenta el preámbulo que los equipos son reparables y la decisión de cambiar un Interruptor por su condición debe involucrar variables adicionales como el inventario de repuestos y costos de reparación.

Partiendo de los modos de falla de un interruptor por los cuales se deba cambiar un componente o equipo completo se podría realizar el análisis técnico-económico si el interruptor se repara o se renueva por uno nuevo.

5.5. Disposición final de activos

Luego de realizar las actividades de haber cambiado el interruptor por otro equipo nuevo o con mejor condición, el grupo de mantenimiento responsable de los trabajos debe solicitar mediante un memorando al Departamento de Logística la baja de los materiales, indicando cual es la condición de los equipos desinstalados y proponiendo su disposición.

Los interruptores y repuestos que deben ser dados en disposición final son:

- Los repuestos y materiales desmontados que, de acuerdo con el concepto del grupo Ejecutor de Mantenimiento respectivo, no tienen reparación, son obsoletos o no garantizan el servicio.
- Los interruptores que según su condición técnica no son aptos para el servicio.
- Los repuestos y materiales que se encuentran en los almacenes, obsoletos, deteriorados, que no tienen equipos instalados a soportar o que por renovación tecnológica ya no sirvan de respaldo a los equipos montados.

Una vez el equipo haya sido dado de baja el personal de Mantenimiento debe coordinar con el Coordinador de Almacén, la entrega de los materiales para su respectivo manejo y disposición final de acuerdo con la decisión que se haya tomado para tal equipo (custodia, venta comercial, venta como chatarra, donación, devolución al MEM, etc), para el caso de los elementos, equipos, materiales o repuestos que constituyan excedentes industriales.

En el caso de que los Interruptores en trámite de baja contengan aceite o algún material altamente contaminante, se procede a aplicar las normas ambientales requeridas para garantizar una adecuada disposición final.

ANEXO 1: REGLAS DE DIAGNOSTICO INTERRUPTORES

Calificación de interruptores de potencia

CALIFICACIÓN DE INTERRUPTORES DE POTENCIA

CALIFICACIÓN DE INTERRUPTORES DE POTENCIA						
VARIABLE	UND	CALIFICACIÓN				OBSERVACIONES
		5 (BUENO)	3 (SEGUIMIEN TO)	2 (CUESTIONA DO)	1 (CRITICO)	
1. CALIFICACIÓN POR GESTIÓN DE LA OPERACIÓN						
Falla Mando Eléctrico	SI/NO	NO	NA	NA	SI	
Corriente de falla despejada	kA	suma ((I. falla)^2*#oper) <=18000	suma ((I. falla)^2*#oper) <=19000	suma ((I. falla)^2*#oper) <=20000	suma ((I. falla)^2*#oper) >20000	
Cantidad operaciones en falla					V >1000	
Operación en condiciones anormal	SI/NO	NO	NA	SI	NA	
2. CALIFICACIÓN POR INSPECCIONES OPERATIVAS						
Número de arranque continuo bomba/ Compresor por día	# Arranques/ Día	<4	4-10	10-14	>14	
Ingreso de animales	SI/ NO	NO	NA	SI	NA	
Cantidad de gas SF6 adicionado	Cantidad /llenados	NO	V <=((V. REF- V. min)*0.7)+vmin) ó llenado >2 meses, leve	V <=((V. REF- V. min)*0.4)+vmin) ó llenado >1 mes, moderada	V <=((V. REF- V. min)*0.2)+vmin) ó llenado <1 mes, alarma	Rango(R)=presion nominal (PN)- Presión Alarma (PA) ó frecuencia de llenado
Fuga aceite medio actuador hidráulico	Cantidad	NO	Leve	Moderada	Alarma	
Fuga aire medio actuador neumático	Cantidad	NO	Leve	Moderada	Alarma	
Resistencia de calefacción defectuosa	SI/ NO	NO	NA	SI	NA	
Fuga aceite amortiguador	SI/ NO	NO	NA	SI	NA	
Resorte descargado	SI/ NO	NO	NA	NA	SI	

CALIFICACIÓN DE INTERRUPTORES DE POTENCIA						
VARIABLE	UND	CALIFICACIÓN				OBSERVACIONES
		5 (BUENO)	3 (SEGUIMIEN TO)	2 (CUESTIONA DO)	1 (CRITICO)	
Componentes eléctricos e instrumentos del sistema de control con riesgo de avería *	SI/ NO	NO	NA	SI	NA	Daño o deterioro de reles, pulsadores, bobinas, interruptor auxiliar, borneras, cableado
Componentes mecánicos e instrumentos del sistema de control con riesgo de avería *	SI/ NO	NO	NA	SI	NA	Corrosión, ingreso de agua, daño porcelanas, daño cubículo, daño empaquetadura, daño manija, ductos abiertos
Presión medio de extinción	Unidad	$V \geq V.REF$	$V \leq ((V.REF - V.min) * 0.7) + V.min$	$V \leq ((V.REF - V.min) * 0.4) + V.min$	$V \leq ((V.REF - V.min) * 0.2) + V.min$	Presión según la lectura
Presión sistema de accionamiento	Unidad	$V \geq V.min$	NA	NA	$V < V.min$	Presión según la lectura
Pureza de SF6 polo	%	$V > 97.5\%$	$97\% \leq V \leq 97.5\%$	$96\% \leq V < 97\%$	$V < 96\%$	
Humedad de SF6 polo	ppm	$V \leq 200$ ppm	$V \leq 300$ ppm	$V \leq 400$ ppm	$V > 400$ ppm	
# Partículas en SF6 (SO2 ppm)	ppm	$V \leq 2$	$V \leq 5$	$V \leq 12$	$V > 12$	
Rigidez Aceite dieléctrico	KV	$V > 40$	$V < 40$	$V < 30$	$V < 20$	LABORATORIO
Porcentaje Saturación H2O/Oil	%	$V < V. REF$	$V \leq V. REF * 1.5$		$V > V. REF * 1.5$	LABORATORIO
Estado de Aceite Hidráulico	Estado	Bueno		regular	malo	LABORATORIO / INSPECCIÓN
3. CALIFICACIÓN POR PRUEBAS ELÉCTRICAS						
Capacitancia Cámara	Picofaradios	$V < 105\% V.REF$	$V < 108\% V.REF$	$V < 110\% V.REF$	$V \geq 110\% V.REF$	si $V < 95\% V.REF$. "Valor mal ingresado"
Factor de potencia	% PF	$V < 200\% V.REF$	$V < 250\% V.REF$	$V < 300\% V.REF$	$V \geq 300\% V.REF$	si $V < 70\% V.REF$. "Valor mal ingresado"

CALIFICACIÓN DE INTERRUPTORES DE POTENCIA						
VARIABLE	UND	CALIFICACIÓN				OBSERVACIONES
		5 (BUENO)	3 (SEGUIMIEN TO)	2 (CUESTIONA DO)	1 (CRITICO)	
Corriente alimentación motor	Amperios	$V < 1.2 \text{ V.REF}$	$V < 1.3 \text{ V.REF}$	$V < 1.4 \text{ V.REF}$	$V > 1.4 \text{ V.REF}$	si $V < 70\% \text{ V.REF}$. "Valor mal ingresado"
Resistencia de Contactos Cámara	Microhmios	$V < 1.5 \text{ V.REF}$	$V < 2 \text{ V.REF}$	$V < 3 \text{ V.REF}$	$V \geq 3 \text{ V.REF}$	si $V < 80\% \text{ V.REF}$. "Valor mal ingresado"
Tiempo de Apertura Cámara	ms	$V \leq \text{V.REF} + 5$	$V \leq \text{V.REF} + 7$ O $V < 0.8 * \text{V.REF}$	$V \leq \text{V.REF} + 10$	$V > \text{V.REF} + 10$	si $V < 80\% \text{ V.REF}$. "Valor mal ingresado"
Tiempo de Cierre Camara	ms	$V \leq \text{V.REF} + 8$	$V \leq \text{V.REF} + 12$ O $V < \text{V.REF} - 10$	$V \leq \text{V.REF} + 16$	$V > \text{V.REF} + 16$	si $V < \text{V.REF} - 10$ "Valor mal ingresado"
Discrepancia Máxima apertura	ms	$V \leq 2.5$	$V \leq 3.5$	$V \leq 5$	> 5	
Discrepancia Máxima al cierre	ms	$V < 5$	$V \leq 8$	$V \leq 10$	> 10	
Tiempo Cierre Resistencia Cam	ms	$V < \text{V.REF} + 7$	$V < \text{V.REF} + 9$	$V < \text{V.REF} + 12$	$V \geq \text{V.REF} + 12$	si $V < \text{V.REF} - 10$ "Valor mal ingresado"
Medida resistencia preinser Cam	ohmios	$V < 1.25 \text{ V.REF}$	$V < 1.50 \text{ V.REF}$	$V < 1.75 \text{ V.REF}$	$V \geq 1.75 \text{ V.REF}$	si $V < 70\% \text{ V.REF}$. "Valor mal ingresado"
Severidad_termografia	Unidad	5	3 (prioridad año)	2 (prioridad semestre)	1 (prioridad mes)	Uso de MTN-M-G02.00-003-P calificación 0 equipo fuera de servicio
Contador de operaciones	# Maniobras	$V < \text{V.REF} * 0.7$	$V < \text{V.REF} * 0.8$	$V < \text{V.REF} * 0.9$	$V > \text{V.REF} * 0.9$	
Calificación del equipo	Unidad	5	3	2	1	Se tomará como calificación del equipo la más baja calificación individual de estos criterios que tenga el equipo
NOTA: 1) La calificación es igual a 9 cuando no se cuenta con información suficiente para calificar el equipo (Faltan documentos de medida) 2) La calificación es igual a cero (0) cuando el equipo ha fallado. Este equipo se debe pasara a status BAJA o REPA.						

