



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Lineamientos técnicos para el
desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas

GESTIÓN

Parte 2: Funcionamiento y mantenimiento

PCH/LT 005-2: 2019



AVISO LEGAL

El presente documento se ha elaborado sin edición oficial de las Naciones Unidas. Las denominaciones y la forma en que aparecen presentados los datos en este documento no implican, por parte de la Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites, o de su sistema económico o grado de desarrollo. Las denominaciones "desarrollado", "industrializado" y "en vías de desarrollo" se utilizan con fines estadísticos y no expresan necesariamente un juicio sobre la fase alcanzada por una zona o un país determinados en el proceso de desarrollo. La mención de nombres de empresas o productos comerciales no constituye ninguna aprobación por parte de la ONUDI. Aunque se ha puesto gran cuidado en mantener la exactitud de la información aquí contenida, ni la ONUDI ni sus Estados Miembros asumirán responsabilidad alguna por las consecuencias que puedan derivarse del uso del material. El presente documento podrá citarse o reproducirse libremente, pero se ruega que se cite su procedencia.

© 2019 ONUDI/INSHP- Todos los derechos reservados

Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas

GESTIÓN

Parte 2: Funcionamiento y mantenimiento

PCH/LT 005-2: 2019

AGRADECIMIENTOS

Los lineamientos técnicos (LT) son el resultado de la colaboración entre la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y la Red Internacional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (INSHP). Unos 80 expertos internacionales y 40 organismos internacionales participaron en la elaboración y revisión inter pares del documento, y aportaron comentarios y sugerencias concretos para que los LT fueran profesionales y aplicables.

La ONUDI y la INSHP agradecen enormemente las contribuciones aportadas durante la elaboración de estos lineamientos y, en particular, las realizadas por las siguientes organizaciones internacionales:

Mercado Común para el África Oriental y Meridional (COMESA)

- La Red Mundial de Centros Regionales de Energía Sostenible (GN-SEC), en particular el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la CEDEAO (ECREEE), el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética de África Oriental (EACREEE), el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética del Pacífico (PCRE EE) y el Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética del Caribe (CCREEE).

El Gobierno chino ha facilitado la finalización de estos lineamientos y ha sido de gran importancia para su conclusión.

La elaboración de estos lineamientos se ha beneficiado en gran medida de las valiosas aportaciones, revisiones y comentarios constructivos, así como de las contribuciones recibidas de Sr. Adnan Ahmed Shawky Atwa, Sr. Adoyi John Ochigbo, Sr. Arun Kumar, Sr. Atul Sarthak, Sr. Bassey Edet Nkposong, Sr. Bernardo Calzadilla-Sarmiento, Sra. Chang Fangyuan, Sr. Chen Changjun, Sra. Chen Hongying, Sr. Chen Xiaodong, Sra. Chen Yan, Sra. Chen Yueqing, Sra. Cheng Xialei, Sra. Chileshe Kapaya Matantilo, Sra. Chileshe Mpundu Kapwepwe, Sr. Deogratias Kamweya, Sr. Dolwin Khan, Sr. Dong Guofeng, Sr. Ejaz Hussain Butt, Sra. Eva Kremere, Sra. Fang Lin, Sr. Fu Liangliang, Sr. Garaio Donald Gafiye, Sr. Guei Guillaume Fulbert Kouhie, Sr. Guo Chenguang, Sr. Guo Hongyou, Sr. Harold John Annegam, Sra. Hou Ling, Sr. Hu Jianwei, Sra. Hu Xiaobo, Sr. Hu Yunchu, Sr. Huang Haiyang, Sr. Huang Zhengmin, Sra. Januka Gyawali, Sr. Jiang Songkun, Sr. K. M. Dhahesan Unnithan, Sr. Kipyego Cheluget, Sr. Kolade Esan, Sr. Lamysen Castellanos Rigoberto, Sr. Li Zhiwu, Sra. Li Hui, Sr. Li Xiaoyong, Sra. Li Jingjing, Sra. Li Sa, Sr. Li Zhenggui, Sra. Liang Hong, Sr. LiangYong, Sr. Lin Xuxin, Sr. Liu Deyou, Sr. Liu Heng, Sr. Louis Philippe Jacques Tavernier, Sra. Lu Xiaoyan, Sr. Lv Jianping, Sr. Manuel Mattiat, Sr. Martin Lugmayr, Sr. Mohamedain SeifElnasr, Sr. Mundia Simainga, Sr. Mukayi Musarurwa, Sr. Olumide TaiwoAlade, Sr. Ou Chuanqi, Sra. Pan Meiting, Sr. Pan Weiping, Sr. Ralf Steffen Kaeser, Sr. Rudolf Hupfl, Sr. Rui Jun, Sr. Rao Dayi, Sr. Sandeep Kher, Sr. Sergio Armando Trelles Jasso, Sr. Sindiso Ngwenga, Sr. Sidney Kilmete, Sra. Sitraka Zarasoa Rakotomahefa, Sr. Shang Zhihong, Sr. Shen Cunke, Sr. Shi Rongqing, Sra. Sanja Komadina, Sr. Tareqemtairah, Sr. Tokihiko Fujimoto, Sr. Tovoniaina Ramanantsoa Andriampaniry, Sr. Tan Xiangqing, Sr. Tong Leyi, Sr. Wang Xinliang, Sr. Wang Fuyun, Sr. Wang Baoluo, Sr. Wei Jianghui, Sr. Wu Cong, la Sra. Xie Lihua, el Sr. Xiong Jie, la Sra. Xu Jie, la Sra. Xu Xiaoyan, el Sr. Xu Wei, el Sr. Yohane Mukabe, el Sr. Yan Wenjiao, el Sr. Yang Weijun, la Sra. Yan Li, el Sr. Yao Shenghong, Sr. Zeng Jingnian, Sr. Zhao Guojun, Sr. Zhang Min, Sr. Zhang Liansheng, Sr. Zhang Zhenzhong, Sr. Zhang Xiaowen, Sra. Zhang Yingnan, Sr. Zheng Liang, Sr. Sr. Zheng Yu, Sr. Zhou Shuhua, Sra. Zhu Mingjuan.

Agradeceríamos cualquier otra recomendación o sugerencia de aplicación para la actualización.

Índice

Prólogo	III
Introducción.....	IV
1 Alcance	1
2 Referencias normativas.....	1
3 Términos y definiciones.....	1
4 Requisitos básicos.....	1
4.1 Gestión de operaciones	1
4.2 Administración de Seguridad	5
4.3 Gestión de revisión y mantenimiento.	6
4.4 Gestión de la formación en el puesto de trabajo.	7
4.5 Gestión de archivos.....	9
4.6 Gestión de producción civilizada	10
5 Estructuras hidráulicas	10
5.1 Estructura de derivación	10
5.2 Estructuras de admisión.....	12
5.3 Sistema conductor de agua (túnel, canal abierto o combinación de ambos)	13
5.4 Casa de máquinas y subestación (o subestación transformadora)	14
6 Obras hidromecánicas	14
6.1 Tubería de carga	14
6.2 Portones y polipastos	15
6.3 Rejilla de basura	17
7 Equipos electromecánicos	17
7.1 Turbina.....	17
7.2 Generador.....	22
7.3 Sistema del gobernador de turbinas hidráulicas	30
7.4 Sistema de excitación	32
7.5 Válvula principal y puente grúa.....	33
7.6 Sistemas de agua, aceite y aire.....	36
7.7 Transformador	40
7.8 Instalación del equipo de conmutación	43
7.9 Sistema de supervisión y protección de relés.	48
7.10 Sistema de corriente directa (CC)	49
7.11 Protección contra rayos y conexión a tierra	50
7.12 Comunicación	51
8 Funcionamiento optimizado	51
8.1 Requisitos básicos	51
8.2 Operación optimizada en planta	53
8.3 Funcionamiento optimizado de centrales eléctricas en cascada	53
Apéndice A (Informativo)	54
Calificación de los equipos e instalaciones de la central hidroeléctrica.	54

PCH/LT 005-2:2019:

A.1 Alcance y división de unidades para la calificación	54
A.2 Método de calificación	55
A.3 Principio para la clasificación de equipos e instalaciones.	55
A.5 Normas de clasificación para edificios y estructuras hidromecánicas.	75

Prólogo

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) es un organismo especializado del sistema de las Naciones Unidas para promover un Desarrollo Industrial Sostenible e Inclusivo (ISID) a escala mundial. La relevancia del ISID como enfoque integrado de los tres pilares del desarrollo sostenible está reconocida por la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los correspondientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que enmarcarán los esfuerzos de las Naciones Unidas y de los países hacia el desarrollo sostenible durante los próximos quince años. El mandato de la ONUDI para el ISID abarca la necesidad de apoyar la creación de sistemas energéticos sostenibles, ya que la energía es esencial para el desarrollo económico y social y para mejorar la calidad de vida. La preocupación y el debate internacionales sobre la energía han ido en aumento en las dos últimas décadas, en las que los problemas de la reducción de la pobreza, los riesgos medioambientales y el cambio climático han pasado a ocupar un lugar central.

La INSHP (Red Internacional de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas) es una organización internacional de coordinación y promoción del desarrollo mundial de las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), que se basa en la participación voluntaria de los puntos focales regionales, subregionales y nacionales, las instituciones pertinentes, los servicios públicos y las empresas, y tiene como principal objetivo el beneficio social. El objetivo de la INSHP es promover el desarrollo mundial de las PCH mediante la cooperación técnica y económica triangular entre países en desarrollo, países desarrollados y organizaciones internacionales, con el fin de suministrar a las zonas rurales de los países en desarrollo una solución energética respetuosa con el medio ambiente, asequible y adecuada, que permita aumentar las oportunidades de empleo, mejorar los entornos ecológicos, mitigar la pobreza, mejorar los niveles de vida y culturales locales y el desarrollo económico.

La ONUDI y la INSHP han estado cooperando en el Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas desde el año 2010. Según los informes, el desarrollo de PCH en todo el mundo no ha sido suficiente para satisfacer la demanda. Uno de los obstáculos al desarrollo en la mayoría de los países es la falta de tecnologías. La ONUDI, en colaboración con la INSHP, a través de la cooperación mundial de expertos, y basándose en experiencias de desarrollo satisfactorias, decidió desarrollar los LT de PCH para satisfacer la demanda de los Estados miembros.

Estos LT se redactaron de acuerdo con las normas editoriales de las Directivas ISO/IEC, Parte 2 (véase www.iso.org/directives).

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de estos LT puedan estar sujetos a derechos de patente. La ONUDI y la INSHP no serán responsables de la identificación de tales derechos de patente.

Introducción

Las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) son objeto de un reconocimiento cada vez mayor como una importante solución de energía renovable para el reto que supone la electrificación de las zonas rurales remotas. Sin embargo, mientras que la mayoría de los países de Europa, América del Norte y del Sur y China cuentan con un alto grado de capacidad instalada, el potencial de las PCH en muchos países en desarrollo sigue sin explotarse y se ve obstaculizado por una serie de factores, como la falta de buenas prácticas o normas acordadas a nivel mundial para el desarrollo de las PCH.

Estos Lineamientos Técnicos (LT) para el Desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas abordarán las limitaciones actuales de la normativa aplicada a los lineamientos técnicos para PCH aplicando los conocimientos especializados y las mejores prácticas existentes en todo el mundo. Se pretende que los países utilicen estos lineamientos acordados para apoyar su política, tecnología y ecosistemas actuales. Los países que tienen capacidades institucionales y técnicas limitadas podrán mejorar su base de conocimientos en el desarrollo de PCH, atrayendo así más inversiones en proyectos de PCH, fomentando políticas favorables y ayudando posteriormente al desarrollo económico a nivel nacional. Estos LT serán valiosos para todos los países, pero sobre todo permitirán compartir experiencias y buenas prácticas entre países con escasos conocimientos técnicos.

Los LT pueden utilizarse como principios y base para la planificación, el diseño, la construcción y la gestión de PCH de hasta 30 MW.

- Los términos y definiciones de los LT especifican los términos y definiciones técnicos profesionales utilizados habitualmente para las PCH.
- Los lineamientos de diseño proporcionan directrices sobre requisitos básicos, metodología y procedimiento en cuanto a selección del sitio, hidrología, geología, diseño del proyecto, configuraciones, cálculos energéticos, hidráulica, selección de equipos electromecánicos, construcción, estimación de costos del proyecto, valoración económica, financiación, y evaluaciones sociales y medioambientales, con el objetivo, en última instancia, de obtener las mejores soluciones de diseño.
- Los lineamientos de unidades especifican los requisitos técnicos de las turbinas de PCH, los sistemas del gobernador de las turbinas hidráulicas, los sistemas de excitación y las válvulas principales, así como los sistemas de supervisión, control, protección y las fuentes de alimentación de corriente directa.
- Los lineamientos de construcción pueden utilizarse como documentos técnicos de orientación para la construcción de proyectos de PCH.
- Los lineamientos de gestión proporcionan orientaciones técnicas para la gestión, el funcionamiento, el mantenimiento, la renovación técnica y la aceptación de proyectos de PCH.

Lineamientos técnicos para el desarrollo y la gestión de pequeñas centrales hidroeléctricas

Parte 2: Funcionamiento y mantenimiento

1 Alcance

Esta parte de los lineamientos de gestión especifica los requisitos básicos de gestión para el funcionamiento y el mantenimiento de una pequeña central hidroeléctrica (PCH), así como los requisitos específicos para el funcionamiento y el mantenimiento de una estructura hidráulica, obras hidromecánicas y equipos eléctricos y mecánicos.

2 Referencias normativas

En el texto, se hace referencia a los siguientes documentos, de forma tal que una parte o la totalidad del contenido de dichos documentos constituye los requisitos de este documento. Para las referencias fechadas, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento de referencia (incluidas las modificaciones).

PCH/LT 001: *Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas - Términos y definiciones.*

3 Términos y definiciones

A efectos del presente documento, se aplicarán los términos y definiciones que figuran en PCH/LT 001.

4 Requisitos básicos

4.1 Gestión de operaciones

4.1.1 Los procedimientos de gestión de operación de la central hidroeléctrica se formularán de acuerdo con la situación real y se implementarán estrictamente.

4.1.2 El operador de turno deberá cumplir estrictamente con sus responsabilidades y realizar la operación y mantenimiento de la planta. El ingeniero de operación será responsable de la gestión diaria de los turnos y de la implementación del programa de mantenimiento diario.

PCH/LT 005-2:2019:

4.1.3 El operador de turno revisará cuidadosamente el permiso de trabajo y el permiso de operación, y los devolverá para su archivo oportunamente al finalizar el trabajo.

4.1.4 El operador de turno deberá inspeccionar el equipo operativo en horarios y lugares fijos en la ruta de inspección, de acuerdo con los requisitos del sistema de inspección del equipo.

4.1.5 Cualquier defecto en el equipo encontrado por el operador de turno se manejará de acuerdo con los requisitos del sistema de gestión de defectos del equipo. La tasa anual de eliminación de defectos del equipo deberá alcanzar el 100 %.

4.1.6 Los operadores deberán cambiar estrictamente los turnos de acuerdo con las regulaciones de turnos para el cambio de funciones. Si ocurre algún accidente, o la operación es anormal durante el cambio de funciones, el cambio de turno deberá detenerse inmediatamente. El operador de turno organizará al personal pertinente para manejar la condición anormal, y el personal de relevo brindará asistencia siguiendo las instrucciones del operador de turno.

4.1.7 El equipo de operación de la central hidroeléctrica debe estar claramente marcado con el nombre, el número y el color indicados. La marca debe fijarse en un lugar visible durante el funcionamiento.

4.1.8 La sala de control de la central hidroeléctrica deberá contar con el manual de seguridad, el manual de operación y el manual de mantenimiento, y el manual de regulación de agua y especificaciones de todos los equipos principales y un conjunto de planos importantes, los cuales se deberán actualizar periódicamente.

4.1.9 En la central hidroeléctrica, se deben colgar los siguientes cuadros y diagramas:

- a) Tablero analógico del diagrama eléctrico principal de línea única.
- b) Tablero de mensajes para una operación segura;
- c) Esquema del sistema de aceite, aire comprimido y agua de refrigeración;
- d) Curva característica de funcionamiento de la turbina;
- e) Mapa de ruta para la inspección diaria de la planta;
- f) Trazado de las vías de evacuación y equipos contra incendios.

4.1.10 En la central hidroeléctrica, deberán estar disponibles las siguientes tablas y los siguientes gráficos:

- a) Parámetros del equipo principal;

- b) Lista de personas a cargo, el personal con autoridad para firmar y expedir permisos de trabajo y permisos de operación;
- c) Tabla de salidas del relé de protección y del dispositivo automático;
- d) Tabla de secuencia de operación de parada normal y parada de emergencia;
- e) Lista de contactos para informar durante una emergencia.

4.1.11 Se llevarán los siguientes registros de la central hidroeléctrica:

- a) Horario de verificación de turnos;
- b) Registro de operación de turnos (hojas de registro);
- c) Registro de defectos y manipulación del equipo;
- d) Registro de movimientos clave;
- e) Registro de encendido/apagado del disyuntor;
- f) Registro de análisis de disparo del disyuntor;
- g) Registro de pruebas de la batería de almacenamiento y de los cargadores de baterías;
- h) Registro de instrucción;
- i) Registro de arranque/parada de la unidad del turbogenerador.
- j) Registro de inspección y prueba de herramientas de aislamiento eléctrico y aparatos de seguridad;
- k) Registro de trabajo de las actividades de seguridad;
- l) Registro de pruebas y revisión de equipos;
- m) Registro de simulacros de seguridad y de incendio (ejercicio de prevención de accidentes);
- n) Registro de manejo de accidentes de equipo;
- o) Registro de inspección de las estructuras hidráulicas;
- p) Registro de actuación de las averías de los dispositivos automáticos de la unidad del turbogenerador.
- q) Registro de acción del relé de protección y dispositivo automático del disyuntor;
- r) Acta de puesta en servicio del relé de protección y del dispositivo automático;
- s) Registro de las herramientas y piezas de repuesto;

PCH/LT 005-2:2019:

- t) Registro de visitantes;
- u) Registro de exámenes técnicos del personal operativo.

4.1.12 La central hidroeléctrica deberá estar dotada de los siguientes sistemas de gestión, los cuales serán revisados periódicamente para garantizar que los sistemas sean eficientes e instructivos:

- a) Sistema de permisos de trabajo;
- b) Sistema de permisos de funcionamiento;
- c) Sistema de alivio de turnos;
- d) Recorrido del equipo del sistema de inspección;
- e) Sistema de operación en turno;
- f) Sistema de gestión de defectos de equipos;
- g) Sistema normal de arranque, sincronización y apagado de los equipos de la planta;
- h) Sistema de gestión de revisión de equipos;
- i) Sistema de gestión de aceptación de equipos;
- j) Sistema de gestión de las estructuras hidráulicas;
- k) Sistema de gestión de defectos y manipulación de equipos e instalaciones;
- l) Sistema de gestión de piezas de repuesto;
- m) Sistema de administración segura;
- n) Sistema de gestión para control de inundaciones y emergencias;
- o) Sistema de gestión de equipos de emergencia;
- p) Sistema de gestión de extinción de incendios;
- q) Sistema de gestión de clasificación de equipos e instalaciones;
- r) Otros sistemas de gestión aplicables a esta estación.

4.2 Administración de Seguridad

4.2.1 El sistema de permisos de trabajo y permisos de operación se deberá implementar estrictamente. La tasa de implementación para el permiso de trabajo y el permiso de operación debe ser del 100 %.

4.2.2 Los accidentes deberán notificarse oportunamente y clasificarse en diferentes grados, de acuerdo con las disposiciones pertinentes.

4.2.3 La gestión de la seguridad deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) El plan de lucha contra inundaciones y el plan de respuesta a emergencias se deberán preparar e implementar en consecuencia.
- b) Los caminos en el área de la planta deberán mantenerse limpios y libres de obstrucciones para cumplir con los requisitos de lucha contra inundaciones.

4.2.4 Las medidas de prevención de accidentes deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Se prepararán y aplicarán medidas organizativas y técnicas de prevención de accidentes. Se deben realizar inspecciones periódicas para garantizar que se implementen meticulosamente.
- b) Periódicamente, se organizarán ejercicios de prevención de accidentes y se registrarán dichos ejercicios.

4.2.5 La gestión de extinción de incendios y seguridad de la central hidroeléctrica deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Se proporcionarán medidas de seguridad y extinción de incendios según la normativa del país. La persona a cargo del sistema de seguridad y extinción de incendios debe estar capacitada según la normativa y tener experiencia y será la responsable de tomar medidas en caso de emergencia, así como de garantizar que se implemente el plan de seguridad preventivo adecuado para evitar tal ocurrencia.
- b) Se colocarán diversos tipos de equipos de extinción de incendios en los lugares adecuados, según el plan preparado por expertos, y se inspeccionarán periódicamente.
- c) Los materiales inflamables y explosivos se almacenarán conforme a las disposiciones. El uso de materiales inflamables y explosivos se realizará según lo previsto y con sumo cuidado, si es necesario, en el área de operación y se retirarán inmediatamente al finalizar el trabajo.
- d) Los operadores y el resto del personal de servicio deberán estar familiarizados y ser competentes en el uso del equipo de extinción de incendios.
- e) Los trabajos de seguridad y protección se deberán llevar a cabo adecuadamente, y se deberá inspeccionarse periódicamente el sistema de alarma contra incendios.

4.2.6 El manejo de los útiles y equipos de seguridad de la central hidroeléctrica deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Las herramientas de seguridad deben colocarse en gabinetes especiales por número, y se debe confirmar el personal de administración.
- b) Las herramientas y los equipos de seguridad se probarán periódicamente y no se utilizarán más allá de su vida útil.
- c) Las herramientas y los equipos de seguridad se inspeccionarán cuidadosamente antes de su uso y no se utilizarán si están dañados.

4.2.7 Se realizarán inspecciones de seguridad y nivelación de los equipos e instalaciones de la central hidroeléctrica de acuerdo con las disposiciones. La relación de perfección de los equipos y de las instalaciones deberá alcanzar el 100 %; el porcentaje de equipos e instalaciones con un índice de perfección que alcance el estándar de Grado I no deberá ser inferior al 80 % (ver Apéndice A).

4.3 Gestión de revisión y mantenimiento.

4.3.1 Se formulará un plan de revisión de acuerdo con los requisitos del fabricante y la situación operativa del equipo en la central hidroeléctrica. La revisión se realizará de acuerdo con el plan y se realizará la transición gradual de la revisión periódica al mantenimiento basado en el estado.

4.3.2 El período de revisión se organizará razonablemente de acuerdo con la disponibilidad del flujo de agua y el modo de funcionamiento de la red eléctrica y se realizará preferentemente durante la estación seca.

4.3.3 El equipo de la central hidroeléctrica será revisado por personal técnico profesional, y se prepararán especificaciones de revisión y mantenimiento del equipo o pautas de revisión para la central hidroeléctrica con herramientas/dispositivos avanzados. En el proceso de revisión del equipo, se identificarán e implementarán los puntos de control de calidad para los procedimientos de trabajo clave.

4.3.4 La revisión periódica deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Se preparará un plan de revisión periódica de acuerdo con los requisitos del fabricante y la situación operativa del equipo.
- b) La revisión periódica generalmente podría dividirse en inspecciones de rutina con reparaciones menores, por ejemplo, inspecciones diarias, inspecciones semanales e inspecciones mensuales, inspecciones trimestrales y semestrales; inspección y revisión anual; capital o revisión importante; renovación y modernización.

- c) Antes de la revisión, es necesario examinar el equipo operativo en el sitio, reconocer plenamente los problemas existentes, analizar las causas y preparar el plan general que sirva de base para la revisión.
- d) La revisión periódica se identificará por categoría específica; se preparará el flujo del proceso de revisión y, luego, se implementará después de ser aprobado por la autoridad competente.
- e) La calidad de la revisión deberá cumplir con los requisitos de las especificaciones pertinentes.
- f) El equipo reacondicionado deberá ser inspeccionado, probado y puesto en funcionamiento después de que pase las inspecciones de aceptación.
- g) Los datos técnicos relevantes para la revisión, la inspección y las pruebas se registrarán y archivarán adecuadamente.

4.3.5 La reparación de emergencia deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Se establecerán e implementarán mecanismos de reparación de emergencia y mecanismos de respuesta de emergencia para garantizar que la reparación y restauración de emergencia puedan organizarse rápidamente cuando ocurran accidentes con los equipos e instalaciones de la central hidroeléctrica.
- b) El plan de reparación de emergencia para accidentes y averías típicas se formulará de acuerdo con las circunstancias prácticas y se presentará a la autoridad competente para su revisión y aprobación. Una vez aprobado el plan de reparación de emergencia para accidentes y averías típicas, el trabajo de reparación de emergencia se asignará a alguna agencia competente según los reglamentos, y las normas y las responsabilidades de la agencia se definirán claramente.
- c) Las herramientas, los dispositivos y los equipos de iluminación utilizados para la reparación de emergencia deberán guardarse y mantenerse en la central eléctrica, y deberán ser inspeccionados y probados periódicamente.

4.4 Gestión de la formación en el puesto de trabajo.

4.4.1 La gestión de la formación en el trabajo deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Se formularán planes anuales de formación. El programa de capacitación se implementará bajo la supervisión del jefe de la estación o de la agencia profesional.
- b) Los empleados deberán organizarse para recibir capacitación técnica profesional y aprender las especificaciones relevantes para el equipo de la planta, los procedimientos operativos, la cuestiones relacionadas con la seguridad, la capacitación práctica en el manejo del equipo contra incendios y otras prácticas laborales relevantes.
- c) Siempre que sea es posible, el personal de operación y mantenimiento debe estar capacitado en el simulador digital en tiempo real para tener capacitación práctica para la operación del equipo de la planta y el manejo de condiciones anormales durante el funcionamiento de la planta.

PCH/LT 005-2:2019:

- d) El personal interesado deberá recibir formación antes de utilizar los nuevos equipos, las nuevas tecnologías y los nuevos procesos. El personal de operación y mantenimiento deberá recibir capacitación integral para el óptimo desempeño de la planta y los equipos de la central hidroeléctrica al menos una vez al año.

4.4.2 La formación del personal deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Adquirir conocimientos sobre las condiciones de trabajo de la planta y del equipo.
- b) Adquirir conocimiento de los parámetros técnicos y disposición de la planta y de los equipos.
- c) Adquirir conocimientos sobre el cableado y los modos de funcionamiento de los equipos eléctricos primarios y secundarios.
- d) Adquirir conocimientos sobre el diseño y los modos de funcionamiento de los sistemas de aceite, aire y agua.
- e) Adquirir conocimientos sobre el mantenimiento de equipos, tecnologías de revisión y requisitos de seguridad.
- f) Adquirir conocimientos sobre el método de operación de conmutación y las precauciones.
- g) Adquirir conocimientos sobre la operación, el mantenimiento, las tecnologías de revisión y los requisitos de seguridad de la estructura hidráulica y de los equipos hidromecánicos.
- h) Adquirir conocimiento del plan de emergencia ante accidentes, emergencias, desastres naturales y las tareas a ejecutar.
- i) Adquirir conocimientos sobre el funcionamiento seguro de las instalaciones, los equipos y los sistemas de gestión pertinentes.
- j) Adquirir conocimientos sobre los procedimientos para la revisión, la prueba y la configuración del sistema de control y protección de relés.
- k) Adquirir conocimientos sobre los equipos hidromecánicos y sus respectivos procedimientos de operación.
- l) Adquirir la capacidad de analizar y juzgar el estado de los equipos según la situación operativa y los resultados de la inspección. Adquirir la capacidad de analizar defectos de los equipos y tomar medidas correctivas.
- m) Adquirir la capacidad de juzgar correctamente la causa de la falla o accidente según el instrumento, la indicación de señal y la situación anormal del equipo y responder de forma rápida y adecuada.

4.5 Gestión de archivos

4.5.1 Se establecerán e implementarán sistemas de gestión de archivos en la central hidroeléctrica. Todo tipo de operación, mantenimiento, revisión, registros de inspección, informes de prueba y otros datos técnicos se clasificarán y analizarán de manera oportuna y se archivarán de manera oportuna. Todos los registros relacionados con condiciones operativas anormales, las fallas de equipos, los accidentes, las emergencias y los desastres naturales deberán archivararse oportunamente.

4.5.2 La gestión de archivos deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Los archivos se almacenarán en una sala y archivador exclusivos; la sala de archivos deberá satisfacer los requisitos para la gestión de archivos.
- b) Los archivos deberán organizarse y almacenarse según la clasificación. El jefe de la estación deberá inspeccionar los archivos serán anualmente.
- c) Cuando se gestionen los archivos por medio de una computadora, también deberán conservarse los archivos de la copia de seguridad.

4.5.3 Será necesario facilitar los siguientes archivos y datos técnicos:

- a) Informes de diseño y un juego completo de planos.
- b) Informe final de los trabajos de construcción y un juego completo de planos de obra.
- c) Especificaciones, planos y certificados de calidad de los equipos.
- d) Planos de instalación de equipos, registros de instalación y datos relevantes.
- e) Informe de pruebas de puesta en servicio y datos relevantes.
- f) Informe de mantenimiento preventivo y pruebas de los equipos eléctricos a lo largo de los años.
- g) Archivos de gestión de defectos de equipos.
- h) Registros e informes de pruebas de mantenimiento preventivo, revisión, mantenimiento de capital, renovación y modernización de equipos.
- i) Informes de análisis específicos sobre accidentes, fallas y operación de equipos,
- j) Informe clasificado sobre la gestión de la seguridad a lo largo de los años.
- k) Informe de observación y análisis de la estructura de derivación de agua, estructura de toma y sistema conductor de agua a lo largo de los años.
- l) Datos hidrológicos y de observación de inundaciones a lo largo de los años.

m) Datos de formación y exámenes del personal operativo.

4.6 Gestión de producción civilizada

4.6.1 El área vegetal deberá estar debidamente forestada y embellecida, el pavimento en el área vegetal deberá estar nivelado, las lámparas de iluminación deberán estar completas e intactas, el drenaje de agua deberá estar libre de obstáculos y los muros de contención deberán estar intactos y libres de malezas.

4.6.2 Se construirán cerramientos o vallas para la subestación transformadora y se colocarán señales de advertencia. Los accesos de inspección deberán estar limpios y sin obstáculos, las marcas de los equipos deberán ser claras y los nombres deberán ser precisos.

4.6.3 La planta deberá estar limpia y libre de fugas de agua; las puertas y ventanas deberán estar intactas y el equipo deberá estar limpio.

4.6.4 Las herramientas, datos, libros y registros se guardarán en los gabinetes dedicados o se almacenarán en las pilas dedicadas según su clasificación y se colocarán ordenadamente.

4.6.5 Los cuadros deberán estar prolijamente colgados, y toda clase de paneles, armarios y escritorios deberán estar limpios e intactos.

4.6.6 Los conductos de cables deberán estar limpios y las placas de cubierta deberán estar completas e intactas.

4.6.7 Se prohíben las actividades que sean irrelevantes para la producción en lugares importantes, como la sala de control y la sala de máquinas.

4.6.8 El operador de servicio deberá vestir uniforme y llevar marcas de servicio. Está estrictamente prohibido el uso de pantuflas, zapatos de tacón o faldas durante el servicio. Los operadores con cabello largo deberán recogerse el cabello y usar gorros de trabajo.

4.6.9 No se podrán criar aves ni ganado en el área de la planta.

5 Estructuras hidráulicas

5.1 Estructura de derivación

5.1.1 Se realizarán periódicamente evaluaciones de seguridad de las estructuras.

5.1.2 Los elementos a supervisar y el número de veces que se tomarán las diversas mediciones deben cumplir con los requisitos de diseño. Los resultados se deberán analizar y registrarse rápidamente en los archivos.

5.1.3 El personal deberá inspeccionar y comprobar periódicamente las estructuras hidráulicas en busca de defectos. Se mantendrá el registro de inspecciones y comprobaciones para identificar problemas y tomar medidas correctivas oportunas.

5.1.4 La inspección de las estructuras de derivación incluirá lo siguiente:

- a) Revise la estructura de liberación para comprobar que no tenga grietas, fugas o filtraciones y si la fundación de la presa tiene fugas anormales o desplazamientos inusuales.
- b) Compruebe que el talud de la presa de tierra y enrocado sea estable, que la cresta y el talud de la presa sean suaves y que no haya grietas, hundimientos, protuberancias, hormigueros o madrigueras de animales que afecten la estabilidad estructural o la seguridad del flujo de infiltración. Si la superficie de la pendiente tiene una protección completa de la pendiente y si tiene deficiencias parciales como holgura, hundimiento o desplome, deslizamiento del cojín o protección de la pendiente hueca; si la superficie aguas abajo y el pie de la presa tienen charcos de fugas, áreas de hundimiento, tuberías, crecimiento anormal de plantas y retrolavado o si el agua de filtración está turbia.
- c) Revise el cuerpo de la presa de concreto para comprobar que no haya señales de denudación, abrasión o filtración de agua. Los monolitos adyacentes no deben estar asentados de manera desigual; las juntas de dilatación y sellado deben funcionar con normalidad. Compruebe que no haya posibles fisuras que afecten a la estructura o la seguridad de filtraciones y que los cambios en las presiones de elevación sean normales.
- d) Revise la estructura de rebose para comprobar que esté intacta, los canales de alivio de inundaciones para comprobar que no estén rotos, y haga una inspección visual para ver si existen grietas anormales, asentamientos y filtraciones de agua en las placas de base, las paredes laterales de los aliviaderos, los túneles, las paredes laterales y sus superficies internas, y para comprobar que los dispositivos de disipación de energía no estén dañados.
- e) Compruebe que las instalaciones auxiliares de las estructuras de retención/liberación de agua estén intactas y funcionen con normalidad.

5.1.5 El mantenimiento de las estructuras de derivación se implementará de acuerdo con las normas pertinentes. El mantenimiento del hormigón deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La cresta de la presa, el talud, el parapeto y las instalaciones de observación deberán estar intactos. Los desagües se deben limpiar frecuentemente para que se mantengan limpios.
- b) Los materiales no se deben apilar en la coronación, la pendiente o la berma de la presa. La superficie de la presa no se debe utilizar como muelle de transferencia, ni la cresta, el talud y el pie de la presa como conductos de agua.
- c) En la presa y en la zona aguas arriba y aguas abajo que puedan afectar la seguridad del proyecto, se prohibirán las actividades que sean perjudiciales para el proyecto, incluidas la excavación de pozos, la construcción de estanques para peces y la perforación de pozos.

PCH/LT 005-2:2019:

- d) En la superficie de la presa no deberá haber plantas ni cultivos, pastos ni césped, ni se deberán retirar la arena y las piedras utilizadas para la protección de taludes y las instalaciones de desvío de filtraciones.
- e) Se evitará la erosión y socavación de la superficie de la presa por el agua de lluvia; Las instalaciones de filtrado del cuerpo de la presa y los dispositivos de alivio de presión detrás de la presa deberán mantenerse para garantizar su funcionamiento normal.
- f) Para aguas cargadas de sedimentos, las instalaciones de lavado del embalse deberán abrirse periódicamente; para las zonas frías, se adoptarán medidas de prevención del hielo.
- g) Los vertederos de hormigón con compuertas hidráulicas de accionamiento automático no solo deben cumplir los requisitos correspondientes a las presas de hormigón, sino que también deben garantizar una apertura y cierre suaves de las compuertas.
- h) Los dispositivos de desinflado de los diques de goma deberán ser seguros y fiables; la bolsa de la presa deberá estar intacta y cumplir los requisitos para la descarga por inundación. Los dispositivos electromecánicos y las tuberías de llenado de agua (aire) deberán funcionar correctamente.
- i) La estructura de las estructuras de descarga está intacta. Si las placas de base y las paredes laterales tienen grietas anormales, asentamientos y filtraciones de agua, y si las instalaciones de disipación de energía están destruidas, se deberá detener la descarga para permitir reparaciones de emergencia. Para aquellos que no puedan cumplir temporalmente las condiciones, se utilizará un esquema de descarga alternativo para prevenir accidentes y crear condiciones para reparaciones de emergencia.
- j) Las estructuras de descarga deberán mantener limpios sus conductos de descarga. Durante los períodos de descarga, el material amontonado aguas arriba deberá ser rápidamente rescatado y se prohibirá estrictamente que las balsas de madera y los barcos se acerquen a la entrada de las estructuras.
- k) Las instalaciones auxiliares de las estructuras de descarga deberán encontrarse en funcionamiento normal. La compuerta de descarga y la válvula deberán estar intactas con elevación normal y potencia operativa confiable.
- l) Si las estructuras de contención tienen defectos peligrosos, como grietas anormales, distorsiones o filtraciones de agua, estos deberán solucionarse con prontitud.

5.2 Estructuras de admisión

5.2.1 Será necesario mantener el nivel operativo de agua más bajo (nivel de cámara de carga) de las tomas de presión para cumplir con los requisitos de profundidad sumergida de la toma.

5.2.2 El mantenimiento de las estructuras de toma deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La pendiente lateral de la entrada (salida) deberá ser estable.
- b) La salida de aire de la toma deberá mantenerse libre de obstáculos.
- c) La cámara de elevación deberá estar libre de escombros.

5.3 Sistema conductor de agua (túnel, canal abierto o combinación de ambos)

5.3.1 Las estructuras del sistema conductor de agua se deberán inspeccionar periódicamente, especialmente durante la temporada de lluvias, para detectar pendientes de laderas que fácilmente generen peligros geológicos. La verificación e inspección tendrán los siguientes requisitos: Cualquier problema identificado debe procesarse de manera oportuna.

- a) Compruebe que el túnel no tenga grietas, distorsión, fugas, erosión, abrasión, cavitación, carbonización, pérdida de relleno sellador, o que no se hayan producido otros fenómenos. Compruebe si el túnel sin revestimiento tiene desprendimientos de rocas o filtraciones de agua graves y si el hormigón de túnel revestido tiene resquebrajamientos o filtraciones de agua graves. Compruebe si se produce inestabilidad o filtraciones de agua en el talud de la entrada (salida) del túnel.
- b) Verifique si hay materiales pesados apilados en la parte superior de la alcantarilla al aire libre o del túnel sin presión donde el espesor de la roca superior es inferior a tres veces el diámetro del túnel.
- c) Compruebe si el cuerpo principal del canal y los taludes laterales son estables y si se produce un colapso del suelo-roca o una falla de los bancos. Compruebe si existen depósitos de limo dentro del canal y si la superficie del canal tiene signos de abrasión, daños en el revestimiento o filtraciones graves de agua.
- d) Compruebe si el cuerpo del acueducto y los muelles son estables y si sobre ellos existen inclinaciones, grietas, daños o filtraciones graves de agua.
- e) Revise el tanque de compensación para ver si hay asentamientos desiguales, filtraciones, grietas, abrasión grave por intemperie y revestimientos dañados. Compruebe que el tanque de compensación (torre) con tapa ventile suavemente.
- f) Revise la placa base de la cámara de presión, el vertedero de desbordamiento y el muro de contención para ver si tienen distorsión, filtración de agua o si se produjo el colapso de la pendiente lateral. Compruebe si las instalaciones de rebosadero y drenaje y las aberturas de descarga de arena están intactas.

5.3.2 El mantenimiento y reparación de las estructuras del sistema conductor de agua deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Las instalaciones auxiliares de la cámara de compensación deberán ser seguras. Las instalaciones de observación del nivel del agua serán normales y fiables.

PCH/LT 005-2:2019:

- b) El túnel se vaciará para su inspección y revisión, así como se limpiará periódicamente bajo supervisión de expertos y según las normas.
- c) La velocidad promedio del flujo del canal bajo flujo de diseño no deberá exceder la velocidad permitida para los materiales de revestimiento. Las velocidades en el canal deberán cumplir con los requisitos de ausencia de depósitos o de socavación en condiciones de carga de sedimentos.
- d) Si el acueducto presenta daños, grietas, erosión o sellado envejecido, será necesario restaurarlo o rehabilitarlo. Si la base de la tubería presenta grietas o deformación, será necesario repararla o reforzarla.
- e) Si las estructuras del sistema conductor de agua presentan roturas y fugas de agua que afecten la estabilidad de la montaña, estas se deberán reparar con prontitud.

5.4 Casa de máquinas y subestación (o subestación transformadora)

5.4.1 La casa de máquinas y la subestación (o subestación transformadora) se deberán inspeccionar periódicamente. La inspección deberá cumplir con los siguientes requisitos. Cualquier problema identificado debe procesarse de manera oportuna.

- a) Comprobar si las estructuras de la casa de máquinas y sus instalaciones auxiliares están intactas.
- b) Compruebe periódicamente si las vigas, placas y pilares de hormigón de la casa de máquinas tienen grietas y si se producen grietas. Compruebe si los soportes de hormigón del turbogenerador tienen grietas o están dañados.
- c) Compruebe si las pendientes detrás de la casa de máquinas son estables o si están colapsadas.
- d) Compruebe si la base y la estructura de la estación de refuerzo son estables.

5.4.2 El mantenimiento y reparación de la casa de máquinas y la subestación (o subestación transformadora) deberán cumplir con las normas pertinentes. Las barras de acero deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Si los componentes de la casa de máquinas presentan deformaciones, daños, grietas o filtraciones de agua graves que amenacen la seguridad del personal y del equipo, y la montaña presenta signos de deslizamiento de tierra, se procederá a su inmediata atención.
- b) Si los criterios de control de inundaciones de la casa de máquinas no cumplen con los requisitos, se adoptarán medidas de ingeniería para solucionar prontamente los problemas.

6 Obras hidromecánicas

6.1 Tubería de carga

6.1.1 La tubería de carga deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La superficie interior de la tubería de carga deberá estar provista de un revestimiento anticorrosivo de espesor uniforme.
- b) Se deberá asegurar que la tubería de carga esté libre de deformaciones, grietas o filtraciones de agua.
- c) Se deberá asegurar que la tubería de carga se deslice libremente a lo largo del eje de la junta de dilatación.
- d) Las juntas de dilatación del pozo de hombre y de la tubería de carga deberán tener la compresión deseada para que queden estancas.
- e) La tubería de carga se deberá inspeccionar periódicamente.
- f) Los soportes de silleta y anclajes de la tubería de carga deberán estar intactos y estables y no tener fisuras, daños, desplazamientos o asentamientos.

6.1.2 El mantenimiento de las tuberías de carga deberá satisfacer los siguientes requisitos:

- a) La superficie de la tubería de carga deberá recibir periódicamente un tratamiento anticorrosivo.
- b) Si hay corrosión, grietas o inestabilidad, deberá repararse o reemplazarse de inmediato.
- c) Si el espacio entre la tubería enterrada y el hormigón, así como la roca, soportan conjuntamente los aumentos de la presión interna, entonces se deberá realizar el relleno de las juntas para tratar el problema.
- d) Se adoptarán medidas de amortiguación si la tubería expuesta vibra.

6.2 Portones y polipastos

6.2.1 El funcionamiento normal de la compuerta deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La compuerta deberá ser estable y confiable, no tener deformaciones ni corrosión; los sellos deberán estar intactos; las poleas deberán estar en buen estado de funcionamiento, y todos los cojinetes, casquillos y cables deberán estar debidamente engrasados.
- b) Si los componentes principales de la compuerta, incluidos el entablado, la viga y la viga de borde y los brazos radiales de la puerta tienen corrosión, se deberá realizar de inmediato una inspección estructural; se deberá verificar la resistencia y la dureza y se deberán tomar medidas correctivas de inmediato.
- c) Los componentes enterrados de la compuerta deberán inspeccionarse periódicamente, se sustituirán aquellos que presenten pistas muy erosionadas o más de 2 mm de dislocación de juntas irreparables o que estén muy corroídos. Si es necesario reemplazar más del 30 % de los componentes de la compuerta, esta se deberá desechar, y será necesario reemplazarla en su totalidad.

6.2.2 El funcionamiento normal del dispositivo de elevación deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El dispositivo de elevación deberá tener energía de reserva confiable.

PCH/LT 005-2:2019:

- b) Los dispositivos eléctricos de operación y las instalaciones auxiliares del dispositivo de elevación deberán ser seguros y confiables.
- c) Los dispositivos de elevación exteriores deberán tener cubiertas de protección instaladas, y los dispositivos eléctricos de operación deberán estar bloqueados.
- d) Los cables metálicos del dispositivo de elevación de la puerta no deberán presentar distorsiones, colapsos, anomalías ni alambres rotos. El cable, los alambres y el núcleo de los cables de acero no se deben estrujar. Los cables metálicos deberán mantenerse lubricados.
- e) El funcionamiento del polipasto deberá ser seguro y fiable.
- f) El nivel de ruido del dispositivo de elevación hidráulico no deberá superar los 85 dB.
- g) Los dispositivos eléctricos de elevación de tornillo deberán tener dispositivos confiables de protección de seguridad contra sobrecargas eléctricas y mecánicas.
- h) Tanto los dispositivos de elevación de tornillo operativos eléctricos como los manuales o los dispositivos de elevación de tornillo manuales deberán tener instaladas manijas de seguridad en el eje. Cuando el dispositivo manual del dispositivo de elevación operativo eléctrico/manual esté conectado a la máquina, deberá contar con medidas de seguridad que puedan cortar todo el circuito eléctrico.

6.2.3 El mantenimiento de la puerta deberá satisfacer los siguientes requisitos:

- a) Se debe limpiar periódicamente el crecimiento de organismos acuático, malezas y suciedad en la compuerta y en la ranura de la compuerta.
- b) Se deben mantener lubricados los componentes giratorios de la compuerta.
- c) Las uniones fijadas deben ser confiables y no se deben deformar.
- d) Durante la temporada de heladas en zonas frías se adoptarán medidas para evitar o disminuir la carga de hielo en la compuerta.
- e) Reemplazo oportuno de sellos de agua desgastados, rotos y envejecidos.
- f) Engrase y sustitución periódica de los cojinetes/casquillos rotos de las ruedas de la compuerta.

6.2.4 El mantenimiento del dispositivo de elevación deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La parte eléctrica del dispositivo de elevación se debe mantener en buenas condiciones en todo momento.

- b) Se garantizará la inspección y el mantenimiento periódicos del desacelerador y los engranajes, así como el filtrado y reemplazo periódicos del aceite hidráulico.
- c) Las ruedas de frenado y las superficies de las pastillas de freno se mantendrán limpias y la separación de las zapatas de freno se mantendrá normal. Las cintas de freno desgastadas se sustituirán lo antes posible.
- d) Si los valores de configuración de la bomba variable, la válvula de desbordamiento y el manómetro son anormales, será necesario restablecerlos.
- e) Los cables metálicos y los bloques de poleas deben engrasarse frecuentemente para protegerlos contra la corrosión.
- f) Los indicadores de altura y los limitadores de carga se deberán comprobar y restablecer periódicamente.

6.3 Rejilla de basura

6.3.1 Las instalaciones de basura de la toma deberán ser seguras y confiables.

6.3.2 Las instalaciones de basura deben garantizar un área de desbordamiento adecuada. El limo y la suciedad deben eliminarse de manera oportuna.

7 Equipos electromecánicos

7.1 Turbina

7.1.1 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para el funcionamiento normal de las turbinas:

- a) Las turbinas funcionarán de forma continua y durante largos períodos, de acuerdo con los parámetros de diseño pertinentes.
- b) Las turbinas no deberán funcionar cuando la temperatura del aceite de los cojinetes sea inferior a 5 °C. El suministro de agua de refrigeración se interrumpirá cuando la temperatura del aceite del cojinete/gobernador sea inferior a 10 °C.
- c) La temperatura de los cojinetes axiales que utilizan casquillos metálicos no debe exceder los 60 °C (el límite máximo es 70 °C). Se establece una alarma a 65 °C, y el disparo de la unidad a 70 °C. La temperatura de los cojinetes axiales que utilizan casquillos elásticos de plástico metálico no debe exceder los 55 °C.
- d) Deberá haber un funcionamiento normal del agua de refrigeración del rodamiento, sin fugas de agua y sin ruidos anormales. La temperatura del agua de refrigeración debe estar entre 5 °C y 30 °C, y la presión del agua de refrigeración debe estar entre 0,15 MPa y 0,3 MPa.
- e) Cuando se apaga una unidad del turbogenerador, se debe garantizar que el nivel de aceite en varios cojinetes sea normal y que la calidad del aceite cumpla con el estándar requerido.
- f) Deberá haber un funcionamiento normal de las paletas guía, de los enlaces de las paletas guía y de los pasadores de corte.

PCH/LT 005-2:2019:

- g) No deberá haber fugas graves de agua en el sello del eje principal ni en los manguitos del eje de las paletas guía.
- h) No deberá haber fugas ni obstrucciones en las tuberías de aceite, aire y agua.
- i) La válvula de vacío debe funcionar normalmente.
- j) Los valores de descentramiento y vibración de todos los componentes de la unidad del turbogenerador deberán mantenerse dentro del rango permitido.
- k) El gobernador debe mantenerse en modo de operación de control automático. Se debe adoptar el control manual si se producen condiciones especiales, como funcionamiento inestable o mal funcionamiento del sistema del gobernador.
- l) El funcionamiento estará prohibido bajo las siguientes condiciones:
 - 1) Fluctuación excesiva de los niveles de agua aguas arriba y aguas abajo o presión pulsante excesiva en el tubo de aspiración.
 - 2) Excesivo descentramiento y vibración de los componentes de la unidad del turbogenerador y el pasador de corte está roto.
 - 3) La presión del aceite de las unidades de presión de aceite cae al valor establecido para baja presión de aceite debido a un mal funcionamiento.
- m) Para una unidad de turbogenerador con una válvula reguladora, el movimiento coordinado de la válvula reguladora y el gobernador debería funcionar normalmente.
- n) Se debe garantizar que todos los medidores del instrumento muestren indicaciones correctas.
- o) La verificación y el registro de las condiciones operativas de la unidad del turbogenerador deben realizarse cada hora.
- p) Las unidades de reserva activa se inspeccionarán periódicamente como unidades operativas. No se deben realizar operaciones irrelevantes.

7.1.2 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para el funcionamiento normal de arranque de las turbinas,

- a) Turbina de reacción:
 - 1) Asegúrese de que la apertura y el cierre de las paletas guía sean normales y que la válvula de liberación de aire de la caja en espiral funcione normalmente.
 - 2) Asegúrese de que la fuga de agua de las paletas guía en la posición cerrada esté dentro de los límites y no obstaculice el apagado normal de la unidad del turbogenerador.

- 3) Asegúrese de que la apertura y el cierre de las palas del rodete de la turbina Kaplan se realicen según la configuración Alfa-Beta.
- b) Turbina de impulso:
 - 1) Asegúrese de que no haya fugas de agua en la aguja en la posición completamente cerrada. Para una turbina con una válvula de liberación de aire de la boquilla, asegúrese de que la liberación de aire de la boquilla esté funcionando normalmente durante el arranque de la unidad del turbogenerador.
 - 2) Asegúrese de que el deflector funcione normalmente y esté colocado con precisión.
 - 3) Asegúrese de que la subboquilla del freno esté funcionando normalmente.

7.1.3 Para poner en funcionamiento la unidad del turbogenerador se deberán cumplir los siguientes criterios:

- a) Asegúrese de que la válvula principal esté completamente abierta, la válvula reguladora esté completamente cerrada y la tubería de carga esté llena.
- b) Asegúrese de que el gobernador esté en la posición completamente cerrada y bloqueado. La presión del aceite en el acumulador de presión es normal, y la fuente de alimentación de la bomba de aceite está encendida.
- c) Asegúrese de que el nivel de aceite de todos los cojinetes de la unidad del turbogenerador sea normal y que el color del aceite sea normal y que no haya fugas de aceite.
- d) Asegúrese de que la protección eléctrica, la protección mecánica y las fuentes de energía operativa de CA/CC estén funcionando normalmente.
- e) Asegúrese de que el sistema eléctrico esté normal y listo para ser puesto en funcionamiento.
- f) Asegúrese de que el dispositivo de freno de la unidad del turbogenerador esté funcionando normalmente y esté en su posición de cierre.

7.1.4 Se deben realizar las siguientes inspecciones para las unidades de turbogeneradores recién instaladas o las unidades que se ponen en funcionamiento después del mantenimiento, y se deben devolver todos los permisos de trabajo. Las unidades nuevas podrán ponerse en funcionamiento de ensayo después de haber sido inspeccionadas y cuando se asegure que no hay personas trabajando dentro de la unidad del turbogenerador.

- a) Asegúrese de que no haya residuos en el sistema conductor de agua ni en los conductos de flujo, incluida la tubería de carga, la caja en espiral y la tubería de aire.
- b) Asegúrese de que el dispositivo de freno funcione normalmente y esté en su posición de cierre.

PCH/LT 005-2:2019:

- c) Asegúrese de que el mecanismo de las paletas guía sea normal, sin daños en las paletas guía ni pasadores cortantes sueltos.
- d) Asegúrese de que no queden residuos o herramientas dentro del generador. La presión del resorte de la escobilla de carbón en el anillo colector deberá ser normal sin condiciones de bloqueo ni aflojamiento.
- e) Asegúrese de que el dispositivo de automatización de la unidad del turbogenerador sea normal.
- f) Asegúrese de que todos los dispositivos de sellado de la turbina estén en buen estado.
- g) Asegúrese de que el mecanismo operativo de la válvula principal de la turbina, la válvula reguladora y el interruptor de carrera funcionen normalmente.
- h) Asegúrese de que los sistemas de aceite, aire y agua sean normales.
- i) Asegúrese de que el gobernador funcione normalmente.
- j) Se deben eliminar las vallas de aislamiento de seguridad alrededor de la unidad.
- k) Asegúrese de que se complete el trabajo de elevación del rotor.
- l) Asegúrese de que se realicen todas las pruebas eléctricas, de sobrevelocidad de la unidad del turbogenerador y de rechazo de carga y cumplan con los estándares pertinentes y se registren según las normas.
- m) Asegúrese de que para las unidades de turbogeneradores recién instaladas se realicen 72 horas de prueba continua a carga completa. Si debido a la falta de disponibilidad de descarga suficiente o problemas de red, la unidad del turbogenerador no puede asumir su carga nominal, entonces la prueba de funcionamiento continuo de 72 horas se llevará a cabo con la carga más grande posible de acuerdo con las condiciones en ese momento.

7.1.5 Para el mantenimiento y tratamiento de fallas de la turbina se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) La inspección y el mantenimiento periódicos de la turbina deberán incluir las siguientes operaciones:
 - 1) Medición y registro de la oscilación del eje principal de la turbina, el voltaje del eje y la corriente del eje de la unidad del turbogenerador.
 - 2) Conmutación del equipo auxiliar y sistema accesorio entre el sistema principal y el de reserva
 - 3) Llenado o cambio de aceite lubricante y grasa lubricante según las condiciones de uso del aceite de los distintos rodamientos y piezas lubricadas.

- 4) Inspección y ajuste de la brecha de sellado del eje principal a un valor intermedio apropiado e inspección de la calidad del agua de sellado.
 - 5) Limpieza y retrolavado del filtro para suministro de agua limpia.
 - 6) Liberación de agua y drenaje de suciedad para todos los separadores de aire y agua.
 - 7) Inspección de la apertura de la paleta guía para verificar la uniformidad y verificación de los espacios laterales verticales y laterales finales.
 - 8) Inspección y control del espacio entre laberintos de turbinas.
 - 9) Elevación del rotor con un gato una vez antes de reiniciar las unidades de turbogeneradores para un apagado de 72 horas. Para cojinetes de empuje que utilizan casquillos plásticos metálicos elásticos, se permite el arranque de la unidad del turbogenerador sin levantar el rotor con aceite a alta presión.
 - 10) Se debe garantizar una limpieza regular de las superficies del equipo.
- b) El mantenimiento y tratamiento de las turbinas en operación deberá satisfacer los siguientes requisitos:
- 1) Si hay ruido anormal durante el funcionamiento de la turbina, entonces la unidad del turbogenerador se apagará para su inspección;
 - 2) Cuando se produzca un exceso de velocidad, se deben cerrar las paletas guía inmediatamente para encontrar la causa, y se deberán tomar las medidas pertinentes de mantenimiento y reparación.
 - 3) Cuando se corte el pasador de corte de la paleta guía, se debe detener la unidad del turbogenerador y cambiar el pasador de corte.
 - 4) Cuando la temperatura del cojinete aumenta anormalmente, se deben realizar controles para detectar fugas de aceite en todas las piezas, siendo normales el nivel de aceite, el color del aceite y el suministro de agua para el cojinete, cualquier aumento en la vibración de la unidad del turbogenerador, oscilación. o ruido anormal dentro de los rodamientos. Se deberá realizar un control periódico de la temperatura de los rodamientos. Si el problema persiste, se debe apagar la máquina para realizar una verificación detallada y tomar medidas correctivas;
 - 5) Si la temperatura del casquillo del cojinete excede los 65 °C y continúa aumentando después del procesamiento, la unidad del turbogenerador debe apagarse para que se realice una inspección en ella.

PCH/LT 005-2:2019:

- 6) Cuando el nivel de aceite en el cojinete baje, se deberá apagar inmediatamente la unidad del turbogenerador y se deberán tomar las medidas pertinentes.
- 7) Cuando se produzca una fuga de agua en el enfriador del cojinete, la unidad del turbogenerador deberá apagarse inmediatamente para cambiar o reparar el enfriador y se deberá realizar una prueba de presión en esta.
- 8) Cuando el agua de refrigeración en el cojinete esté bloqueada o detenida, se deberá apagar la unidad del turbogenerador y se deberá realizar una inspección.
- 9) Cuando el valor de vibración y oscilación exceda los valores permitidos, la unidad se apagará para verificar la causa del problema.
- 10) Si la unidad no tiene dispositivo de frenado, deberá renovarse. No se deberá adoptar el método de frenado manual utilizando un taco de madera o un palo.
- 11) Se deberán abordar otras averías que puedan poner en peligro la seguridad de las personas y del equipo.

7.2 Generador

7.2.1 Se deben cumplir los siguientes requisitos para el funcionamiento normal del generador:

- a) El generador debe funcionar de forma continua durante un período prolongado, y los parámetros de funcionamiento deben mantenerse dentro de los límites prescritos por el fabricante.
- b) La temperatura del aire para los generadores enfriados por aire debe estar dentro de los límites prescritos. El aire deberá ser limpio, seco y no ser corrosivo.
- c) El aumento de temperatura máximo permitido y la temperatura del bobinado del estátor, del bobinado del rotor y del núcleo de hierro no deberán exceder las especificaciones del fabricante.
- d) La fluctuación de voltaje bajo una salida de potencia constante es inferior al $\pm 5\%$ del valor nominal, y el máximo no debe exceder el $\pm 10\%$ del valor nominal, y la corriente de excitación no debe exceder el valor nominal. El voltaje mínimo de funcionamiento está determinado por los requisitos de estabilidad de la red eléctrica y no debe ser inferior al 90% del valor nominal, y la corriente del estátor no debe exceder el 105% del valor nominal.

- e) Cuando las fluctuaciones de frecuencia no superen $\pm 0,5$ Hz, el funcionamiento puede realizarse por debajo de la capacidad nominal. La corriente del rotor no deberá exceder el valor nominal cuando la frecuencia sea inferior a 49,5 Hz. El rango de fluctuación de frecuencia de la unidad del turbogenerador puede ampliarse según convenga para pequeñas redes eléctricas aisladas.
- f) No se permitirá el funcionamiento en fase incompleta. En condiciones de falla, se permite una sobrecorriente de breve duración. Los límites de sobrecorriente del bobinado del estátor y su correspondiente duración permitida se deben mantener según las instrucciones del fabricante, y la ocurrencia de sobrecorriente que dure el tiempo permitido no debe exceder 2 veces al año.
- g) Durante la operación, si se requiere que la unidad del turbogenerador funcione con el PF principal, se debe garantizar que las corrientes del estátor y del rotor no excedan sus límites prescritos.
- h) Se debe garantizar que durante el arranque los frenos estén apagados y durante el apagado de la unidad estén cerrados a solo del 20 % al 35 % de la velocidad nominal; la duración del frenado no debe exceder los 2 min. La presión del aire de freno deberá estar dentro del rango normal prescrito por el fabricante (0,5 MPa a 0,7 MPa). Se debe prestar atención a que la máquina se detenga dentro del tiempo prescrito después de aplicar los frenos. Se debe evitar el deslizamiento prolongado de las unidades de turbogeneradores a baja velocidad. Cuando se utiliza lavado o chorro de agua inverso por subboquilla para las unidades de turbogeneradores Pelton, la duración máxima del freno no debe exceder los 5 minutos, y los dispositivos de supervisión y control para encender y apagar el lavado o chorro de agua de freno deben funcionar normalmente.

7.2.2 Se deben cumplir los siguientes criterios para el arranque normal, el funcionamiento en paralelo, el aumento de carga y la parada del generador:

- a) La operación de arranque normal de las unidades de turbogeneradores será realizada por el operador autorizado después de recibir la autorización de todos los permisos de trabajo. La operación de apagado normal se realizará después de recibir instrucciones claras del personal autorizado.
- b) Las unidades de reserva y sus sistemas/equipos auxiliares deberán estar en buenas condiciones y deberán poder encenderse inmediatamente en todo momento.
- c) Cuando la velocidad del generador alcance aproximadamente el 50 % de la velocidad nominal, se deben inspeccionar la vibración y el estado de contacto de las escobillas de carbón en el anillo colector y si el sonido de todas las partes de la unidad del turbogenerador es normal o no. Si ocurre algo anormal, será necesario identificar y resolver las causas.
- d) Después de que la velocidad de la unidad del turbogenerador alcance básicamente el valor nominal, será necesario iniciar el proceso de acumulación de tensión encendiendo el sistema de excitación. La tensión debe aumentarse lentamente hasta su valor nominal.

PCH/LT 005-2:2019:

- e) Durante el proceso de aumento de voltaje del generador se inspeccionarán los siguientes elementos:
- 1) Para generadores con excitación controlada por silicio, deberá haber un número apropiado de vueltas del potenciómetro para regular la excitación.
 - 2) La corriente del estátor trifásico deberá ser igual a cero. Si existe corriente en el circuito del estátor, el interruptor de excitación deberá apagarse inmediatamente, y la unidad del turbogenerador se apagará para inspeccionar si hay o no un cortocircuito en el circuito del estátor o si se ha retirado el cable de conexión a tierra.
 - 3) Revise las tensiones del estátor trifásico para comprobar que estén equilibradas;
 - 4) Inspeccione la resistencia de aislamiento del circuito del rotor de la unidad del turbogenerador.
 - 5) Bajo voltaje nominal sin carga. Compruebe que el voltaje y la corriente del rotor excedan el valor nominal sin carga o no. Si lo hacen, se apagará inmediatamente la unidad del turbogenerador y se inspeccionará el circuito principal de excitación para detectar fallas.
- f) Si existe una de las siguientes condiciones, no se permitirá cerrar el disyuntor paralelo/sincronizador:
- 1) La rotación del puntero del sincronoscopio es demasiado rápida;
 - 2) El puntero se detiene cuando está cerca de la marca sincrónica.
 - 3) Si el puntero fluctúa;
 - 4) Fallo del sincronoscopio;
 - 5) El operador está nervioso y le tiemblan las cuatro extremidades.
- g) Los siguientes requisitos deberían ser satisfactorios para desconectar la unidad del turbogenerador de la red eléctrica y apagarla:
- 1) Reducir la carga de la unidad del turbogenerador y acercarla a cero después de recibir la orden de apagar la unidad;
 - 2) Luego, se desconectará el disyuntor de la unidad del turbogenerador.
 - 3) Para generadores con excitación controlada por silicio, la desexcitación se realizará por reducción del flujo de corriente directa.
 - 4) Desconecte el interruptor de desconexión.
 - 5) Si la duración de la parada de la unidad del turbogenerador está prevista para un período prolongado, se deberá medir y registrar la resistencia de aislamiento de los circuitos del rotor y del estátor.

7.2.3 Después de una revisión mayor o menor, la unidad del turbogenerador deberá contar con aceptación calificada antes de su puesta en operación. Los elementos de aceptación deberán satisfacer los siguientes requisitos:

- a) Se eliminan la línea de conexión a tierra temporal, las tarjetas de señalización y los bloques de protección. No debe haber ninguna persona trabajando en el equipo correspondiente y no deben faltar elementos ni herramientas diversas.
- b) La resistencia de aislamiento del bobinado del estátor y del circuito del rotor es adecuada.
- c) Las condiciones de los circuitos primario y secundario son normales.
- d) El circuito de excitación es normal,, y los interruptores de transferencia de excitación manual y automático están en la posición de corte.
- e) El interruptor de desconexión, el disyuntor y el interruptor de desexcitación del generador están en la posición de apagado.
- f) Se completó el levantamiento del rotor de las unidades de turbogenerador.

7.2.4 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para la supervisión y el mantenimiento normal del generador:

- a) Se registrarán los cambios en todos los contadores del tablero de control centralizado y de los cuadros eléctricos una vez por hora.
- b) La temperatura del bobinado del estátor, el núcleo del estátor, el agua de salida del enfriador de aire, el aire de entrada y salida y los cojinetes se registrarán una vez por hora.
- c) Las lecturas de todos los medidores provistos en los distintos paneles de la unidad y paneles de control se registrarán una vez por hora, y se inspeccionará el aislamiento del rotor y el estado de equilibrio de los voltajes trifásicos del estátor.
- d) Para las centrales eléctricas con supervisión por microprocesador, los registros deben realizarse una vez por hora.
- e) Se deben supervisar los sonidos, las vibraciones y el olor de las piezas giratorias del generador y del sistema de excitación, y si se descubre alguna condición anormal, se deben realizar registros e informes oportunos para garantizar que se tomen medidas correctivas de manera oportuna.
- f) Inspeccione para ver si existen cambios de color y calentamiento en alguna pieza de conexión de los circuitos primario y secundario; si existen ruidos anormales en los transformadores de potencial y corriente y si el nivel y el color del aceite en los disyuntores de aceite son normales o no.

PCH/LT 005-2:2019:

- g) Se deberá realizar una inspección periódica del generador y sus accesorios, al menos una vez por turno.
- h) Se realizarán pruebas preventivas periódicas del generador.

7.2.5 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para la medición de la resistencia de aislamiento y el secado del generador:

- a) Para un generador que ha estado apagado durante más de 3 a 10 días, la resistencia de aislamiento de los circuitos del estátor y del rotor se medirá antes del inicio de la operación, de acuerdo con las condiciones climáticas ambientales reales en la central eléctrica.
- b) Para unidades de turbogenerador de alto voltaje con voltajes de salida del generador de 6,3 kV y superiores, la resistencia de aislamiento del circuito del estátor debe medirse con un megaohmímetro de 2,5 kV. A efectos de comparación, la cifra medida se convertirá al valor a 75 °C. La medición de la resistencia de aislamiento del bobinado del estátor puede incluir el cable de alimentación; en el caso de conexiones generador-transformador, se podrá incluir el bobinado de baja tensión del transformador.
- c) Para unidades de turbogenerador con un voltaje de salida del generador de 400 V, la resistencia de aislamiento del estátor y del rotor puede medirse con un megaohmímetro de 500 V, que deberá ser superior a 0,5 MΩ.
- d) La resistencia de aislamiento de todos los sistemas de excitación, medida con un megaohmímetro de 500 V, será superior a 0,5 MΩ.
- e) Cuando la resistencia de aislamiento no cumpla con los requisitos por efecto de la humedad, el secado del generador deberá realizarse mediante los siguientes métodos:
 - 1) Enfriamiento natural por aire en rotación sin carga o secado mediante paso de aire caliente
 - 2) Secado por corriente directa
 - 3) Secado con lámpara eléctrica
 - 4) Horneado con horno eléctrico
 - 5) Secado en cortocircuito.

7.2.6 En condiciones de falla, se permite una sobrecarga breve para el generador, y la duración permitida de la sobrecarga debe cumplir con los requisitos especificados en la Tabla 1. Cuando la corriente del estátor del generador exceda el valor permitido, se debe inspeccionar la duración del exceso permitido del factor de potencia, voltaje y corriente del generador. La reducción de la corriente de excitación hace que la corriente del estátor del generador no exceda el valor máximo permitido. Si la disminución de la corriente de excitación no puede satisfacer los requisitos, se enviará un informe al centro de despacho de carga para reducir la carga activa hasta alcanzar la corriente permitida.

Tabla 1 Duración permitida para la sobrecarga de corta duración del generador

Corriente de sobrecarga/corriente nominal	1,1	1,12	1,15	1,2	1,25	1,5
Permitido continuo durante (min)	60	30	15	6	5	2

7.2.7 Para el mantenimiento y eliminación de fallas del generador, se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Cuando el generador esté sobrecargado, se deberá reducir la carga reactiva, previa coordinación con el centro de despacho de carga. Si la corriente del estátor no se puede reducir al valor nominal disminuyendo la corriente de excitación, entonces se debe reducir la carga activa del generador. Si hay alguna falla en el sistema de potencia, se deben observar los requisitos de sobrecarga del generador y se debe supervisar estrictamente la temperatura del bobinado del estátor.
- b) Cuando el sistema de excitación esté puesto a tierra en un punto, la unidad del turbogenerador se apagará para tomar medidas correctivas.
- c) Cuando la temperatura del generador sea anormal, se deberá inspeccionar el dispositivo de medición de temperatura y los componentes para ver si son normales o no.
- d) Cuando el circuito potencial del transformador funcione mal, los fusibles del circuito secundario se deberán inspeccionar y reemplazar si están fundidos. Si la falla aún persiste, se solicitará el apagado de la unidad del turbogenerador para efectuar medidas correctivas.
- e) Cuando la potencia del generador en kW/MW desaparezca, se inspeccionará lo siguiente para:
 - Asegurarse de que los fusibles del circuito de funcionamiento estén fundidos o no.
 - Asegurarse de que la conexión eléctrica del relé de supervisión en el circuito operativo esté intacta o no. Asegurarse de que las bobinas de funcionamiento del disyuntor del generador esté bien o no.
 - Asegurarse de que los puntos de contacto subsidiarios tengan un contacto deficiente.
 - Tomar medidas correctivas cuando sea necesario. Si la falla aún persiste, apague la unidad del turbogenerador para realizar una inspección detallada y eliminar la falla.
- f) Cuando el disyuntor del generador se dispare automáticamente, se debe inspeccionar el bobinado del estátor para determinar si tiene un cortocircuito entre las fases o un cortocircuito entre las fases y la conexión a tierra.

Cuando hay cortocircuito en el terminal del generador, la barra colectora o en la línea; o una acción defectuosa del dispositivo de protección del relé o del mecanismo de operación del disyuntor, o un contacto por error por parte del operador, el interruptor de desexcitación del generador se activará inmediatamente, y el interruptor de control de excitación manual/automático deberá girarse a la posición de corte. Se identificarán las causas y se tomarán medidas correctivas.

PCH/LT 005-2:2019:

- g) Cuando se activa la protección contra sobrecorriente de bajo voltaje, el disyuntor del generador se dispara. Al mismo tiempo, el transformador principal y los disyuntores de línea también se disparan debido a una sobrecorriente, lo que indica que todo esto fue causado por una falla de línea. El operador debe encender la unidad y mantenerla en la posición sin carga para que pueda sincronizarse tan pronto como se atienda la falla de la línea y el centro de despacho de carga dé la autorización.
- h) Cuando se activa la protección diferencial:
- La unidad del turbogenerador se detendrá inmediatamente y se desactivará.
 - Se realizará una verificación de las indicaciones de falla, del circuito diferencial, del circuito de protección del relé para garantizar si están en orden o no.
 - Se comprobarán los fenómenos de arco eléctrico, humo y fuego provocados por la perforación del aislamiento interno del generador.
 - Se inspeccionará el cortocircuito y la conexión a tierra de los equipos dentro del área de protección diferencial.
 - La resistencia de aislamiento fase a fase y fase a tierra de los bobinados del generador se medirá con un megaohmímetro de 2,5 kV.
 - Si no se descubre un punto de falla, y la resistencia del aislamiento es buena, se podrá entregar un informe al centro de despacho de carga para elevar el voltaje desde cero, y se prestará especial atención a las condiciones durante el proceso, con parada inmediata de la unidad del turbogenerador ante la aparición de cualquier condición anormal.
 - Antes de que se detecten las causas de la desconexión diferencial, está absolutamente prohibido arrancar el grupo turbogenerador y forzar la sincronización con la red.
- i) Cuando se produzca la acción de protección contra sobretensión, verifique la causa de disparo por sobretensión, resuelva las fallas y organice el mantenimiento de acuerdo con la situación.
- j) Si hay una acción defectuosa del disyuntor del generador, la excitación del generador y la velocidad de rotación se regularán inmediatamente hasta la posición sin carga, y se determinarán las causas de la falla. Si no se encuentra ninguna anomalía, la unidad debe sincronizarse inmediatamente con la red.
- k) Durante el funcionamiento en paralelo no síncrono, se debe comprobar la resistencia de aislamiento del bobinado del estátor del generador para detectar posibles daños en los terminales del generador. Si es así, se deben tomar las medidas correctivas y se determinará que todos los demás componentes de la unidad funcionan normalmente. Entonces, se reinicia la unidad y se sincroniza con la red.

- l) Cuando falle el aumento del voltaje del generador, se debe verificar la fuente de energía del sistema de excitación y la condición de los contactos del circuito de excitación.
- m) En caso de falla del dispositivo de excitación de reactancia en derivación de doble bobinado, se apagará la unidad del turbogenerador, se inspeccionarán los elementos uno por uno y se resolverán las fallas.
- n) Cuando surjan las siguientes condiciones, será necesario apagar la unidad del turbogenerador para su tratamiento:
 - 1) Falla la acumulación de tensión para el sistema de excitación sin escobillas.
 - 2) Falla la acumulación de tensión para el sistema de autoexcitación controlado por silicio.
 - 3) El generador pierde excitación.
 - 4) Aparece humo, fuego u olor a carbonizado en el estátor del generador y en el rotor.
 - 5) Aparecen fuertes chispas en el cepillo de anillos colectores, y falla la acción correctiva falla.
 - 6) Se producen fallos en las piezas y cables eléctricos, y no es posible su recuperación.
 - 7) Han caído sustancias extrañas, como p. ej. materia metálica, en el generador.
- o) Cuando aumenta la vibración del generador, la corriente de excitación del generador aumenta y la carga también se reduce adecuadamente para recuperar el sincronismo. Incluso después de esto, si el sincronismo entre toda la central eléctrica y el sistema de potencia se pierde 2 minutos después. La central eléctrica deberá desconectarse de la red eléctrica, y se tomarán las medidas correctivas adecuadas.
- p) Cuando los valores de indicación del medidor del estátor o del rotor desaparezcan repentinamente, se pueden usar los valores del otro medidor y verificar si el medidor está dañado o si el circuito secundario está desconectado. Resuelva las averías tomando medidas.
- q) Si el generador se incendia, se debe disparar inmediatamente el disyuntor del generador; se debe reducir la apertura de las paletas guía y no se debe apagar la unidad del turbogenerador por frenado, pero sí se apagará si se confirma que el aislamiento interno del generador se ha quemado. Se adoptarán medidas de protección contra incendios para reducir los daños. Los asistentes deberán extinguir el fuego utilizando extintores no conductores, de acuerdo con los requisitos. Se podrán utilizar dispositivos extintores que utilicen agua para apagar el incendio una vez que se confirme que se ha desconectado la fuente de alimentación.

7.3 Sistema del gobernador de turbinas hidráulicas

7.3.1 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para el funcionamiento normal del gobernador:

- a) Funcionamiento estable del gobernador, indicaciones normales y sin vibraciones ni bloqueos anormales.
- b) No hay temblores anormales de la válvula de distribución principal, y el servomotor auxiliar del regulador adecuadamente controlado, y no se afloja ni se cae ninguna palanca ni eje de pasador en el gabinete de control.
- c) No hay fugas de aceite en ninguna tubería de aceite o punto de conexión en el gobernador.
- d) Limpieza periódica del filtro de aceite e inspección del nivel y color del aceite en el gobernador.
- e) Funcionamiento normal de la bomba de aceite y los circuitos eléctricos del gobernador, capaces de arrancar y detenerse dentro del rango de presión de aceite especificado.
- f) Acción confiable de la válvula de seguridad y la válvula de retención.
- g) Todos los instrumentos medidores del tanque de aceite a presión deberán indicar un funcionamiento normal. El medidor de presión del filtro deberá indicar que la presión de funcionamiento del circuito de control de presión hidráulica del gobernador es normal.
- h) El manómetro para controlar el arranque y la parada de la bomba de aceite funciona con normalidad.
- i) El motor de la bomba de aceite funciona normalmente.
- j) El nivel de aceite del tanque de aceite a presión y del tanque de aceite de retorno es normal.
- k) El medidor de nivel de aceite visible del dispositivo de presión de aceite está en buenas condiciones.
- l) El dispositivo de aceite a presión con un tanque de suministro de aire intermedio deberá suministrar aire a la presión normal y satisfacer los requisitos de relación aceite-aire.
- m) El valor de presión establecido de la válvula de seguridad de la bomba de aceite deberá ser el estándar.
- n) La válvula unidireccional del regulador de alta presión de aceite funciona normalmente. El motor eléctrico no debe girar en dirección inversa cuando la bomba se apaga.

7.3.2 El sistema hidráulico y el gobernador deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) El bloqueo del servomotor deberá retirarse durante el funcionamiento.

- b) La acción del servomotor deberá ser normal durante la operación manual mecánica y eléctrica, y no deberán ocurrir fenómenos, como contracciones y vibraciones del servomotor.
- c) No hay fugas de aceite alrededor de la válvula de presión hidráulica ni defectos en el anillo de sellado del cuerpo de la válvula.
- d) El tiempo de cierre del gobernador deberá ser fijado y conforme a la norma, y se evitará el aflojamiento y la alteración de la posición del mecanismo de ajuste.
- e) La banda muerta manual del servomotor durante la operación con carga se debe configurar de manera razonable.
- f) El dispositivo de retroalimentación eléctrica del servomotor deberá ser normal, y no surgirán fallas de "rotura de línea de retroalimentación".
- g) El servomotor se bloqueará después de que se apague la unidad del turbogenerador.
- h) La apertura sin carga se establecerá razonablemente, de acuerdo con los parámetros de control de la unidad del turbogenerador.
- i) Para unidades de turbogenerador desplegadas con una válvula reguladora, la acción combinada del gobernador y la válvula reguladora deberá ser normal.

7.3.3 El sistema del gobernador quedará fuera de funcionamiento cuando surja alguna de las siguientes fallas:

- a) Fallo en el manómetro con el punto de contacto eléctrico utilizado para el control de parada de la bomba de aceite.
- b) Fallo en la bomba de aceite.
- c) Fallo en la válvula de seguridad.
- d) Funcionamiento de fase incompleta del motor eléctrico.
- e) Fallo en el medidor de nivel de aceite visible en el tanque de aceite a presión.
- f) Fallo en la regulación del horario de cierre del gobernador.
- g) Línea de retroalimentación rota.
- h) Falla en la frecuencia de la unidad del turbogenerador.
- i) Hay fugas de aceite alrededor de la válvula de presión hidráulica.

PCH/LT 005-2:2019:

7.3.4 La inspección, reparación y el mantenimiento del sistema de gobernador deberán estar compuestos por los siguientes contenidos:

- a) Inspeccione los componentes del dispositivo de presión de aceite, incluidos el medidor de presión con punto de contacto eléctrico, la bomba de aceite, el motor eléctrico de la bomba de aceite, la válvula de seguridad, la válvula electromagnética de parada de emergencia y el mecanismo de regulación del tiempo de parada de emergencia, el medidor de nivel de aceite visible del tanque de aceite a presión, el medidor de nivel de aceite visible del tanque de retorno de aceite y la válvula de aceite principal y el panel de control de la bomba de aceite.
- b) Inspeccione las piezas de control de presión de aceite, incluido el núcleo del filtro central del filtro de aceite, el medidor de presión del filtro de aceite y la fuga de aceite del cuerpo de la válvula de presión de aceite.
- c) Llene regularmente de aceite el eje de la chaveta del gobernador.
- d) Inspeccione con frecuencia si la relación aceite-aire del tanque de presión de aceite del gobernador es normal o no.
- e) Observe el estado de funcionamiento de las piezas y componentes eléctricos del gobernador.
- f) Inspeccione el circuito operativo externo.
- g) Inspeccione la apariencia exterior.

7.4 Sistema de excitación

7.4.1 Para el funcionamiento normal del sistema de excitación, se incluirán los siguientes contenidos:

- a) El panel y el gabinete deberán estar limpios y ordenados, y no deberán tener acumulación de polvo.
- b) La conexión de los cables deberá estar en buen estado, no se debe detectar un envejecimiento anormal de los cables, y las conexiones de los cables deberán ser firmes.
- c) Sin daños a las piezas y componentes.
- d) Funcionamiento normal de la ventilación del aire.
- e) Las escobillas de carbón deberán estar intactas y en buen estado, y no se deben producir saltos ni sobrecalentamiento.
- f) Todas las funciones límite del regulador de excitación deberán ser normales y estar en funcionamiento.

7.4.2 El sistema de excitación se deberá poner fuera de servicio si surgen las siguientes fallas:

- a) Aumento evidente de temperatura del dispositivo o equipo, y temperatura sigue excediendo el valor permitido después de que se hayan tomado las medidas.

- b) El aislamiento del sistema ha disminuido, y no se puede mantener el funcionamiento normal.
- c) Los contactos del interruptor de desexcitación, del disyuntor del campo magnético u otros interruptores de CA/CC se sobrecalientan.
- d) Fallo en el gabinete de potencia del rectificador, por lo que no se puede garantizar el funcionamiento continuo del generador con la carga nominal y el factor de potencia nominal.
- e) Fallo en el sistema de refrigeración que no se puede solucionar en poco tiempo.
- f) Fallo en la unidad automática del regulador de excitación, y la unidad manual no se puede poner en funcionamiento.
- g) El canal automático no puede funcionar normalmente durante mucho tiempo.

7.4.3 La revisión y mantenimiento de los sistemas de excitación incluirá los siguientes contenidos:

- a) Se limpiará el polvo que se acumule en el gabinete, panel y componentes rectificadores.
- b) Inspección del circuito de funcionamiento del sistema de excitación.
- c) Inspección de todos los mecanismos de conmutación.
- d) Inspección de la protección de sobretensión, límites y otras unidades de funciones auxiliares del sistema de excitación.
- e) Inspección del desempeño integral de la entrada y salida, y del rango de cambio de fase del regulador de excitación.
- f) Se toman medidas correctivas para los defectos operativos.

7.4.4 Después de la revisión del sistema de excitación se realizarán pruebas sistemáticas.

7.5 Válvula principal y puente grúa.

7.5.1 La placa de identificación de la válvula principal se colocará en una posición adecuada.

7.5.2 La válvula principal deberá cumplir los siguientes criterios antes de su apertura:

- a) La válvula de drenaje de la carcasa en espiral deberá estar completamente cerrada.
- b) El gobernador deberá estar en la posición completamente cerrada.

PCH/LT 005-2:2019:

- c) El bloqueo mecánico de la válvula principal deberá estar en la posición de inserción.
- d) La presión del agua en la parte delantera y trasera de la válvula deberá estar básicamente en equilibrio.

7.5.3 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para cerrar la válvula principal:

- a) El circuito de control de la válvula principal debe estar en condiciones de funcionar.
- b) La válvula principal tendrá función de protección de respaldo.
- c) La válvula principal debe cerrarse después de que se apague la unidad del turbogenerador.
- d) Cuando la paleta guía no pueda cerrarse completamente debido a una falla, la válvula principal deberá poder cerrarse bajo un flujo de agua en 5 minutos. Las válvulas deslizantes y válvulas de mariposa operadas hidráulicamente y las válvulas de mariposa y válvulas deslizantes operadas eléctricamente (manualmente) deberán poder cerrarse bajo un flujo de agua dentro de los 5 minutos posteriores al corte de electricidad.
- e) El bloqueo mecánico se activará después de confirmar el cierre de la válvula.

7.5.4 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para la operación y el mantenimiento de la válvula principal:

- a) Se debe realizar una inspección periódica de la válvula y su dispositivo de control con regularidad y garantizar que estén en buenas condiciones de funcionamiento.
- b) Inspeccione si hay fugas de agua en la válvula principal, la sección extendida, la junta de expansión y la brida de conexión.
- c) Inspeccione todos los interruptores de presión y medidores de presión para ver si su indicación es normal.
- d) Inspeccione para ver si la posición de la válvula en el paso de derivación es correcta y si su acción es normal.
- e) Inspeccione para ver si el funcionamiento de la válvula de aire es normal.
- f) Preste atención al sonido de apertura y cierre de la válvula principal para determinar si es normal.
- g) Inspeccione la válvula para ver si se puede cerrar dentro del tiempo especificado con agua fluyendo.
- h) Inspeccione el interruptor de carrera para ver si funciona normalmente y si la posición del indicador de apertura es correcta.
- i) Inspeccione todos los dispositivos de señal para ver funcionan normalmente.
- j) Inspeccione el funcionamiento de la fuente de alimentación operativa y del dispositivo de control eléctrico para ver si es normal.
- k) El mecanismo de accionamiento se debe llenar periódicamente con aceite lubricante y grasa.

7.5.5 También se deberán cumplir los siguientes requisitos para la operación y el mantenimiento de válvulas principales operadas hidráulicamente:

- a) El nivel de aceite del dispositivo de presión de aceite no deberá ser inferior a 1/3 por encima de la línea inferior de la marca de aceite. El aceite presurizado se deberá filtrar una vez cada 3 meses. El tanque de aceite se debe limpiar e inspeccionar periódicamente.
- b) Se debe comprobar periódicamente la presión del gas cargado en el acumulador de presión. El nitrógeno se llenará hasta el valor establecido cuando la presión del gas llenado sea inferior al valor establecido.
- c) Inspeccione las tuberías de aceite y agua para ver si están intactas y si no debe haber fugas en ninguna junta.
- d) Inspeccione el servomotor de funcionamiento de la válvula principal para ver si su posición es normal y para comprobar que no haya fugas por ninguna junta.
- e) Inspeccione la bomba de aceite a presión y la bomba de aceite en circulación para ver si funcionan normalmente durante el funcionamiento y para comprobar que la bomba de aceite manual pueda abrir la válvula normalmente.
- f) Inspeccione la posición del servomotor de funcionamiento de la válvula principal para comprobar que sea es correcta. No debe haber fugas por ninguna junta.
- g) Inspeccione el funcionamiento del dispositivo de bloqueo para ver si es normal.

7.5.6 Se deben cumplir los siguientes requisitos para el funcionamiento normal de la grúa:

- a) Asegúrese de que el funcionamiento del dispositivo de freno automático sea normal.
- b) El sistema de control de microrregulación del puente grúa debe ser fiable.
- c) Se deberá asegurar que las estructuras metálicas y carcasas exteriores de todos los equipos eléctricos estén confiablemente conectadas a tierra.
- d) El aislamiento del cable deberá ser fiable.
- e) Asegúrese de que el equipo de protección contra incendios sea normal y que el cojín aislante de goma de la cabina del operador sea efectivo.

PCH/LT 005-2:2019:

- f) Los pesos de equilibrio no deben verse alterados al retirar o añadir la carga.
- g) El motor de arranque se regresará a su posición de reposo original y luego se apagará el interruptor de la fuente de energía, una vez que se corte la electricidad durante la operación, y en el caso de que exista un dispositivo de frenado para la grúa, este deberá estar ser hermético.
- h) El amortiguador terminal del carril deberá ser fiable.

7.5.7 La reparación y el mantenimiento de la grúa deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) La grúa debe inspeccionarse una vez al año, y el bloque de poleas puede recibir mantenimiento una vez cada 2 a 6 años.
- b) Cuando se realicen tareas de mantenimiento y de reparación en los rieles, ambos extremos de los lugares de mantenimiento y reparación deberán fijarse mediante abrazaderas de riel de acero.
- c) Cuando se detenga el trabajo, se debe cortar la fuente de energía y se debe instalar firmemente el clip del riel.
- d) Para grúas recién instaladas o para grúas justo después de una reparación importante, se deben realizar pruebas de carga estática y dinámica de la grúa, de acuerdo con las regulaciones pertinentes antes de la puesta en servicio.

7.6 Sistemas de agua, aceite y aire.

7.6.1 Se deben cumplir los siguientes requisitos para el funcionamiento normal del equipo del sistema de suministro de agua:

- a) El flujo y la presión del sistema de suministro de agua deberán satisfacer los requisitos.
- b) La presión en la parte trasera de la válvula reductora de presión deberá estar dentro del rango del valor de diseño.
- c) El filtro debe funcionar normalmente.
- d) Durante la limpieza del filtro, no se debe interrumpir el suministro de agua. El dispositivo de sedimentación y el dispositivo de liberación de sedimentos deberán poder funcionar de manera confiable.
- e) La calidad del agua del agua lubricante de los rodamientos y del agua de sellado del eje principal deberá cumplir con los requisitos de diseño.
- f) La válvula electromagnética o eléctrica deberá poder actuar normalmente sin ningún bloqueo ni resistencia.
- g) La bomba de suministro de agua funciona normalmente, y la bomba de reserva podrá arrancar en todo momento.

7.6.2 Los equipos de suministro de agua se deberán retirar de operación cuando se presenten las siguientes fallas:

- a) Se produce una presión anormal en la parte trasera de la válvula reductora de presión, o la presión es mayor que el valor de diseño cuando se cierra el agua.
- b) El filtro automático no se puede limpiar normalmente.
- c) Hay un bloqueo o una resistencia en la válvula electromagnética o eléctrica.
- d) El transductor de presión no funciona normalmente.

7.6.3 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para la reparación y el mantenimiento del equipo del sistema de suministro de agua:

- a) Cuando la presión trasera de la válvula reductora de presión no sea estable, se deberá reemplazar si aún no puede alcanzar los requisitos después de la reparación.
- b) Si el filtro está gravemente bloqueado, será necesario desmontar y reparar o reemplazar el núcleo del filtro.
- c) La válvula electromagnética se sustituirá en caso de obstrucción o se sustituirá por una válvula eléctrica.
- d) El transductor de presión se reemplazará en caso de que no se pueda transmitir datos.
- e) El aceite lubricante de la bomba de suministro de agua y del motor eléctrico debe reemplazarse una vez al año.
- f) Si la bomba de suministro de agua está gravemente corroída y ocurren fallas con frecuencia, deberá ser reemplazada.
- g) Si la tubería de suministro de agua está gravemente corroída, deberá ser reemplazada.
- h) El color de las tuberías deberá ser uniforme y distinto.

7.6.4 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para el funcionamiento normal del equipo del sistema de drenaje:

- a) No debe haber fugas en las tuberías del sistema de drenaje.
- b) La bomba de agua deberá encenderse y funcionar normalmente, sin sonidos anormales.
- c) El sensor de nivel y anunciador del sumidero húmedo deberán funcionar normalmente.
- d) La válvula de retención de flujo de la tubería de drenaje deberá ser normal.

PCH/LT 005-2:2019:

7.6.5 La bomba de drenaje de agua se reemplazará en caso de que se produzcan las siguientes fallas:

- a) Fallo grave en la bomba de drenaje de agua.
- b) Falla en el sensor de nivel y en el anunciador del cárter húmedo.
- c) Fallo en el caudalímetro de agua y el anunciador.

7.6.6 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para la reparación y el mantenimiento del equipo del sistema de drenaje de agua:

- a) El aceite lubricante de la bomba de drenaje de agua y del cojinete del motor eléctrico se reemplazará una vez al año o según las recomendaciones del fabricante.
- b) La bomba de drenaje de agua deberá repararse o reemplazarse en caso de funcionamiento anormal.
- c) El sensor de nivel de agua y el anunciador se reemplazarán o repararán si surge una indicación anormal.
- d) Las tuberías expuestas de drenaje de agua deberán reemplazarse en caso de corrosión grave.
- e) El color de las tuberías deberá ser uniforme y distinto.

7.6.7 Se deben cumplir los siguientes requisitos para el funcionamiento normal del equipo del sistema petrolero:

- a) Los equipos y las tuberías del sistema de aceite se instalarán según los requisitos de diseño:
- b) El volumen de almacenamiento de petróleo debe ser el 110 % de la utilización máxima de petróleo en el sistema.
- c) Se dispondrá y mantendrá en un lugar adecuado de la central eléctrica una máquina de filtración de aceite adecuada.
- d) Los dispositivos de protección contra incendios deberán cumplir los requisitos de diseño.

7.6.8 El equipo del sistema de aceite deberá retirarse de la operación si ocurre alguna de las siguientes fallas:

- a) Las tuberías del sistema de aceite se corroen o se obstruyen.
- b) Los dispositivos de protección contra incendios no cumplen los requisitos.

7.6.9 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para la reparación y el mantenimiento del equipo del sistema petrolero:

- a) Será necesario reemplazar las tuberías del sistema de aceite en caso de corrosión o bloqueo.
- b) Cuando el volumen de almacenamiento de petróleo sea inferior al 110 % del equipo de utilización máxima de petróleo en el sistema petrolero, se agregará suficiente volumen de petróleo de reserva.
- c) Será necesario realizar exámenes y mantenimiento periódicos de los dispositivos de protección contra incendios.
- d) El color de la tubería deberá ser uniforme y distinto.

7.6.10 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para el funcionamiento normal del equipo del sistema de aire:

- a) Los sistemas de aire comprimido deben tener compresores principales y de reserva con la presión requerida con un sistema de conmutación automática, y el sistema debe permanecer siempre en condiciones normales de funcionamiento.
- b) Debe haber suficientes piezas de repuesto disponibles.
- c) Los tanques de aire comprimido (incluidas la válvula de seguridad y de suciedad y la válvula de drenaje de condensado) se deben examinar y deben estar en modo de funcionamiento normal y seguro.

7.6.11 Los equipos del sistema de aire deberán ser retirados de la operación cuando ocurra alguna de las siguientes fallas:

- a) Salida de presión anormal del compresor de aire.
- b) Fuga de aire en el tanque de aire comprimido. Obstrucción en la boca de drenaje de suciedad y condensados y avería en la válvula de seguridad.
- c) El separador de agua y aceite no puede funcionar normalmente.

7.6.12 Se deben incluir los siguientes contenidos para la reparación y el mantenimiento del equipo del sistema de aire:

- a) Compresor de aire: Registre el número de veces que se enciende el compresor de aire. Cuando la salida de presión del compresor de aire es anormal, se puede poner en funcionamiento el compresor de aire de reserva y reparar el equipo defectuoso.
- b) Tanque de aire comprimido: Inspeccione con frecuencia si el tanque de aire comprimido tiene fugas de aire o no. Abra la salida de drenaje de suciedad para drenar la suciedad periódicamente. Se debe comprobar el funcionamiento normal de la válvula de seguridad del compresor de aire y del tanque de aire comprimido una vez al año. c) El color de las tuberías deberá ser uniforme y distinto.

7.7 Transformador

7.7.1 Para el funcionamiento normal del transformador, se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Después de la reparación del transformador y de un largo tiempo de parada (más de medio mes), se debe medir la resistencia de aislamiento entre cada bobinado y entre el bobinado y la carcasa exterior antes de ponerlo en funcionamiento. Se medirán la $\tan \delta$ y la relación de absorción (R_{60}/R_{15}) del transformador; si la resistencia de aislamiento cae al 50 % del valor original, se tomará una muestra de aceite para realizar la prueba.
- b) La corriente y el voltaje del transformador deberán mantenerse dentro del rango nominal.
- c) El aumento de temperatura del transformador y la temperatura del aceite deberán ser normales.
- d) El interruptor de toma de descarga del transformador no debe regularse bajo carga. Antes de cambiar la toma, será necesario desconectar la fuente de alimentación en los lados de alta y baja tensión del transformador. El rango de fluctuación de voltaje se mantendrá dentro del ± 5 % del voltaje nominal del derivador.
- e) En condiciones de aumento de temperatura, el transformador puede funcionar dentro del rango permitido; el valor permitido está determinado por los criterios de enfriamiento y las condiciones de temperatura del transformador.
- f) Asegúrese de que las condiciones de trabajo sean normales; la temperatura del bobinado y del aceite se registrará una vez por turno.

7.7.2 Diariamente, se deberán realizar los siguientes controles a modo de inspección de rutina del transformador:

- a) Revise la temperatura del aceite para comprobar que sea normal, si no hay filtraciones ni fugas de aceite y si el nivel de aceite es normal en el tanque conservador.
- b) Revise el nivel de aceite en el casquillo para ver si es normal, si no hay daños ni grietas en la parte exterior del casquillo, ni suciedad grasienta grave ni rastros de descarga eléctrica ni otros comportamientos inusuales.
- c) Inspeccione el transformador para comprobar que el sonido sea normal.
- d) Compruebe si el sistema de refrigeración es normal.
- e) Revise el respiradero de sílice para comprobar que esté en buenas condiciones y que el color del gel de sílice sea normal.

- f) Compruebe que las uniones de cables, cables y bus no tengan señales de sobrecalentamiento.
- g) La purga de presión y el canal de gas de seguridad del relé Bulchoz deben estar en buen estado.
- h) La posición del grifo y la indicación de la fuente de alimentación son normales.
- i) No deberá haber gas en el relé Bulchoz.
- j) Todos los armarios de control y cajas de terminales secundarias deben estar bien cerrados y sin humedad.
- k) La superficie exterior de los transformadores tipo seco no deberá tener acumulación de suciedad.
- l) No habrá fugas de agua en la sala de transformadores, y las puertas, ventanas e iluminación deberán estar en buen estado, con buena ventilación de aire y temperaturas normales.
- m) Se mantendrá limpia la carcasa exterior del transformador y todas sus piezas.
- n) El ventilador del transformador y la radiación térmica deberán estar en buen estado.
- o) Deberá haber una conexión a tierra adecuada de la carcasa exterior del transformador.

7.7.3 Se deben cumplir los siguientes requisitos para el funcionamiento anormal y el tratamiento de fallas del transformador:

- a) Cuando en el transformador surjan fenómenos anormales como fugas de aceite, insuficiencia del nivel de aceite en el conservador de aceite, aumento excesivo de la temperatura del aceite o sonido anormal, se deben tomar medidas oportunas y se deben registrar en el libro de registro de cambios y en el registro de defectos, y se deben reportar de manera oportuna.
- b) El apagado debe realizarse inmediatamente cuando surja una de las siguientes condiciones en el transformador:
 - 1) Ruidos anormales provenientes del interior del transformador, con sonidos desiguales y explosivos.
 - 2) Temperatura anormal del aceite/bobinado del transformador y hay una tendencia ascendente incluso después de la reducción de la carga.
 - 3) Fuga grave de aceite
 - 4) El aceite sale a borbotones del conservador de aceite o del tubo a prueba de explosiones

PCH/LT 005-2:2019:

- 5) Rotura o descarga eléctrica grave del casquillo.
- 6) Del transformador sale humo y se incendia.
- c) Cuando la temperatura del aceite del transformador exceda el valor permitido, se identificarán las causas y se tomarán medidas para reducirla. Cuando se identifique una falla interna en el transformador, la carga se reducirá inmediatamente hasta detener la operación.
- d) Cuando se descubra una reducción evidente del nivel de aceite en el transformador, se identificarán inmediatamente sus causas y se agregará una cantidad suficiente de aceite para compensar la deficiencia.
- e) Cuando el transformador se apaga automáticamente debido a una sobrecarga y un cortocircuito externo o una falla del circuito secundario de un dispositivo de protección, la operación puede reiniciarse después de eliminar las fallas e inspeccionar el exterior del transformador.
- f) Se deben tomar las siguientes acciones si funciona la protección diferencial del transformador:
 - 1) Inspeccione detalladamente si existen condiciones de cortocircuito o problemas en la conexión a tierra del transformador principal, el disyuntor, el transformador de corriente, la barra colectora, el cable de alimentación y los aisladores dentro del rango de protección diferencial.
 - 2) Mida la resistencia de aislamiento del transformador y el equipo conectado a él con un megaohmímetro, y se puede realizar una prueba de encendido de carga del transformador para garantizar el estado de salud del transformador.
 - 3) Cuando se realice una prueba de encendido de carga, si el disyuntor se vuelve a apagar, se deberán identificar las causas.
- g) Si actúa el relevo Bucholz, será necesario tomarán las siguientes medidas:
 - 1) Compruebe si la acción del relé Bucholz fue causada por una entrada de aire, una fuga de aceite, nivel de aceite demasiado bajo o fallas en el circuito secundario;
 - 2) Si no se descubren fenómenos anormales mediante inspección y análisis externos, se deberá verificar la naturaleza del gas almacenado en el relé de gas para identificar las causas de las fallas.
- h) Si la acción del relé Bucholz no fue causada por la acción defectuosa de la protección del relé o del circuito secundario, el transformador no se pondrá en funcionamiento antes de identificar las causas.
- i) Si el apagado del transformador fue causado por la acción de la protección diferencial o confirmado, se debe realizar el apagado del transformador mediante el relé Bucholz y se debe levantar el núcleo para una inspección detallada.

- j) Cuando un transformador se incendie, será necesario desconectar su fuente de alimentación, tanto en el lado de alta como en el de baja tensión, y se deberá utilizar el sistema automático de extinción de incendios por aspersión de agua o extintores para apagar el incendio.

7.7.4 Será necesario implementar las siguientes estipulaciones para la revisión y el mantenimiento de los transformadores. Para la revisión mayor del transformador, será necesario incluir los siguientes elementos:

- a) Levantamiento del núcleo para su revisión.
- b) Revisión del bobinado, cable conductor y dispositivo de blindaje magnético.
- c) Revisión del interruptor de toma.
- d) Revisión del núcleo de hierro, los pernos de empuje del núcleo, la viga de yugo, el clavo de estampa y lámina de conexión a tierra.
- e) Revisión del tanque de aceite, el casquillo, el radiador de calor, el canal de aire de seguridad y el tanque de almacenamiento de aceite.
- f) Inspección y prueba de los dispositivos de protección, dispositivos de medición y gabinete de control de operación.
- g) Se deberán realizar pruebas de centrifugación del aceite del transformador, secado y voltaje de ruptura.
- h) Revisión de los dispositivos de protección del aceite del transformador.
- i) Reemplazo del revestimiento del sello.
- j) Limpieza del interior del depósito de aceite, y eliminación de óxido y pintura de la carcasa exterior del depósito de aceite.
- k) Seque el aislamiento del transformador, si es necesario.
- l) Realización de todas las mediciones y pruebas prescritas.

7.7.5 Se realizarán pruebas preventivas al transformador de acuerdo con los requisitos.

7.8 Instalación del equipo de conmutación

7.8.1 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para el funcionamiento normal de la instalación del equipo de conmutación:

- a) El aspecto exterior de la instalación del cuadro deberá ser completo y estar en buen estado. El funcionamiento del mecanismo operativo deberá poder cumplir con los requisitos pertinentes, sin que haya bloqueos ni resistencia.

PCH/LT 005-2:2019:

- b) La secuencia de fases de la instalación del equipo de conmutación para el mismo circuito eléctrico deberá ser idéntica y deberá tener una distinción de color evidente. La carcasa exterior de la instalación del equipo de conmutación deberá estar conectada a tierra de forma fiable.
- c) El equipo de conmutación, el disyuntor, la barra colectora y los demás equipos del sistema en operación deberán ser inspeccionados dos veces por turno. Para equipos sometidos a alta temperatura y alta carga y con defectos existentes, se reforzará la inspección cíclica. Se deberá realizar un cierre inmediato para inspección, si se determina que la seguridad de las personas y los equipos están en peligro.

7.8.2 Se debe incluir el siguiente contenido para el mantenimiento operativo del disyuntor en vacío:

- a) Los elementos normales de cada recorrido de inspección del interruptor automático en vacío:
 - 1) La indicación de los indicadores de encendido y apagado será correcta y se ajustará a las condiciones operativas reales en ese momento.
 - 2) Los aisladores de soporte no deberán tener grietas ni daños y deberán tener una superficie brillante y limpia.
 - 3) No se debe verificar ninguna anomalía en la cámara de extinción de arco al vacío y se debe verificar si hay variaciones evidentes en el color de la cubierta protectora observable.
 - 4) No debe haber señales de corrosión ni deformación graves en el marco metálico ni en el soporte base.
 - 5) Los pernos de conexión de las partes observables no deberán estar flojos y los pasadores del eje no deberán caerse ni deformarse;
 - 6) La conexión a tierra está en buen estado.
 - 7) No debe haber fenómenos de calor excesivo en las partes de contacto de las conexiones de los cables ni en las partes indicadoras de temperatura, y el hundimiento previo del conductor de los puentes debe ser moderado.
- b) Elementos de mantenimiento para el disyuntor de vacío:
 - 1) En combinación con la prueba preventiva, limpie las cenizas y los materiales de suciedad almacenados en la superficie de elementos como el extintor de arco al vacío, la varilla aislante y los aisladores de soporte;
 - 2) En combinación con la prueba preventiva o el mantenimiento y la reparación programados del mecanismo que se llevará a cabo después de que se produzca la operación de encendido y apagado 2 000 veces, se deberán inspeccionar todos los sujetadores para ver si están flojos. Los componentes que tengan un desgaste severo se reemplazarán de manera oportuna, y las piezas móviles deberán engrasarse/lubricarse bien y de manera oportuna.

- 3) Para las cámaras de extinción de arco al vacío con carcasa exterior de vidrio, se deberá observar el color de la cubierta metálica de blindaje para ver si hay cambios evidentes, y se deberá inspeccionar el grado de vacío, si existe alguna duda al respecto.
- 4) Se deberá inspeccionar la variación de la carrera de contacto del contactor en la cámara de extinción de arco al vacío. Esto refleja directamente la cantidad de desgaste de los contactos. La cámara de extinción de arco al vacío se deberá reemplazar cuando el desgaste de los contactos exceda las especificaciones técnicas del producto.
- 5) Inspeccione la vida útil de la cámara de extinción al vacío; si su vida útil ya llegó a su fin, será necesario reemplazarla.

7.8.3 Se requerirán las siguientes comprobaciones para la operación y el mantenimiento de los interruptores automáticos de SF₆:

- a) Las comprobaciones normales de los disyuntores SF₆ son las siguientes:
 - 1) Los aisladores de soporte no deberán tener grietas ni daños y deberán tener una superficie brillante y limpia;
 - 2) La indicación del medidor de presión (o controlador de densidad con indicación) deberá observarse y compararse con la curva de temperatura y presión, y deberá estar dentro del rango especificado. Los valores de presión y temperatura se deben registrar periódicamente.
 - 3) El indicador de posición de encendido/apagado debe dar indicaciones correctas, y la posición de encendido/apagado deberá ser precisa.
 - 4) Los sujetadores integrados no deberán estar flojos ni caerse.
 - 5) El interior de los motores de almacenamiento de energía y los disyuntores no deberá tener ningún sonido anormal.
 - 6) Los bobinados del interruptor de encendido/apagado no deberán tener fenómenos de humo ni olor a quemado.
 - 7) La conexión a tierra de la carcasa exterior y del marco deberá estar en buenas condiciones.
 - 8) La carcasa exterior y la cámara del mecanismo operativo deberán estar intactas y no tener corrosión.
 - 9) Ninguno de los componentes deberá sufrir daños, deformaciones ni fenómenos de oxidación.

PCH/LT 005-2:2019:

b) Puntos de mantenimiento para disyuntores SF₆:

- 1) Anualmente, será necesario realizar un tratamiento anticorrosivo y pintura suplementaria a las partes oxidadas y corroídas de la carcasa exterior de los disyuntores.
- 2) Las partes giratorias y de accionamiento de los disyuntores se deben lubricar una vez cada medio año y después de tres veces de funcionamiento normal.
- 3) La inspección cualitativa de fugas de todas las superficies de sellado de los disyuntores se realizará una vez cada dos años, y la tasa de fuga anual no deberá exceder el 1 %;
- 4) La prueba del microcontenido de humedad del gas SF₆ se realizará una vez al año, y el resultado de la prueba no deberá exceder las 300 ppm (20 °C) en comparación con la curva de humedad-temperatura.

7.8.4 Para el funcionamiento y mantenimiento del seccionador se incluirán las siguientes comprobaciones:

a) Controles normales durante la operación y el mantenimiento:

- 1) Compruebe las partes de contacto del interruptor de desconexión. Estas no deben sobrecalentarse;
- 2) Compruebe los aisladores en busca de daños, grietas y rastros de descargas eléctricas.
- 3) Revise el dispositivo de bloqueo de la cuchilla del seccionador para comprobar que esté en buenas condiciones.
- 4) Compruebe que todos los sujetadores estén apretados e intactos.
- 5) Compruebe que todas las conexiones del conductor del puente estén apretadas y no sueltas.

b) Elementos de mantenimiento del seccionador:

- 1) Limpie el polvo de la superficie de los elementos de porcelana, verifique si la superficie de los elementos de porcelana tiene desprendimientos de esmalte, daños, grietas y rastros de chispas, y si las partes aislantes que unen el hierro y la porcelana están firmes. Si hay daños graves, será necesario sustituir los componentes.
- 2) Inspeccionar la superficie de la hoja de la cuchilla para ver si está limpia y presenta daños mecánicos, rastros de oxidación o sobrecalentamiento y deformación.
- 3) Revise los puntos de contacto o los accesorios de las hojas de los cuchillos para ver si están completos y presentan algún daño.

- 4) Revise el cable conductor que conecta el seccionador a la barra colectora y al disyuntor para comprobar que esté firme y para ver si está sobrecalentado.
- 5) Revise los componentes de conexión blandos para ver si se ha producido en ellos algún fenómeno de daño por torsión y rotura de alambres.
- 6) Inspeccione y limpie el mecanismo de funcionamiento y las piezas impulsoras y aplíqueles lubricante.
- 7) Revise la distancia entre las partes motrices y las partes electrificadas para ver si es normal, si el posicionador y el dispositivo de freno están firmes y el movimiento de operación es correcto.
- 8) Revise el pedestal del seccionador para ver si está en buenas condiciones y si la conexión a tierra es confiable.

7.8.5 La operación y mantenimiento de los cuadros metálicos cerrados de corriente alterna se realizará de acuerdo con los requisitos técnicos del producto.

7.8.6 Se realizarán las siguientes comprobaciones para la inspección de las partes exteriores de otros equipos del circuito primario:

- a) La porcelana de soporte de la barra colectora deberá ser completa, y todas las piezas de unión deberán ser firmes y confiables.
- b) Los transformadores de corriente y potencial deberán estar en buenas condiciones de funcionamiento.
- c) Asegúrese de que no haya suciedad ni agua en los canales de cables.
- d) El aspecto de todas las cabezas de los cables y de los cables deberá estar intacto, y estos no deben estar sobrecalentados.
- e) Los fusibles deberán estar completos, y los contactos deberán estar en buen estado.
- f) Se dispondrán medidas para impedir la entrada de pequeños insectos, lagartijas y ratas.

7.8.7 Las instalaciones del equipo de conmutación en las que se dé alguna de las siguientes condiciones deberán cerrarse para que se tomen las medidas correctivas pertinentes:

- a) Carcasa exterior y tubos de aislamiento rotos.
- b) El cabezal de conexión del cable y el cabezal del cable están sobrecalentados y gravemente descoloridos hasta el punto de fusión.
- c) Existe la posibilidad de que haya fugas de petróleo y gas.

PCH/LT 005-2:2019:

- d) Incendio en las partes internas o emisión de olores desagradables y humo.
- e) Chispas y descargas eléctricas entre el bobinado y la carcasa exterior o el cable conductor.

7.8.8 Se realizarán pruebas preventivas periódicas para la instalación del equipo de conmutación y la renovación de los equipos.

7.9 Sistema de supervisión y protección de relés.

7.9.1 Para la gestión del funcionamiento del relé de protección se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Nadie deberá cambiar los valores y conexiones preestablecidos del relé de protección.
- b) Después de la revisión y la inspección de la protección del relé, la inspección y aceptación se realizará en conjunto con el ingeniero autorizado para el turno actual. Los registros de revisión y examen y la configuración de los relés se realizan correctamente, según la norma pertinente.
- c) Se deberán realizar buenos registros, cada vez que la protección del relé entre en acción. Si la protección actúa por error, se mantendrán las condiciones originales, en la medida de lo posible, o se registrará en detalle el proceso de la acción incorrecta. Las causas deberán identificarse y abordarse oportunamente.
- d) La sección transversal del cable del circuito secundario y la resistencia de aislamiento conexión a tierra deberán satisfacer los requisitos de diseño.
- e) La protección del relé en funcionamiento deberá ser inspeccionada en cada turno, y deberá incluir el siguiente contenido:
 - 1) Sobrecalentamiento, ruido, ubicación de la placa de prensa, fusibles secundarios y corrosión de los circuitos secundarios de los módulos.
 - 2) Condiciones de daño, torsión, cambio de color, aflojamiento y rotura de alambres.
 - 3) Inspeccionar las condiciones de los zumbadores, la alarmas, los anuncios, las pantalla de estado y las luces indicadoras.

7.9.2 Para la gestión de la utilización del sistema de seguimiento, se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) La sala de control central y el escritorio de control se deben mantener limpios y ordenados.
- b) No se permite la operación por parte de personal no autorizado.
- c) Los asistentes no cambiarán los valores establecidos y los valores límite de ningún equipo, ni los enclavamientos a voluntad, y no modificarán los procedimientos y los registros relevantes a voluntad.

- d) Durante la operación, la supervisión garantizará si la comunicación es fluida y los datos transmitidos son correctos.
- e) Se debe realizar el mantenimiento periódico de la computadora, la comunicación en línea y el almacenamiento de datos de respaldo de la central eléctrica.

7.9.3 Se realizarán meticulosamente una inspección periódica y el funcionamiento normal de la protección del relé y del sistema de monitorización.

7.10 Sistema de corriente directa (CC)

7.10.1 Se deberán cumplir los siguientes requisitos para la operación y el mantenimiento de los dispositivos de carga:

- a) Se realizará una inspección periódica de los dispositivos de carga para ver si las distintas indicaciones del medidor de voltaje de entrada de CA, voltaje de salida de CC y corriente de salida de CC son correctas, si el ruido de funcionamiento es anormal, si todas las señales de protección son normales y si la condición de aislamiento es buena.
- b) Cuando la fuente de alimentación de CA se apague, la batería proporcionará electricidad al bus de CC sin interrupción y regulará el voltaje del bus de control de manera oportuna para garantizar un valor estable. Si la capacidad de suministro de la batería se reduce al 20 % de su capacidad nominal y más, entonces, después de que se restablezca la fuente de alimentación de CA, el dispositivo de carga de la batería se iniciará inmediatamente de forma manual o automática para cargar la batería de acuerdo con el método de carga normal estipulado por el fabricante. Alternativamente, la carga de la batería podría llevarse a cabo según el voltaje limitado de corriente constante o el voltaje constante o los métodos de carga flotante.
- c) No se deben mezclar pilas de diferente antigüedad, grado de novedad y diferente capacidad durante su uso. La carcasa exterior de la batería no deberá limpiarse con disolventes orgánicos; está estrictamente prohibida la sobrecarga y descarga excesiva de la batería; la batería se cargará oportunamente después de descargarla y no se dejará descargada durante más de 2 horas; Durante el mantenimiento de la batería, la cara del operador no debe mirar directamente a la parte superior de la batería y debe mantenerse a cierta distancia en un cierto ángulo.

7.10.2 Para los dispositivos de supervisión en línea del aislamiento en funcionamiento, se deben verificar los valores indicados del dispositivo para garantizar si se ajustan a los valores medidos reales.

7.10.3 Se realizarán periódicamente los siguientes controles para el funcionamiento y el mantenimiento de la batería:

PCH/LT 005-2:2019:

- a) Si las placas de conexión de la batería tienen algún fenómeno de aflojamiento y corrosión, si el cuerpo de la carcasa tiene fugas y deformaciones, y si están limpias o no.
- b) Si se derrama vapor ácido alrededor de los electrodos y las válvulas de seguridad.
- c) Si la resistencia del aislamiento ha disminuido.
- d) Si los pernos de la línea de conexión primaria están aflojados o corroídos y contaminados; si se aflojan, se atornillarán firmemente al par especificado y, si están corroídos, se reemplazarán de manera oportuna.
- e) La capacidad de la batería debe comprobarse periódicamente para garantizar una fuente de alimentación de corriente directa.
- f) Para la sala de baterías, se inspeccionarán periódicamente los equipos de ventilación, iluminación, regulación de temperatura y los dispositivos de protección contra incendios.

7.10.4 Se deberá cumplir con el siguiente requisito para la operación y el mantenimiento de los dispositivos de supervisión mediante microprocesador para fuentes de energía de corriente directa:

- a) Para el dispositivo de supervisión por microprocesador para fuentes de energía CC en operación, la inspección de las funciones y parámetros relevantes se realizará mediante la operación de conmutación de los pulsadores, y la configuración del valor de sus diversos parámetros deberá estar sujeta a los límites de autorización y medidas de supervisión.
- b) Cuando un dispositivo de supervisión por microprocesador tenga una falla, primero se instalarán dispositivos de carga de respaldo, si están disponibles, y se deberá poner fuera de funcionamiento el dispositivo defectuoso. Si no se dispone de un dispositivo de carga de respaldo, se iniciará la operación manual y se regulará al modo de operación requerido y el dispositivo de supervisión se retirará para mantenimiento y se pondrá en funcionamiento nuevamente después de la inspección y reparación.

7.11 Protección contra rayos y conexión a tierra

7.11.1 La central eléctrica deberá disponer de dispositivos fiables de protección contra rayos. El alcance de protección del pararrayos y del pararrayos deberá poder cubrir el área a proteger y estar conectado a tierra de manera confiable.

7.11.2 La superficie del pararrayos deberá estar limpia, y debe funcionar de forma confiable y contar correctamente.

7.11.3 La conexión entre el dispositivo de protección contra rayos y el cuerpo de conexión a tierra debe estar intacta.

7.11.4 La resistencia de conexión a tierra del dispositivo de conexión a tierra deberá cumplir con los requisitos de diseño para centrales eléctricas.

7.11.5 Se medirá periódicamente la resistencia de conexión a tierra de la central eléctrica. Si no se puede cumplir con este requisito, la reducción de la resistencia a tierra puede realizarse mediante otros métodos, como compensar un cuerpo de tierra artificial bajo el agua, una línea externa principal y una conexión a tierra de pozo profundo.

7.11.6 En áreas con una alta tasa de resistencia del suelo, cuando el valor de resistencia de conexión a tierra requerido del dispositivo de conexión a tierra no sea razonable, la resistencia de conexión a tierra se debe determinar mediante el cálculo de diseño. El valor de la resistencia de conexión a tierra se deberá implementar según un estándar que pueda satisfacerse mediante el cálculo de diseño bajo la condición de garantizar la seguridad de las personas y los equipos.

7.11.7 Cada año, se realizarán pruebas preventivas del dispositivo de protección contra rayos de la central eléctrica.

7.12 Comunicación

7.12.1 Se debe realizar el mantenimiento y la inspección de los equipos periódicamente y se resolverán oportunamente los problemas que afecten la calidad de las comunicaciones, asegurando que el desempeño técnico de los equipos cumpla con los requisitos, manteniendo la comunicación entre las centrales eléctricas y los departamentos de nivel superior de la protección contra inundaciones. El despacho y el sistema de despacho automatizado funcionan sin problemas.

7.12.2 Se prestará gran importancia a la protección contra rayos para el sistema de comunicaciones.

7.12.3 La puesta en marcha y la parada de la operación y la revisión del sistema de comunicación se organizarán de manera unificada después de la aprobación del ingeniero/gerente autorizado.

8 Funcionamiento optimizado

8.1 Requisitos básicos

8.1.1 Las centrales eléctricas elaborarán el plan de operación optimizado para la generación de energía de acuerdo con la regulación de la red y la disponibilidad de agua, aprovechando al máximo los beneficios de la utilización integral. La central eléctrica deberá presentar su propuesta de planes de generación de energía anuales, mensuales y diarios de manera oportuna a la organización de despacho de energía, según el acuerdo de despacho bajo la red interconectada; transmitirá automáticamente datos relevantes de operación en tiempo real de las unidades de turbogeneradores, la central eléctrica energía y el depósito a la organización de despacho de energía y garantizará la precisión y puntualidad de la información; presentará los datos de diseño de la central eléctrica, los datos estadísticos de operación y los informes resumidos de operación a la organización de despacho de energía.

8.1.2 Para lograr el funcionamiento optimizado de la central eléctrica, la central deberá informar sistemáticamente a su gestión y garantizar el funcionamiento seguro y fiable de las estructuras hidráulicas y de los equipos electromecánicos. Se deberán cumplir los siguientes requisitos esenciales:

PCH/LT 005-2:2019:

- a) Fortalecer la gestión de operación, el mantenimiento y la reparación de las instalaciones y de los equipos y dispositivos de las centrales eléctricas, y mejorar el ritmo de buen estado de los equipos.
- b) Para las centrales eléctricas en ríos limosos, se adoptarán medidas tales como liberación de arena, prevención de sedimentos y prevención de la corrosión para mantener la capacidad de regulación y almacenamiento y reducir la erosión/corrosión de los equipos.
- c) Fortalecer la gestión del sistema conductor de agua de generación de energía, el sistema de agua de cola y su equipo auxiliare para reducir las filtraciones y pérdidas de cabeza hidráulica.

8.1.3 El funcionamiento optimizado de la central eléctrica deberá cumplir los siguientes requisitos y no podrá modificarse a voluntad:

- a) El funcionamiento optimizado de la central eléctrica se realizará de acuerdo con los requisitos de diseño, el plan de funcionamiento optimizado o lo estipulado en otros documentos especiales.
- b) El funcionamiento optimizado de la central se realizará de acuerdo con datos de diseño de ingeniería, como el nivel de agua característico del embalse, etc.

8.1.4 La utilización y generación del agua deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Las centrales eléctricas harán todo lo posible para pronosticar el régimen hídrico y realizar operaciones razonablemente bajo el requisito previo de satisfacer los requisitos de protección contra inundaciones para lograr menos desperdicio de agua y más generación de electricidad.
- b) Las centrales eléctricas deberán poder dominar en cualquier momento condiciones como la previsión de la entrada de agua, el almacenamiento de agua y el consumo de agua para la generación de electricidad, a fin de fortalecer la utilización planificada del agua.

8.1.5 Las centrales eléctricas deberían permitir que las unidades de turbogeneradores funcionen en la región de alta eficiencia.

8.1.6 Las centrales eléctricas examinarán y revisarán oportunamente los datos relevantes para las características del proyecto, el rendimiento dinámico de las unidades de turbogeneradores, el rendimiento dinámico de la central eléctrica y elevarán consistentemente el nivel de operación optimizada.

8.1.7 Las centrales eléctricas establecerán archivos técnicos de operaciones, capacitarán periódicamente al personal de operación y mantenimiento y realizarán gradualmente la modernización de la central.

8.2 Operación optimizada en planta

8.2.1 Las centrales eléctricas deberán elaborar la estrategia de operación para un funcionamiento optimizado en la planta, de acuerdo con la disponibilidad de agua, la red estable de cabeza hidráulica y el rendimiento dinámico de las unidades de turbogeneradores.

8.2.2 La generación óptima de la potencia activa y reactiva de la unidad del turbogenerador se debe realizar durante el funcionamiento interno. Para una distribución óptima de la carga del funcionamiento optimizado en la planta entre las unidades de turbina generadora, se puede adoptar el método de tasa microincremental o el método de planificación dinámica en combinación con las características de la unidad del turbogenerador.

8.2.3 Se debe adoptar un método de supervisión computarizada en tiempo real para optimizar el funcionamiento en la planta; Para centrales eléctricas sin grandes variaciones de carga, también se puede realizar de acuerdo con la estrategia de operación para una operación optimizada en la planta.

8.3 Funcionamiento optimizado de centrales eléctricas en cascada

8.3.1 La operación optimizada de las centrales en cascada buscará el máximo beneficio de la generación eléctrica total de toda la cascada.

8.3.2 Para las centrales eléctricas en cascada que implementen una operación optimizada, se deben implementar las características de rendimiento de la unidad del turbogenerador y otros aspectos de diseño relevantes. Se seguirá estrictamente un sistema de supervisión computarizado en tiempo real o una estrategia de operación optimizada en planta.

8.3.3 Las centrales en cascada transmitirán datos de operación en tiempo real a la organización de despacho de energía, la cual deberá cumplir con las estipulaciones pertinentes. La organización de despacho de energía eléctrica emitirá órdenes oportunas del plan de operación a varias centrales eléctricas. Para algunas centrales eléctricas en cascada, se puede seleccionar una central eléctrica clave para establecer un centro de control central, si las condiciones son adecuadas.

Apéndice A
(Informativo)

Calificación de los equipos e instalaciones de la central hidroeléctrica.

A.1 Alcance y división de unidades para la calificación

A. 1.1 Todos los equipos e instalaciones relacionados con la generación de electricidad en la central hidroeléctrica están sujetos a calificación.

A.1.2 La división unitaria deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Cada turbina, generador (incluido el excitador), regulador (incluido el generador magnético permanente PMG) y válvula se consideran una unidad.
- b) Cada uno de los sistemas de petróleo, agua y aire se considera una unidad.
- c) Cada transformador, reactor eléctrico y condensador de potencia se considera una unidad
- d) Cada panel o gabinete interior se considera una unidad (la consola principal se considera una unidad)
- e) Cada grupo de disyuntores y seccionadores se considera una unidad
- f) Cada grupo de transformadores de tensión, transformadores de corriente, diferentes transductores, sensores y fusibles de alta tensión se considera como una unidad.
- g) Una barra colectora y una estructura se consideran una unidad.
- h) Cada grupo de pararrayos se considera una unidad.
- i) Un pararrayos y un dispositivo de conexión a tierra se consideran una sola unidad.
- j) Cada cable de alimentación, cable de control, sistema de comunicación, batería de almacenamiento y dispositivo rectificador se considera una unidad.
- k) Cada presa, central eléctrica, túnel de conducción de agua, tubería de carga, pozo de compensación, estructura de descarga de sedimentos e inundaciones, canal de desvío, canal de descarga, compuerta, estante para basura y equipo de limpieza y elevador se considera una sola unidad.
- l) Cada uno de los demás edificios (estructuras), conductos de cables, dispositivos de elevación, iluminación y ventilación se consideran una sola unidad.

Los equipos e instalaciones no incluidos en el presente contrato serán determinados por el contratista, de acuerdo con la situación real.

A.2 Método de calificación

A.2.1 La nivelación de los equipos e instalaciones es un trabajo importante para la central hidroeléctrica, y deberá realizarse cada año.

A.2.2 La clasificación de los equipos e instalaciones de una unidad se determinará de acuerdo con el estado técnico integral de los equipos individuales y las instalaciones de la unidad. Si el equipo y las instalaciones de una unidad pertenecen simultáneamente al Grado I, Grado II y Grado III, se clasificarán en el Grado III. Si el equipo y las instalaciones de una unidad pertenecen simultáneamente al Grado I y al Grado II, se clasificarán en el Grado II. Los equipos e instalaciones de Grado I y Grado II se consideran equipos e instalaciones intactos.

A.2.3 El índice de perfección del equipo y de la instalación se calculará según la fórmula (A.1):

$$P = \frac{A + B}{A + B + C} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

donde

P es la relación de perfección del equipo y la instalación;

A es el número de unidades que contienen equipos e instalaciones de Grado I;

B es el número de unidades que contienen equipos e instalaciones de Grado II;

C es el número de unidades que contienen equipos e instalaciones de Grado III.

A.3 Principio para la clasificación de equipos e instalaciones.

A.3.1 Grado I: Los equipos e instalaciones se encuentran en buen estado técnico y libres de defectos; la calidad de la instalación, construcción, revisión y mantenimiento y el nivel de proceso cumplen con las disposiciones de las especificaciones y podrían garantizar que funcionen de manera segura, económica y confiable.

A.3.2 Grado II: Los equipos e instalaciones cuentan con un estado técnico favorable; aunque tienen defectos menores, los defectos no influirán directamente en el funcionamiento seguro.

A.3.3 Grado III El equipo y las instalaciones presentan defectos importantes; la calidad de la instalación, construcción, mantenimiento y revisión no cumple con las disposiciones de las especificaciones y la operación segura está seriamente amenazada.

PCH/LT 005-2:2019:

A.4 Normas para equipos e instalaciones eléctricas y mecánicas para nivelación.

A.4.1 La clasificación de la turbina deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
 - 1) El componente es capaz de alcanzar continuamente la potencia nominal mencionada en la placa de características o la potencia aprobada por las autoridades superiores. El componente puede funcionar normalmente en diversas condiciones de trabajo y condiciones de carga.
 - 2) La vibración y el descentramiento de la turbina cumplen con la norma; la estabilidad es buena y la unidad está libre de óxido o corrosión. La temperatura del rodamiento y la calidad del aceite de varios componentes cumplen con el estándar especificado en las especificaciones operativas;
 - 3) Cuando se opere dentro del alcance de los parámetros especificados por el fabricante, la unidad deberá estar libre de cavitación, abrasión o reducción de eficiencia graves.
 - 4) Vacuómetro, manómetro y medidor de temperatura instalados según lo previsto, las piezas están intactas, las acciones son flexibles y las indicaciones son correctas.
 - 5) El corredor, la caja en espiral, el anillo de sellado, el eje principal, la tapa del extremo y el cojinete cumplen con los requisitos del proceso de diseño y de instalación y están libres de fugas de aceite o agua.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
 - 1) La turbina no pudo asegurar el rendimiento indicado en la placa cuando la cabeza hidráulica y el caudal alcanzaron los valores diseñados;
 - 2) Varios componentes del cuerpo principal pierden agua, aceite o aire, la corrosión y abrasión/erosión son graves, la paleta guía no se puede cerrar herméticamente y la turbina gira a baja velocidad cuando la paleta está completamente cerrada.
 - 3) La cavitación es grave y la vibración y el descentramiento de la turbina superan los valores permitidos.
 - 4) La temperatura del rodamiento excede el valor especificado.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.2 La calificación del gobernador (incluido el PMG) deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- 1) Los parámetros del gobernador (incluido el PMG) cumplen con los requisitos de diseño y las condiciones de trabajo podrían satisfacer los requisitos de las especificaciones operativas.
 - 2) El gobernador podría controlar rápidamente la turbina y reanudar la velocidad normal cuando la velocidad de la turbina aumenta debido a un rechazo repentino de la carga.
 - 3) El dispositivo automático y el dispositivo de señalización están intactos y las acciones son precisas.
 - 4) Las acciones del anunciador de presión durante el apagado de emergencia cumplen con los requisitos de diseño cuando la presión del aceite cae al límite inferior.
 - 5) El equipo automático de compensación de aire y el sistema de compensación de aceite de la unidad de presión de aceite y los sensores de nivel de aceite, los manómetros del acumulador de presión deberán funcionar de forma precisa y fiable.
 - 6) El PMG, si se incluye, funciona normalmente y proporciona una salida de CC confiable.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) El sistema del gobernador presenta graves oscilaciones, vibraciones, atascos, abrasión o fugas de aceite y normalmente no se puede poner en funcionamiento.
 - 2) El aceite está seriamente degradado, y el equipo está seriamente oxidado, lo que amenaza el funcionamiento seguro.
 - 3) El dispositivo de protección contra exceso de velocidad no es confiable o falla la protección de la turbina.
 - 4) El dispositivo de presión de aceite, los sistemas de compensación de aceite, los sistemas de compensación de aire u otros equipos no pueden funcionar normalmente, lo que amenaza el funcionamiento seguro.
 - 5) El PMG está defectuoso y no pudo proporcionar energía CC confiable.
 - 6) Los componentes están bajo la influencia de otros elementos que amenazan la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.3 La clasificación de la válvula principal deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) La válvula principal debe poder cerrarse herméticamente y debe girar de manera flexible y confiable.

PCH/LT 005-2:2019:

- 2) La capa protectora debe estar intacta y no se desprenderse; el componente debe estar libre de corrosión, cavitación y abrasión.
 - 3) La válvula de derivación debe funcionar normalmente.
 - 4) Con respecto a la válvula principal operada con presión de aceite, el dispositivo de presión de aceite debe funcionar normalmente y estar libre de fugas de aceite. Con respecto a la válvula principal operada electrónicamente, el circuito eléctrico deberá funcionar de manera normal y confiable.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) La válvula principal tiene una fuga severa de agua.
 - 2) La válvula principal se atasca al abrirla y al cerrarla.
 - 3) La corrosión y la cavitación son una seria amenaza para la seguridad.
 - 4) El circuito operativo tiene defectos importantes;
 - 5) Los componentes están bajo la influencia de otros elementos que amenazan la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en el Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.4 La clasificación del generador (incluido el excitador) deberá cumplir con las siguientes disposiciones: a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- 1) El generador podría alcanzar durante mucho tiempo la potencia indicada en la placa de identificación o aprobada por las autoridades superiores, y podría ponerse en funcionamiento en cualquier momento.
- 2) La vibración y el descentramiento de la unidad generadora cumplen con la norma, el sonido es normal, y el nivel de ruido cumple con lo dispuesto en las especificaciones.
- 3) Las piezas están intactas y completas, las bobinas en el extremo del estátor no tienen manchas de aceite, polvo de carbón ni deformaciones, el bloque amortiguador y la unión están apretados y el núcleo del estátor, la forja del rotor, el aro y los cables de unión están en buenas condiciones.
- 4) El aislamiento de los bobinados del estátor y del rotor está libre de envejecimiento evidente, los datos de la prueba cumplen con el valor especificado, la temperatura del núcleo del estátor cumple con la provisión y la medición es precisa.
- 5) El sistema de refrigeración es perfecto y el efecto de refrigeración es bueno.

- 6) El excitador y los accesorios están intactos y podrían satisfacer los requisitos de funcionamiento normal de la unidad del generador; la escobilla de carbón está intacta, hace buen contacto y está libre de saltos o sobrecalentamiento, el conmutador y el anillo colector están nivelados, lisos y libres de carbón, polvo y el grado de chispa cumple con las disposiciones.
 - 7) El rodamiento y el dispositivo de sellado funcionan normalmente y no tienen fugas de aceite. La temperatura está dentro del rango especificado.
 - 8) Los accesorios de los polos magnéticos del rotor, del dispositivo de amortiguación y del cable del ventilador están fijos y libres de grietas y deformaciones; los conductos de ventilación están libres de depósitos de óxido y obstrucciones.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) El generador no pudo alcanzar las potencias indicadas en la placa de identificación o aprobadas por las autoridades superiores.
 - 2) El aislamiento del estátor y de los bobinados del rotor está defectuoso o muy deteriorado, y la tensión soporta caídas estándar.
 - 3) El valor de la resistencia CC del estátor trifásico está gravemente desequilibrado o difiere significativamente de los datos proporcionados por el fabricante, lo que amenaza el funcionamiento seguro.
 - 4) El excitador y sus accesorios presentan graves defectos que influyen en la potencia del generador.
 - 5) Los cojinetes pierden mucho aceite o pierden aceite; hay mucha suciedad grasosa en el extremo del estátor.
 - 6) El sistema de frenos está defectuoso.
 - 7) El generador tiene otros defectos importantes que afectan su funcionamiento seguro.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.5 La clasificación del sistema de aceite deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) La configuración de la tubería cumple con los requisitos, y las tuberías están libres de vibraciones o deformaciones.
 - 2) Los accesorios y medidores de tuberías son normales y confiables.
 - 3) Las tuberías y válvulas no estén agrietadas ni corroídas.

PCH/LT 005-2:2019:

- 4) Las válvulas y bridas están herméticamente selladas, giran de manera flexible y confiable y no tienen fugas de aceite.
 - 5) La presión y la calidad del aceite cumplen con los requisitos operativos.
 - 6) La calidad de la soldadura de las tuberías cumple con los requisitos.
 - 7) La bomba de aceite a presión y el filtro de aceite cumplen con los requisitos de diseño y funcionan de manera confiable.
 - 8) El tanque de almacenamiento de petróleo no tiene grietas ni fugas, y los medidores son precisos.
 - 9) La apariencia es limpia, y las marcas están intactas y correctas.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) La configuración de la tubería no cumple con los requisitos, o la vibración y la deformación exceden lo establecido en la especificación.
 - 2) Los accesorios de seguridad de la tubería son anormales, o los medidores son inexactos;
 - 3) Las válvulas o las bridas tienen fugas graves, las válvulas no se pueden girar con flexibilidad ni cerrar herméticamente.
 - 4) La tubería y las válvulas están dañadas o seriamente corroídas.
 - 5) La presión del aceite no pudo satisfacer los requisitos operativos, y el aceite está seriamente degradado.
 - 6) La calidad de la soldadura está por debajo del estándar y amenaza la seguridad.
 - 7) Existen defectos graves que amenazan la seguridad de la bomba de aceite a presión y del filtro de aceite.
 - 8) El tanque de almacenamiento de petróleo tiene una fuga grave.
 - 9) Los componentes están bajo la influencia de otros elementos que amenazan la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.6 La nivelación de los sistemas de abastecimiento de agua y drenaje deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- 1) El ajuste de la tubería cumple con los requisitos, la tubería está libre de vibraciones o deformaciones y la tubería y las válvulas están libres de daños o corrosión.
 - 2) Los accesorios de la tubería y los medidores/medidores son normales y confiables, las válvulas y bridas están herméticamente selladas y la bomba de agua gira de manera flexible, funciona de manera confiable y no tiene fugas de agua.
 - 3) El filtro funciona normalmente y la calidad y presión del agua cumplen con los requisitos.
 - 4) La fuente de agua y el equipo de toma de agua podrían cumplir con los requisitos operativos de la unidad.
 - 5) El agua contra incendios es confiable y cumple con los requisitos de extinción.
 - 6) La calidad de la soldadura de la tubería cumple con los requisitos.
 - 7) La apariencia es limpia, y las marcas están intactas y correctas.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) La configuración de la tubería no cumple con el requisito; la vibración o deformación excede lo establecido en la especificación o la tubería y las válvulas están dañadas o gravemente corroídas.
 - 2) Los accesorios de seguridad de la tubería son anormales, los medidores son inexactos, las válvulas y las bridas no están bien selladas, la bomba de agua no puede girar con flexibilidad y pierde agua gravemente.
 - 3) El efecto de filtrado del filtro es deficiente, y la calidad del agua no puede cumplir con los requisitos.
 - 4) La fuente de agua y el equipo de toma de agua no están configurados razonablemente y no pueden cumplir con los requisitos operativos de la unidad.
 - 5) La calidad de soldadura de la tubería no cumple con los requisitos y representa una amenaza para la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.7 La clasificación del sistema de aire (incluido el compresor de aire) deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:

PCH/LT 005-2:2019:

- 1) La configuración del sistema de aire cumple con los requisitos.
 - 2) La tubería y los accesorios están libres de grietas y corrosión, las válvulas pueden cerrarse herméticamente y girar con flexibilidad.
 - 3) La calidad de la soldadura de las tuberías cumple con los requisitos.
 - 4) El compresor de aire podría funcionar de forma continua y alcanzar la potencia indicada en la placa de identificación. A la potencia nominal, la temperatura de funcionamiento no excede las disposiciones de las especificaciones.
 - 5) El manómetro está intacto, funciona con precisión y en buen contacto, los dispositivos de protección y automáticos pasan las inspecciones, y las acciones son confiables.
 - 6) Los accesorios están intactos y en buen estado, la válvula reductora y la válvula de seguridad cumplen con las disposiciones y el ambiente para el equipo y el compresor de aire está limpio y ordenado.
 - 7) El aspecto es limpio, y las marcas están intactas.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) La configuración del sistema de aire no pudo satisfacer los requisitos de operación de la unidad.
 - 2) Los accesorios de seguridad de la tubería son anormales, los medidores son inexactos o las tuberías y las válvulas están dañadas o gravemente corroídas, de modo que la seguridad está en peligro.
 - 3) La calidad de la soldadura de las tuberías no cumple con los requisitos y representa una amenaza para la seguridad.
 - 4) El compresor de aire no pudo alcanzar la potencia indicada en la placa de identificación; la relación entre la alta presión del aire comprimido y la baja presión no podía satisfacer los requisitos.
 - 5) Los componentes están bajo la influencia de otros elementos que amenazan la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.8 La clasificación del transformador principal (bobina de supresión de arco) deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) El transformador podría alcanzar continuamente la salida indicada en la placa de identificación o la salida aprobada por las autoridades superiores.

- 2) Los componentes del transformador están intactos, la carcasa no está corroída, la superficie es lisa y libre de suciedad, no hay grietas en los aisladores de porcelana, y los conectores de los cables hacen buen contacto y están libres de fenómenos de sobrecalentamiento.
 - 3) El aumento de temperatura del aceite y del bobinado, el nivel de aceite en el tanque conservador se ajustan a los valores especificados por el fabricante o al valor aprobado después de las pruebas.
 - 4) El transformador se instaló según las exigencias tecnológicas y, fundamentalmente, libre de fenómenos de hundimiento, inclinación o deterioro.
 - 5) Las bobinas, los casquillos y el aceite aislante eléctrico (incluido el aceite para casquillos) se prueban de acuerdo con las especificaciones y cumplen con los requisitos especificados.
 - 6) El rendimiento eléctrico y mecánico del interruptor de toma es bueno, las señales indicadoras son correctas y las acciones son flexibles y confiables.
 - 7) Los calibres y medidores son precisos y los componentes están intactos.
 - 8) Los aparatos, como los relés de gas, están intactos y se comprueba que las acciones sean confiables y precisas.
 - 9) El equipo a prueba de explosiones, el respiradero, el conservador y la varilla medidora de aceite están intactos.
 - 10) El nivel de aceite del transformador y del casquillo lleno de aceite cumple con lo establecido; no hay fenómeno de fuga, se mantiene la limpieza general del transformador y del casquillo y la pintura está intacta.
 - 11) La sección transversal del cable de tierra cumple con lo establecido, el cable de conexión a tierra hace buen contacto y está conectado de manera firme y confiable.
 - 12) El transformador ha sido sometido periódicamente a revisión, reparaciones menores y pruebas preventivas, los registros de reparación y pruebas se mantienen adecuadamente y los resultados de las pruebas cumplen con los requisitos.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Las bobinas, los casquillos y el aceite aislante eléctrico (incluido el aceite para casquillos) no pasan la prueba.
 - 2) Hay un ruido anormal o la protección del gas ligero actúa a menudo pero no se han encontrado las causas.

PCH/LT 005-2:2019:

- 3) El aislamiento de la bobina está muy deteriorado y no puede garantizar un funcionamiento seguro y económico.
 - 4) La distancia de fuga del casquillo en las zonas contaminadas no cumple con los requisitos ni se han tomado medidas eficaces.
 - 5) El rendimiento eléctrico o mecánico del interruptor de toma del transformador es desfavorable y no puede garantizar un funcionamiento seguro.
 - 6) El transformador y las tuberías llenas de aceite pierden mucho aceite.
 - 7) La salida del transformador se ve afectada o los instrumentos de operación son inexactos debido a defectos de los accesorios.
 - 8) Los componentes están bajo la influencia de otros elementos que amenazan la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.9 La clasificación del reactor eléctrico deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) Los componentes son probados periódicamente según lo establecido y cumplen con los requisitos de la especificación; los parámetros cumplen con los requisitos operativos reales.
 - 2) Las bobinas no están deformadas, las columnas de hormigón están libres de grietas y las piezas de porcelana no están dañadas.
 - 3) La carrocería está limpia, la pintura intacta y las marcas correctas y claras.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Los componentes no se prueban periódicamente como se requiere o no pasan la prueba periódica.
 - 2) Las bobinas se deforman, las columnas de hormigón se agrietan, o las piezas de porcelana se dañan.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.10 La clasificación del disyuntor deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- 1) La tensión nominal, la corriente nominal y la capacidad de corte del disyuntor podrían satisfacer los requisitos operativos.
 - 2) Las partes del disyuntor están en buenas condiciones, el mecanismo de operación actúa con flexibilidad y la acción de protección es confiable.
 - 3) El disyuntor deberá ser revisado y probado de acuerdo con lo establecido en las especificaciones, y los registros se llevarán adecuadamente; la situación de los contactos y los principales índices de prestaciones técnicas y eléctricas cumplen con los requisitos.
 - 4) El disyuntor se encuentra en buen estado, las indicaciones son claras y correctas, se mantiene la limpieza general del equipo y la pintura está intacta.
 - 5) Las piezas de porcelana pasan la prueba de aislamiento y están libres de defectos, como grietas y daños.
 - 6) Las medidas de conexión a tierra para el cuerpo y el soporte son firmes y fiables.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Los parámetros no pudieron satisfacer los requisitos de operación.
 - 2) Las acciones de protección del mecanismo operativo no son confiables.
 - 3) La distancia de fuga del casquillo en las áreas contaminadas no cumple con los requisitos de la especificación, ni se han tomado medidas efectivas.
 - 4) El cuerpo principal no pasa la prueba de aislamiento.
 - 5) El equipo presenta defectos graves y la indicación del nivel de aceite no es clara.
 - 6) Hay grietas o daños en las piezas de porcelana.
 - 7) Los componentes se encuentran bajo la influencia de defectos importantes que amenazan la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.11 La clasificación del seccionador y del fusible de alta tensión deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) El voltaje nominal, la corriente nominal y la capacidad de corte cumplen con los requisitos de operación.

PCH/LT 005-2:2019:

- 2) Los interruptores podrían operarse de manera flexible y las acciones del dispositivo de bloqueo son correctas y confiables.
 - 3) El contacto eléctrico está en buenas condiciones y la resistencia del contacto cumple con los requisitos de la especificación.
 - 4) Las piezas de porcelana pasan la prueba de aislamiento y están libres de defectos, como grietas o daños.
 - 5) Los resultados de las pruebas periódicas cumplen con lo establecido en las especificaciones.
 - 6) El fusible de alto voltaje no presenta electrocorrosión.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Los parámetros del equipo no pudieron satisfacer los requisitos de operación.
 - 2) El equipo está gravemente sobrecalentado y no se puede garantizar su funcionamiento seguro.
 - 3) Hay grietas o daños en las piezas de porcelana.
 - 4) Los interruptores no se pueden operar con flexibilidad; los interruptores no se podían encender firmemente, el dispositivo de bloqueo es imperfecto, las acciones no son confiables y la corrosión del equipo es relativamente grave.
 - 5) La electrocorrosión del fusible de alto voltaje es grave.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.12 La clasificación del transformador de tensión y del transformador de corriente deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) Los parámetros satisfacen la exigencia de las condiciones técnicas de operación.
 - 2) Los componentes están intactos, las piezas de porcelana y la parte aislante del cuerpo no están dañadas y están libres de suciedad o polvo, la prueba eléctrica cumple con lo establecido en la especificación.
 - 3) El aislamiento del aceite es bueno, y los resultados de las pruebas cumplen con los requisitos de la especificación.
 - 4) El nivel de aceite es normal, y no hay fugas de aceite ni fenómenos de sobrecalentamiento.

- 5) Se mantiene la limpieza general del componente, la pintura está intacta y las marcas son correctas y claras;
 - 6) El cableado es correcto y las medidas de conexión a tierra para la carcasa y el lado secundario son firmes y confiables.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) El grado del inductor mutuo y la relación de transformación no cumplen con los requisitos operativos
 - 2) Los componentes no se probaron periódicamente o no pasaron las pruebas.
 - 3) Hay un ruido anormal o se produjo un fenómeno de sobrecalentamiento en el interior.
 - 4) Hay una fuga de aceite o se produjo un fenómeno de corrosión grave.
 - 5) Los componentes se encuentran bajo la influencia de otros defectos que atentan contra la seguridad del funcionamiento.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.13 La clasificación del condensador de potencia deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) Los parámetros indicados en la placa de identificación cumplen con los requisitos operativos;
 - 2) Los componentes se prueban periódicamente, de acuerdo con las disposiciones y cumplen con los requisitos de la especificación.
 - 3) Las piezas de porcelana están intactas, libres de suciedad y polvo y no tienen daños.
 - 4) El sellado es hermético, y la carcasa está libre de filtraciones de aceite, suciedad grasosa, deformaciones o corrosión.
 - 5) La pintura del casco está intacta.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Los parámetros indicados en la placa de identificación no pudieron cumplir con los requisitos operativos.
 - 2) Los resultados de la prueba no cumplen con los requisitos de la especificación.

PCH/LT 005-2:2019:

- 3) Las instalaciones de protección contra incendios, antiexplosión y ventilación del condensador instalado en el interior no funcionan correctamente, lo que influye en su funcionamiento seguro.
 - 4) El condensador pierde mucho aceite, o el tanque de aceite está expandido.
 - 5) Los componentes están bajo la influencia de otros elementos que amenazan el funcionamiento seguro.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.14 La clasificación de los distintos paneles y gabinetes deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) Todo tipo de protección de microcomputadoras, dispositivos de automatización integral, relés, instrumentos y dispositivos de señal en el panel/gabinete están correctamente instalados, firmes y limpios, y el recinto está debidamente sellado y marcado con el nombre.
 - 2) El cableado es adecuado y cumple con la norma, los cables y terminales están debidamente numerados y la sección transversal del conductor y del cable cumple con lo establecido en la especificación.
 - 3) Los tornillos de los terminales de los subconjuntos y componentes son confiables y los subconjuntos y conductores de reserva son eléctricamente neutros.
 - 4) El aislamiento de los subconjuntos, componentes y circuitos secundarios cumple con lo establecido en la especificación correspondiente, y los envoltentes están conectados a tierra en dos posiciones.
 - 5) La conexión del circuito es confiable y el diagrama de cableado de instalación cumple con la situación real.
 - 6) Los errores de las características de inspección y prueba de los subconjuntos y componentes cumplen con lo dispuesto en la especificación.
 - 7) El equipo principal en el panel/gabinete tiene una apariencia intacta, pasa la prueba, actúa de manera confiable y cumple con los requisitos operativos.
 - 8) Las acciones del grupo completo de diversos dispositivos son correctas y confiables en las pruebas.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Todo tipo de relés, dispositivos de automatización integral, instrumentos y dispositivos de señal en el panel/gabinete no están instalados de manera adecuada y firme, o las marcas de nombre no son claras.

- 2) El cableado es irregular, los cables y terminales no están numerados, o la sección del conductor no cumple con lo establecido en la especificación correspondiente.
 - 3) El aislamiento de los subconjuntos, componentes y circuitos secundarios no cumple con lo establecido en la especificación correspondiente.
 - 4) Los tornillos de los terminales de los subconjuntos y componentes no están bien sujetos.
 - 5) Las verificaciones y características de prueba de los subconjuntos y componentes no cumplen con lo establecido en la especificación.
 - 6) La apariencia del equipo primario en el panel/gabinete está dañada, el equipo no ha sido probado de acuerdo con las disposiciones o no pasa la prueba, las acciones no son confiables, y no se pudieron cumplir los requisitos de operación.
 - 7) Las acciones del grupo completo de distintos dispositivos no son fiables en las pruebas.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.15 La clasificación de la protección contra rayos y del dispositivo de conexión a tierra deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) La configuración e instalación de las instalaciones de protección contra rayos cumplen con los requisitos de las especificaciones de diseño e instalación, y los componentes de protección contra rayos están completos e intactos.
 - 2) La instalación y la resistencia de conexión a tierra del dispositivo de conexión a tierra cumplen con las disposiciones de la especificación.
 - 3) El dispositivo de protección contra rayos y el dispositivo de conexión a tierra se prueban periódicamente, y los resultados cumplen con lo establecido en la especificación.
 - 4) Todas las posiciones de conexión a tierra seguras están en buen contacto, son firmes y confiables.
 - 5) Las señales y marcas son correctas y completas.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) La configuración de las instalaciones de protección contra rayos no cumple con los requisitos, y el dispositivo de protección contra rayos no pasa las pruebas periódicas.

PCH/LT 005-2:2019:

- 2) La resistencia de conexión a tierra no pasa la inspección.
 - 3) El cable de tierra no es confiable o tiene otros defectos importantes que ponen en peligro el funcionamiento seguro.
 - 4) Las señales y marcas no son correctas ni completas.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.16 La clasificación de los cables de potencia deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los cables, el tendido y las terminaciones de los cables se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) La especificación técnica podría cumplir con los requisitos operativos y los cables y terminaciones están libres de fenómenos de sobrecalentamiento.
 - 2) La instalación y el diseño cumplen con las disposiciones de la especificación, y las medidas de protección para entrar/salir del suelo, el radio de curvatura, el proceso de roscado, la posición de disposición y la diferencia de altura y las medidas de prevención de incendios cumplen con los requisitos.
 - 3) Los resultados de las pruebas periódicas cumplen con los requisitos de la especificación.
 - 4) Los componentes están libres de daños mecánicos que puedan amenazar el funcionamiento seguro.
 - 5) Los cabezales de los cables y los accesorios están debidamente sellados y libres de cualquier filtración evidente de aceite; el casquillo de porcelana está intacto y sin daños.
 - 6) El recorrido de tendido, el cabezal intermedio y el alma del cable están señalizados de forma legible y adecuada.
- b) Los cables, el tendido y las terminaciones de los cables se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Los parámetros del cable no pudieron cumplir con los requisitos operativos.
 - 2) Hay signos evidentes de filtración de aceite, secado o sobrecalentamiento grave en el cabezal del cable y los accesorios.
 - 3) Los componentes no pasan la prueba o están bajo la influencia de otros elementos que amenazan el funcionamiento seguro.

- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.17 La clasificación de los cables de control deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los cables de control, tendido y terminación se clasificarán en el Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
 - 1) El cable de control cumple con las disposiciones de diseño.
 - 2) El aislamiento es bueno y las pruebas cumplen con lo dispuesto en las especificaciones.
 - 3) El número del cable, así como los letreros que indiquen que el modelo del cable, el número de núcleos, la sección, el voltaje y los lugares son correctos y están intactos.
 - 4) La entrada y la salida del conducto de cables están debidamente selladas.
 - 5) La fijación y el soporte del cable están intactos.
- b) Los cables de control, tendido y terminación se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
 - 1) Los parámetros técnicos de los cables no cumplen con los requisitos de las especificaciones.
 - 2) No hay ninguna marca obvia y correcta en el cabezal del cable y en el cabezal intermedio.
 - 3) Los componentes no pasan las pruebas o están bajo la influencia de otros elementos que amenazan la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.18 La calificación del sistema de comunicación deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
 - 1) El equipo se instala según lo establecido en la especificación.
 - 2) El desempeño cumple con las disposiciones de la especificación y los requisitos del fabricante.
 - 3) Se proporciona una fuente de alimentación de reserva confiable.
 - 4) La calidad del tono y el volumen cumplen con los requisitos técnicos.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
 - 1) La instalación no cumple con lo establecido en la especificación.

PCH/LT 005-2:2019:

2) El rendimiento no pudo cumplir con las disposiciones de la especificación o del fabricante.

c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.19 La clasificación del dispositivo rectificador y del panel del sistema de CC deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:

1) Las características del dispositivo rectificador cumplen con las especificaciones, los parámetros cumplen con los requisitos operativos y los requisitos de protección del relé y acción de encendido y apagado podrían satisfacerse en condiciones normales y de fallos.

2) El regulador de voltaje y el transformador estabilizador de voltaje funcionan sin que se produzcan ruidos anormales o fenómenos de sobrecalentamiento.

3) Los interruptores y componentes están instalados firme y correctamente; los puntos de conexión hacen buen contacto y no se calientan.

4) Las acciones de los dispositivos de protección, señalización e instrumentos indicadores son confiables, y las indicaciones son correctas.

5) El cableado está limpio, los componentes están debidamente marcados y numerados y se proporciona el diagrama práctico de cableado.

b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:

1) Las características de los componentes rectificadores no pudieron cumplir con los requisitos operativos; los requisitos de protección del relé y acción de encendido y apagado no se pudieron satisfacer en condiciones normales o de accidente.

2) La instalación de los interruptores y componentes no cumple con el requisito; los puntos de conexión no están en buen contacto y están sobrecalentados;

3) Las acciones de los dispositivos de protección, señales e instrumentos indicadores no son confiables y las indicaciones son incorrectas:

4) El cableado y las marcas no cumplen con lo establecido en las especificaciones pertinentes.

c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.20 La clasificación del acumulador deberá cumplir con las siguientes disposiciones: a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- 1) La capacidad del acumulador ácido (sin mantenimiento) alcanza el parámetro indicado en la placa de características; aunque la capacidad de la batería de almacenamiento usada no haya alcanzado el parámetro indicado en la placa de identificación, se mantiene adecuadamente y podría cumplir con los requisitos de acción de encendido y apagado.
 - 2) El electrolito pasa la prueba.
 - 3) La placa del polo no está doblada ni deformada de otro modo, el color es normal, la carcasa está intacta y no inclinada y no hay sedimentos graves.
 - 4) La batería de almacenamiento está ordenada y limpia, correcta y claramente marcada, y el aislamiento cumple con las disposiciones de las especificaciones.
 - 5) Los accesorios están conectados de forma firme y fiable y no se corroen.
 - 6) Las instalaciones a prueba de ácidos, a prueba de luz solar, calefacción, ventilación y antiexplosiones están en buenas condiciones.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) La capacidad no pudo cumplir con los requisitos indicados en la placa de identificación.
 - 2) El electrolito no pasa la prueba.
 - 3) La placa polar está doblada o deformada, el color cambia y hay mucho sedimento en el caparazón.
 - 4) Los accesorios no están conectados de forma segura o están muy corroídos.
 - 5) Las instalaciones a prueba de ácidos, a prueba de luz solar, calefacción, ventilación y antiexplosiones no cumplen con los requisitos.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.21 La clasificación de ventilación e iluminación deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) La iluminación interior/externa y la iluminación de emergencia cumplen con las especificaciones y pueden satisfacer las demandas de operación normal e iluminación de emergencia, el cableado está limpio, los circuitos de retorno están en buenas condiciones y es conveniente para la operación y el mantenimiento.

PCH/LT 005-2:2019:

- 2) La intensidad de la iluminación cumple con los requisitos y no se observa ningún deslumbramiento frente a la pantalla (panel) de la sala de control principal.
 - 3) La sala de control, la sala de baterías de almacenamiento y la sala de condensadores están equipadas con buenas instalaciones de ventilación. La temperatura en la sala de control general no supera los 35 °C y la temperatura del aire saliente en la sala de baterías de almacenamiento y la sala de condensadores no supera los 40 °C.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) La iluminación interior/externa no pudo satisfacer las demandas de funcionamiento normal e iluminación de emergencia.
 - 2) Existen graves defectos en la ventilación de la sala de control, la sala de acumuladores y la sala de condensadores.
 - 3) Las instalaciones de iluminación son muy insuficientes, las líneas están seriamente dañadas o existen otros defectos importantes que amenazan la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.4.22 La nivelación de la barra colectora y del marco deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) La estabilidad térmica y la estabilidad dinámica de la barra colectora cumplen con los requisitos, y las conexiones no se sobrecalientan.
 - 2) Los parámetros técnicos cumplen con los requisitos de operación.
 - 3) Los componentes están intactos, las piezas de porcelana no están dañadas y libres de rastros de descarga y la estructura está debidamente conectada a tierra.
 - 4) La estructura está intacta y libre de inclinaciones, hundimientos de cimientos, corrosión de las piezas de hierro, exposición de barras de refuerzo o grietas.
 - 5) Las marcas están completas y son correctas.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) La estabilidad térmica y la estabilidad dinámica de la barra colectora son relativamente pobres, las conexiones de la barra colectora están sobrecalentadas.

- 2) El marco está severamente inclinado, los fenómenos, como el hundimiento de los cimientos, la corrosión, la exposición de las barras de refuerzo y las grietas son graves.
 - 3) Los componentes se encuentran bajo la influencia de otros defectos que amenazan la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.5 Normas de clasificación para edificios y estructuras hidromecánicas.

A.5.1 La nivelación de la presa de relleno de tierra y roca deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) Los componentes deberán garantizar un funcionamiento seguro en las condiciones estándar de diseño.
 - 2) La presa de tierra y enrocado deberá estar libre de grietas, filtraciones, fosos de derrumbe y agitación, el pavimento en la cima de la presa deberá estar nivelado y la elevación debe cumplir con los requisitos de diseño.
 - 3) Las pendientes están intactas y libres de mampostería suelta, colapsos, pérdida de la cama, cavidades o daños en el césped.
 - 4) La presa está libre de insectos dañinos y madrigueras de animales dañinos.
 - 5) Las uniones entre la presa de tierra y enrocado y ambas orillas, el pie de la presa aguas abajo y la salida de la tubería empotrada debajo de la presa están libres de fenómenos de fugas anormales.
 - 6) Todas las partes de la presa de tierra y enrocado están libres de malezas espesas, escoria, basura y materiales diversos u otros fenómenos desagradables.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Los componentes no pudieron cumplir con los estándares de diseño, y hay defectos en algunas partes que influyen en la seguridad y la generación normal de electricidad.
 - 2) Se presentan daños graves, como taludes y mampostería sueltos, derrumbes, pérdida de lecho o cavidades.
 - 3) En la presa, hay insectos dañinos y madrigueras de animales dañinos que amenazan la seguridad.

PCH/LT 005-2:2019:

- 4) La filtración de la presa de tierra y enrocado es grave y amenaza la seguridad.
 - 5) La pendiente de césped y la pendiente de relleno de roca están seriamente dañadas o rodadas, lo que resulta en daños por socavación a la presa.
 - 6) Los componentes se encuentran bajo la influencia de otros elementos que amenazan la seguridad de la presa.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.5.2 La nivelación de las estructuras de concreto y mampostería (como la presa de concreto y el pozo de compensación) deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) La estructura, forma, resistencia y cimentación de las estructuras cumplen con los requisitos de diseño.
 - 2) Las juntas de dilatación reservadas en la presa de la compuerta están libres de materiales diversos, y los rellenos están libres de cualquier pérdida.
 - 3) La superficie de la presa de compuerta está libre de abrasión, socavación, erosión, denudación o grietas.
 - 4) Los cimientos, las juntas de expansión y el cuerpo de la estructura están libres de fugas graves o filtraciones de derivación.
 - 5) Los orificios de drenaje en el cuerpo de la estructura, así como la zanja de drenaje adyacente, la tubería de drenaje y el pozo de recogida de agua, no están obstruidos.
 - 6) La cámara de carga garantizará la integridad de las instalaciones de rebose y drenaje y de la esclusa de lavado.
 - 7) El eje de compensación (torre) cumple con los requisitos de diseño en su conjunto, la estructura es segura y confiable y podría satisfacer los requisitos de estabilidad del flujo de agua y aumento de presión ante cambios repentinos de la carga. El pozo de compensación (torre) con cubierta superior está bien ventilado.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Las estructuras no cumplieron con el estándar de diseño, y existen defectos graves en algunas partes.
 - 2) Hay materiales diversos en las juntas de dilatación reservadas en la presa de la compuerta, y el relleno se pierde gravemente.

- 3) La superficie de la presa de compuerta sufre abrasión, socavación, erosión, denudación o agrietamiento graves.
 - 4) Los orificios de drenaje en el cuerpo de la estructura, así como el canal de drenaje adyacente, la zanja de drenaje y el pozo de recogida de agua están obstruidos.
 - 5) Los cimientos de la estructura sufren filtraciones de agua relativamente graves.
 - 6) El revestimiento de las paredes de los pozos de compensación (torres) tiene mal contacto, la lechada de consolidación es de mala calidad, y se producen graves fenómenos de fracturas y fugas.
 - 7) Existen graves defectos en las instalaciones de rebosadero y drenaje y en la esclusa de lavado.
 - 8) Los componentes se encuentran bajo la influencia de elementos que amenazan la seguridad del edificio.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.5.3 La nivelación del túnel de conducción de agua (alcantarilla) deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) La entrada del túnel de conducción de agua (alcantarilla) está libre de daños por socavación, cavitación o congelación/descongelación.
 - 2) El túnel de conducción de agua (alcantarilla) está libre de daños causados por sobrepresión, presión negativa o golpes de ariete.
 - 3) El tapón del túnel de transporte de agua (tapón de estrangulamiento), así como el subtúnel y la tubería de lechada no utilizados, no tienen fugas de agua.
 - 4) El cuerpo del túnel está libre de filtraciones.
 - 5) No se apilará ningún peso ni se erigirá ningún edificio sobre la tubería de la alcantarilla sin presión o el túnel sin presión con un espesor de masa rocosa inferior a tres veces el diámetro del túnel.
 - 6) La pérdida de carga en la entrada del túnel de transporte de agua y la pérdida de carga por fricción no han excedido los requisitos de diseño.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Existen graves defectos en la entrada al túnel de conducción de agua (alcantarilla).

PCH/LT 005-2:2019:

- 2) Existe un grave daño causado por sobrepresión, presión negativa o golpe de ariete.
 - 3) El cuerpo del túnel y otras posiciones sufren graves filtraciones.
 - 4) La pérdida de carga en la entrada al túnel de transporte de agua o la pérdida de carga por fricción exceden el valor de diseño.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.5.4 La nivelación de la tubería de carga de acero deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) Las placas de acero y las soldaduras están libres de grietas o filtraciones de agua.
 - 2) Los orificios de los remaches de acero y las costuras remachadas no tienen fugas, y la cabeza del remache no está dañada.
 - 3) El contrafuerte de hormigón y los bloques de anclaje no presentan grietas ni holguras.
 - 4) No existen barreras que influyan en el movimiento del anillo de soporte entre el anillo de soporte y los bloques de hormigón de contrafuerte.
 - 5) El sellado del escudo de soporte de rodadura o arranque está en buenas condiciones.
 - 6) Las juntas de dilatación están libres de fugas de agua.
 - 7) Los revestimientos protectores de las paredes interior y exterior de la tubería están intactos y libres de corrosión evidente.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Las placas de acero y las soldaduras se agrietan y sufren filtraciones de agua.
 - 2) Los orificios de los remaches y las costuras remachadas tienen fugas graves, y se dañan las cabezas de los remaches.
 - 3) Hay grietas en el contrafuerte de hormigón y en los bloques de anclaje.
 - 4) El movimiento entre el anillo del cojinete y el bloque de hormigón de contrafuerte es anormal.
 - 5) La estanqueidad de la placa de apoyo de rodadura o de arranque está gravemente defectuosa.

- 6) La filtración de las juntas de dilatación es grave.
 - 7) Los componentes están bajo la influencia de otros elementos que amenazan la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.5.5 La nivelación de la tubería de carga de hormigón armado deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) La tubería de carga de hormigón armado está libre de fisuras o filtraciones.
 - 2) Las juntas de campana y de espiga de la tubería de carga deben estar intactas y libres de grietas o filtraciones.
 - 3) La tubería de carga de hormigón armado está libre de barras de refuerzo expuestas o denudaciones.
 - 4) El contrafuerte de hormigón y los bloques de anclaje están libres de grietas, hundimientos o deformaciones.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) La tubería de carga de hormigón armado está agrietada y presenta graves filtraciones.
 - 2) Las juntas de campana y de espiga de la tubería de carga están dañadas, agrietadas o presentan filtraciones graves.
 - 3) Las barras de refuerzo de la tubería de carga de hormigón armado están expuestas o la denudación es grave.
 - 4) Existen grietas, hundimientos o deformaciones graves en el contrafuerte de hormigón y en los bloques de anclaje.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.5.6 La nivelación de las estructuras de descarga de inundaciones y drenaje de arena deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) Los cimientos son de buena calidad, la estructura es estable y las instalaciones de drenaje, impermeabilización y cierre de agua para los cimientos funcionan normalmente.
 - 2) El revestimiento y las superficies desbordantes están niveladas y lisas, y podrían satisfacer el requisito anticorrosión.

PCH/LT 005-2:2019:

- 3) Las instalaciones de descarga de inundaciones y disipación de energía son confiables y están libres de peligros potenciales que puedan amenazar la seguridad de la fundación de la presa, de otras estructuras y de las áreas aguas abajo.
 - 4) Las montañas en ambas orillas en la entrada y salida de las estructuras son estables y libres de cualquier deslizamiento de tierra o colapso que amenace la seguridad.
 - 5) Las instalaciones de observación externas para el funcionamiento seguro de las estructuras están equipadas, tienen buen rendimiento y funcionan de manera confiable.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) La calidad de los cimientos es deficiente, lo que afecta seriamente la operación segura;
 - 2) El revestimiento y las superficies rebosantes de las estructuras no podían satisfacer los requisitos de protección contra la abrasión, la resistencia al desgaste, la congelación o las filtraciones.
 - 3) El caudal de la inundación y la disipación de energía están gravemente desequilibrados, lo que influye en la seguridad de las estructuras y de la zona aguas abajo.
 - 4) Las montañas en ambas orillas en la entrada y salida son inestables y sufren graves riesgos de deslizamientos de tierra y colapsos que amenazan la seguridad.
 - 5) Los componentes están bajo la influencia de otros elementos que amenazan la seguridad.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.5.7 La nivelación de la estructura de la casa de máquinas deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) La base es buena, y la deformación cumple con el estándar de diseño. Las instalaciones de impermeabilización y drenaje funcionan con normalidad.
 - 2) La casa de máquinas tiene una estructura estable y está libre de grietas, deformaciones o filtraciones de agua evidentes.
 - 3) Las instalaciones de lucha contra inundaciones, extinción de incendios, ventilación e iluminación cumplen con las normas de diseño y se encuentran en condiciones normales de funcionamiento.
 - 4) Los datos de observación sobre la operación segura de la casa de máquinas están disponibles, el desempeño de las instalaciones de observación es bueno y los resultados observados podrían reflejar la práctica de ingeniería y cumplir con los requisitos.

- 5) Los cimientos del equipo están intactos, las barreras estacionarias interior/exterior están perfectas y las marcas están completas.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Existen defectos que afectan la seguridad de los cimientos y la estructura de la casa de máquinas.
 - 2) Las instalaciones de lucha contra inundaciones, drenaje, impermeabilización, sellado de agua, ventilación, extinción de incendios e iluminación son muy imperfectas.
 - 3) La casa de máquinas pierde agua o las puertas/ventanas están seriamente dañadas.
 - 4) Los componentes están bajo la influencia de otros elementos que amenazan el funcionamiento seguro.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.5.8 La nivelación del canal de desvío y del canal de descarga deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) El canal de desvío y el canal de descarga se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) El canal de desvío y el canal de descarga son de buena calidad y podrían cumplir con los requisitos de impermeabilización, anticongelación, anticorrosión y lucha contra inundaciones.
 - 2) El canal de desvío y el canal de descarga están libres de socavación, el nivel del agua de cola alcanza o está cerca del valor de diseño, y el flujo de agua no está obstruido.
 - 3) La calidad del revestimiento del canal de desvío y del canal de descarga es buena, y la pendiente es estable.
 - 4) No existen materiales diversos ni malezas en el canal de desvío y en el desagüe.
- b) El canal de desvío y el canal de descarga se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) El canal de desvío y el canal de descarga son de mala calidad y sufren graves socavaciones y sedimentaciones;
 - 2) Se colapsa el talud del canal de desvío y del canal de descarga y se influye en el flujo de agua.
 - 3) El nivel del agua en el canal de desvío y el canal de descarga no pudo cumplir con los requisitos de diseño, y el canal de desvío y el canal de descarga sufren un grave fenómeno de represamiento y bloqueo de agua.

PCH/LT 005-2:2019:

c) El canal de desvío y el desagüe se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.5.9 La nivelación del portón, polipasto, rejilla de basura y equipo de limpieza deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- 1) La puerta y el polipasto son seguros y confiables, y pueden abrirse y cerrarse de manera flexible; además, la carrera cumple con el requisito.
- 2) La puerta y el equipo de elevación están libres de deformaciones, atrapamiento de agua y fugas de aceite.
- 3) La rejilla de basura y el equipo de limpieza funcionan de manera confiable, y la rejilla de basura no está bloqueada.
- 4) La capa protectora de la puerta y el equipo de elevación, la rejilla de basura y el equipo de limpieza están intactos y no se están pelando; las piezas están libres de corrosión.

b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:

- 1) La puerta, el elevador, la rejilla de basura y el equipo de limpieza están seriamente deformados o corroídos, o tienen otros defectos importantes.
- 2) El contenedor de basura está seriamente bloqueado.
- 3) La carrera del polipasto no pudo alcanzar el requisito de diseño.
- 4) La compuerta gotea seriamente después de cerrarse.

c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.5.10 La clasificación del dispositivo de elevación deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- 1) El marco de elevación y la columna no tienen grietas ni deformaciones.
- 2) La fuente de alimentación (incluida la fuente de alimentación de reserva) y la maquinaria eléctrica están en buenas condiciones de funcionamiento y pueden ponerse en marcha en cualquier momento.
- 3) Las instalaciones y los instrumentos de protección de seguridad están intactos.
- 4) El aceite lubricante en las partes giratorias de la maquinaria es suficiente y el volumen de aceite en las partes de alta velocidad (como la caja de cambios) cumple con los requisitos de la especificación;

- 5) El equipo de tracción funciona normalmente; los cables de acero están libres de corrosión o alambres rotos, y el gancho de elevación no está doblado ni agrietado.
 - 6) El parachoques, el tope y los interruptores de límite son confiables, y el marco puede moverse con precisión a la posición de elevación.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) El marco de elevación y la columna están gravemente agrietados o deformados.
 - 2) El suministro de energía no es confiable y no se pudo iniciar según el requisito.
 - 3) Las instalaciones de protección son inadecuadas.
 - 4) El aceite lubricante en las partes giratorias de la maquinaria es insuficiente y la rotación no es flexible.
 - 5) El cable de acero está gravemente corroído o roto, o el gancho de elevación está dañado, lo que representa una amenaza para la seguridad.
 - 6) Los componentes están bajo la influencia de otros elementos que amenazan el funcionamiento seguro.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.

A.5.11 La nivelación de las demás edificaciones (estructuras) y de los conductos de cables deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

- a) Los componentes se clasificarán en Grado I si se cumplen todas las condiciones siguientes:
- 1) Otros edificios y estructuras son estables y su resistencia, deformación, prevención de terremotos, lucha contra inundaciones y drenaje y extinción de incendios cumplen con los requisitos de la especificación y de la producción.
 - 2) El acceso deberá cumplir con los requisitos de operación, mantenimiento y revisión.
 - 3) La estructura está intacta y libre de hundimientos o inclinaciones; las piezas de hierro no están corroídas.
 - 4) Los conductos de cables están intactos y limpios, la placa de cubierta está limpia y completa, y el drenaje de agua no está obstruido. Se reforzará la intersección entre el conducto de cables, la vía de drenaje y las vías de vehículos.
 - 5) El terreno interior y exterior deberá estar nivelado, y el drenaje del agua no deberá estar obstruido.

PCH/LT 005-2:2019:

- 6) Los recintos, las cercas, los portones y las barreras estacionarias interiores/exteriores están intactos.
 - 7) Las instalaciones contra incendios son perfectas, y el equipo contra incendios está intacto y fiable. Se realizan periódicamente simulacros de seguridad y formación del personal.
 - 8) Se proporciona un sistema de drenaje de aceite de emergencia.
- b) Los componentes se clasificarán en Grado III si se encuentran en alguno de los siguientes casos:
- 1) Los edificios o estructuras tienen defectos estructurales graves que amenazan la seguridad de los equipos y del personal.
 - 2) El acceso es angosto y no puede satisfacer los requisitos operativos, de mantenimiento y de revisión.
 - 3) La estructura está dañada, hundida o inclinada; las partes de hierro están seriamente corroídas.
 - 4) La placa de cubierta del canal de cables y la vía de drenaje están gravemente dañadas, colapsadas y amenazan la seguridad personal.
 - 5) El terreno interior y exterior es irregular y hay mucha agua atrapada en el suelo.
 - 6) Los cerramientos o las vallas están inclinados o dañados; la puerta y las barreras fijas interior/exterior están gravemente dañadas.
 - 7) Los componentes están bajo la influencia de otros elementos que amenazan el funcionamiento seguro.
- c) Los componentes se clasificarán en Grado II si no pertenecen al Grado I y al Grado III.
-