



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Lineamientos técnicos para el
desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas

GESTIÓN

Parte 3: Renovación técnica

PCH/LT 005-3: 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.

Lineamientos técnicos para el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas

GESTIÓN

Parte 3: Renovación técnica

PCH/LT 005-3: 2019

AGRADECIMIENTOS

Los lineamientos técnicos (LT) son el resultado de la colaboración entre la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) 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 ONUUDI y la INSHP agradecen enormemente las contribuciones aportadas durante la elaboración de estas directrices y, en particular, las realizadas por las siguientes organizaciones internacionales:

- El 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. Lamysier 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	II
Introducción.....	I
1 Alcance	1
2 Referencias normativas.....	1
3 Términos y definiciones.....	2
4 General	2
5 Análisis y evaluación de la situación	2
6 Detección y evaluación	3
7 Contenido y requisitos de la renovación.....	4
7.1 Disposiciones generales	4
7.2 Estructuras hidráulicas	5
7.3 Turbina y equipos accesorios	7
7.4 Equipo auxiliar	10
7.5 Generador y otros equipos eléctricos.....	11
7.6 Automatización	13
7.7 Calefacción y ventilación, control de incendios y seguridad.	14
7.8 Instalación de descarga de flujo ecológico.....	15
8 Índice de rendimiento técnico	15

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 3: Renovación técnica

1 Alcance

Esta parte de los lineamientos de gestión especifica los principios básicos, el contenido, los métodos y los requisitos para la renovación técnica de una pequeña central hidroeléctrica (PCH).

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).

IEC 60060-3-200, *Técnica de prueba de alto voltaje—Parte3: Definición y requisitos para pruebas in situ*

IEC 61439, *Conjuntos de equipo de conmutación y control de baja tensión*

IEC 62006:2010, *Máquinas hidráulicas: Pruebas de aceptación de pequeñas instalaciones hidroeléctricas*

IEC 62208, *Cajas vacías para conjuntos de equipo de comunicación y control de baja tensión. Requisitos generales.*

IEC 60609-1, *Turbinas hidráulicas. Bombas de almacenamiento y bombas. Turbinas. Evaluación de picaduras por cavitación. Parte1: Evaluación en turbinas de reacción, bombas de almacenamiento y bombas-turbinas*

IEC 60609-2, *Turbinas hidráulicas, bombas de almacenamiento y bombas. Turbinas. Evaluación de picaduras por cavitación. Parte2: Evaluación en turbinas Pelton*

ISO/DIS 5208, *Válvulas industriales: prueba de presión de válvulas metálicas*

PCH/DT 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 las definiciones que figuran en PCH/DT 001.

4 General

4.1 La renovación técnica de la central eléctrica eliminará los riesgos de seguridad, garantizará la seguridad en el trabajo, mejorará la eficiencia de la generación de energía, aportará rentabilidad a las obras y mejorará la operación y el mantenimiento.

4.2 Las instalaciones o equipos existentes se utilizarán plenamente y las nuevas tecnologías maduras, nuevos procesos, nuevos equipos y nuevos materiales se utilizarán activamente para mejorar los aspectos técnicos, funcionales y financieros de la central hidroeléctrica y cumplir con los requisitos de conservación de energía y protección ambiental en No se utilizarán tecnologías obsoletas.

4.3 Si la instalación o el equipo tiene defectos graves y no se puede garantizar su seguridad incluso después de varias reparaciones o se prevé que el costo de renovación será superior al 60 % del costo del equipo nuevo, se debe desechar y reemplazar con equipos/componentes nuevos.

4.4 Antes de la implementación de la renovación, primero se realizará el análisis y evaluación del estado; la detección de seguridad se realizará para el equipo y la instalación cuando sea necesario; y se podrá implementar el estudio de factibilidad para determinar el esquema de renovación técnica.

4.5 Se tendrá en cuenta la cooperación de las centrales hidroeléctricas en cascada en una misma cuenca hidrográfica, o si los caudales o la generación tienen impactos de una central sobre otra.

4.6 Se prestará atención a los impactos sociales y ambientales, en particular la descarga de caudales ecológicos y la protección del medio ambiente. La estructura del paso de peces se instalará de acuerdo con la situación real de la central eléctrica.

4.7 El plan de renovación deberá cumplir con las disposiciones de las regulaciones nacionales y locales para el proyecto.

5 Análisis y evaluación de la situación

5.1 Para la renovación técnica de la central se recogerán los siguientes datos:

- a) Datos de diseño, terminación y operación de ingeniería y registros de revisión a lo largo de los años;
- b) datos hidrológicos y de sedimentos;
- c) datos de evaluación o pruebas de rendimiento y detección de seguridad;

d) otros datos relevantes.

5.2 Antes de la renovación técnica de la central eléctrica, el equipo o instalación, incluida la estructura hidráulica, los equipos electromecánicos y la estructura hidromecánica, se analizarán desde el aspecto de rendimiento y seguridad de acuerdo con el informe de prueba preventiva, el resultado de la prueba de rendimiento, los resultados de detección de seguridad y el datos de operación y revisión; y se evaluará si las instalaciones y equipos de la central eléctrica deben renovarse desde el punto de vista del rendimiento y la seguridad.

5.3 Analizar los datos de operación y mantenimiento de la central eléctrica de acuerdo con la planificación fluvial y los datos hidrológicos, estudiar las reglas de cambio del nivel del agua aguas arriba y aguas abajo, la cabeza hidráulica, el flujo y la concentración de sedimentos y demostrar la necesidad y factibilidad de la renovación. Se evaluará si la capacidad de la central eléctrica debe aumentarse o disminuirse, y la evaluación incluirá el siguiente contenido:

- a) Se revisará el escurrimiento disponible y la inundación proyectada cuando sea necesario, si ha ocurrido alguna inundación desde la operación de la central hidroeléctrica o si se desea mejorar las estructuras hidráulicas para aumentar el volumen de desvío de agua o aumentar la altura del azud/presa; también se comprobará el impacto del cambio climático para la capacidad segura del aliviadero;
- b) el escurrimiento se volverá a comprobar cuando se renueve la central hidroeléctrica aumentando o reduciendo la capacidad;
- c) las condiciones que pueden aumentar o disminuir el flujo y pueden aumentar o reducir la altura de trabajo;
- d) agua abandonada utilizable;
- e) condiciones para reducir la pérdida de carga y la pérdida de flujo reducida;
- f) revisión del caudal ecológico.

5.4 Se evaluarán los posibles impactos sociales y ambientales de la renovación de la central hidroeléctrica.

6 Detección y evaluación

6.1 Antes de renovar la central eléctrica, se deben inspeccionar las estructuras hidráulicas y evaluar la apariencia, la seguridad estructural, las condiciones de operación y gestión y la calidad del proyecto. Las estructuras hidráulicas con condiciones anormales identificadas mediante inspección in situ y monitoreo de seguridad deben necesariamente ser revisadas.

6.2 Se debe realizar una prueba de comparación del rendimiento de la unidad antes y después de la renovación técnica; Los datos de prueba son una base importante para evaluar los efectos y los índices económicos de la renovación técnica de la central. Se recomienda realizar pruebas de rendimiento antes y después de la renovación con el mismo método y el mismo conjunto de instrumentos y medidores.

6.3 La prueba de rendimiento de la turbina se realizará de acuerdo con la situación específica o se llevará a cabo de acuerdo con las disposiciones pertinentes de la norma IEC 62006:2010.

6.4 En el caso de una central hidroeléctrica cuyos equipos electromecánicos principales exceda la vida útil de diseño o esté sujeto a una condición anormal que afecte su funcionamiento seguro, los miembros estructurales principales deben inspeccionarse o detectarse en busca de corrosión, deformación y grietas; y se revisará y evaluará su resistencia y rigidez.

6.5 Para las compuertas forzadas, compuertas especiales y polipastos, la deformación, torsión, grietas, corrosión o abrasión de los miembros estructurales principales y las soldaduras con defectos se detectarán mediante ensayos no destructivos; y se revisará y evaluará su resistencia y rigidez.

6.6 La prueba de rendimiento del equipo eléctrico principal de la central eléctrica puede emplear los resultados de las pruebas preventivas o los resultados de las pruebas actuales antes de la renovación, y la prueba puede realizarse de acuerdo con IEC 60060-3: 2006.

6.7 Los resultados de la detección y evaluación se utilizarán como base para determinar la necesidad y el plan de renovación para la renovación técnica de la central eléctrica, y para evaluar los efectos de la renovación técnica.

7 Contenido y requisitos de la renovación

7.1 Disposiciones generales

7.1.1 En cualquiera de los siguientes casos se realizará la renovación técnica:

- a) Potencial existente y previsible de un peligro para la seguridad;
- b) Los parámetros de las características hidrológicas aguas arriba y aguas abajo cambian significativamente;
- c) la utilización del recurso de energía hidráulica no es razonable, especialmente si la altura y el flujo no se utilizan adecuadamente y están en conflicto con la utilización de otros recursos de energía hidráulica;
- d) la calidad de la construcción de ingeniería civil, la fabricación o instalación de equipos es deficiente, el rendimiento del equipo es deficiente y el estado técnico es deficiente;

- e) las condiciones geológicas han cambiado significativamente;
- f) el medio ambiente ecológico se ve grave y negativamente afectado;
- g) otra situación que requiera renovación.

7.1.2 La parte utilizable de las instalaciones y equipos existentes se revisará y calculará según sea necesario; cuando sea necesario se realizará el tratamiento técnico correspondiente.

7.1.3 La central eléctrica con gran abundancia de agua podrá renovarse aumentando su capacidad; la central hidroeléctrica con bajas horas de utilización anual, menor altura o flujo decreciente puede renovarse reduciendo la capacidad.

7.1.4 Para la renovación de la central hidroeléctrica mediante aumento de capacidad, se deberá volver a determinar la escala de la capacidad instalada y se revisarán los siguientes contenidos:

- a) Se revisará la toma de agua, la pérdida de carga, la resistencia estructural y los transitorios hidráulicos y los equipos, así como la instalación para el sistema de desvío (incluyendo la toma de agua, el túnel de desvío y la tubería forzada).
- b) Se debe volver a verificar la capacidad de descarga del túnel y del canal.
- c) Se revisará la clase del proyecto, el grado de la estructura y el estándar de inundación.
- d) Se verificarán los parámetros de garantía reguladores de la unidad y del sistema de conducción de agua.

7.2 Estructuras hidráulicas

7.2.1 La renovación técnica de la estructura hidráulica deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Se elimina el peligro potencial para la seguridad;
- b) la pérdida por inundación es pequeña;
- c) la construcción es conveniente.

7.2.2 Para el aprovechamiento científico de los recursos hídricos podrán adoptarse las siguientes medidas de renovación técnica:

- a) Conducir el agua de diferentes zonas de una misma cuenca hacia el embalse o cámara de carga mediante canalización o túnel bajo la premisa de cumplir con el requisito de caudal ecológico;

- b) incrementar la altura de generación de energía y el almacenamiento de regulación con el método de aumentar la altura de la presa bajo la premisa de minimizar la influencia sobre la inmersión, a fin de mejorar la producción de energía;
- c) bajo la premisa de no afectar la seguridad del control de inundaciones, agregue diques de goma, compuertas abatibles o compuertas controlables y otras instalaciones en el aliviadero; en combinación con el pronóstico del régimen hídrico, la esclusa puede almacenar agua al final de la temporada de inundaciones para mejorar la cabeza hidráulica y la capacidad de almacenamiento, aumentando así la capacidad de generación;
- d) para eliminar la sedimentación del canal fluvial y reducir el nivel del agua de cola de la unidad con la premisa de cumplir con la altura de succión estática de la turbina.

7.2.3 Para la renovación técnica del sistema de trasvase de aguas se podrán adoptar las siguientes medidas:

- a) Mejorar la eliminación de sedimentos y las instalaciones de lavado y limpieza de basura en la cabecera del sistema de desviación de agua, incluida la mejora del diseño de la toma de agua y la renovación de la estructura hidráulica que de otro modo no cumplía con la regla de flujo suave para el flujo de agua y tratar de establecer la forma simplificada;
- b) para mejorar la estructura del estante para basura, instale equipo de limpieza de basura adicional o agregue instalaciones de almacenamiento de basura y descarga de hielo, incluido el ajuste del espacio entre las barras del estante para basura y la mejora de la estructura del estante para basura y la forma de las barras para reducir la obstrucción de basura;
- c) aumentar la sección transversal del flujo y mejorar el factor de rugosidad;
- d) Se realizan dragados y tratamiento antifiltración en la cámara de carga, túnel y canal de la estructura de derivación.
- e) limpiar la barrera y desenlazar las aguas de cola, y mejorar el régimen de flujo de agua del canal de cola.

7.2.4 la renovación técnica de la casa de máquinas deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) la instalación de control de inundaciones se mejorará para cumplir con los requisitos de control de inundaciones;
- b) en el caso de la central hidroeléctrica de renovación modernizada, se revisará la resistencia del muelle del generador y de la viga de la grúa, así como la resistencia de la losa del piso con el aumento de carga;
- c) se deberán cumplir los requisitos para la operación segura, el mantenimiento y la revisión de los equipos electromecánicos;

d) la apariencia de la casa de máquinas deberá estar en armonía con el entorno ambiental.

7.2.5 En la región fría, se deben establecer instalaciones resistentes a las heladas, como la barra de retención de hielo y la rejilla de retención de hielo, para la estructura hidráulica y el equipo hidromecánico.

7.2.6 La renovación técnica de las compuertas y montacargas deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) con respecto a todo tipo de compuertas con corrosión, deformación, vibración y fugas graves de agua, así como el polipasto que no puede funcionar con flexibilidad, se deberá realizar una renovación técnica para eliminar los defectos;
- b) con respecto a la compuerta con capacidad de elevación excesiva debido a la corrosión o deformación, se deberán utilizar nuevos materiales de soporte con prioridad, o se podrá mejorar la forma de soporte de la compuerta o el equipo de elevación;
- c) en el caso de la central con sistema de desvío renovado o aumento de altura de presa, se revisará o reforzará la compuerta o montacargas existente.

7.2.7 Para la compuerta de mamparo de emergencia en la toma de agua de la unidad y la compuerta de mamparo de agua de cola, se deben establecer instalaciones de llenado de agua y equilibrio de presión, y está estrictamente prohibido que la esclusa de cola utilice agua a alta presión aguas arriba para el llenado y presión del agua. equilibrio.

7.2.8 El elevador de la compuerta de descarga de inundaciones deberá estar equipado con energía de reserva confiable.

7.2.9 La renovación técnica de la tubería forzada deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Se reemplazará el anillo de retención de agua de la junta de expansión que pierde mucho agua y ha envejecido;
- b) la tubería de acero deberá reemplazarse si está gravemente corroída o dañada;
- c) se reforzarán los bloques de anclaje y los apoyos con asiento diferencial;
- d) se sustituirá la tubería de hormigón armado que esté muy envejecida;
- e) si el diámetro de la tubería de la tubería forzada es demasiado pequeño, se utilizarán más tuberías o se aumentará el diámetro de la tubería para reducir las pérdidas de carga.

7.2.10 Se mejorará el sistema de control de seguridad de la presa del embalse.

7.3 Turbina y equipos accesorios

7.3.1 La renovación técnica de la turbina se realizará de acuerdo con los siguientes principios:

- a) Para avanzar, es necesario seleccionar al corredor eficiente, con rendimiento avanzado y tecnologías maduras; Durante la selección y el diseño del tipo, es necesario recopilar la mayor cantidad de información posible sobre los distintos tipos de corredores (generalmente al menos 3) del departamento de investigación y de los fabricantes para comparar y seleccionar;
- b) Por racionalidad, es necesario combinar y manejar estrechamente las condiciones limitantes de esta central hidroeléctrica que no se pueden cambiar o no se deben cambiar;
- c) para ahorrar, es necesario aumentar la producción anual de energía y mejorar el beneficio económico de la central eléctrica;
- d) en particular, es necesario mejorar las condiciones de funcionamiento de la turbina en condiciones especiales de calidad del agua, como exceso de sedimentos, y tomar medidas de tratamiento integrales para los sedimentos y la resistencia a la abrasión;

7.3.2 La renovación técnica de la turbina deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El rodete de turbina seleccionado deberá tener un índice de energía avanzado, excelentes características de cavitación y buena estabilidad operativa;
- b) cuando se seleccionan los parámetros principales de la turbina, se deben considerar las dimensiones y la elevación de instalación del sistema de desviación y el paso de flujo de la turbina de la central hidroeléctrica, así como los parámetros del generador, para que la turbina pueda operar de manera estable y eficiente. zona, y el cabezal de succión estática cumple con el requisito;
- c) la turbina deberá adaptarse a los cambios de altura y flujo para mejorar las condiciones de operación y mejorar la estabilidad y eficiencia operativa;
- d) con respecto al agua con alto contenido de sedimentos en la central hidroeléctrica, se evaluará y analizará la abrasión de los sedimentos de la turbina, se seleccionarán razonablemente los parámetros de renovación técnica y se seleccionarán medidas de resistencia a la abrasión, como el material o el revestimiento de la turbina resistente al sedimento; en el caso de una central hidroeléctrica con una gran cantidad de sedimentos que pasan a través de la turbina, la turbina debe funcionar en condiciones libres de cavitación.

7.3.3 La renovación técnica de la turbina se realizará con los siguientes métodos según las condiciones específicas de la central hidroeléctrica:

- a) Se adoptará un nuevo corredor con mayor rendimiento, el nuevo corredor deberá coincidir con el paso de flujo de la turbina; el perfil y la estructura de las piezas de paso podrán mejorarse mediante demostración técnica, cuando sea necesario;
- b) con respecto a la central eléctrica con pequeños cambios en la altura y el flujo en comparación con la condición de diseño original, pero con equipos de turbina antiguos de baja eficiencia, se deberá mejorar el rendimiento de la turbina;

- c) en el caso de centrales eléctricas con altura y caudal superiores a las condiciones de diseño originales, se mejorará la potencia nominal;
- d) en el caso de centrales eléctricas con altura y caudal inferiores a las condiciones de diseño originales, se reducirá la potencia nominal;
- e) con respecto a la central eléctrica con alto contenido de sedimentos, se mejorará el diseño hidráulico y estructural de la turbina de acuerdo con el volumen de sedimento que pasa a través de la turbina y las características del sedimento, y se mejorará el material resistente a la abrasión y el revestimiento protector. usado;
- f) si la unidad presenta un riesgo potencial grave para la seguridad o su daño cumple con las condiciones de desguace, deberá desecharse y reemplazarse por una unidad nueva.

7.3.4 El rodete de la turbina y el álabe guía deben mecanizarse con una máquina herramienta de control numérico.

7.3.5 La renovación técnica del cojinete de empuje deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) se debe mejorar el estilo estructural o fortalecer el efecto de enfriamiento para los cojinetes de empuje con una temperatura relativamente alta durante la generación de energía; las unidades con una velocidad nominal de 1000 r. p. m. o menos deben utilizar cojinetes de empuje elásticos de metal y plástico;
- b) para el diseño de la mejora de capacidad de la unidad, se calculará y revisará el empuje axial máximo de la unidad, la capacidad de carga del cojinete de empuje y la capacidad de carga de la base;

7.3.6 el cojinete radial del eje horizontal puede emplear el cojinete antifricción o el cojinete deslizante; el cojinete deslizante puede emplear la zapata de cojinete Babbitt u otra zapata de cojinete apropiada; el cojinete guía de la turbina de eje vertical debe ser una estructura parabólica para evitar que se raye la zapata del cojinete.

7.3.7 La renovación técnica del sistema del gobernador de la turbina hidráulica deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Los parámetros característicos como la capacidad de trabajo del gobernador se revisarán de acuerdo con los parámetros de la turbina cuando cambie la cabeza, el caudal o el diámetro del rodete;
- b) El sistema del gobernador de la turbina hidráulica renovado deberá cumplir con los requisitos de arranque y parada, sincronización rápida, aumento/disminución de carga y parada de emergencia;

- c) el sistema del gobernador de la turbina hidráulica debe renovarse para emplear un regulador completamente automático basado en microcomputadora o un manipulador con el equipo de almacenamiento de energía;
- d) El sistema del gobernador de la turbina hidráulica después de la renovación técnica puede proporcionar la fuente de aceite a presión para el dispositivo de frenado automático bajo la premisa de cumplir con los requisitos de trabajo operativo;
- e) cuando la unidad requiera arranque en negro, el gobernador deberá estar equipado con un sistema operativo completamente manual.

7.3.8 La renovación técnica de la válvula principal de la turbina deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Cuando la fuga de agua sea significativa, se mejorará la forma de sellado de la válvula principal o se reemplazará por una válvula principal nueva;
- b) la válvula estará equipada con un dispositivo de protección de límite mecánico;
- c) la válvula debe estar equipada con un mecanismo de funcionamiento automático;
- d) la válvula operada hidráulicamente debe estar equipada con un dispositivo hidráulico que tenga un equipo de almacenamiento de energía.

7.4 Equipo auxiliar

7.4.1 Los equipos auxiliares de la maquinaria hidráulica se sustituirán o renovarán correspondientemente de acuerdo con los requisitos para la renovación técnica del equipo unitario.

7.4.2 La renovación técnica del sistema técnico de abastecimiento de agua deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La renovación del sistema técnico de suministro de agua deberá satisfacer las necesidades de agua después de la renovación de la central eléctrica;
- b) en el caso de una central hidroeléctrica diseñada para estar desatendida durante el funcionamiento (atendida por menos personas), el sistema técnico de suministro de agua debe estar equipado con un filtro automático de agua, una válvula de control automático y un dispositivo de señal indicador de flujo;
- c) el sistema de drenaje de infiltración debe emplear la bomba autocebante para drenaje, o la bomba sumergida o la bomba de pozo profundo;
- d) se reemplazará la tubería que haya sufrido una corrosión grave, tenga fugas o tenga un diámetro de tubería indeseable.

7.4.3 La renovación técnica del sistema de aire comprimido deberá cubrir la demanda de aire posterior a la renovación de la unidad; En lo que respecta al dispositivo regulador de presión de aceite equipado con acumulador hidroneumático tipo vejiga, se podrá omitir el correspondiente sistema de aire comprimido.

7.4.4 La renovación técnica del sistema petrolero deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) El sistema de aceite de la turbina se instalará en una tubería simplificada y el aceite se suministrará y drenará a través de una manguera;
- b) se debe omitir el tanque de aceite para el sistema de aceite aislante (teniendo en cuenta que el aceite aislante de la SHP se utiliza principalmente para el transformador, y generalmente no hay necesidad de cargar o descargar el aceite, y el aceite se puede filtrar en línea);

7.4.5 El equipo de elevación que no pase la prueba deberá ser reacondicionado o reemplazado.

7.4.6 Para el diseño de la central hidroeléctrica renovada mediante aumento de capacidad, se revisará el equipo de elevación y su estructura de soporte en la planta para el peso de la parte más pesada más el peso del dispositivo de elevación. Cuando el peso de elevación sea mayor que la capacidad de elevación nominal de la grúa, se deberá renovar la grúa y su estructura de soporte o se deberán tomar otras medidas de seguridad.

7.5 Generador y otros equipos eléctricos.

7.5.1 La renovación técnica del generador deberá adecuarse a la capacidad de la turbina y de los demás equipos de transmisión y transformación de energía.

7.5.2 La renovación técnica del generador podrá realizarse de la siguiente manera:

- a) Para mejorar o reemplazar el sistema de enfriamiento, cambie el ventilador del rotor, mejore la ventilación forzada o cambie la ventilación de la tubería por un enfriador de aire sellado.
- b) Para reemplazar el bobinado del estátor y la bobina del polo magnético del rotor; si el aislamiento del estátor o del bobinado del rotor ha envejecido, se sustituirá el bobinado o se utilizará material aislante de mayor calidad; por ejemplo, cambie el aislamiento de grado B por un aislamiento de grado F para mejorar la resistencia a la temperatura. Con respecto al generador con gran aumento de capacidad, además de la sustitución del bobinado y el aislamiento, se puede aumentar la longitud del estátor y del núcleo del rotor para mejorar la potencia electromagnética. Con respecto al generador vertical, la elevación del rotor fuera del foso del generador no se verá afectada si el estátor sobresale del suelo de la sala principal del generador debido al aumento en la longitud del núcleo.
- c) Renovar el cojinete del generador; se permite adoptar almohadillas de empuje de plástico con baja fricción, gran capacidad de carga y sin rectificado de zapatas de rodamiento.

- d) Para reemplazar el generador; se utilizarán plenamente los cimientos y las partes integradas del equipo antiguo y se utilizarán nuevos materiales aislantes y láminas de acero al silicio de alta calidad y alta eficiencia.

7.5.3 El generador estará equipado con los componentes de medición de temperatura.

7.5.4 El generador de alto voltaje con baja capacidad puede ser reemplazado por el generador de bajo voltaje, y la capacidad del generador actualizado no debe exceder los 800 kW; de lo contrario, la corriente será demasiado grande, la sección del cable se engrosará y el cableado será mucho más difícil y la inversión aumentará.

7.5.5 El generador con una gran caída de la resistencia de aislamiento del bobinado del estátor después de la parada se puede secar con el dispositivo adicional de calentamiento y deshumidificación. Si la resistencia del aislamiento aún no puede cumplir con los requisitos después del calentamiento y la deshumidificación, se debe reemplazar el aislamiento o se deben tomar otras medidas.

7.5.6 La renovación técnica del sistema de excitación deberá emplear el dispositivo de excitación con función de regulación automática, y se debe adoptar la excitación estática o el modo de excitación sin escobillas.

7.5.7 La renovación técnica del transformador principal deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) La capacidad nominal del transformador principal deberá cumplir con los requisitos de la capacidad de salida de la central hidroeléctrica después de la renovación;
- b) el transformador principal con alto consumo de energía se reemplazará por un transformador de bajo consumo y ahorro de energía;
- c) tratándose de la central eléctrica que tenga el transformador de distribución como transformador principal, se actualizará al transformador elevador.

7.5.8 La renovación técnica del resto de equipos eléctricos deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Se seleccionarán productos de equipos eléctricos seguros, que ahorren energía y sean respetuosos con el medio ambiente; no se utilizarán equipos con alto consumo de energía o con potencial de contaminar el medio ambiente;
- b) se seleccionará un disyuntor de alto voltaje sin aceite;
- c) el gabinete de distribución de alto voltaje cerrado, liviano y seleccionado debe cumplir con los siguientes requisitos:
 - 1) Evitar que el disyuntor se abra o cierre por error;
 - 2) impedir que el seccionador se encienda o apague con carga;

- 3) evitar que el cable de tierra se conecte con la alimentación encendida;
 - 4) evitar que el interruptor de la fuente de alimentación se encienda con el cable de tierra conectado;
 - 5) evitar que el operador entre al compartimento activo;
- d) el gabinete de distribución de baja tensión deberá cumplir con los requisitos de IEC 61439 e IEC 62208;
- e) los cables deben tenderse sobre las rejillas para cables o pasarse por el tubo.

7.5.9 La central hidroeléctrica diseñada para operación desatendida (o atendida por menos personas) deberá estar equipada con un suministro de energía de operación confiable; podrá simplificarse adecuadamente el suministro de energía de funcionamiento para la unidad generadora de bajo voltaje con una capacidad unitaria inferior a 800 kW; Se puede utilizar un UPS que cumpla con las demandas de disparo del interruptor y control eléctrico.

7.5.10 El sistema de protección contra rayos se mejorará para satisfacer los requisitos de resistencia de puesta a tierra.

7.5.11 En la renovación técnica de la central se instalará el alumbrado de emergencia. La iluminación se configurará con productos de ahorro energético y protección del medio ambiente y será conveniente para el mantenimiento.

7.6 Automatización

7.6.1 Para la renovación técnica de automatización de la central eléctrica, el modo de control se determinará de acuerdo con las características de la central hidroeléctrica, el modo de operación y los requisitos de programación del sistema de potencia. Se debe seleccionar la operación desatendida con menos guardianes.

7.6.2 La central diseñada para operación desatendida con menos guardianes deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Se establecerá un protector digital confiable. Cuando actúe el protector se podrá apagar la máquina y enviar la señal de telemetría;
- b) Se proporcionarán las funciones de arranque/parada con una sola tecla, regulación automática de frecuencia, regulación automática de voltaje y regulación automática de potencia activa/reactiva;
- c) Se proporcionará la función de operación de control remoto;
- d) Se debe instalar el sistema de videovigilancia y se debe proporcionar la función de guardado automático;

e) Se instalará la alarma antirrobo.

7.6.3 Para la renovación técnica del sistema de frenado de la unidad, se deberá instalar el dispositivo de frenado automático.

7.6.4 El sistema de control y seguimiento automático basado en microordenador seleccionado y previsto para la renovación deberá ser sencillo y fiable.

7.6.5 Para la renovación técnica de la central eléctrica, se establecerá un sistema de monitoreo de compuerta para realizar las funciones de control y monitoreo remoto; La compuerta de operación rápida también tendrá la función de caída con un solo botón.

7.6.6 Si las condiciones lo permiten, el sistema de monitoreo de seguridad de la presa y el sistema automático de observación e información hidrológica (régimen hídrico) pueden compartir datos con el sistema de monitoreo por microcomputadora de la central hidroeléctrica.

7.6.7 Con respecto a la central eléctrica con unidad de bajo voltaje, para la renovación técnica del equipo de control se debe utilizar la pantalla digital todo en uno de monitoreo, protección y excitación con una estructura simple y confiable.

7.6.8 El grado de protección del gabinete eléctrico secundario no será inferior a IP42. El dispositivo de iluminación y deshumidificación debe instalarse en el gabinete.

7.6.9 La renovación de la central eléctrica deberá estar equipada con equipos de comunicación fiables. El equipo de comunicación móvil podrá instalarse para monitorear la situación operativa de la central hidroeléctrica.

7.6.10 La renovación de la central eléctrica podrá emplear el modo de control centralizado para un grupo de centrales eléctricas.

7.7 Calefacción y ventilación, control de incendios y seguridad.

7.7.1 La central eléctrica con niveles de temperatura, humedad y ruido superiores a la norma deberá renovarse técnicamente.

7.7.2 La renovación técnica del control de incendios deberá cumplir con las disposiciones pertinentes del gobierno local y se instalarán las instalaciones contra incendios.

7.7.3 Se deberán proporcionar señales de seguridad legibles e instalaciones de protección en los lugares que puedan poner en peligro la seguridad personal.

7.7.4 Se establecerá una salida de evacuación de seguridad adicional para la sala de equipos de distribución de energía de más de 7 m de longitud y con una sola salida.

7.7.5 Se tomarán medidas de protección de seguridad para la parte giratoria de la unidad y se establecerán señales de advertencia de seguridad legibles.

7.8 Instalación de descarga de flujo ecológico

7.8.1 En el caso de una central hidroeléctrica que no pueda cumplir con los requisitos de descarga de caudal ecológico, se renovará la instalación de descarga de caudal ecológico o se construirá una nueva instalación.

7.8.2 Las medidas para garantizar el caudal ecológico se tomarán de acuerdo con los principios de adaptación de las medidas a las condiciones locales, si es tecnológicamente razonable y económicamente práctico.

7.8.3 La renovación de la instalación de vertido de caudales ecológicos podrá acometerse con las siguientes medidas:

- a) Establecer la "pequeña unidad para el flujo ecológico" y operarla a largo plazo para realizar la tarea de descarga del flujo ecológico;
- b) para la central hidroeléctrica con la tarea de generación de energía de carga base, el flujo ecológico puede descargarse en el proceso de generación de energía;
- c) con el fin de asegurar el caudal ecológico, construir nuevas instalaciones, o renovar las antiguas, de trasvase, liberación, desazolve y descarga de aguas;
- d) introducir el software y hardware para el despacho conjunto de la central hidroeléctrica en cascada para asegurar que el caudal ecológico en el cauce fluvial entre las centrales hidroeléctricas en cascada cumpla con los requisitos.

7.8.4 Se establecerá el dispositivo de seguimiento en línea del caudal ecológico en el canal fluvial. Una vez que se determine que el caudal ecológico es insuficiente, se podrá abrir oportunamente la compuerta (válvula) de liberación, si está instalada, o se podrán tomar otras medidas en caso contrario.

8 Índice de rendimiento técnico

8.1 Después de la renovación técnica de la central eléctrica, la potencia y la eficiencia de la unidad deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) La potencia de salida de la unidad deberá alcanzar o superar el requisito de diseño para la renovación técnica:
- b) En condiciones nominales, la eficiencia de la unidad no será inferior a los índices de la Tabla 1, que se tomarán de mayor a menor según la potencia de la unidad; la eficiencia integral del turbogenerador de impulso se puede reducir apropiadamente.

Tabla 1. Índice de eficiencia de la unidad en condiciones de trabajo nominales

N.º	Potencia unitaria P (kW)	Índice de eficiencia
1	$P \leq 100$	60%
2	$100 < P \leq 250$	70%
3	$250 < P \leq 500$	75%
4	$500 < P \leq 3\ 000$	75 a 85 %, donde la eficiencia de la unidad de turbina Francis es de 77 a 85 %.
5	$3000 < P \leq 10\ 000$	81 a 87 %, donde la eficiencia de la unidad de turbina Francis y la unidad de turbina de bulbo es de 83 a 87 %.
6	$> 10\ 000$	85 a 88 %, donde la eficiencia de la unidad de turbina Francis y la unidad de turbina de bulbo es del 88 %.

8.2 La asignación de los equipos electromecánicos deberá ser razonable; la tasa de equipamiento en buen estado alcanzará el 100 % para la parte de renovación técnica.

8.3 Tras la renovación técnica, el ruido de la turbina y del generador durante el funcionamiento normal deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Para la turbina de eje vertical, el ruido medido en una posición a 1 m por encima del piso del foso del generador no deberá exceder los 90 dB(A) y el ruido medido en una posición a 1 m de la boca de acceso del tubo de aspiración no deberá exceder los 95 dB(A).
- Para la turbina de eje horizontal, el ruido medido en una posición a 1 m del eje principal y del tubo de aspiración no excederá los 90 dB(A).
- El ruido medido en una posición a 1 m por encima del borde exterior de la placa de cubierta no excederá los 85 dB(A) para el generador de eje vertical y el ruido medido en una posición a 1 m del borde exterior del estátor no excederá los 85 dB (A) para el generador de eje horizontal.

8.4 Después de actualizar la válvula principal, la fuga de agua deberá cumplir con las disposiciones pertinentes de ISO/DIS 5208.

8.5 Una vez que la paleta guía actualizada esté completamente cerrada, la fuga de agua deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Bajo la altura nominal, la fuga de agua no será superior al 0,4 % del flujo nominal de la turbina cuando la nueva paleta guía cónica de la turbina de reacción esté completamente cerrada; la fuga de agua no será superior al 0,3% del caudal nominal de la turbina cuando el nuevo álabe guía no cónico esté completamente cerrada.

b) Las nuevas toberas de las turbinas Pelton, de chorro inclinado y de flujo cruzado no deberán perder agua cuando estén completamente cerradas.

8.6 La cavitación de la turbina deberá cumplir los requisitos pertinentes de IEC 60609-1 o IEC 60609-2.
