

Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la transmisión y distribución de electricidad

Introducción

Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión¹. Cuando uno o más miembros del Grupo del Banco Mundial participan en un proyecto, estas guías sobre MASS se aplican con arreglo a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para este sector de la industria deben usarse junto con el documento que contiene las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**, en el que se ofrece orientación a los usuarios respecto de cuestiones generales sobre la materia que pueden aplicarse potencialmente a todos los sectores industriales. Los proyectos más complejos podrían requerir el uso de múltiples guías para distintos sectores de la industria. Para una lista completa de guías sobre los distintos sectores de la industria, visitar:

<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente

pueden lograrse en instalaciones nuevas, con la tecnología existente y a costos razonables. En lo que respecta a la posibilidad de aplicar estas guías a instalaciones ya existentes, podría ser necesario establecer metas específicas del emplazamiento así como un calendario adecuado para alcanzarlas.

La aplicación de las guías debe adaptarse a los peligros y riesgos establecidos para cada proyecto sobre la base de los resultados de una evaluación ambiental en la que se tengan en cuenta las variables específicas del emplazamiento, tales como las circunstancias del país receptor, la capacidad de asimilación del medio ambiente y otros factores relativos al proyecto. La decisión de aplicar recomendaciones técnicas específicas debe basarse en la opinión profesional de personas idóneas y con experiencia.

En los casos en que el país receptor tenga reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las guías, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Cuando, en vista de las circunstancias específicas de cada proyecto, se considere necesario aplicar medidas o niveles menos exigentes que aquellos proporcionados por estas Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad, será necesario aportar una justificación exhaustiva y detallada de las alternativas propuestas como parte de la evaluación ambiental en un sector concreto. Esta justificación debería demostrar que los niveles de desempeño escogidos garantizan la protección de la salud y el medio ambiente.

¹ Definida como el ejercicio de la aptitud profesional, la diligencia, la prudencia y la previsión que podrían esperarse razonablemente de profesionales idóneos y con experiencia que realizan el mismo tipo de actividades en circunstancias iguales o semejantes en el ámbito mundial. Las circunstancias que los profesionales idóneos y con experiencia pueden encontrar al evaluar el amplio espectro de técnicas de prevención y control de la contaminación a disposición de un proyecto pueden incluir, sin que la mención sea limitativa, diversos grados de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente, así como diversos niveles de factibilidad financiera y técnica.

Aplicabilidad

Las guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la Transmisión y Distribución de Electricidad aportan información relevante sobre la transmisión de electricidad entre una central de generación y una subestación situada dentro de una red eléctrica, además de la distribución de electricidad desde una subestación a los consumidores ubicados en zonas residenciales, comerciales e industriales. El Anexo A contiene un resumen de las actividades del sector industrial. Este documento está dividido en las siguientes secciones:

Sección 1.0: Manejo e impactos específicos de la industria

Sección 2.0: Indicadores y seguimiento del desempeño

Sección 3.0: Referencias y fuentes adicionales

Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

1.0 Manejo e impactos específicos de la industria

La siguiente sección contiene una síntesis de las cuestiones relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad asociadas con la transmisión y distribución de electricidad durante las fases de operación, construcción y desmantelamiento de las instalaciones, así como recomendaciones para su manejo. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** incluyen recomendaciones adicionales para el manejo de cuestiones ambientales durante las fases de construcción y desmantelamiento de los sistemas de transmisión y distribución de electricidad. Los ejemplos de impactos descritos en las Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad incluyen:

- La generación de residuos en la zona de construcción
- La erosión del suelo y el control de sedimentos procedentes de las zonas de origen de los materiales y las actividades de preparación en el emplazamiento

- Polvo fugitivo y otras emisiones (por ejemplo, provocados por el tráfico de vehículos, las actividades de roturación del terreno y el almacenamiento de materiales)
- Ruido emitido por la maquinaria pesada y el tráfico de camiones
- El riesgo de vertidos de materiales peligrosos y petróleo asociados con la operación de la maquinaria pesada y las actividades de llenado de combustible

1.1 Medio ambiental

Las cuestiones ambientales durante la fase de construcción de los proyectos de transmisión y distribución de electricidad específicas de este sector de la industria incluyen:

- Modificación del hábitat terrestre
- Modificación del hábitat acuático
- Campos eléctricos y magnéticos
- Materiales peligrosos

Modificación del hábitat terrestre

La construcción y mantenimiento de los derechos de los conductos de transmisión, especialmente aquéllos que atraviesan zonas boscosas, pueden provocar la modificación y perturbación del hábitat terrestre, incluyendo impactos para las aves y un mayor riesgo de incendios forestales.

Construcción de servidumbres de paso²

Las actividades de construcción de servidumbres de paso pueden transformar los hábitats dependiendo de las características de la vegetación existente, las propiedades topográficas y la altura de los cables de transmisión. Ejemplos

² También conocida como "derecho de paso" o "servidumbre de uso" en algunos países, en las presentes guías se denomina servidumbre de paso.

de alteraciones del hábitat derivadas de estas actividades son la fragmentación del hábitat boscoso; la pérdida de hábitat para la fauna, incluyendo los lugares de anidamiento; el crecimiento de especies vegetales no invasivas; y las perturbaciones visuales y auditivas debidas a la presencia de maquinaria, trabajadores de la construcción, torres de transmisión y equipos relacionados.³

Las medidas recomendadas para prevenir y controlar los impactos en el hábitat terrestre durante la construcción de servidumbres de paso, incluyen:

- Servidumbres de paso para la transmisión y distribución en el emplazamiento, carreteras de acceso, cables, torres y subestaciones que eviten los hábitat críticos utilizando los corredores existentes de energía eléctrica y transporte para la transmisión y distribución, y las carreteras y vías existentes como carreteras de acceso siempre que sea posible⁴
- La instalación de cables de transmisión por encima de la vegetación existente para evitar la roturación del terreno
- Evitar realizar actividades de construcción durante la época de reproducción y otros períodos u horarios delicados
- Reponer la vegetación de las zonas perturbadas plantando especies autóctonas
- Eliminar las especies vegetales invasivas durante el mantenimiento rutinario de la vegetación (ver la sección

³ La modificación del hábitat terrestre para la construcción de proyectos de transmisión y distribución pueden acarrear ventajas para la fauna, como por ejemplo la creación de hábitat protegidos para el anidamiento, cría y pastoreo de ciertas especies; el establecimiento de corredores de tránsito y pastoreo para ungulados y otros grandes mamíferos; y oportunidades para el anidamiento y posado de aves de gran tamaño en lo alto de las torres de transmisión y otras infraestructuras asociadas. California Energy Commission (2005).

⁴ Se estudiarán las posibilidades de que se produzcan interferencias eléctricas con los cables de telecomunicaciones y ferrocarriles debido a la inducción mutua.

sobre mantenimiento de las servidumbres de paso a continuación)

- Gestionar las actividades de la obra en construcción como se describe en las secciones pertinentes de las **guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

Mantenimiento de servidumbres de paso

El mantenimiento periódico de la vegetación en las servidumbres de paso es necesario para evitar los daños en cables aéreos y torres eléctricas. El crecimiento descontrolado de árboles altos y la acumulación de vegetación en las servidumbres de paso puede tener diversas consecuencias como, por ejemplo, fallos en la alimentación provocados por el contacto de ramas y árboles con los cables y torres de transmisión; incendios en bosques y matorrales; corrosión de los equipos de acero; bloqueo del acceso a los equipos; e interferencias con los equipos críticos de puesta a tierra.

El mantenimiento periódico de las servidumbres de paso para controlar la vegetación puede hacerse mediante procedimientos mecánicos (por ejemplo segadoras y podadoras) que pueden perturbar a la fauna y sus hábitats, además de la roturación manual del terreno y el uso de herbicidas. El manejo de la vegetación no debería erradicar toda la vegetación, sino mantener el crecimiento de plantas y árboles que pueda afectar negativamente a la infraestructura por debajo del umbral que resulta perjudicial desde un punto de vista económico. El mantenimiento excesivo de la vegetación podría eliminar cantidades innecesarias de vegetación, lo que provocaría una constante sustitución de especies en sucesión y una mayor probabilidad de asentamiento de especies invasivas.

Las medidas recomendadas para prevenir y controlar los impactos derivados del mantenimiento de la vegetación en servidumbres de paso incluyen:

- La implementación de un enfoque integrado de manejo de la vegetación (IVM, por sus siglas en inglés). La eliminación selectiva de especies arbóreas de gran altura y el fomento de hierbas y arbustos de bajo crecimiento es el enfoque más generalizado para el manejo de la vegetación en las servidumbres de paso de los cables de transmisión. Puede optarse por otras técnicas alternativas de manejo de la vegetación en función de las características ambientales y específicas del emplazamiento, incluyendo los posibles impactos sobre especies ajenas al objetivo, especies amenazadas o especies en peligro de extinción⁵
- Siempre que sea posible, eliminar las especies vegetales invasivas, cultivando en su lugar especies autóctonas
- Programar las actividades evitando las épocas de reproducción y anidamiento de especies de fauna amenazadas o en peligro de extinción
- Cumplir las guías del fabricante para la maquinaria y equipos, los procedimientos relativos a los ruidos y la prevención de vertidos de petróleo y respuestas ante emergencias
- Evitar la roturación en las zonas ribereñas
- Evitar el uso de maquinaria en la proximidad de los cursos de agua

Un enfoque integrado para el manejo de la vegetación puede optar por la aplicación de herbicidas para controlar la vegetación de crecimiento rápido dentro de las servidumbres de paso de transmisión y distribución. En tal caso, se tendrán en

⁵ La siega con maquinaria eléctrica pesada puede emplearse para controlar el crecimiento de la cubierta vegetal y evitar el crecimiento de árboles y arbustos en las servidumbres de paso. Los herbicidas, en combinación con la siega, pueden llegar a controlar las hierbas de crecimiento rápido que pueden madurar a alturas superiores a las permitidas en las servidumbres de paso. El desrame y la poda pueden utilizarse en los límites de las servidumbres de paso para mantener la anchura del corredor y evitar la penetración de las ramas de árboles. La remoción manual de la vegetación, aunque intensiva en mano de obra, puede emplearse en la proximidad de estructuras, corrientes, verjas y otros obstáculos que puedan dificultar o hacer peligroso el uso de maquinaria.

cuenta las siguientes guías sobre la aplicación, almacenamiento y manejo de herbicidas.

Cuando sea necesario aplicar herbicidas (en este sector, los herbicidas son los plaguicidas más comúnmente utilizados), éstos se manejarán de modo que se evite su migración a terrenos fuera del emplazamiento o a medios acuáticos (para más información sobre los plaguicidas, ver la sección sobre materiales peligrosos).

Incendios forestales

Si no se atiende al crecimiento de hierbas o a la acumulación de restos de poda procedentes de las labores rutinarias de mantenimiento dentro de las servidumbres de paso, puede acumularse suficiente combustible para provocar incendios forestales.

Las medidas recomendadas para prevenir y controlar el riesgo de incendios forestales incluyen:

- El seguimiento de la vegetación presente en las servidumbres de paso en función del riesgo de incendios⁶
- Eliminar el agua de purga y otras acumulaciones de combustible de alto riesgo
- Programar el aclareo, el desbroce y demás actividades de mantenimiento para evitar las épocas de incendios forestales
- Eliminar los residuos forestales procedentes de las labores de mantenimiento por medio de camiones o quema controlada⁷. La quema controlada cumplirá la normativa

⁶ Por ejemplo, la British Columbia Transmission Corporation (BCTC) cuenta con un Sistema de Manejo de Riesgos de Incendios Forestales (WRMS, por sus siglas en inglés) que clasifica el riesgo de incendios forestales y propone una serie de medidas de mitigación relacionadas. Ver Blackwell et al., 2004.

⁷ La quema controlada se realizará una vez analizados los posibles impactos en la calidad del aire y de acuerdo con los requisitos locales de manejo de la calidad del aire.

aplicable sobre quema y los requisitos relativos a los equipos de extinción de incendios, siendo supervisada normalmente por un vigilante de incendios

- La siembra y manejo de especies resistentes al fuego (por ejemplo, las maderas de frondosas) dentro de las servidumbres de paso y en las zonas adyacentes a las mismas
- Establecer una red de cortafuegos de materiales menos inflamables o terrenos roturados capaces de ralentizar el avance del fuego y permitir el acceso de los equipos de extinción de incendios.

Colisiones y electrocución de aves y murciélagos

La combinación de altas torres de transmisión y postes de distribución junto con la electricidad que circula por los cables de transmisión y distribución pueden representar un riesgo letal para aves y murciélagos en caso de colisión o electrocución.⁸ El número de colisiones de aves es elevado cuando el tendido eléctrico cruza rutas diarias de vuelo o corredores migratorios, así como cuando los grupos de aves viajan por la noche o en condiciones de visibilidad reducida (por ejemplo, niebla densa)⁹. Además, las colisiones de aves y murciélagos con el tendido eléctrico pueden causar fallos de alimentación e incendios.

Las medidas de prevención y control recomendadas para reducir al mínimo los choques y la electrocución de aves y murciélagos incluyen¹⁰:

- Disponer los corredores de transmisión de forma que se eviten los hábitats importantes (por ejemplo, las zonas de anidamiento de pájaros, los lugares de cría de garzas y grajos, los corredores de forraje de los murciélagos y los corredores migratorios)
- Mantener una separación de 1,5 metros (60 pulgadas)¹¹ entre los componentes con corriente y los equipos puestos a tierra y, en caso de no ser factible dicha separación, cubrir los elementos y equipos con corriente
- Renovar los sistemas de transmisión o distribución existentes mediante la instalación de bastidores elevados, el aislamiento de los puentes de unión, la colocación de disuadores que dificulten la posada (por ejemplo, disuadores en "V" aislados), el cambio de ubicación de los conductores eléctricos y / o el uso de caperuzas para rapaces¹²
- Estudiar la posibilidad de instalar cables subterráneos de transmisión y distribución en zonas delicadas (por ejemplo hábitats naturales esenciales)
- Instalar objetos que mejoren la visibilidad tales como bolas de marcación, disuadores de aves o desviadores de aves¹³.

⁸ Los pájaros y los murciélagos pueden electrocutarse en el tendido eléctrico de tres maneras: i) tocando simultáneamente un cable con corriente y otro neutral; ii) tocando simultáneamente dos hilos conductores; y iii) tocando simultáneamente un cable con corriente y cualquier otro elemento del sistema en un poste o torre unido al suelo mediante un cable de puesta a tierra. Raptor Protection Video Group (2000).

⁹ Debido a la envergadura de sus alas, las especies de mayor tamaño (por ejemplo águilas, halcones, búhos, buitres, grullas, garcetas y cuervos) corren un peligro especial durante el vuelo al tocar dos cables o componentes simultáneamente Anderson (1991).

¹⁰ Para más información, ver el Avian Power Line Interaction Committee (2005) y el U.S. Fish and Wildlife Service (2005).

¹¹ Manville (2005).

¹² California Energy Commission (2005).

¹³ Diversos estudios indican que los disuadores de aves que se instalan para aumentar la visibilidad del tendido eléctrico reducen significativamente los índices de colisiones. Crowder y Rhodes (1999).

Modificación del hábitat acuático

Los cables de transmisión y distribución eléctrica y las carreteras de acceso e instalaciones asociadas pueden requerir la construcción de corredores que atraviesen hábitats acuáticos, lo que podrían perturbar los cursos del agua y humedales y exigir la remoción de la vegetación ribereña. Además, el sedimento y la erosión derivados de las actividades de construcción y la escorrentía de aguas de lluvia pueden aumentar la turbidez de los cursos de agua superficiales.

Las medidas recomendadas para prevenir y controlar los impactos en los hábitats acuáticos, incluyen:

- Ubicar las torres y subestaciones de transmisión de electricidad de forma que se eviten los hábitats acuáticos esenciales, como los cursos de agua, los humedales y las zonas ribereñas, así como las áreas de desove y las áreas más importantes de hibernación de los peces
- A fin de preservar el acceso de los peces cuando resulte inevitable cruzar un curso de agua, utilizar puentes de luz libre, caños abiertos en la base u otros métodos aprobados
- Reducir al mínimo la tala de la vegetación ribereña y las actividades que la perturban
- Gestionar las actividades de la obra en construcción como se describe en las secciones pertinentes de las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

Modificación del hábitat marino

La transmisión a través de océanos puede requerir el uso de cables de transmisión submarinos en el fondo oceánico. En ocasiones, los cables submarinos pueden emplearse para transmitir electricidad de alto voltaje a través de grandes extensiones de agua hasta islas y otras ubicaciones inaccesibles mediante otras técnicas convencionales. Los cables se instalan utilizando un buque de tendido de cables y

un vehículo submarino accionado a distancia. Los problemas asociados con la modificación del hábitat marino incluyen la perturbación de la vegetación en zonas de intermarea y de la fauna marina, incluidos los mamíferos marinos, así como la sedimentación, que enturbia el agua y reduce su calidad.

Las medidas recomendadas para prevenir y controlar los impactos en los hábitats marinos incluyen:

- Ubicar y emplazar las rutas de los cables, y el acceso a la costa, de forma que se eviten los hábitats marinos esenciales (por ejemplo, zonas de reproducción y hierbas marinas) y los arrecifes de coral
- Enterrar los cables submarinos cuando atraviesen hábitats sensibles de zonas de intermareal
- Controlar que no haya mamíferos marinos en la trayectoria del tendido del cable
- Evitar tender los cables submarinos durante los períodos de reproducción de los peces y mamíferos marinos, los períodos de parición y la época de desove

Campos eléctricos y magnéticos

Los campos eléctricos y magnéticos (CEM) son las líneas de fuerza invisibles que emiten los aparatos eléctricos, y los rodean (por ejemplo, líneas de conducción eléctrica y equipos eléctricos). Los campos eléctricos son producidos por el voltaje y cuanto más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo. La fuerza del campo eléctrico se mide en voltios por metro (V/m). Los campos magnéticos se originan por el flujo de corriente eléctrica y su fuerza aumenta a medida que aumenta la corriente. Los campos magnéticos se miden en unidades de gauss (G) o tesla (T). Una T equivale a 10.000G. Los campos eléctricos se protegen con materiales conductores de electricidad y otros materiales, como árboles y materiales de construcción. Los campos magnéticos atraviesan casi todos los

materiales y son difíciles de proteger. Los campos eléctricos y magnéticos decrecen rápidamente con la distancia. La frecuencia eléctrica de los campos electromagnéticos (CEM) se encuentra en el rango de los 50 – 60 hercios (Hz), una frecuencia considerada extremadamente baja (ELF).¹⁴

A pesar de la preocupación del público y la comunidad científica por los posibles efectos sobre la salud de la exposición a campos electromagnéticos (no sólo los cables y subestaciones eléctricos de alto voltaje, sino también el uso doméstico diario de electricidad), no existen datos empíricos que demuestren los efectos nocivos para la salud relacionados con la exposición a niveles habituales de CEM generados por los cables y equipos de transmisión de electricidad¹⁵. A pesar de que las pruebas que apuntan a los riesgos para la salud son débiles, son suficientes para mantener una cierta precaución al respecto¹⁶.

Las medidas recomendadas para el control de las exposiciones a CEM, incluyen:

- Evaluar la posible exposición del público en general, comparándola con los niveles de referencia elaborados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP)^{17,18}. Los niveles promedio

¹⁴ Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental de Estados Unidos (2002).

¹⁵ Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP) (2001); Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (2002); Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos (2002); Grupo Asesor de la Junta de Protección Radiológica Nacional del Reino Unido (2001) e Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental de Estados Unidos (1999).

¹⁶ Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental de Estados Unidos (2002).

¹⁷ La ICNIRP es una organización no gubernamental reconocida oficialmente por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Publicó las "Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos" a partir de la revisión de la literatura científica evaluada por pares, incluyendo los efectos térmicos y no térmicos. Las normas se basan en evaluaciones de los efectos biológicos que se ha demostrado tienen consecuencias sobre la salud. En los exámenes realizados por la OMS se estableció que en exposiciones inferiores a los límites recomendados en las directrices internacionales de la ICNIRP no se observan consecuencias en la salud.

¹⁸ Para más información, ver el Institute of Electrical and Electronics Engineers. Ver IEEE (2005).

y máximos se mantendrán por debajo de los recomendados por la ICNIRP para la Exposición del Público en General¹⁹

- Estudiar la posibilidad de ubicar las nuevas instalaciones de forma que se minimice o se evite la exposición del público en general. Evitar la instalación de cables de transmisión y equipos de alto voltaje por encima o limitando con propiedades residenciales y otros lugares destinados a elevadas tasas de ocupación humana (por ejemplo colegios y oficinas)
- Cuando se confirme o se prevea que los niveles de CEM superen los límites de exposición recomendados, se estudiará la posibilidad de aplicar las técnicas de ingeniería que reduzcan los CEM creados por tendidos, subestaciones o transformadores eléctricos. Algunos ejemplos de estas técnicas incluyen:
 - Proteger con aleaciones específicas de metal²⁰
 - Enterrar los cables de transmisión²¹
 - Incrementar la altura de las torres de transmisión
 - Modificar el tamaño, espaciado y configuración de los conductores eléctricos

Materiales peligrosos

Los materiales peligrosos en este sector incluyen aceites / gases (por ejemplo policlorobifenilo [PCB] y hexafluoro de azufre [SF₆], y combustibles, además de las sustancias o productos químicos empleados para preservar la madera de los postes y otros materiales de construcción de madera. El uso de herbicidas para controlar la vegetación en las servidumbres de

¹⁹ Las directrices de la ICNIRP sobre exposición de la población se mencionan en la Sección 2.1 de la presente Guía.

²⁰ Esta medida resulta eficaz para reducir la exposición a los campos eléctricos, pero no a los magnéticos.

²¹ Ibid.

paso se detalla en la sección anterior sobre 'Mantenimiento de las servidumbres de paso'.

Aislamiento de aceites y combustibles

Se utilizan aceites minerales altamente refinados para enfriar los transformadores y proporcionar aislamiento eléctrico entre componentes conductores. Estos aceites suelen ser más abundantes en las subestaciones eléctricas y talleres de mantenimiento. El hexafluoro de azufre (SF6) también puede utilizarse como aislante del gas para los equipos de conmutación eléctrica y cables, conductores tubulares de transmisión y transformadores. El SF6 puede emplearse como alternativa a los aceites aislantes. No obstante, se minimizará el uso del SF6, un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global (PCG) notablemente superior al del CO2. En los casos en que se utilice el gas para aplicaciones de alto voltaje (>350 KV), se emplearán equipos con reducidas tasas de filtración (<99 por ciento).

Los combustibles de petróleo líquido para vehículos y demás equipos también pueden emplearse y almacenarse en los proyectos de transmisión y distribución. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen recomendaciones para prevenir y controlar los riesgos asociados con la prevención de vertidos, respuesta ante emergencias, limpieza y recuperación de suelos contaminados.

Los bifenilos policlorados (PCB) se usaban a menudo como fluido dieléctrico para proporcionar aislamiento eléctrico, aunque su uso se ha ido abandonando debido a los posibles efectos nocivos sobre la salud humana y el medio ambiente. Las recomendaciones para el manejo de los PCB incluyen:

- La sustitución de los transformadores y demás equipos eléctricos existentes que contengan PCB, garantizando un

adecuado almacenamiento, descontaminación y eliminación de las unidades contaminadas

- Antes de su eliminación definitiva, los transformadores y equipos retirados se almacenarán en bloques de hormigón con bordillos capaces de contener el contenido líquido de estos contenedores en caso de producirse vertidos o fugas. La zona de almacenamiento también debe disponer de un techo para impedir la acumulación de precipitaciones en dicha zona. La eliminación implicará el uso de instalaciones capaces de transportar y eliminar de forma segura los residuos peligrosos que contengan PCB²²
- Se evaluará el suelo circundante expuesto a las fugas de PCB procedentes de los equipos, implementándose las medidas adecuadas para su eliminación y/o recuperación, descritas en la sección sobre suelos contaminados de las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

Conservantes de la madera

La mayor parte de los postes eléctricos de madera son tratados con conservantes para protegerlos de insectos, bacterias y hongos e impedir que se pudran. Los conservantes utilizados con más frecuencia para los postes eléctricos son los plaguicidas de base oleosa como la creosota, el pentaclorofenol (PCP) y el arsenato de cobre cromado (ACC). Algunos países están limitando el uso de estos conservantes debido a sus efectos tóxicos para el medio ambiente. Los postes en uso pueden filtrar los conservantes en suelos y aguas superficiales. No obstante, los niveles son mayores en los puntos más próximos a los postes y decrecen hasta alcanzar niveles normales a alrededor de 30 centímetros (cm) de distancia del

²² Para una descripción detallada sobre la identificación y manejo de los PCB en este sector industrial, ver la publicación de la UNEP "Transformadores y condensadores con PCB: desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación" (2002). Disponible en: http://www.chem.unep.ch/Pops/pdf/PCBtransformers_sp.pdf

poste²³. Los impactos más significativos para el medio ambiente se producen en las instalaciones especializadas en madera cuando éstas no se manejan de forma adecuada.

Los postes deben tratarse previamente en las instalaciones apropiadas para garantizar la fijación química, prevenir las filtraciones e impedir la formación de residuos superficiales en las servidumbres de paso²⁴. Para más información, ver las **Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para aserraderos y productos de madera**.

Las medidas recomendadas para prevenir y controlar el impacto de los conservantes de la madera en los lugares donde se utilice la misma incluyen:

- Evaluar el costo y beneficio de utilizar materiales alternativos para la fabricación de los postes (por ejemplo acero, hormigón y fibra de vidrio)
- Estudiar la posibilidad de emplear otros conservantes (por ejemplo cobre-nitrógeno)
- Eliminar correctamente los postes usados. Los vertederos deberían ser capaces de manejar residuos con propiedades químicas filtrantes. La eliminación mediante incineración o reciclado debe tener en cuenta las correspondientes emisiones a la atmósfera y los residuos de productos secundarios procedentes de los conservantes químicos.

Plaguicidas

El uso de plaguicidas se incorporará a la estrategia de gestión integrada en plagas (GIP) y al Plan de Gestión de Plagas (PGP). Cuando se diseñe e implemente una estrategia para el MIP, se tendrán en cuenta las siguientes fases, dando

preferencia a las estrategias alternativas para el manejo de plagas y recurriendo sólo en última instancia al uso de plaguicidas químicos sintéticos.

Alternativas a la aplicación de plaguicidas – Se estudiará la posibilidad de recurrir a las siguientes alternativas a los plaguicidas:

- Proporcionar formación sobre identificación de plagas, malas hierbas y reconocimientos de campo al personal encargado de aplicar los plaguicidas
- Emplear el control mecánico de malas hierbas y/o tratamientos herbicidas térmicos
- Fomentar el uso de organismos beneficiosos tales como insectos, pájaros, ácaros y agentes microbianos para el control biológico de las plagas
- Proteger a los enemigos naturales de las plagas proporcionándoles un hábitat favorable, como por ejemplo arbustos que puedan servir de puntos de anidamiento y otras clases de vegetación original que albergue a los depredadores naturales de las plagas
- Utilizar animales para pastar en esas zonas y así manejar la cubierta vegetal
- Emplear controles mecánicos como trampas, barreras, luz y sonido para eliminar, desplazar o repeler las plagas.

Aplicación de plaguicidas – En caso de que esté justificada la aplicación de plaguicidas, los usuarios implicados deben adoptar las siguientes medidas de precaución:

- Formar al personal encargado de aplicar plaguicidas y garantizar que éste haya obtenido las certificaciones

²³ Zagury et al. (2003).

²⁴ Lebow y Tippie (2001).

- necesarias o la capacitación equivalente en aquellos casos en que no se precisen dichas certificaciones²⁵
- Revisar las especificaciones del fabricante sobre la dosis o tratamiento máximo recomendado, así como los informes publicados sobre el empleo de la dosis mínima de plaguicida sin pérdida de efectividad y aplicar estas dosis mínimas efectivas
 - Aplicar plaguicidas sobre la base de criterios (por ejemplo, observaciones de campo, datos meteorológicos, calendario de tratamiento y dosis) y mantener al mismo tiempo un registro sobre el uso de plaguicidas para consignar esta información
 - Evitar el uso de plaguicidas incluidos en las clases 1a y 1b (según su grado de peligro) de acuerdo con la Clasificación Recomendada de los Plaguicidas de la Organización Mundial de la Salud
 - Evitar el uso de plaguicidas incluidos en la Clase II (según su grado de peligro) de la Clasificación Recomendada de los Plaguicidas de la Organización Mundial de la Salud en caso de que el país donde se lleve a cabo el proyecto carezca de restricciones relativas a la distribución y uso de estas sustancias químicas, o si éstas pudieran estar al alcance de personal sin la capacitación, equipo e instalaciones adecuados para almacenar, aplicar y eliminar adecuadamente estos productos
 - Evitar el uso de plaguicidas enumerados en los Anexos A y B de la Convención de Estocolmo excepto en las condiciones señaladas por dicha convención²⁶

- Utilizar exclusivamente aquellos plaguicidas fabricados con licencia y registrados y aprobados por las autoridades pertinentes y de conformidad con el Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)²⁷
- Utilizar exclusivamente los plaguicidas etiquetados según las normas y reglamentos internacionales, como las Directrices revisadas para el etiquetado correcto de los plaguicidas elaboradas por la FAO²⁸
- Emplear las tecnologías y prácticas diseñadas para reducir la dispersión y escorrentías no intencionadas, tal y como se indica en el programa de MIP, y siempre en condiciones controladas
- Mantener y calibrar el equipo de aplicación de plaguicidas conforme a las recomendaciones del fabricante
- Establecer zonas o franjas de protección sin tratar en la proximidad de fuentes de agua, ríos, arroyos, estanques, lagos y zanjas para proteger los recursos hídricos

Manejo y almacenamiento de plaguicidas - Para evitar la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas o superficiales debido a vertidos accidentales durante el traslado, la mezcla y el almacenamiento de los plaguicidas deberán seguir las recomendaciones relativas al almacenamiento y manipulación de materiales peligrosos formuladas en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Entre las recomendaciones adicionales se incluyen las siguientes:

- El almacenamiento de plaguicidas debe realizarse en su envase original, en lugares especialmente destinados a ese fin, secos, frescos, sin escarcha y bien aireados, que puedan cerrarse e identificarse adecuadamente con las

²⁵ Algunos ejemplos de esquemas de certificación son los provistos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos (2006), que clasifica los pesticidas como "inclasificados" o "restringidos" y exige que los trabajadores que aplican plaguicidas inclasificados reciban una capacitación conforme a la Norma de Protección de los Trabajadores (40 CFR Parte 170) para los Plaguicidas Agrícolas. Además, la EPA exige que los plaguicidas restringidos sean aplicados por o en presencia de un aplicador de plaguicidas certificado.

²⁶ El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes orgánicos persistentes (2001) controla el uso de los siguientes plaguicidas COP: aldrín, clordán, DDT, dieldrina, endrina, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex y toxafeno.

²⁷ FAO (2002).

²⁸ FAO (2000).

pertinentes señales y cuyo acceso esté restringido al personal autorizado²⁹. En estos lugares no se debe almacenar alimentos para consumo humano o animal. El diseño de estos almacenes deberá incluir también medidas de contención de vertidos, y su ubicación tendrá en cuenta las posibilidades de contaminación del suelo y los recursos hídricos

- Sólo el personal capacitado realizará la mezcla y transferencia de plaguicidas, siempre en zonas ventiladas y bien iluminadas, empleando contenedores diseñados exclusivamente para este fin.
- Los contenedores no deben emplearse para otros fines (por ejemplo, para agua potable). Los contenedores contaminados deberán manipularse como si fueran residuos peligrosos y tratarse como tales. La eliminación de contenedores contaminados con plaguicidas debe efectuarse conforme a las directrices de la FAO y a las instrucciones del fabricante³⁰
- Adquirir y almacenar sólo los plaguicidas que sean estrictamente necesarios y rotar las existencias empleando el principio del "primero en llegar, primero en salir" para impedir que los plaguicidas caduquen³¹. Por otra parte, deberá evitarse en todo caso el uso de plaguicidas caducados³². Se elaborará un plan de manejo que incluya medidas destinadas a la contención, almacenamiento y destrucción final de todas las existencias obsoletas según las directrices establecidas por la FAO y los compromisos adquiridos por cada país en virtud de los convenios de Estocolmo, Rotterdam y Basilea

²⁹ FAO (2002).

³⁰ Ver las Directrices de la FAO para la eliminación de residuos de plaguicidas y envases de plaguicidas.

³¹ Ver FAO (1996).

³² Ver la publicación de la FAO: Manual sobre el almacenamiento y el control de existencias de plaguicidas. Colección de la FAO sobre eliminación de plaguicidas n° 3(1996).

- Recoger el agua destinada al lavado de equipos para su reutilización (por ejemplo, para diluir plaguicidas idénticos a concentraciones empleadas en la aplicación)
- Garantizar que el equipo de protección personal empleado durante la aplicación de plaguicidas se lave o deseche de forma ecológicamente responsable
- Establecer distancias mínimas de alejamiento de las bocas de los pozos de aguas subterráneas para la aplicación y el almacenamiento de los plaguicidas
- Mantener registros sobre el uso y la eficacia de los plaguicidas.

1.2 Higiene y seguridad en el trabajo

Los riesgos que la construcción, la operación, el mantenimiento y el desmantelamiento de los proyectos de distribución de electricidad entrañan para la higiene y la seguridad en el trabajo son similares a los que se producen en la mayoría de las instalaciones industriales; su prevención y control se analizan en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Estos impactos incluyen entre otros la exposición a los riesgos físicos asociados con el uso de maquinaria pesada y grúas; los riesgos de tropiezos y caídas; la exposición al ruido y el polvo; caída de objetos; trabajo en espacios cerrados; exposición a materiales peligrosos; y exposición a riesgos eléctricos derivados del uso de herramientas y maquinaria.

Los riesgos para la higiene y la salud en el trabajo específicos de los proyectos de transmisión y distribución de electricidad incluyen principalmente:

- Líneas eléctricas vivas
- Trabajo en altura
- Campos eléctricos y magnéticos
- Exposición a productos químicos

Líneas eléctricas vivas

Los trabajadores están expuestos a riesgos ocupacionales derivados del contacto con líneas eléctricas vivas durante las actividades de construcción, mantenimiento y operación. Las medidas de prevención y control asociadas a las líneas eléctricas vivas incluyen:

- Disponer que la instalación, mantenimiento o reparación de equipos eléctricos sean realizados únicamente por obreros capacitados y calificados
- Desactivar y conectar a tierra en la debida manera las líneas vivas de distribución de energía eléctrica antes de realizar trabajos en las líneas o en sus proximidades
- Asegurarse de que todo trabajo relacionado con cables vivos sea llevado a cabo por obreros capacitados y cumpliendo estrictamente las normas específicas de seguridad y aislamiento. Los obreros calificados o capacitados que realicen tareas en sistemas de transmisión o distribución deben estar en condiciones de³³:
 - Diferenciar entre los elementos vivos y los otros elementos del sistema eléctrico
 - Determinar el voltaje de los elementos vivos
 - Entender las distancias mínimas de aproximación estipuladas para voltajes específicos en líneas vivas,
 - Garantizar el uso adecuado de equipos y procedimientos de seguridad especiales cuando el trabajo se realice cerca de o en las partes electrizadas expuestas de un sistema eléctrico.

- Los obreros, incluidos aquéllos que hayan recibido capacitación adecuada, no deben aproximarse a un elemento expuesto, electrizado o conductor a menos que:
 - Empleen guantes u otro aislante aprobado para protegerse debidamente del elemento electrizado; o
 - El elemento electrizado esté debidamente aislado del obrero y de cualquier otro objeto conductor; o
 - El obrero esté debidamente aislado y protegido de cualquier otro objeto conductor (trabajo en líneas vivas).
- Cuando las tareas de mantenimiento y operación deban realizarse a una distancia mínima, el plan de higiene y seguridad deberá contener disposiciones en materia de capacitación específica, medidas de seguridad, dispositivos de seguridad para el personal y otras medidas de precaución. (El Cuadro 2 en la Sección 2.2 contiene las distancias mínimas de seguridad recomendadas para los trabajadores)
- Los trabajadores que no participen directamente en las actividades de transmisión y distribución de electricidad y que operen en las proximidades de las líneas o subestaciones eléctricas deben cumplir con la legislación, normativa y guías locales relacionadas con las distancias mínimas de aproximación para excavaciones, herramientas, vehículos, poda y demás actividades
- Las distancias mínimas de seguridad se reducirán sólo cuando la distancia restante sea mayor que la distancia comprendida entre los elementos vivos y las superficies puestas a tierra.

Trabajo en altura en postes y estructuras

Los trabajadores están expuestos a riesgos ocupacionales cuando trabajan en lugares elevados durante las actividades de

³³ La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de Estados Unidos proporciona más información. Disponible en: <http://www.osha.gov/SLTC/powertransmission/standards.html>

construcción, mantenimiento y operación. Las medidas de prevención y control para trabajos en altura incluyen:

- Comprobar la integridad de las estructuras antes de llevar a cabo los trabajos
- Implementar un programa de protección contra caídas que incluya, entre otras cosas, capacitación en técnicas de subida y uso de medidas de protección contra caídas; inspección, mantenimiento y reemplazo de los equipos de protección contra caídas y rescate de trabajadores que han quedado suspendidos en el aire
- Establecer criterios respecto del uso de sistemas que ofrecen total protección contra caídas (generalmente, cuando las actividades se realizan a más de dos metros de altura sobre la superficie de trabajo; dependiendo de la actividad, la altura puede llegar a los siete metros). El sistema de protección contra caídas debe adecuarse a la estructura de la torre y los movimientos necesarios, que incluyen ascenso, descenso y traslado de un punto a otro
- Instalar en los componentes de la torre dispositivos que faciliten el uso de sistemas de protección contra caídas
- Establecer un sistema adecuado de dispositivos de posicionamiento en el lugar de trabajo para los obreros. Los conectores de los sistemas de posicionamiento deben ser compatibles con los componentes de la torre a los que van enganchados.
- Los equipos de elevación se revisarán y mantendrán adecuadamente, capacitándose a los operadores como corresponde.
- Los cinturones de seguridad deben ser de nailon de dos cabos de 16 milímetros (5/8 pulgada) como mínimo, o de un material con igual resistencia. Los cinturones de seguridad de sogas deben ser reemplazados antes de que comiencen a observarse señales de desgaste o ruptura de las fibras, y

- Cuando utilizan herramientas mecánicas en trabajos de altura, los obreros deben usar dos correas de seguridad (una de ellas, de respaldo).
- Se retirarán las señales y otros obstáculos de postes y estructuras antes de iniciar las labores.
- Se utilizará una bolsa de herramientas aprobada para elevar o bajar herramientas y materiales hasta los trabajadores en las estructuras.

Campos eléctricos y magnéticos

La anterior Sección 1.1 contiene una descripción de los campos eléctricos y magnéticos (CEM). Los trabajadores en las centrales eléctricas están más expuestos a los CEM que el público en general debido a su trabajo en las proximidades de las líneas eléctricas^{34,35}. La exposición en el trabajo a los CEM debe evitarse o minimizarse mediante la elaboración e implementación de un programa de seguridad de CEM que incluya los siguientes componentes:

- Identificación de niveles de exposición potenciales en el lugar de trabajo, incluidos los estudios sobre los niveles de exposición en proyectos nuevos y el uso de monitores personales durante las actividades laborales
- Formación de los trabajadores en materia de identificación de los niveles y riesgos de exposición ocupacionales a CEM

³⁴ Un estudio realizado en 1994 calculaba que la exposición media de los trabajadores eléctricos (incluidos los trabajos desempeñados en centrales eléctricas y otras industrias) en Los Angeles, California, era de 9,6 miligauss (mG), comparado con los 1,7 mG registrados para los trabajadores en otros sectores (S. J. London et al., 1994).

³⁵ Aunque en los estudios detallados sobre la exposición a CEM en el lugar de trabajo en Estados Unidos, Canadá, Francia, Inglaterra y varios países del norte de Europa no se encontró un vínculo o una correlación concluyente entre la típica exposición ocupacional a CEM y efectos nocivos en la salud, algunos estudios han sugerido una posible asociación entre la exposición ocupacional a CEM y el cáncer, por ejemplo tumores cerebrales (Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental de Estados Unidos 2002), lo que indicaría que existen pruebas suficientes para generar cierto grado de preocupación.

- Creación e identificación de zonas de seguridad para diferenciar las áreas de trabajo en las que se prevé que los niveles de CEM sean elevados en comparación con los niveles aceptables de exposición para la población, y permitir el ingreso de trabajadores con adecuada formación únicamente
- Implementación de planes de acción para abordar los niveles de exposición tanto potenciales como confirmados que excedan los niveles de referencia para exposición ocupacional establecidos por organizaciones internacionales como la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)³⁶. La alarma de los equipos personales para monitoreo de exposición debe activarse de forma que alerte cuando el nivel de exposición sea inferior a los niveles de referencia para exposición ocupacional (por ejemplo, el 50%). Los planes de acción relacionados con la exposición ocupacional pueden incorporar límites al tiempo de exposición mediante la rotación de trabajos, el aumento de la distancia entre la fuente y el trabajador siempre que sea posible y el uso de materiales de protección.

Exposición a productos químicos

La exposición ocupacional a las sustancias químicas en este sector incluye principalmente el manejo de plaguicidas (herbicidas) empleados en el mantenimiento de servidumbres de paso y la exposición al PCB en los transformadores y otros componentes eléctricos.

³⁶ Las directrices de la ICNIRP sobre la exposición en el trabajo se describen en la Sección 2.2 de la presente Guía.

Plaguicidas

Los impactos sobre la higiene y la seguridad en el trabajo asociados a los plaguicidas son similares a aquéllos descritos para otras sustancias peligrosas, y su prevención y control se detallan en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. El riesgo de exposición a los plaguicidas incluye el contacto dérmico y la inhalación durante su almacenamiento, preparación y aplicación. El efecto de tales impactos podría agravarse a causa de condiciones climáticas como el viento, que puede aumentar las probabilidades de arrastre no intencionado, o las temperaturas elevadas, que pueden disuadir a los trabajadores del uso de los equipos de protección personal (EPP). Las recomendaciones específicamente relacionadas con el uso de plaguicidas incluyen:

- Formar al personal encargado de aplicar plaguicidas y garantizar que éste haya obtenido las certificaciones necesarias³⁷ o, en caso de que no se precisen dichas certificaciones, una formación equivalente
- Respetar los intervalos posteriores al tratamiento para evitar que los trabajadores estén expuestos a los residuos de plaguicidas al regresar a los cultivos
- Garantizar el cumplimiento de las prácticas de higiene (de acuerdo con la FAO y el PMP) para evitar la exposición de miembros de la familia a los residuos de plaguicidas.

PCB

Los talleres de mantenimiento y otras instalaciones y actividades pueden propiciar el contacto con PCB o con maquinaria contaminada con PCB. Las recomendaciones

³⁷ La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos (2006) clasifica los pesticidas como "inclasificados" o "restringidos". Todos los trabajadores que aplican plaguicidas inclasificados deben recibir una capacitación conforme a la Norma de Protección de los Trabajadores (40 CFR Parte 170) para los Plaguicidas Agrícolas. Los plaguicidas restringidos deben ser aplicados por o en presencia de un aplicador de plaguicidas certificado. Para más información, véase <http://www.epa.gov/pesticides/health/worker.htm>

relativas a la exposición a las sustancias químicas, incluidos los PCB, se describen en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** ³⁸.

1.3 Higiene y seguridad en la comunidad

Los impactos en la higiene y seguridad de la comunidad durante la construcción, puesta en funcionamiento y desmantelamiento de los cables de transmisión y distribución de electricidad son comunes a los de la mayoría de las demás instalaciones industriales y se analizan en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Estos impactos incluyen entre otros el polvo, el ruido y las vibraciones procedentes del tránsito de vehículos de construcción, y las enfermedades contagiosas asociadas con la afluencia de trabajadores temporales de la construcción. Además de las normas generales sobre higiene y seguridad esbozadas en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**, la operación de cables conductores de electricidad y subestaciones de distribución puede generar los siguientes impactos específicos del sector:

- Electrocutión
- Interferencia electromagnética
- Daños visuales
- Ruido y ozono
- Seguridad de la navegación aérea

³⁸ Para más información sobre la gestión de la exposición ocupacional a los PCB, ver UNEP "Transformadores y condensadores con PCB: desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación" (2002), publicado por UNED.
http://www.chem.unep.ch/Pops/pdf/PCBtransformers_sp.pdf

Electrocutión

Los peligros más estrechamente ligados a los cables y las instalaciones de transmisión y distribución de electricidad se producen como consecuencia de la electrocutión provocada por el contacto directo con electricidad de alta tensión o con herramientas, vehículos, escalerillas y otros dispositivos en contacto con electricidad de alta tensión. Las técnicas recomendadas para prevenir estos peligros incluyen:

- Utilizar señales, barreras (por ejemplo cerrojos en las puertas, uso de esclusas, empleo de postes de acero alrededor de las torres de transmisión, especialmente en las zonas urbanas) y llevar a cabo campañas educativas / de concienciación del público en general para evitar el contacto del público con equipos potencialmente peligrosos
- Poner a tierra los objetos conductores de electricidad (por ejemplo, vallas y otras estructuras metálicas) instalados cerca del tendido eléctrico para prevenir las descargas eléctricas.

Interferencia electromagnética

La corona de los cables conductores de transmisión de electricidad aérea y corrientes de alta frecuencia de los cables aéreos de transmisión puede generar ruido radioeléctrico. Normalmente, las servidumbres de paso de los cables de transmisión y los haces de conductores se establecen para garantizar unos niveles normales de recepción radio en los límites externos. Sin embargo, los períodos de lluvia, nieve o lluvia helada aumentan drásticamente la corona de los conductores y puede afectar a la recepción de radiocomunicaciones en las zonas residenciales próximas a los cables de transmisión.

Daños visuales

La transmisión y distribución de electricidad son necesarias para transportar energía desde las centrales eléctricas hasta las comunidades residenciales, pero pueden ser visualmente invasivas y molestas para los residentes locales. Para mitigar el impacto visual de los proyectos de distribución de electricidad, pueden implementarse las siguientes medidas de mitigación:

- Realizar amplias consultas públicas durante la planificación de los cables eléctricos y las ubicaciones de las servidumbres de paso de estos cables
- Evaluar de forma precisa los cambios en el valor de la propiedad debido a la proximidad del tendido eléctrico
- Ubicar el tendido eléctrico y diseñar las subestaciones teniendo en cuenta el paisaje y los aspectos más relevantes para el medio ambiente y la comunidad
- Situar los cables de transmisión y distribución de alta tensión en las zonas menos pobladas siempre que sea posible
- Enterrar los cables de transmisión y distribución cuando la electricidad deba transportarse a través de zonas residenciales o comerciales de cierta densidad.

Ruido y ozono

A menudo se escucha un ruido de zumbido o murmullo en las proximidades de los transformadores o cables de alta tensión que producen un efecto corona. También puede generarse ozono, un gas incoloro con un olor intenso. Ni el ruido ni el ozono generados por cables de distribución y transformadores causan riesgos conocidos para la salud³⁹.

El ruido acústico producido por los cables de transmisión es mayor en los tendidos de alta tensión (400-800 kilovolts [kV]) y

mucho mayor con cables de voltaje ultra alto (a partir de los 1000 kV)⁴⁰. El ruido de los cables de transmisión alcanza su punto máximo durante los períodos de precipitaciones (lluvia, aguanieve, nieve o granizo) o cuando hay niebla. El sonido de la lluvia suele disimular el aumento de ruido generado por los cables de transmisión, aunque durante otras formas de precipitación (por ejemplo la nieve y el aguanieve) y cuando hay niebla, el ruido de las líneas eléctricas aéreas puede resultar molesto para los residentes de los alrededores.

Las medidas para mitigar este impacto pueden abordarse durante las fases de planificación para ubicar las servidumbres de paso tan lejos como sea posible de los receptores humanos. Se estudiará el uso de barreras contra el ruido o dispositivos acústicos de supresión del ruido cuando sea necesario.

Seguridad de la navegación aérea

Las torres de transmisión eléctrica, si están situadas cerca de un aeropuerto o trayectorias de vuelo conocidas, pueden afectar a la seguridad aérea directamente (en caso de colisión) o indirectamente, provocando interferencias en los radares. Para mitigar el riesgo de colisión, se recomienda:

- Evitar ubicar los cables de transmisión cerca de aeropuertos y fuera de las envolventes de trayectoria de vuelo conocidas
- Consultar con las autoridades de control del tráfico aéreo antes de proceder a la instalación
- Cumplir la normativa regional y nacional sobre tráfico aéreo
- Emplear cables enterrados en caso de que sea preciso instalarlos en zonas sensibles de vuelo

³⁹ OMS (1998).

⁴⁰ Gerasimov (2003).

2.0 Indicadores y seguimiento del desempeño

2.1 Medio ambiente

Guías sobre emisiones y efluentes

El sector de transmisión y distribución de electricidad no suele generar niveles significativos de emisiones a la atmósfera o de efluentes. Cuando exista polvo o escorrentías de agua potencialmente contaminada, las operaciones en el emplazamiento cumplirán con los principios y guías descritos en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** para ajustarse a las guías sobre aire ambiente y aguas superficiales. El Cuadro 1 contiene los límites de exposición de la población a campos eléctricos y magnéticos publicados por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP).

Cuadro 1. Límites de exposición de la ICNIRP para la exposición del público en general a los campos eléctricos y magnéticos

Frecuencia	Campo eléctrico (V/m)	Campo magnético (μ T)
50 Hz	5000	100
60 Hz	4150	83

Fuente: ICNIRP (1998): "Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz)".

Seguimiento ambiental

Se llevarán a cabo programas de seguimiento ambiental para este sector en todas aquellas actividades identificadas por su potencial impacto significativo en el medio ambiente, durante las operaciones normales y en condiciones alteradas. Las actividades de seguimiento ambiental se basarán en

indicadores directos e indirectos de emisiones, efluentes y uso de recursos aplicables al proyecto concreto. La frecuencia del seguimiento debería permitir obtener datos representativos sobre los parámetros objeto del seguimiento.

El seguimiento deberá recaer en individuos capacitados, quienes deberán aplicar los procedimientos de seguimiento y registro y utilizar un equipo adecuadamente calibrado y con adecuado mantenimiento. Los datos de seguimiento se analizarán y revisarán con regularidad, y se compararán con las normas vigentes para así adoptar las medidas correctivas necesarias. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales sobre los métodos de muestreo y análisis de emisiones y efluentes.

2.2 Higiene y seguridad en el trabajo

Guía sobre higiene y seguridad en el trabajo

Para evaluar el desempeño en materia de higiene y seguridad en el trabajo deben utilizarse las guías sobre exposición que se publican en el ámbito internacional, entre ellas: guías sobre la concentración máxima admisible de exposición profesional (TLV®) y los índices biológicos de exposición (BEIs®) publicados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)⁴¹, la Guía de bolsillo sobre riesgos químicos publicada por el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo de los Estados Unidos (NIOSH)⁴², los límites permisibles de exposición publicados por la Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA)⁴³, los valores límite indicativos de

⁴¹ Disponibles en: <http://www.acgih.org/TLV/> y <http://www.acgih.org/store/>

⁴² Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

⁴³ Disponibles en: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

exposición profesional publicados por los Estados miembros de la Unión Europea⁴⁴ u otras fuentes similares.

Los indicadores adicionales aplicables a las actividades de transmisión y distribución de electricidad incluyen las distancias mínimas de seguridad en el trabajo para los empleados capacitados enumeradas en el Cuadro 2 y los límites de exposición de la ICNIRP para la exposición en el trabajo a campos eléctricos y magnéticos enumerados en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Corriente alterna – Distancias mínimas operativas para empleados capacitados ^a	
Rango de tensiones (fase a fase – Kilovolts)	Distancia mínima operativa y distancia mínima de seguridad (metros)
2,1 a 15	0,6
15,1 a 35	0,71
35,1 a 46	0,76
46,1 a 72,5	0,91
72,6 a 121	1,01
138 a 145	1,06
161 a 169	1,11
230 a 242	1,5
345 a 362	2,13 ^b
500 a 552	3,35 ^b
700 a 765	4,5 ^b

^a OSHA.
^b NOTA: De 345-362 kv., 500-552 kv. y 700-765 kv., la distancia operativa mínima y la distancia mínima de seguridad pueden acortarse siempre que tales distancias no sean inferiores a la distancia mínima entre un componente vivo y una superficie puesta a tierra.

Cuadro 3. Límites de exposición recomendados por la ICNIRP para la exposición laboral a los campos eléctricos y magnéticos		
Frecuencia	Campo eléctrico (V/m)	Campo magnético (μT)
50 Hz	10.000	500
60 Hz	8300	415

⁴⁴ Disponibles en: http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oe/

Fuente: ICNIRP (1998): "Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (hasta 300 GHz)".

Tasas de accidentes y letalidad

Deben adoptarse medidas para reducir a cero el número de accidentes entre los trabajadores del proyecto (ya sean empleados directos o personal subcontratado), especialmente los accidentes que pueden causar la pérdida de horas de trabajo, diversos niveles de discapacidad e incluso la muerte. Como punto de referencia para evaluar las tasas del proyecto puede utilizarse el desempeño de instalaciones en este sector en países desarrollados, que se obtiene consultando las fuentes publicadas (por ejemplo, a través de la Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos y el Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido)⁴⁵.

Seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo

Es preciso realizar un seguimiento de los riesgos que pueden correr los trabajadores en el entorno laboral del proyecto concreto. Las actividades de seguimiento deben ser diseñadas y realizadas por profesionales acreditados⁴⁶ como parte de un programa de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo. En las instalaciones, además, debe llevarse un registro de los accidentes y enfermedades laborales, así como de los sucesos y accidentes peligrosos. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales sobre los programas de seguimiento de la higiene y la seguridad en el trabajo.

⁴⁵ Disponibles en: <http://www.bls.gov/iif/> y <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>.

⁴⁶ Los profesionales acreditados pueden incluir a higienistas industriales certificados, higienistas ocupacionales diplomados o profesionales de la seguridad certificados o su equivalente.

3.0 Referencias y fuentes adicionales

Administración de Salud y Seguridad de Estados Unidos (OSHA). 1994. The Electric Power Generation, Transmission and Distribution Standards. Disponible en la red en: www.osha.gov.

Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC). 2002. Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Informe n°. 80. Disponible en la red en: <http://www-cie.iarc.fr/htdocs/monographs/vol80/80.html>

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. 2006. Polychlorinated Biphenyls (PCB's). Disponible en la red en: <http://www.epa.gov/pcb/pubs/effects.html>

Ahlbom, E. Cardis *et al*: Review of the epidemiologic literature on EMF and health. *Environ Health Perspect* 109:911-933, 2001.

Alberta Human Resources and Employment. 2003. Alberta Occupational Health & Safety Code. Disponible en la red en: <http://www3.gov.ab.ca/hre/whs/law/ohs.asp>.

Anderson, S.H. 1991. *Managing our wildlife resources*. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.

Avian Power Line Interaction Committee. 2005. Avian Protection Plan (APP) Guidelines.

BC Hydro. 2006. BC Hydro 7 Steps to Electrical Safety. Disponible en la red en: <http://www.bchydro.com/safety/work/work671.html>.

Blackwell B.A., G. Shrimpton, F. Steele, D.W. Ohlson y A. Needoba. 2004. Development of a Wildfire Risk Management System for BC Transmission Corporation Rights-of-Way. Informe Técnico presentado ante la British Columbia Transmission Corporation.

California Energy Commission. 2005. Assessment of Avian Mortality from Collisions and Electrocutions. Staff Report, elaborado en junio de 2005.

Carlisle, S.M. y J.T. Trevors. 1987. Glyphosate in the environment. *Water, Air, and Soil Poll.* 39:409-20.

Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), Recomendaciones para limitar la exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos, *Health Physics* 74 (4): 494-522 (1998). Disponible en la red en: <http://www.icnirp.de/documents/emfgdlesp.pdf>

Consejo Nacional de Protección Radiológica del Reino Unido (United Kingdom National Radiological Protection Board) (NRPB) (en la actualidad la Radiation Protection Division of the Health Protection Agency). Grupo de Consulta sobre la Radiación No Ionizante (Advisory Group on Non-Ionising Radiation) (AGNIR). 2001. ELF Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer: Report of an Advisory Group on Non-Ionising Radiation. Didcot, UK: NRPD.

Convención de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (2001). Disponible en la red en: <http://www.pops.int/>

Crowder, Michael R. y Olin E. Rhodes, Jr. 1999. Avian Collisions with Power Lines: A Review. Proceedings of a workshop on Avian Interactions With Utility and Communication Structures Charleston, South Carolina, 2-3 de diciembre de

1999. Ed. de Richard G. Carlton. Electric Power Research Institute (Instituto de Investigaciones Eléctricas).

Danish Agricultural Advisory Service (Servicio Danés de Asesoramiento Agrícola) (DAAS), 2000. Reduced pesticide use without loss of effect.

Departamento de Defensa de Estados Unidos. 2004. Unified Facilities Criteria: Power Distribution Systems. Disponible en la red en: http://www.wbdg.org/ccb/DOD/UFC/ufc_3_550_03n.pdf

Duke Energy. 2006. Transmission Right of Way. Online at: <http://www.nantahalapower.com/community/row/whatis/transmission.asp>

Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido (U.K. Health and Safety Executive), estadísticas del HSE. Disponible en la red en: <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

FAO. 1995. Directrices revisadas para el etiquetado correcto de plaguicidas. Roma: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPP/Pesticid/r.htm>

FAO. 1996. Manual sobre el almacenamiento y el control de existencias de plaguicidas. Colección sobre eliminación de plaguicidas n° 3. Roma: FAO. Disponible en: http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/Disposal/common/ecg/103809_es_N o_3_V8966S.pdf

FAO. 1999. Directrices para el manejo de pequeñas cantidades de plaguicidas inutilizados y caducados. FAO Colección Eliminación de Plaguicidas, N°7. Roma: UNEP/OMS/FAO. Disponible en: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/X1531E/X1531E0 0.htm

FAO. 2000. Guideline and Reference Material on Integrated Soil and Nutrient Management and Conservation for Farmer Field Schools. AGL/MISC/27/2000. Roma: FAO, Land and Plant Nutrition Management Division. Disponible en: <http://www.fao.org/organicag/frame2-e.htm>
<ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/misc27.pdf>

FAO. 2001. Guías sobre los procedimientos para el registro, certificación y prueba de nuevos equipos para la aplicación de plaguicidas. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y2683S/Y2683S00.HTM>

FAO. 2002. Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas (versión revisada de noviembre de 2002). Roma: FAO. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0220s/a0220s00.pdf>

Feldman, Jay y Terry Shistar. 1997. *Poison Poles: A Report about Their Toxic Trail and Safer Alternatives*. Elaborado por la National Coalition Against the Misuse of Pesticides.

Georgia Power. 2006. Managing Transmission Rights of Way: Vegetation Management. Disponible en la red en: <http://www.southerncompany.com/gapower/community/vegetation.asp?mnuOpc o=gpc&mnuType=sub&mnuItem=t>

Gerasimov, A.S. 2003. Environmental, Technical and Safety Codes, Laws and Practices Related to Power Line Construction in Russia.

Health Physics Society (1998) Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz), Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP). Volumen 74, Nº. 4, pp. 494-521

Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields: National Institutes of Health, Research Triangle Park, NC, 1999. Disponible en la red en: http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/html/EMF_DIR_RPT/Report_18f.htm

Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental de Estados Unidos (NIEHS). 2002. EMF Questions and Answers. EMF Rapid. Electric and Magnetic Fields Research and Public Information and Dissemination Program. Disponible en red en: <http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/booklet>.

Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental de Estados Unidos (NIEHS). 1999. NIEHS Report on Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields.

Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). 2005. Norma C95.1-2005 del IEEE de seguridad respecto de la exposición humana a los campos electromagnéticos de frecuencia radioeléctrica, 3kHz to 300GHz

Lebow, Stan T. y Michael Tippie. 2001. Guide for Minimizing the Effect of Preservative-Treated Wood on Sensitive Environments. Informe Técnico elaborado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

London, S.J., J.D. Bowman, E. Sobel, D.C. Thomas, D.H. Garabrant, N. Pearce, L. Bernstein y J. M. Peters. 1994. Exposure to magnetic fields among electrical workers in relation to leukemia risk in Los Angeles County. American Journal of Industrial Medicine 26:47-60.

Manville, Albert M. 2005. Tall Structures: Best Management Practices for Bird-Friendly Tall Buildings, Towers and Bridges – U.S. Fish and Wildlife Service Recommendations to Address the Problem. Elaborado por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos.

New Zealand Ministry of Consumer Affairs (Ministerio de Asuntos del Consumidor de Nueva Zelanda). 2001. New Zealand Code of Practice for Electrical Safe Distances.

Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos. Injuries, Illnesses, and Fatalities program. Disponible en la red en: <http://www.bls.gov/iif/>

Organización Mundial de la Salud. 1998. Los campos electromagnéticos y la salud pública: las frecuencias extremadamente bajas (ELF) Nota informativa. Disponible en la red en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs205/es/>.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 2005. Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas y conforme al riesgo y Directrices para la clasificación: 2004. Ginebra: OMS. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard/en/index.html y http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_rev_3.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de

Plaguicidas (2003). Disponible en la red en: <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4544S/Y4544S00.HTM>

Parlamento del Reino Unido. Trade and Industry. 2001: Décimo Informe. Disponible en la red en: <http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200001/cmselect/cmtrind/330/33002.htm#evidence>

Raptor Protection Video Group. 2000. Raptors at Risk. EDM International, Inc. Fort Collins, Colorado.

Santee Cooper. 2002. Vegetation Management FAQ. En la red en: <https://www.santeecooper.com/portal/page/portal/SanteeCooper/Espanol>

Tse, Norman C. y Haboush, Alfred L. 1990. World's Tallest Towers Support 500-kV River Crossing. Transmission & Distribution International.

Western Australia Office Of Energy. 1998. Guidelines for Electricity Transmission and Distribution Work in Western Australia. Disponible en la red en: http://www.energysafety.wa.gov.au/energysafety/media_include/code_trans_dist.pdf.

Worksafe B.C. Occupational Health and Safety Regulation. 2006. Parte 19 Electrical Safety. Disponible en la red en: <http://www2.worksafebc.com/publications/OHSRegulation/Part19.asp>.

Zagury, GJ; Samson, R; Deschenes, L. 2003. Occurrence of metals in soil and ground water near chromated copper arsenate-treated utility poles. J. Environ. Qual. 32(2):507-14.

Zielke, K., J.O. Boateng, N. Caldicott y H. Williams. 1992. Broom and Gorse in British Columbia A Forest Perspective Analysis. BC Ministry of Forests, Silviculture branch. 19 pp.

Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

La transmisión de electricidad consiste en la transferencia a granel de electricidad de un lugar a otro. Por lo general, la transmisión de electricidad se produce entre una central de generación de electricidad y una subestación ubicada en sus proximidades a los consumidores. La distribución de electricidad se refiere al suministro de electricidad desde una subestación a los consumidores ubicados en las zonas residenciales, comerciales e industriales.

Dado el gran volumen de electricidad implicado, los voltajes empleados en la transmisión suelen situarse por encima de los 110 kilovolts (kV). Las tensiones que oscilan entre los 110 kV y los 33 kV suelen considerarse voltajes de subtransmisión, aunque en ocasiones se utilizan en sistemas de transmisión con cargas ligeras. El voltaje inferior a los 33 kV es propio de los proyectos de distribución.

Los sistemas de transmisión y distribución de electricidad suelen ubicarse junto a autopistas, carreteras y otras servidumbres de paso para minimizar tanto los costos como las perturbaciones en los recursos ecológicos, socioeconómicos y culturales. Otros factores, como el valor del suelo, el valor paisajístico, los recursos arqueológicos, los riesgos geotécnicos, la accesibilidad, los parques y otros elementos importantes, influyen también en la ubicación de las servidumbres de paso para las líneas de transmisión y distribución.

Las actividades de desarrollo y construcción de los proyectos suelen consistir en la construcción o renovación de carreteras de acceso, preparación del emplazamiento, remoción de vegetación específica cuando corresponda, y la nivelación y excavación de suelos para la instalación de las bases estructurales y las plantas eléctricas. Estas actividades son

propias de cualquier proyecto de desarrollo industrial y dependen de una serie de factores como la topografía, la hidrología y el diseño del emplazamiento, entre otros. Las actividades típicamente asociadas con el desarrollo y construcción de centrales de transmisión y distribución de electricidad incluyen el roturado del terreno para las servidumbres de paso de las líneas de transmisión, la construcción o rehabilitación de las carreteras de acceso, las zonas de almacenamiento de los equipos, la construcción y/o renovación de subestaciones, la preparación del emplazamiento y la instalación de los componentes de las líneas de transmisión (por ejemplo, torres y subestaciones de transmisión, carreteras de acceso y mantenimiento).

Las actividades operativas pueden comprender el mantenimiento del acceso a las líneas de transmisión, torres y subestaciones (por ejemplo, senderos de reducido impacto o nuevas/mejores carreteras de acceso) y el manejo de la vegetación. Se tendrá en cuenta durante todo el ciclo de vida del proyecto la mejora y mantenimiento de la infraestructura existente.

Las instalaciones de transmisión y distribución de electricidad se desmantelan una vez que quedan obsoletas o deterioradas (por ejemplo, a causa de la corrosión) o que deben ser reemplazadas debido a un aumento en la demanda eléctrica. Muchas instalaciones eléctricas son sustituidas por equipos nuevos o mejorados en el mismo emplazamiento o servidumbre de paso. Las actividades de desmantelamiento dependerán del posterior uso propuesto para el emplazamiento, las consideraciones ambientales (por ejemplo praderas naturales) y características específicas del proyecto (por ejemplo líneas eléctricas por encima o debajo del suelo). Las actividades pueden incluir la demolición y retirada de la infraestructura

instalada (por ejemplo, desmantelamiento de torres de transmisión, subestaciones, servicios superficiales y subterráneos, y carreteras) y la rehabilitación del emplazamiento del proyecto, lo que incluye la estabilización del suelo y la repoblación vegetal.

Las secciones que se presentan a continuación describen las instalaciones y actividades asociadas con la construcción y operación de los proyectos de transmisión y distribución de electricidad. Se detallan las instalaciones y actividades comunes a los proyectos de transmisión y distribución, incluido el manejo de las servidumbres de paso y las subestaciones, así como las instalaciones propias de los sistemas de transmisión y distribución, incluidos torres y postes eléctricos. El Gráfico A-1 ilustra los componentes típicos de un proyecto de transmisión y distribución de electricidad.

Sistemas de transmisión de electricidad

El sistema de transmisión de electricidad se conoce a menudo como red. Los trayectos y líneas redundantes sirven para canalizar la electricidad desde cualquier instalación de generación hasta la zona de clientes empleando distintas rutas, en función del costo del trayecto de transmisión y de la propia electricidad. Los trayectos y líneas redundantes también permiten que el flujo eléctrico vuelva a canalizarse durante las labores programadas de mantenimiento y los fallos provocados por el clima o los accidentes.

La transmisión de electricidad se produce mediante un sistema de líneas eléctricas por encima del suelo y torres ubicadas entre la planta eléctrica y la subestación. Cuando es necesario atravesar zonas residenciales densamente pobladas, los sistemas de transmisión y distribución de electricidad pueden también enterrarse en conductos subterráneos. A pesar de que la eficiencia de transmisión suele ser menor en las líneas

subterráneas y de que la instalación y mantenimiento resultan más costosos, la ubicación subterránea de los sistemas de transmisión reduce el impacto sobre el valor del suelo, la estética visual y la pérdida de vegetación. En ocasiones, los cables submarinos situados en el fondo oceánico por medio de embarcaciones encargadas del tendido pueden emplearse para transmitir electricidad de alto voltaje a través de grandes extensiones de agua hasta islas y otras ubicaciones inaccesibles mediante otras técnicas convencionales. Los cables submarinos suelen ser autónomos y llenos de fluido para garantizar su aislamiento en grandes distancias.

Las redes regionales de transmisión consisten en varios sistemas de transmisión de gran envergadura conectados a las subestaciones diseñadas para transportar la electricidad de la forma más eficiente. Las redes de transmisión pueden abarcar miles de kilómetros y constar de decenas de miles de torres. La energía suele transmitirse empleando una corriente alterna trifásica (CA) que resulta más eficiente que la monofásica. La energía suele producirse a bajas tensiones (hasta los 30 kV) en una central generadora y luego elevarse por medio de un transformador para reducir el porcentaje de pérdidas de energía durante su transmisión a grandes distancias. Para la transmisión a grandes distancias, la electricidad suele transmitirse a voltajes que oscilan entre los 110 y los 1200 kV. En el caso de tensiones extremadamente altas (por ejemplo, superiores a los 2000 kV), las pérdidas de energía de la descarga corona⁴⁷ asociada con los conductores cargados pueden anular la disminución de las pérdidas de energía provocada por resistencias inferiores. A grandes distancias, la energía puede transmitirse también mediante corrientes continuas de alta tensión (HVDC). En estos casos, las pérdidas

⁴⁷ Una descarga corona consiste en la descarga eléctrica resultante de la ionización del aire que rodea al conductor, que suele generar pérdidas de electricidad y ruido ambiente.

reducidas en términos de energía y unos costos inferiores de construcción compensan la necesidad de construir estaciones de conversión a cada extremo de la línea de transmisión para transformar la corriente continua en corriente alterna para su uso en los sistemas de distribución.

Las torres o pilones de transmisión se emplean para suspender las líneas eléctricas aéreas de alta tensión. Estos sistemas suelen transmitir electricidad trifásica (el método más común para la transmisión de líneas de alta tensión de más de 50 kV) y por consiguiente están diseñados para albergar tres (o múltiplos de tres) conductores. Suelen añadirse uno o dos conductores de tierra en lo alto de cada torre para garantizar la instalación de pararrayos. Las torres de transmisión pueden construirse con acero, hormigón, aluminio, madera o plástico reforzado. Los conductores para cables en las líneas de alta tensión suelen fabricarse con aluminio o con aluminio reforzado con hilos de acero. Cada torre de transmisión o estructura auxiliar debe construirse de forma que pueda soportar la carga de los conductores. Como resultado, las bases de las torres de transmisión pueden ser grandes y costosas, especialmente en aquellas zonas en que las condiciones del terreno son poco propicias, como es el caso de los humedales. Pueden utilizarse cables de sujeción para estabilizar las torres de transmisión y oponer resistencia a parte de la fuerza de los conductores.

Existen tres clases principales de torres o pilones de transmisión en los sistemas de transmisión. Las torres de alineación dan soporte a los tramos rectos de las líneas de transmisión. Las torres de derivación se ubican en aquellos lugares donde la línea de transmisión cambia de dirección. Las torres terminales se ubican a un extremo de las líneas aéreas de transmisión, donde se conectan a las subestaciones o cables subterráneos.

Las torres o pilones de transmisión más comúnmente utilizados para las líneas de transmisión de alta tensión consisten en una estructura reticular de acero. Asimismo, se emplean antenas verticales cortas tubulares de acero para las líneas de transmisión de tensión alta o media, normalmente en las zonas urbanas. Las torres de transmisión construidas sobre una estructura de acero pueden utilizarse para dar soporte a líneas de todo tipo de tensión, aunque se emplean sobre todo para tensiones superiores a los 50 kV. Las torres reticulares pueden montarse a nivel del suelo y erigirse mediante cables (lo que requiere una gran superficie para su montaje), grúas o, en las zonas inaccesibles, helicópteros. Las torres de transmisión suelen oscilar entre los 15 y 55 metros (m) de altura⁴⁸.

Las torres de transmisión de madera consistentes en postes únicos, estructuras en H o en forma de A o V también suelen emplearse para dar soporte a las líneas de transmisión de alta tensión. Las torres de transmisión en madera están limitadas por la altura de los árboles circundantes (aproximadamente 30m), y pueden transmitir tensiones de entre 23 kV y 230 kV, inferiores a las de las torres de transmisión de estructura reticular en acero⁴⁹. Las torres de aluminio se utilizan a menudo en zonas remotas adonde puedan transportarse e instalarse con ayuda de helicópteros. Las torres de plástico reforzado están disponibles actualmente, pero sus elevados costos restringen el uso de las mismas.

Para las líneas de transmisión subterráneas, los tres cables empleados para transmitir electricidad trifásica deben ubicarse en tubos o conductos individuales. Estos conductos se recubren con hormigón térmico y se rodean de materiales de relleno térmico. Los sistemas de cables subterráneos suelen precisar zanjas de al menos 1,5m de profundidad y anchura. Dadas las

⁴⁸ Parlamento del Reino Unido (2001).

⁴⁹ Great River Energy (2006).

dificultades para disipar el calor, los conductos subterráneos no se emplean para líneas de transmisión de alta tensión superior a los 350 kV⁵⁰.

Sistemas de distribución de electricidad

Antes de consumirse, la energía de alta tensión se reduce a un voltaje inferior para su uso por parte de los sistemas de subtransmisión o distribución. Las líneas de distribución suelen variar entre los 2,5 y los 25 kV. En última instancia, la energía se transforma en electricidad de baja tensión para su uso residencial o comercial. Este voltaje oscila entre los 100 y 600 voltios (V), dependiendo de los requisitos del país y los clientes. Los postes de distribución de energía (o postes de electricidad y telefónicos) suelen construirse en madera, aunque también se utiliza el acero, el hormigón, el aluminio y la fibra de vidrio. Las distancias entre los postes de distribución no suelen exceder los 60m y tienen una altura de al menos 12m⁵¹. Los postes de distribución de madera están limitados por la altura de los árboles circundantes (aproximadamente 30m).

Subestaciones eléctricas

Las subestaciones eléctricas son estaciones dispuestas a lo largo del sistema de transmisión y distribución de electricidad que transforman el voltaje de bajo a alto y viceversa utilizando para ello transformadores. Los transformadores elevadores se utilizan para aumentar el voltaje mientras disminuyen la corriente, mientras que los transformadores reductores reducen el voltaje e incrementan la corriente. Las subestaciones suelen contar con uno o más transformadores, además de equipos de conmutación, control y protección. Las subestaciones pueden ubicarse en cerramientos vallados, por debajo del nivel del suelo o dentro de edificios.

Existen fundamentalmente dos clases de subestaciones eléctricas. Las subestaciones de transmisión disponen de conmutadores de alta tensión que se emplean para conectar las líneas de transmisión de alta tensión o para aislar sistemas concretos con el fin de llevar a cabo labores de mantenimiento. Las subestaciones de distribución se utilizan para transferir la electricidad desde el sistema de transmisión al sistema de distribución. Por lo general, al menos dos líneas de transmisión o subtransmisión entran en la subestación de distribución, donde su voltaje se reduce hasta alcanzar valores aceptables para el consumo local. Las subestaciones de distribución también pueden emplearse para aislar los fallos en los sistemas tanto de transmisión como de distribución. Las subestaciones de distribución más complejas que contienen sistemas de conmutación de alta tensión, conmutación y reserva, suelen ubicarse en los grandes núcleos urbanos.

Manejo de las servidumbres de paso

Los proyectos por encima del suelo tanto de transmisión como de distribución exigen servidumbres de paso para proteger el sistema del viento, el contacto con árboles y ramas y otros riesgos que pueden provocar daños en el sistema, fallos de alimentación o incendios forestales. Las servidumbres de paso también se utilizan para acceder, mantener e inspeccionar los sistemas de transmisión y distribución. Las líneas subterráneas de distribución también requieren servidumbres de paso en las zonas en que esté prohibida o rigurosamente controlada la excavación, donde la construcción esté limitada, proporcionando acceso a las líneas cuando sea necesario. En el caso de los grandes sistemas de transmisión de electricidad de alta tensión, las servidumbres de paso suelen ser de mayor tamaño que aquellas destinadas a los sistemas de distribución, y en consecuencia precisan de un mayor mantenimiento.

⁵⁰ American Transmission Company (2005).

⁵¹ Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América (2004).

La anchura de las servidumbres de paso⁵² para las líneas de transmisión oscila entre los 15 y los 100m, dependiendo del voltaje y la proximidad a otras servidumbres de paso (oscilando normalmente entre los 15 y los 30m)⁵³. Se recomiendan corredores de 12 a 24 m (de 6 a 12 m a cada lado) para líneas aéreas de distribución de hasta 35 kV⁵⁴. Las carreteras de acceso suelen construirse junto o en las servidumbres de paso para proporcionar acceso a los equipos de mantenimiento y conservación del sistema.

El mantenimiento periódico de la vegetación en las servidumbres de paso es necesario para evitar las perturbaciones en las líneas aéreas y en las torres eléctricas. El crecimiento descontrolado de árboles altos y la acumulación de vegetación en las servidumbres de paso puede causar diversos impactos, como fallos de alimentación provocados por el contacto de ramas y árboles con los cables y torres de transmisión; incendios en bosques y matorrales; corrosión de los equipos de acero; bloqueo del acceso a los equipos; e interferencias con los equipos críticos de puesta a tierra.

El mantenimiento y roturación periódicos de las servidumbres de paso evita la penetración natural de la vegetación y el nacimiento y crecimiento de árboles de cierta altura. Normalmente, no se permite la presencia de árboles con una altura de aproximadamente 4,5m o más dentro de las servidumbres de paso por encima del nivel del suelo⁵⁵. Las servidumbres de paso subterráneas cuentan con muchas menos restricciones en lo que a vegetación se refiere, aunque están prohibidos en las servidumbres de paso aquellos árboles

de raíces profundas que puedan interferir con las conducciones. El mantenimiento de la vegetación en las servidumbres de paso se lleva a cabo implementando las siguientes medidas.

La siega con maquinaria eléctrica pesada se emplea para controlar el crecimiento de la cubierta vegetal y evitar el nacimiento de árboles y arbustos en las servidumbres de paso. Los herbicidas, junto con la siega, sirven para controlar las hierbas de rápido crecimiento que pueden madurar a alturas superiores a las permitidas en las servidumbres de paso. El desrame y la poda se utilizan en los límites de las servidumbres de paso para mantener la anchura del corredor y evitar la invasión de las ramas de árboles. La remoción manual de la vegetación, aunque resulta costosa y exige mucho tiempo, se emplea en la proximidad de estructuras, corrientes, verjas y otros obstáculos que puedan dificultar o hacer peligroso el uso de maquinaria.

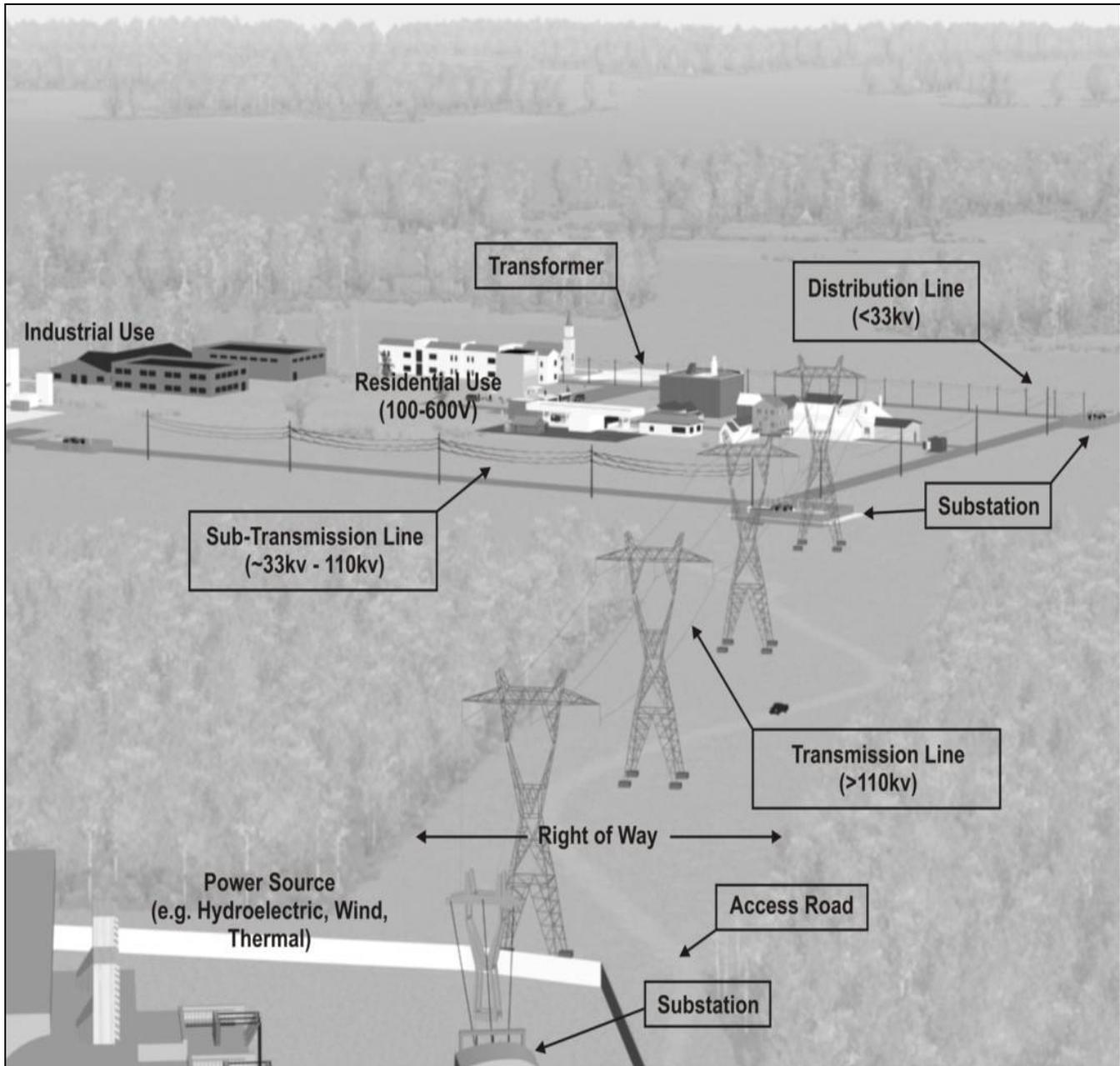
⁵² Por ejemplo, Duke Energy recomienda servidumbres de paso de al menos 21 para tensiones de entre 44 y 100 kV, 46 metros como mínimo para voltajes de 230 kV y 61 metros para tensiones de 525 kV (Duke Energy, 2006).

⁵³ Santee Cooper (2002).

⁵⁴ Departamento de Defensa Nacional de los Estados Unidos de América (2004).

⁵⁵ Georgia Power (2006).

Gráfico A-1: La transmisión y distribución de electricidad



Industrial use = **Uso industrial**
 Residential use = **Uso residencial**
 Transformer = **Transformador**
 Distribution line = **Línea de distribución**
 Substation = **Subestación**
 Subtransmission Line = **Línea de subtransmisión**

Transmission Line = **Línea de transmisión**
 Right-of-way = **Servidumbre de paso**
 Power Source ... = **Fuente de energía (por ejemplo hidroeléctrica, eólica, térmica)**
 Access road = **Carretera de acceso**