

I-22052-2019



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

**GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN
AMBIENTAL DE BIFENILOS POLICLORADOS (PGAPCB) APLICABLE A LA
ACTIVIDAD ELÉCTRICA**



Diciembre 2020

Contenido

I. Introducción	5
1.1. Objetivo	7
1.2. Alcance.....	7
1.3. Marco regulatorio	7
Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas	7
1.4. Definiciones	11
II. Instrucciones para el uso de la guía.....	13
III. ¿Qué es un Plan de Gestión Ambiental de PCB?	14
3.1. Alineamiento del PGAPCB	14
3.2. Principios para la elaboración del PGAPCB	15
3.3. Ciclo de vida de los PCB	16
3.4. Evaluación de riesgos	16
IV. Elaboración del Plan de Gestión Ambiental de PCB	20
1. DATOS GENERALES	24
2. ANTECEDENTES	24
3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	25
4. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA GESTIÓN DE PCB	26
5. GESTIÓN AMBIENTAL DE PCB	27
6. CRONOGRAMA, PRESUPUESTO Y RESPONSABLES.....	39
7. PLAN DE CONTINGENCIAS.....	43
Anexo 1: Materiales que contienen PCB.....	45
Anexo 2: Uso y manipulación de equipos que contienen PCB	48
Anexo 3: Revisión y control de equipos e instalaciones conteniendo PCB.....	53
Anexo 4: Manipulación y transporte de equipos con PCB.....	56
Anexo 5: Almacenamiento de equipos con PCB.....	66
Anexo 6: Adquisición de material y equipos libres de PCB y contratación de servicios de mantenimiento	70
Anexo 7: Manejo de PCB durante la operación y mantenimiento de equipos.....	74
Anexo 8: Tecnologías para la eliminación ambientalmente racional de PCB.....	92
Anexo 9: Resumen de las experiencias nacionales de eliminación de PCB.....	106
Anexo 10: Plan de emergencias y contingencias.....	112
Bibliografía.....	116



LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Actividades más relevantes del Ciclo de vida de los equipos que contienen aceites dieléctricos.....	16
Figura N° 2: Disposiciones del Convenio de Estocolmo.....	21
Figura N° 3: Toma de datos de la placa.....	27
Figura N° 4: Toma de muestra.....	28
Figura N° 5: Muestra etiquetada.....	28
Figura N° 6: Descarte con kit de campo.....	28
Figura N° 7: Preparación de la muestra en laboratorio.....	28
Figura N° 8: Cromatógrafo.....	28
Figura N° 9: Etiqueta en equipo muestreado.....	29
Figura N° 10: Etiqueta en equipo contaminado con PCB - PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA.....	29
Figura N° 11: Metodología para las decisiones sobre la disposición final.....	37
Figura N° 12: Transformadores de subestaciones presentan pérdidas y manchas de aceite tanto en equipos como en la instalación.....	55
Figura N° 13: Transformadores en almacén muestran pérdidas por válvulas y juntas.....	55
Figura N° 14: Sistema para la puesta a tierra para transformadores.....	57
Figura N° 15: Bloqueo y etiquetado de un interruptor.....	57
Figura N° 16: Movimiento de residuos de PCB en una instalación.....	60
Figura N° 17: Pictogramas adheridos a los equipos.....	60
Figura N° 18: Señalización utilizada en el transporte de PCB.....	62
Figura N° 19: Barriles/tambores cerrados tipo ONU conteniendo aceite con PCB listo para ser transportado hacia el Puerto.....	64
Figura N° 20: Equipos listos para ser transportados.....	64
Figura N° 21: Contenedor acondicionado para transportar PCB.....	65
Figura N° 22: Contenedor sellado con la carga de PCB para ser embarcado.....	65
Figura N° 23: Área de almacenamiento de PCB dentro del almacén de residuos peligrosos.....	69
Figura N° 24: Almacenamiento de equipos con PCB.....	69
Figura N° 25: Partes del transformador.....	75
Figura N° 26: Reacción de Wurtz.....	106
Figura N° 27: Reactor y tanques de precipitación.....	107
Figura N° 28: Esquema del retrolenado.....	109
Figura N° 29: Equipo utilizado para el proceso de retrolenado.....	109
Figura N° 30: Reacción química de declorinación en base a Hidróxido de Potasio... ..	110
Figura N° 31: Diagrama del proceso de declorinación.....	110
Figura N° 32: Declorinadora de la empresa TREDI S.A.....	111



LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Riesgos y Acciones a adoptarse en cada una de las actividades del Ciclo de Vida de los equipos (transformadores, condensadores)	18
Tabla N° 2: Procesos de lavado y descontaminación de transformadores.....	35
Tabla N° 3: Comparación de procesos relevantes para la destrucción de PCB	35
Tabla N° 4: Tipos de embalaje para PCB	58
Tabla N° 5: Relación de equipos y materiales que se fabricaron con PCB.....	71
Tabla N° 6: Partidas arancelarias sensibles de contener PCB	71
Tabla N° 7: Frecuencia de actividades de revisión de los transformadores	80
Tabla N° 8: Resumen de riesgos de la operación de equipos con PCB	85
Tabla N° 9: Tecnologías de Eliminación de PCB	93

ACRÓNIMOS

COP	Contaminantes Orgánicos Persistentes
DGAEE	Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria
EO-RS	Empresas Operadoras de Residuos Sólidos
EPP	Equipos de Protección Personal
GAR	Gestión Ambientalmente Racional
IGA	Instrumento de Gestión Ambiental
IGAC	Instrumento de Gestión Ambiental Complementario
LGIRS	Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MINAM	Ministerio del Ambiente
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
PCB	Bifenilos Policlorados
PGAPCB	Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados
PNI COP	Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes
SEIA	Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
SENACE	Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles



GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS PLANES DE GESTIÓN AMBIENTAL DE BIFENILOS POLICLORADOS APLICABLE A LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA

I. Introducción

Los Bifenilos Policlorados (en adelante, PCB) fueron fabricados entre 1930 y fines del decenio de 1970, con una producción aproximada de 1,5 millones de toneladas, los cuales se usaron intensivamente por las características fisicoquímicas que los hicieron ideales como fluidos dieléctricos en condensadores, transformadores eléctricos, así como en múltiples aplicaciones por ser retardadores de ignición, es decir, estables químicamente, resistentes a muchos oxidantes y tener una elevada resistencia a la descomposición química.

Por ello, los PCB forman parte de la lista de Contaminantes Orgánicos Persistentes del Convenio de Estocolmo y de la lista de residuos peligrosos del Convenio de Basilea, puesto que son resistentes a la degradación y tienen la propiedad de bioacumularse; asimismo, debido a sus propiedades de toxicidad, tienen la capacidad de producir algún tipo de cáncer y pueden movilizarse a grandes distancias, por lo que es necesario tomar acciones para eliminar su uso y gestionarlo de manera ambientalmente racional.

Estudios epidemiológicos y toxicológicos, así como evidencias obtenidas de personas expuestas a los PCB, señalan que éstos pueden producir, entre otros, los siguientes efectos: incremento del riesgo de cáncer, bajo peso al nacer, depresión del sistema inmunológico, efectos sobre la función reproductiva en las mujeres, efectos neuroconductuales y déficit en el desarrollo de los recién nacidos y niños en edad escolar por exposición en el útero, enfermedades del hígado y efectos tiroideos, desórdenes en la sangre, disrupción endocrina, daño ocular, cloracné, hiperpigmentación¹.

La principal fuente de ingreso de estos tóxicos al organismo son los alimentos, los que se contaminan por la presencia de los PCB en el ambiente. Un estudio realizado por la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA) halló concentraciones de PCB en muestras de leche obtenidas en madres púerperas de las regiones de La Libertad, Ucayali y Tacna (25,93 ng/g, 19,82 ng/g y 18,63 ng/g respectivamente)², que, si bien no son altas concentraciones, muestran que los PCB están en el ambiente y llegaron al organismo de estas madres.

Ante ello, el Perú firmó y ratificó el 2005, el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes³, el mismo, que establece en su artículo 3

- 1 Proyecto PCB. ONUDI/DIGESA. Guía para el manejo ambientalmente racional de existencias y residuos de Bifenilos Policlorados (PCB). Lima, 2017
- 2 DIGESA/MINSA-PERÚ. Informe final del Programa de implementación de Contaminantes Orgánicos Persistentes – COPs en leche materna y aire en el Perú. 2013
- 3 Mediante el Decreto Supremo N° 067-2005-RE



que los países deben adoptar medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción y utilización intencionales.

El numeral 6.1 del artículo 6 del Convenio de Estocolmo establece que con el fin de garantizar que las existencias que consistan o que contengan productos químicos incluidos en el Anexo A o el Anexo B, así como los productos y artículos cuando se conviertan en desechos, se gestionen de manera que se proteja la salud humana y el medio ambiente; cada Parte: ⁴

- a) Elaborará estrategias apropiadas para determinar:
 - i) Las existencias que consistan en productos químicos incluidos en el Anexo A o el Anexo B, o que contengan esos productos químicos, y
 - ii) Los productos y artículos en uso, así como los desechos, que consistan en productos químicos incluidos en el Anexo A, B, o C, que contengan dicho producto químico o estén contaminados con él.
- b) Determinará en la medida de lo posible, las existencias que consistan en productos químicos incluidos en el Anexo A o el Anexo B o que contengan esos productos químicos sobre la base de las estrategias a que se hace referencia en el apartado a)
- c) Gestionará en la medida de lo posible, las existencias de manera segura, eficiente y ambientalmente racional. Las existencias de productos químicos incluidos en el Anexo A o el Anexo B, cuando ya no se permita utilizarlas en virtud de una exención específica estipulada en el Anexo A, a excepción de las existencias cuya exportación esté autorizada de conformidad con el párrafo 2 del artículo 3, se considerarán desechos y se gestionarán de acuerdo con el apartado d)
- d) Adoptará las medidas adecuadas para que esos desechos, incluidos los productos y artículos, cuando se conviertan en desechos:
 - i) Se gestionen, recojan, transporten y almacenen de manera ambientalmente racional; y,
 - ii) Se eliminen de un modo tal que el contenido del contaminante orgánico persistente se destruya o se transforme en forma irreversible de manera que no presenten las características de contaminante orgánico persistente o, de no ser así, se eliminen en forma ambientalmente racional cuando la destrucción o la transformación irreversible no represente la opción preferible desde el punto de vista del medio ambiente o su contenido de contaminante orgánico persistente sea bajo, teniendo en cuenta las reglas, normas, y directrices internacionales, incluidas las que puedan elaborarse de acuerdo con el Párrafo 2, y los regímenes mundiales y regionales pertinentes que rigen la gestión de los desechos peligrosos.
 - iii) No estén autorizados a ser objeto de operaciones de eliminación que puedan dar lugar a recuperación, reciclado, regeneración, reutilización



⁴ Perú es país Parte del Convenio de Estocolmo al haber firmado y ratificado

- directa o usos alternativos de los contaminantes orgánicos persistentes y;
- iv) No sean transportados a través de las fronteras internacionales sin tener en cuenta las reglas, normas y directrices internacionales

El Ministerio de Energía y Minas (en adelante, MINEM) como Autoridad Ambiental Competente del sector minero - energético y en el marco del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, aprobado por Decreto Supremo N° 014-2019-EM (en adelante, RPAAE), debe orientar al Titular el cumplimiento de lo dispuesto en esta norma, en particular, en relación a la elaboración del Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (en adelante, PGAPCB), Instrumento de Gestión Ambiental complementario que debe ser presentado por el Titular a la Autoridad Ambiental Competente para su evaluación correspondiente.

1.1. Objetivo

Orientar al titular de la actividad eléctrica en la elaboración del Plan de Gestión Ambiental de los Bifenilos Policlorados (en adelante, PGAPCB), con el fin de que dicho plan les permita realizar una gestión ambientalmente adecuada de los Bifenilos Policlorados.

1.2. Alcance

La presente guía es aplicable al Titular de las actividades eléctricas que vienen desarrollando las actividades de generación, transmisión o distribución de energía eléctrica en el territorio nacional.

1.3. Marco regulatorio

Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas

Establece disposiciones referentes a las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.

Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente

La Política Nacional del Ambiente se presenta a la ciudadanía en cumplimiento del mandato establecido en el artículo 67 de la Constitución Política del Perú y en concordancia con la legislación que norma las políticas públicas ambientales. Esta política es uno de los principales instrumentos de gestión para el logro del desarrollo sostenible en el país y ha sido elaborada tomando en cuenta la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, los Objetivos del Milenio formulados por la Organización de las Naciones Unidas y los demás tratados y declaraciones internacionales suscritos por el Estado Peruano en materia ambiental.

En tal sentido, en base al proceso de integración de los aspectos sociales, ambientales y económicos de las políticas públicas y la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones, la Política Nacional del Ambiente es un instrumento de cumplimiento obligatorio, que orienta las actividades públicas y privadas. Asimismo, esta política sirve de base para la formulación del Plan Nacional de Acción Ambiental, la Agenda Nacional de Acción



Ambiental y otros instrumentos de gestión pública ambiental en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

La Política Nacional del Ambiente considera los lineamientos de las políticas públicas establecidos por la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo y las disposiciones de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. Define los objetivos prioritarios, lineamientos, contenidos principales y estándares nacionales de obligatorio cumplimiento. Conformar la política general de gobierno en materia ambiental, la cual enmarca las políticas sectoriales, regionales y locales.

La Política Nacional del Ambiente como herramienta del proceso estratégico de desarrollo del país, constituye la base para la conservación del ambiente, de modo tal que se propicie y asegure el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que lo sustenta, para contribuir al desarrollo integral, social, económico y cultural del ser humano, en permanente armonía con su entorno.

Ley N° 28611, Ley General del Ambiente

Establece en el numeral 24.1 del artículo 24° que toda actividad humana que involucre el desarrollo de infraestructura y desarrollo económico, como construcciones, obras, servicios y otras actividades, así como las políticas, planes y programas públicos susceptibles de causar impactos ambientales de carácter significativo, está sujeta de acuerdo a ley, al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental – SEIA, el cual es administrado por la Autoridad Ambiental Nacional.

Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (Ley del SEIA)

Es la herramienta legislativa que instituyó el Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) a nivel nacional y multisectorial y que coordina la identificación, evaluación, prevención, mitigación, supervisión, control y corrección de los impactos negativos. A su vez, potencia los impactos positivos derivados de las actividades humanas que comprometan al ambiente. Esta norma también establece los procesos que permiten llevar a cabo de manera adecuada una evaluación ambiental, obtener la certificación ambiental y realizar el seguimiento de los compromisos ambientales que se establezcan en los Estudios Ambientales o Instrumentos de Gestión Ambiental Complementarios.

Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental

Permite la aplicación de la Ley del SEIA detallando los deberes, derechos y responsabilidades de los actores en el proceso de evaluación ambiental y su control.

Decreto Supremo N° 014-2019-EM, Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas

El Decreto Supremo N° 014-2019-EM que aprueba el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (en adelante, RPAAE) regula la



gestión ambiental de las actividades de las empresas concesionarias y autorizadas para la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica en el país. El principal objetivo es prevenir, reducir o mitigar, recuperar o remediar y/o compensar los impactos ambientales negativos derivados de tales actividades.

El artículo 9 del RPAAE establece que el Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB) es un Instrumento de Gestión Ambiental complementario, el cual debe ser elaborado por el Titular y presentado ante la Autoridad Ambiental Competente para su aprobación. Una vez aprobado dicho Instrumento de Gestión Ambiental complementario, este será de cumplimiento obligatorio por parte de su titular y fiscalizable por la Autoridad Ambiental en materia de Fiscalización.

En esa línea, los artículos 53, 54 y 55 del RPAAE, definen el Instrumento de Gestión Ambiental Complementario, así como establecen el procedimiento de evaluación y aprobación del mismo.

En el artículo 84 se establecen las condiciones en las que debe realizarse el almacenamiento de materiales o sustancias peligrosas.

Del mismo modo, el artículo 85 establece la prohibición de importación, comercialización, distribución y uso de sustancias que contengan PCB en el ámbito de las actividades Eléctricas. Asimismo, establece que el Titular que utilice o almacene equipos que contienen aceites dieléctricos con PCB o que estén contaminados con ellos debe solicitar la evaluación de un PGAPCB que contenga la identificación, inventario y cronograma de eliminación ambientalmente racional de los fluidos, residuos o instalaciones que contengan o estén contaminados con dichas sustancias.

A su vez, señala que el Titular está obligado a realizar la disposición final o descontaminación de los fluidos, residuos, instalaciones o equipos que contengan o estén contaminados con PCB, de acuerdo al PGAPCB aprobado para tal fin y en cumplimiento del plazo establecido en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes – COP.

Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos aprobada con Decreto Legislativo N° 1278, basada en principios de economía circular, valorización de los residuos, responsabilidad extendida del productor, de responsabilidad compartida y de protección del ambiente y la salud; establece las obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de propender hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos de este Decreto Legislativa. Asimismo, busca la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, respecto de los residuos generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente. Asimismo, establece, además, disposiciones para asegurar una gestión



adecuada de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos en forma sanitaria y ambiental.

Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

El Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, regula y establece las responsabilidades y alcances para el almacenamiento de los residuos sólidos, los tipos y características de almacenamiento y los plazos para el almacenamiento de residuos sólidos peligrosos.

El artículo 55 del citado reglamento señala que los residuos peligrosos no podrán permanecer almacenados en instalaciones del generador de residuos sólidos no municipales por más de doce (12) meses, con excepción de aquellos regulados por normas especiales o aquellos que cuenten con plazos distintos establecidos en los Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA). Al respecto, a los residuos contaminados con PCB les aplica la excepción.

Del mismo modo, la norma establece las medidas para la importación, tránsito y exportación de residuos sólidos. Haciendo un análisis acorde con el tema del presente documento, a los residuos contaminados con PCB les aplica la excepción en el marco del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes - COP y del Artículo 85° del RPAEE.

Decreto Supremo N° 009-2019-MINAM, Régimen Especial de Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

El Decreto Supremo N° 009-2019-MINAM que aprueba el Régimen Especial de Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos; establece un régimen especial para la gestión y manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) como residuos de bienes priorizados, mediante la determinación de un conjunto de obligaciones y responsabilidades de los actores involucrados en las diferentes etapas de gestión y manejo, el cual comprende actividades destinadas a la segregación, almacenamiento, recolección, transporte, valorización y disposición final de los RAEE, teniendo en cuenta condiciones para la protección del ambiente y la salud humana.

Ley N° 28256, Ley que regula el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos

La Ley N° 28256, Ley para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos, contiene disposiciones específicas para el transporte de materiales y residuos peligrosos como es el caso de los materiales y residuos que son, contienen o están contaminados con PCB.

Decreto Supremo N° 021-2008-MTC, Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

El Decreto Supremo N° 021-2008-MTC que aprueba el Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, establece obligaciones complementarias y especiales con sujeción a los principios de prevención y



protección de las personas, el ambiente y la propiedad para las actividades de transporte de materiales y residuos peligrosos. Asimismo, incluye procesos y operaciones del transporte terrestre de los mismos.

Decreto Supremo N° 067-2005-RE, ratificación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes -COP

Mediante Decreto Supremo N° 067-2005-RE se ratificó el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), estableciendo en su artículo 3 que los países deben adoptar medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción y utilización intencionales; y en el artículo 6, las medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de existencias y desechos de PCB y otros COP. Asimismo, el artículo 7 señala la obligación de elaborar el Plan de Implementación del Convenio de Estocolmo (en el caso de Perú, este plan contiene el Plan de Acción de Bifenilos Policlorados con metas específicas para la elaboración de inventarios de PCB y eliminación de residuos con PCB).

Resolución Legislativa N° 26234 aprobación del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su eliminación

Mediante Resolución Legislativa N° 26234 se aprueba el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Residuos Peligrosos y su eliminación. Bajo este marco, la autoridad ha establecido los procedimientos administrativos para la exportación de PCB con fines netamente de eliminación.



1.4. Definiciones

1.4.1 Almacenamiento: Operación de acumulación temporal de existencias o residuos que sean, contengan o estén contaminados con PCB, en las condiciones técnicas requeridas hasta su tratamiento o disposición final.

1.4.2 Autoridad Ambiental Competente para evaluar el PGAPCB: el Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad es la autoridad ambiental competente para la evaluación y aprobación del PGAPCB.

1.4.3 Bifenilos Policlorados (PCB): Compuestos aromáticos con características tóxicas, no biodegradables fácilmente, persistentes en el ambiente, se acumulan en los tejidos adiposos del cuerpo, carcinógenos y causan efectos graves en los humanos y animales; están formados de tal manera que los átomos de hidrógeno en la molécula bifenilo (2 anillos bencénicos unidos entre sí por un enlace único carbono-carbono) son sustituidos hasta por 10 átomos de cloro.

1.4.4 Condensador o capacitor: Son aparatos que pueden acumular y mantener una carga eléctrica, cuyo material dieléctrico suele ser un fluido dieléctrico que puede o no contener PCB. Se distinguen de los transformadores porque son siempre estructuras selladas.

1.4.5 Eliminación ambientalmente racional: Conjunto de operaciones, procesos o técnicas que pueden o no conducir a la recuperación de recursos, reciclado, regeneración, reutilización directa u otros usos de las existencias o residuos que son, contienen o están contaminados con PCB, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización y reducir los riesgos para la salud humana y el ambiente.

1.4.6 Equipos en condición de residuo. Son aquellos equipos que han sido dados de baja, y no pueden volver a ser utilizados para el fin con el que fueron fabricados, debido a que sus características técnicas no lo permiten o que se ha tomado la decisión de descartarlos.

1.4.7 Equipos en servicio. Son aquellos equipos que se encuentran conectados a una red eléctrica y/o en pleno funcionamiento.

1.4.8 Equipos en reserva: Son los equipos que en la actualidad no están conectados a ninguna red eléctrica, pero que están en condiciones operativas y pueden entrar en funcionamiento en cualquier momento.

1.4.9 Equipos en mantenimiento: Son aquellos equipos que se encuentran en el taller de mantenimiento, sea por mantenimiento preventivo (programado) o correctivo; a fin de estar en condiciones operativas.

1.4.10 Existencias: Equipos, componentes o infraestructuras utilizados directa o indirectamente en una actividad antrópica pasibles de ser, contener o estar contaminados con bifenilos policlorados (PCB), entre los cuales se encuentran los transformadores de tensión y condensadores con refrigeración de aceite dieléctrico.

1.4.11 Fuentes probables de ser, contener o estar contaminadas con PCB: Es toda existencia o residuo que puede ser PCB, contener PCB o estar contaminado con PCB.

1.4.12 Mejores prácticas ambientales: Es la aplicación de la combinación más adecuada de medidas y estrategias de control ambiental.

1.4.13 Mejores técnicas disponibles: Se entiende que es la etapa más eficaz y avanzada en el desarrollo de actividades y sus métodos de operación que indican la idoneidad práctica de técnicas específicas para proporcionar en principio la base de la limitación de las liberaciones destinada a evitar y, cuando no sea viable, reducir en general las liberaciones de los productos químicos incluidos en la parte I del anexo C del Convenio de Estocolmo y sus efectos en el medio ambiente en su conjunto. A este respecto: "Técnicas" incluye tanto la tecnología utilizada como el modo en que la instalación es diseñada.

1.4.14 Plan de Acción de PCB: Plan que forma parte del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, que tiene como objetivo la eliminación gradual de las existencias y residuos que sean, contengan o estén contaminados con PCB a fin de contribuir a la disminución de la contaminación por PCB y proteger la salud y el ambiente. El logro de sus objetivos estratégicos es



responsabilidad particular de las autoridades ambientales y empresas industriales y de servicios que posean existencias y residuos con PCB.

1.4.15 Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (PNI-COP Perú):

Instrumento de planificación ambiental cuyos objetivos estratégicos contribuyen a lograr el objetivo del Convenio de Estocolmo y cumplir las obligaciones asumidas por el país. Uno de sus planes, es el Plan de Acción de Bifenilos Policlorados.

1.4.16 Residuo con PCB: Equipo dado de baja o material que ha perdido su utilidad, en contraendose en un estado no operativo y que contiene una concentración de PCB mayor o igual a 50 ppm (como los transformadores, condensadores, aceites dieléctricos, etc.) o cuya superficie presenta una concentración de PCB mayor o igual a $10 \mu\text{g}/100\text{cm}^2$.

1.4.17 Residuos peligrosos: Son residuos sólidos peligrosos aquellos que, por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

1.4.18 Superficies no porosas: Superficies lisas en las que se puede aplicar un hisopado (recolección de muestra mediante un hisopo) con la finalidad de descartar y analizar la presencia de PCB (ejemplo: las superficies metálicas).

1.4.19 Titular de la Actividad Eléctrica: Es aquella persona natural o jurídica, nacional o extranjera que desarrolla proyectos eléctricos de generación, transmisión y/o distribución dentro del territorio nacional de acuerdo con la ley.

1.4.20 Transformador. Equipo utilizado para aumentar o reducir el nivel del voltaje de una corriente eléctrica.

II. Instrucciones para el uso de la guía

- a) La parte introductoria de la guía brinda al usuario el marco regulatorio que sustenta la necesidad de elaborar un Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados. Luego de ello, se define al PGAPCB como parte contribuyente al logro del objetivo del Convenio de Estocolmo, remarcando su importancia dentro de la gestión de las sustancias y residuos peligrosos en el contexto del ciclo de vida de los PCB en los equipos, la evaluación de riesgos y los principios a tenerse en cuenta para la elaboración del PGAPCB.
- b) El Titular deberá tener en cuenta la presente guía para elaborar su PGAPCB, la cual de modo didáctico describe el contenido de cada sección del PGAPCB.
- c) La estructura del PGAPCB se ha planteado teniendo en cuenta las normas del sector, así como el marco general de la gestión ambiental.
- d) El usuario podrá tener como referencia los documentos técnicos de los anexos para plantear las actividades a programarse en el PGAPCB.

III. ¿Qué es un Plan de Gestión Ambiental de PCB?

El artículo- 53 del RPAAE define al Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados como un Instrumento de Gestión Ambiental complementario que contiene actividades destinadas a la prevención de la contaminación ambiental, así como la progresiva eliminación de equipos, componentes o infraestructuras utilizadas en el desarrollo de las actividades eléctricas, que contengan o estén contaminados con PCB o que tengan aceite dieléctrico con PCB (mayor o igual a 50 ppm en aceites dieléctricos o a 10 µg/100 cm² para superficies no porosas), identificados en el inventario de sus existencias y residuos, de acuerdo a lo establecido en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes – COP.

Este PGAPCB debe ser presentado en mesa de partes del MINEM teniendo en cuenta los requisitos de admisibilidad establecidos en los literales a) y b) del numeral 25.1 del artículo 25 del RPAAE. La Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad (en adelante, DGAAE) debe evaluarlo y de corresponder, aprobarlo en un plazo no mayor a los 30 días hábiles (numeral 54.1 del Reglamento). Si se requiere opinión técnica de otras entidades, ésta será solicitada; asimismo, si hubiese observaciones, éstas serán notificadas al Titular, para que en un plazo máximo de 10 días hábiles sean subsanadas (pudiendo otorgarse una ampliación por otro periodo similar de 10 días).

Una vez que se verifica el cumplimiento de los requisitos técnicos y legales exigidos por la normativa ambiental vigente, la DGAAE emite la aprobación respectiva dentro de los diez (10) días hábiles siguientes de recibido el levantamiento de observaciones por parte del Titular (artículo 55°).

3.1. Alineamiento del PGAPCB

Es pertinente señalar que el PGAPCB está alineado con la **Política Nacional del Ambiente** (Eje de Política 2: Gestión Integral de la Calidad Ambiental, lineamientos de política 1. Control integrado de la contaminación, 4. Residuos Sólidos, 5. Sustancias Químicas y Materiales Peligrosos y Eje de Política 4: Compromisos y oportunidades ambientales internacionales), y con la **Política Energética Nacional del Perú 2010 – 2040** (Objetivo 6: Desarrollar un sector energético con mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono, Lineamiento de Política: Alcanzar una normativa ambiental con requerimientos compatibles con las normas internacionales).

La consecución de las metas que se establezcan en el PGAPCB del Titular contribuirá al logro de las metas planteadas en las diferentes acciones estratégicas del Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA), como son:

META 2: RESIDUOS SÓLIDOS, Acción estratégica 2.3: Reducir la generación de residuos peligrosos del ámbito no municipal, mejorar su tratamiento y disposición final;

META 6: MINERÍA Y ENERGÍA, Acción estratégica 6.2: Mejorar los niveles de desempeño ambiental y social de las empresas mineras y energéticas.



META 7: GOBERNANZA AMBIENTAL, Acción estratégica 7.3: Consolidar el funcionamiento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA); Acción estratégica 7.15 Asegurar el cumplimiento de los compromisos ambientales derivados de los tratados internacionales, aprovechando los mecanismos que generan para su implementación.

3.2. Principios para la elaboración del PGAPCB

Es importante tener en cuenta ciertos principios tanto para la elaboración del PGAPCB como su implementación. Estos se aplican para todos los temas relacionados con el manejo de los PCB.

Principio de manejo durante el ciclo de vida

El PGAPCB deberá asegurar que, en tanto no se eliminen los PCB de las existencias contaminados con PCB, éstas podrán seguir siendo usadas, y manipuladas en condiciones óptimas de seguridad, considerando el transporte, almacenamiento y/o eliminación, correspondiente.

Principio de prevención

La prevención de la contaminación que puede ocasionar la liberación de PCB al ambiente es uno de los principios esenciales para el manejo ambientalmente racional de los PCB. La prevención involucra la aplicación de procedimientos, métodos, materiales y productos en todas las etapas del ciclo de vida de los PCB, como forma de evitar o reducir al mínimo, el riesgo de contaminación del ambiente, generación de desechos, así como los riesgos de exposición ocupacional y poblacional a estos tóxicos.

Principio de desarrollo y transferencia de tecnología

Se debe priorizar, en la identificación de las tecnologías para el tratamiento y eliminación de los PCB, aquellos procedimientos apropiados, técnicas y tecnologías puestas a disposición por los Convenios de Basilea y de Estocolmo, así como los implementados en países de la región y fundamentalmente las experiencias del país.

Principio de integración regional

Los principios adicionales que derivan del Convenio de Basilea pueden aplicarse de manera combinada, así:

- a) El **principio de proximidad** en base al cual, la eliminación de desechos peligrosos debe realizarse lo más cerca posible del sitio de generación de dicho residuo, incluso en casos en que sea más económico y se traten los residuos de manera más amigable en ambiente a cierta distancia del sitio de generación
- b) El **principio de autosuficiencia**, en base al cual, cada país debe garantizar que la eliminación de los desechos generados en su territorio debe realizarse mediante métodos ambientalmente adecuados; no obstante, en algunos casos, se reconozca que el tratamiento en el exterior pueda ser más económico.



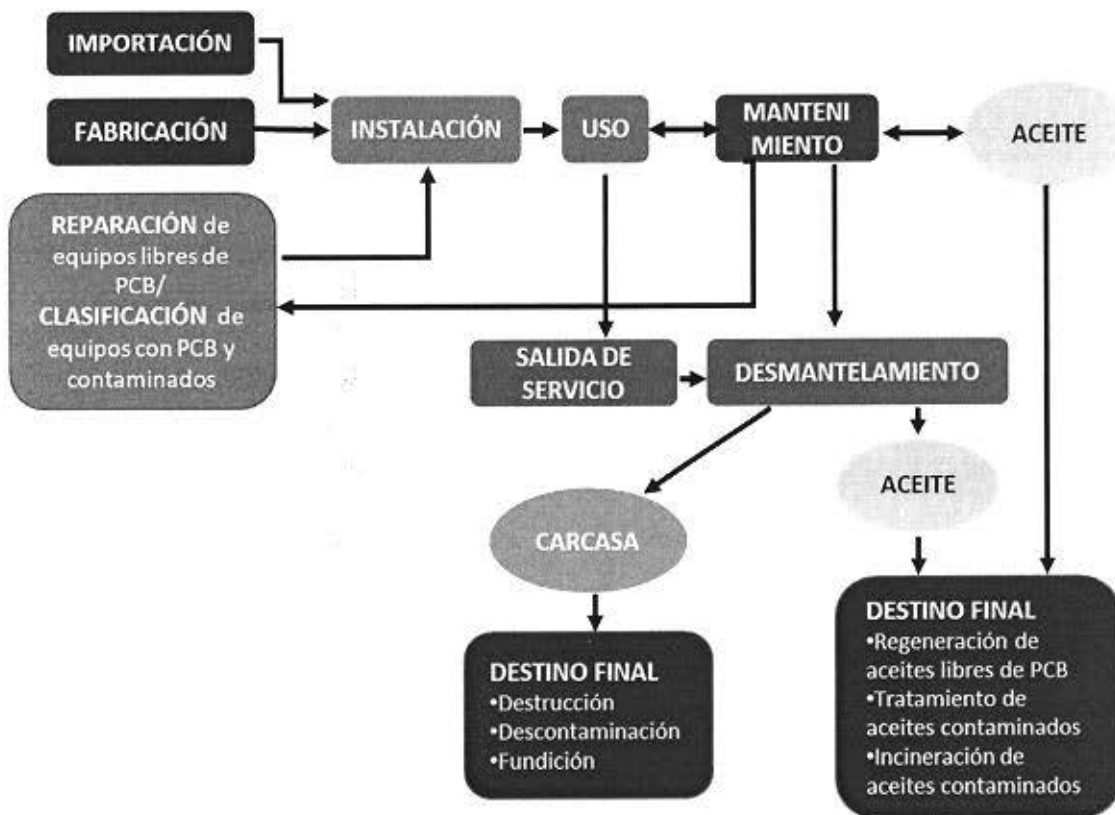
- c) El **principio del menor movimiento transfronterizo**, en base al cual el desplazamiento transfronterizo de los residuos se mantenga en el mínimo posible, siempre y cuando se garantice la eficiencia y el manejo ambientalmente adecuado de los mismos.

3.3. Ciclo de vida de los PCB

Los PGAPCB deben tener en cuenta el ciclo de vida de los PCB en los equipos, de modo tal que puedan programar las diferentes actividades a fin de eliminar el uso de equipos con PCB o contaminados con PCB, así como trabajar reduciendo el riesgo y procurando prevenir liberaciones al ambiente.

En el gráfico siguiente se muestra las actividades más relevantes del ciclo de vida de los equipos que contienen aceite dieléctrico:

Figura N° 1: Actividades más relevantes del Ciclo de vida de los equipos que contienen aceites dieléctricos



Fuente: Guía para la elaboración de un Plan de Gestión de PCB en el Sector Minero. Proyecto "Mejores prácticas para el manejo de PCB en el sector minero". 2012. CBRAS-PNUMA

3.4. Evaluación de riesgos

Investigaciones de los efectos de los PCB tanto en la salud humana como en el ambiente han demostrado los riesgos que significan la exposición a este grupo o mezcla de sustancias, por lo que la gestión ambiental de las fuentes de contaminación requiere una evaluación de riesgos y la adopción de medidas para eliminar o reducir los riesgos identificados.

La evaluación de riesgo es el proceso que evalúa la probabilidad que puedan ocurrir efectos adversos o que éstos están ocurriendo como resultado de la exposición de un receptor a factores de riesgo⁵ (peligros).

Para el caso de los PCB, el riesgo está en función del peligro que implica la naturaleza de esa sustancia química (sus características de toxicidad, persistencia, bioacumulación, biomagnificación) y la posibilidad de que cause un daño a la salud humana y al ambiente, de la exposición (que a su vez depende de la concentración de los PCB que inciden sobre la población o medio ambiente, el tiempo y frecuencia de la exposición) y del receptor (población ocupacional o población en general, fauna, flora, agua, aire, suelo que puede ser afectado); por lo tanto, la gestión ambientalmente racional de los PCB debe considerar evaluar el riesgo, estimando la probabilidad de ocurrencia del peligro, para su posterior gestión.

De otro lado, conviene tomar como referencia las directrices técnicas elaboradas por la Secretaría del Convenio de Basilea para el manejo ambientalmente racional de los PCB que definen dos niveles de riesgo con relación a la salud y seguridad:

1. *Situaciones de mayor riesgo*

- a) Salas de equipos eléctricos donde haya transformadores, disyuntores o condensadores con PCB, grandes o en gran número
- b) Lugares en los que se hayan utilizado o mantenido transformadores, disyuntores, equipos hidráulicos, bombas de vacío con contenido de PCB

2. *Situaciones de menor riesgo*

- a) Contacto con productos o artículos que contengan o estén contaminados con PCB en pequeñas cantidades o bajas concentraciones
- b) Transformadores eléctricos u otro equipo que utilicen aceite mineral que contiene PCB en concentraciones menores a 50 ppm.
- c) Artículos de consumo que contengan PCB para retrasar la combustión

La política aplicable para todos los casos será velar porque el equipo que contenga PCB se mantenga en buenas condiciones y las personas que puedan estar expuestas a los PCB usen la indumentaria de protección adecuada.

Seguidamente, se presenta la tabla que resume los riesgos asociados a cada actividad del ciclo de vida de los equipos y las acciones que tanto la autoridad como el Titular deben tomar para cada una de las actividades señaladas:

5 A Framework for Ecological Risk Assessment. General guidance. Canadian Council of Ministers of the Environment. 1996

Tabla N° 1: Riesgos y Acciones a adoptarse en cada una de las actividades del Ciclo de Vida de los equipos (transformadores, condensadores)

ACTIVIDAD	RIESGO ASOCIADO	ACCIONES A TOMAR
Importación	Ingreso al país de equipos con PCB o aceites dieléctricos con PCB	<ul style="list-style-type: none"> a) Prohibir la importación de aceites y equipos con PCB (Autoridades). b) Exigir para el ingreso de equipos nuevos, la certificación de libre de PCB (Autoridades y Titular que compra los equipos).
Fabricación o reparación de equipos	Utilización de aceite dieléctrico con PCB	<ul style="list-style-type: none"> a) Prohibir la utilización de aceite dieléctrico con PCB en la fabricación de equipos (Autoridades). b) Reparar los equipos con PCB tomando en cuenta todas las medidas de seguridad correspondientes para controlar los riesgos y evitar contaminación cruzada y daños al ambiente y salud de los trabajadores (empresas o talleres que prestan servicio de mantenimiento). c) Utilizar aceite dieléctrico libre de PCB en la fabricación de equipos nuevos (empresas que fabrican transformadores, condensadores). d) Verificar el contenido de PCB en los aceites dieléctricos antes de reparar los equipos (empresas que prestan servicio de mantenimiento).
Uso	Si el equipo no está en buenas condiciones (viejo o mal mantenido), puede tener pérdidas del aceite dieléctrico, produciendo contaminación	<ul style="list-style-type: none"> a) Imponer la obligatoriedad de llevar un registro de equipos que contengan PCB (Autoridades). b) Identificar y registrar todos los equipos que se tienen en uso (colocando etiquetas que señalen



ACTIVIDAD	RIESGO ASOCIADO	ACCIONES A TOMAR
		si contiene PCB) (Titular). c) Establecer medidas de control y condiciones de seguridad para la utilización de equipos que contienen PCB hasta su salida de servicio (Titular).
Mantenimiento	Las técnicas de secado y/o desencubado ⁶ de aceite sin control, pueden provocar la contaminación cruzada de los equipos, al utilizar el mismo equipamiento para el mantenimiento de un equipo con PCB y otro libre de PCB	a) Se debe establecer las condiciones de manejo de los equipos y del aceite a los talleres de mantenimiento, así como del almacenamiento de aceite retirado con PCB (Autoridad y empresas que prestan servicio de mantenimiento). b) Prohibir la reutilización del aceite contaminado con PCB (autoridad). c) Prohibir la comercialización del aceite usado contaminado con PCB (autoridad). d) Utilizar aceite libre de PCB en la reposición de aceite dieléctrico (talleres de mantenimiento). e) Realizar análisis del aceite dieléctrico de los equipos que ingresan al taller de mantenimiento para prevenir la contaminación cruzada (talleres de mantenimiento). f) Realizar análisis del aceite dieléctrico del equipo previa a la entrega de éste, verificando que el mismo está libre de PCB (talleres de mantenimiento).
Destino final	a) Ingreso a hornos de	d) Identificación de equipos



6 O desmontaje, es una operación que implica levantar la tapa de un transformador de potencia, el mismo que previamente fue retirado de uso y vaciado el aceite refrigerante.

ACTIVIDAD	RIESGO ASOCIADO	ACCIONES A TOMAR
del equipo (carcasa)	fundición puede generar emisiones gaseosas con PCB, dioxinas y furanos b) Ingreso a sistemas de tratamiento y/o destrucción inadecuados, no amigables con el ambiente, puede generar contaminación de las aguas, suelos y aire c) Comercialización de equipos con PCB para su reutilización	contaminados con PCB y equipos libres de PCB (Titular). e) Ingreso de equipos a sistemas de recuperación de los materiales, previa descontaminación del mismo (Titular). f) Exportar equipos con PCB para su tratamiento y/o destrucción de Acuerdo al Convenio de Basilea (Titular). g) Prohibir la comercialización de equipos con PCB y de aceites con PCB (Autoridad).
Destino final del aceite	h) Contaminación de las aguas y el suelo por vertido incontrolado de aceite i) Contaminación del aire mal funcionamiento del incinerador o quema a cielo abierto j) Comercialización de aceite con PCB para su reutilización	k) Realizar un tratamiento de descontaminación del aceite con una tecnología ambientalmente adecuada ya aprobada por las autoridades (Titular). l) Exportar el aceite con PCB para su tratamiento y/o destrucción de acuerdo al Convenio de Basilea (Titular). m) Prohibir la comercialización de aceites con PCB (Autoridad).

Fuente: Guía para la elaboración de un Plan de Gestión de PCB en el Sector Minero. Proyecto "Mejores prácticas para el manejo de PCB en el sector minero". 2012. CBRAS-PNUMA

IV. Elaboración del Plan de Gestión Ambiental de PCB

Teniendo en cuenta los riesgos a la salud y al ambiente que implica la presencia de PCB, principalmente en aplicaciones como los equipos transformadores y condensadores y, las disposiciones del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, que establece que los países deben adoptar medidas para eliminar el uso, reducir el riesgo y otras que permitan llegar al 2028 libres de PCB, se ha establecido en el RPAAE, que el titular debe elaborar su PGAPCB.



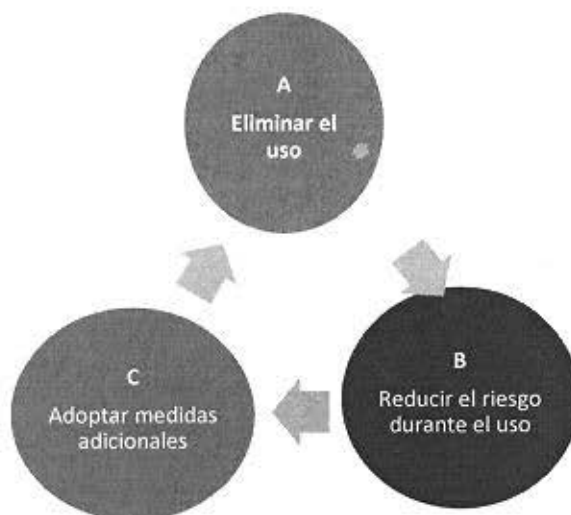


Figura Nº 2: Disposiciones del Convenio de Estocolmo

Del mismo modo, el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes establece que cada Parte deberá:

Eliminar el uso

a) Con respecto a la eliminación del uso de los PCB en equipos (por ejemplo, transformadores, condensadores u otros receptáculos que contengan existencias de líquidos residuales) *a más tardar en 2025*, con sujeción al examen que haga la Conferencia de las Partes, adoptar medidas de conformidad con las siguientes prioridades:

- i) Realizar esfuerzos decididos por identificar, etiquetar y retirar de uso todo equipo que contenga más de un 10% de PCB y volúmenes superiores a 5 litros;
- ii) Realizar esfuerzos decididos por identificar, etiquetar y retirar de uso todo equipo que contenga de más de un 0,05% de PCB y volúmenes superiores a los 0,5 litros;
- iii) Esforzarse por identificar y retirar de uso todo equipo que contenga más de un 0,005% de PCB y volúmenes superiores a 0,05 litros;

Reducir el riesgo durante el uso

- b) Conforme a las prioridades mencionadas en el apartado a), promover las siguientes medidas de reducción de la exposición y el riesgo a fin de controlar el uso de los PCB:
- o Utilización solamente en equipos intactos y estancos y solamente en zonas en que el riesgo de liberación en el medio ambiente pueda reducirse a un mínimo y la zona de liberación pueda descontaminarse rápidamente;



- o Eliminación del uso en equipos situados en zonas donde se produzcan o elaboren alimentos para seres humanos o para animales;
- o Cuando se utilicen en zonas densamente pobladas, incluidas escuelas y hospitales, se deben adoptar todas las medidas razonables de protección contra cortes de electricidad que pudiesen dar lugar a incendios e inspección periódica de dichos equipos para detectar toda fuga;

Adoptar medidas adicionales

- c) Velar para que los equipos que contengan PCB, descritos en el apartado a), no se exporten ni importen salvo para fines de gestión ambientalmente racional de desechos;
- d) Excepto para las operaciones de mantenimiento o reparación, no permitir la recuperación para su reutilización en otros equipos que contengan líquidos con una concentración de PCB superior al 0,005%.
- e) Realizar esfuerzos decididos para lograr una gestión ambientalmente racional de los desechos líquidos que contengan PCB y de los equipos contaminados con PCB con un contenido superior al 0,005%, de conformidad con el párrafo 1 del artículo 6, tan pronto como sea posible, a más tardar al 2028, con sujeción al examen que haga la Conferencia de las Partes;
- f) Esforzarse por identificar otros artículos que contengan más de un 0,005% de PCB (por ejemplo, revestimientos de cables, calafateado curado y objetos pintados) y gestionarlos de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 1 del artículo 6;
- g) Preparar un informe cada cinco años sobre los progresos alcanzados en la eliminación de los PCB y presentarlo a la Conferencia de las Partes con arreglo al artículo 15;



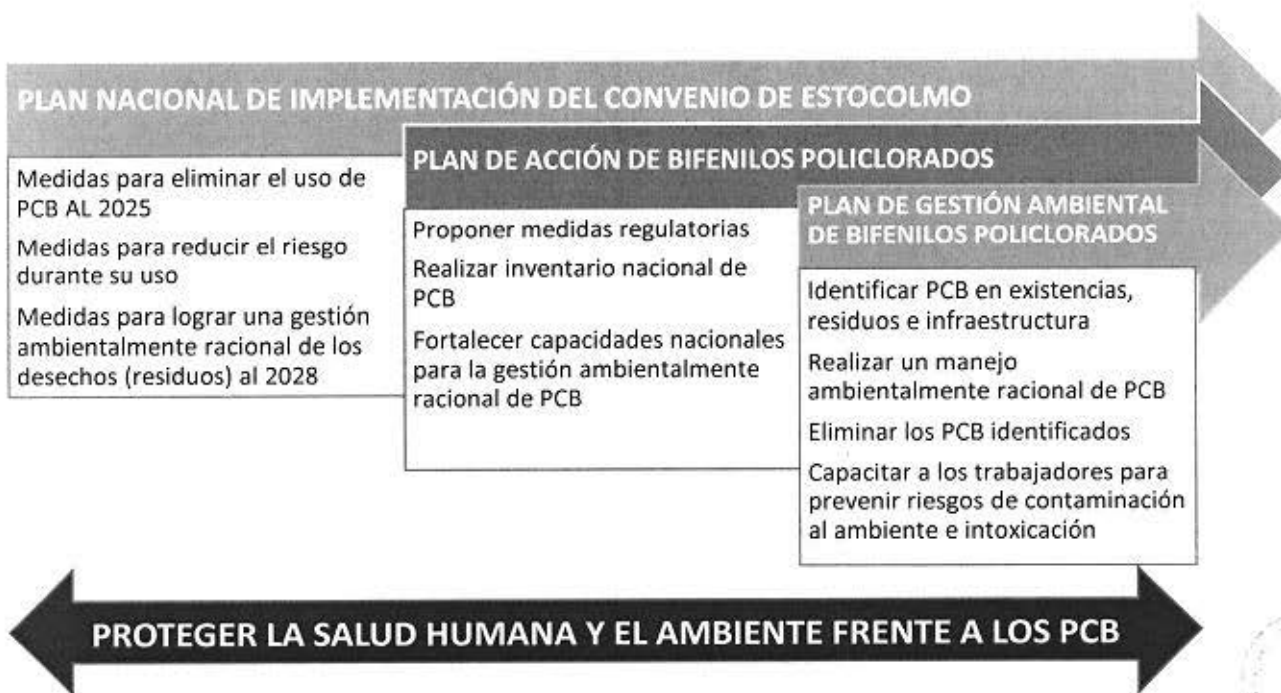
El PGAPCB tiene que considerar, fundamentalmente, medidas para identificar las fuentes y manejarlas, evitando riesgos y eliminando los PCB de esas fuentes. La ejecución del PGAPCB permitirá la eliminación ambientalmente racional de los PCB en existencias y residuos en los plazos establecidos en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

De otro lado, es pertinente señalar que el 2005 (año en que se ratificó el Convenio de Estocolmo), se inició el proceso de elaboración del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes en el Perú (en adelante, PNI COP), que culminó el 2007.

El PNI COP contiene, entre otros planes y estrategias, el Plan de Acción sobre PCB, algunas de cuyas metas fueron logradas por acciones realizadas por proyectos e iniciativas de cada Titular.

Así, los resultados que cada Titular logrará con la ejecución de su PGAPCB, y contribuirán directamente con el Plan de Acción de PCB y con los objetivos estratégicos del PNI COP. Finalmente, se logrará el objetivo del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

A continuación, se presenta el contenido del PGAPCB, describiendo cada una de sus partes:



PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE BIFENILOS POLICLORADOS

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Nombre del proponente (personal natural o jurídica) y razón social del Titular
- 1.2. Representante Legal del Titular de la actividad eléctrica
- 1.3. Dirección del domicilio legal, teléfono, correo electrónico, número de RUC
- 1.4. Datos del o los responsables encargados de la elaboración del PGAPCB:

Nombres y Apellidos	Profesión	Nº de Colegiatura	Suscripción de Firma

Cabe señalar que el PGAPCB debe ser elaborado de acuerdo a lo señalado en el RPAAE.

2. ANTECEDENTES

Se deben señalar los instrumentos de gestión ambiental aprobados con los que cuenta el Titular, tales como una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), o Instrumento de Gestión Ambiental Complementario.

También es importante que se indique si cuenta con una política de gestión ambiental, sistemas de gestión ambiental u otros implementados, pues ellos también contribuirán en la ejecución del PGAPCB.

Asimismo, de ser el caso, se debe indicar si cuentan con procedimientos administrativos sancionadores que tengan resolución firme relacionados con los PCB, seguidos ante la autoridad competente en fiscalización ambiental.

2.1. Marco Legal

Señalar las principales normas legales que sustentan la elaboración del PGAPCB, así como las obligaciones y requisitos técnicos que se deben cumplir en relación a la gestión de existencias y residuos con PCB y, muy especialmente, el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

2.2 Actividades realizadas

Se deberá hacer un resumen de los avances realizados por el Titular hasta la fecha de presentación del PGAPCB, referidos a actividades de identificación de PCB (detección de PCB en sus equipos, análisis cromatográfico); así también, si hubieran realizado la eliminación de PCB (sea por tratamiento o exportación para incineración). Se debe tener en cuenta que el detalle de estas actividades debe constar en el capítulo del Diagnóstico Situacional de la Gestión de PCB.

También se deben considerar las acciones realizadas para implementar almacenes para existencias y residuos con PCB.



3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

3.1. Ubicación de instalaciones

Detallar la ubicación geográfica de las instalaciones y/o unidades operativas de propiedad del Titular, indicando las formas de acceso y coordenadas UTM asignadas de acuerdo a los contratos de concesión o autorizaciones de operación, de acuerdo al siguiente formato:

Unidad N°	
Nombre de la unidad	
Ubicación	
Av. Jr. Calle o carretera	
N° o km	
Distrito	
Provincia	
Departamento	
UTM ⁷ (WGS8-84)	
Área donde se desarrolla la actividad (m ² o Ha)	
Teléfono de contacto	

3.2. Descripción del proceso operativo

Describir el proceso operativo, incluyendo el diagrama de flujo.

3.3. Descripción de instalaciones

Describir las características de las instalaciones que se encuentran relacionadas directamente con la actividad eléctrica, presentando cuadros, planos y mapas, debiéndose considerar las coordenadas UTM, Datum WGS-84, incidiendo en las instalaciones donde se cuenten con existencias y residuos con PCB.

Asimismo, es necesario describir aquellas instalaciones que contribuyen con el funcionamiento de la actividad y que son necesarias en la gestión ambiental de materiales y residuos peligrosos, tales como: almacenes, talleres, entre otras. Esta información debe estar acompañada del reporte fotográfico correspondiente.

⁷ Universal Transverse Mercator. Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator.

⁸ World Geodetic System 1984. Sistema geodésico de coordenadas geográficas usado mundialmente, que permite localizar cualquier punto de la tierra por medio de tres unidades dadas.

4. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA GESTIÓN DE PCB

En este capítulo se deben detallar las actividades realizadas por el Titular en fechas anteriores a la elaboración del PGAPCB, tales como, inventario de PCB, así como las diversas actividades realizadas para la eliminación de PCB. Este diagnóstico del trabajo realizado en los últimos años (y que esté documentado), constituye la línea base de cada Titular y es el punto de partida para la planeación de las actividades.

4.1. Identificación de las fuentes probables de ser, contener o estar contaminadas con PCB

Describir las acciones realizadas respecto de la identificación de existencias y residuos probables de contener o estar contaminados con PCB, presentando el listado de equipos, sea que estén en condición operativa, mantenimiento, en reserva o dados de baja y/o desechados (inventario de fuentes probables).

1. Inventario de fuentes con PCB

Si el Titular realizó la detección de PCB y/o análisis cromatográficos se deberán describir estas actividades presentando el listado de los equipos identificados con PCB (base de datos referida en 2.1.1 de la Guía metodológica para el inventario de existencias y residuos contaminados con PCB). Del mismo modo, se debe reportar la existencia de cilindros con aceite contaminado con PCB.

2. Gestión actual en el manejo de existencias y residuos con PCB

Si el Titular realizó acciones para la eliminación de PCB, debe describirlas, informando las cantidades de PCB eliminados, así como las tecnologías aplicadas.

También es pertinente, reportar las actividades de capacitación del personal técnico en gestión ambientalmente racional de PCB.

Las adquisiciones de equipos con la condición de libre de PCB (demostradas con informes de ensayo de laboratorio) y el acondicionamiento de almacenes para PCB, son parte de los avances en la gestión de PCB.

Se consideran documentos que demuestran la gestión de PCB realizada y que deben incluirse como anexos, los siguientes:

- a) Informes de realización de la detección de PCB mediante el uso de métodos colorimétrico o potenciométrico
- b) Informes de ensayo del laboratorio químico de los análisis cromatográficos
- c) Informes de inventarios de PCB realizados en el Titular
- d) Documentos de eliminación de residuos PCB mediante incineración
- e) Certificados/constancias de descontaminación de los equipos
- f) Informes de habilitación de los almacenes (reportes gráficos)
- g) Informes de capacitaciones sobre PCB brindadas a los trabajadores del Titular



- h) Certificados o constancias de capacitación del personal del Titular

Cabe señalar que, si el Titular no realizó ninguna de las acciones mencionadas, deberá planificar estas acciones describiéndolas en el acápite 5.1 del punto 5.

5. GESTIÓN AMBIENTAL DE PCB

5.1 Identificación de PCB

Indicar si el Titular tiene existencias y residuos con PCB, la ubicación de las fuentes, la condición de los equipos, el peso del fluido o del aceite (kg), el peso bruto del equipo (kg), entre otra información que es parte del "inventario de PCB"; para ello, hay pasos a seguir que se detallan en la Guía Metodológica para el Inventario de Existencias y Residuos con PCB.

A continuación, se resumen las principales actividades a programarse para identificar PCB en equipos transformadores y condensadores:

5.1.1. Identificación de existencias y residuos con PCB

El Titular debe definir y planificar las actividades para la identificación de PCB de acuerdo con los lineamientos técnicos señalados en la Guía Metodológica para el Inventario de Existencias con PCB.

De manera resumida, el PGAPCB debe incluir actividades para:

- a) Elaborar sus bases de datos para el registro de las "fuentes probables de PCB" (en existencias y residuos) constituyendo el inventario de todos los equipos del Titular.

Esta actividad es muy importante pues ayudará al Titular a conocer el número real de los equipos que tienen; sea que estén en servicio, estén en mantenimiento, en calidad de reserva, hayan sido dados de baja o desechados. Todos los equipos y sus características deberán registrarse en la base de datos. El tiempo que tomará tener esta información está en función al número de equipos, a los lugares geográficos donde están instalados y su accesibilidad, toda vez que es importante la verificación física de los equipos, por lo que se recomienda que se tome una foto de cada uno de ellos. Una breve descripción de estas fuentes se puede apreciar en el Anexo 1.



Figura N° 3: Toma de datos de la placa
PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA

- b) Extracción de muestras de los aceites dieléctricos, y de superficies no porosas, con los correspondientes protocolos para el manejo de muestras y cuidado de la cadena de custodia.
- c) Identificar las existencias y/o residuos con PCB, procediendo con un descarte mediante el uso de pruebas colorimétricas o potenciométricas y análisis cromatográficos confirmatorios (de los resultados positivos); o solicitando



directamente el análisis cromatográfico a los laboratorios que cuenten con el método de ensayo acreditado ante el INACAL u otra entidad acreditadora al ILAC MRA.⁹

- d) Etiquetar las existencias y residuos identificados como PCB o contaminados con PCB a fin de realizar un manejo cuidadoso de estos equipos.

Para realizar todas estas tareas operativas se deben utilizar los equipos de protección personal que se indican en la Guía Metodológica para el Inventario de Existencias y Residuos con PCB, que también se indican en el Anexo 2.



Figura N° 4: Toma de muestra
PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA



Figura N° 5: Muestra etiquetada
PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA



Figura N° 6: Descarte con kit de campo
PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA



Figura N° 7: Preparación de la muestra en laboratorio
PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA



Figura N° 8: Cromatógrafo
PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA

⁹ ILAC es la organización internacional para organismos de acreditación que operan bajo la ISO / IEC 17011 y que participan en la acreditación de organismos de evaluación de conformidad (NTP-ISO/IEC 17011:2017), incluyendo laboratorios de calibración (que utilizan ISO / IEC 17025) (NTP-ISO/IEC 17025:2017), laboratorios de ensayos (que utilizan ISO / IEC 17025) (NTP-ISO/IEC 17025:2017), laboratorios clínicos (que utilizan ISO 15189)(NTP-ISO 15189:2014) y organismos de inspección (que utilizan ISO / IEC 17020)(NTP-ISO/UEC 17020:201).



Figura Nº 9: Etiqueta en equipo muestreado
PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA



Figura Nº 10: Etiqueta en equipo contaminado con
PCB - PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA

5.1.2. Elaboración del reporte del inventario

Se debe elaborar el reporte anual del inventario mostrando detalladamente, incluyendo los resultados obtenidos de los avances en el inventario de PCB (bases de datos, gráficos), el mismo que se detalla en 2.6 *Reporte de resultados y mantenimiento del inventario de PCB (Reporte de Inventario) de la Guía metodológica para el Inventario de existencias y residuos contaminados con PCB*. Este reporte debe incluirse en el Informe Ambiental Anual que presenta el titular ante la autoridad.

5.2 Evaluación de riesgos para la toma de decisiones

Como se ha descrito en el punto 3.4, la presencia de PCB (sea que estén en las existencias o en residuos) en las instalaciones del Titular constituye una situación de riesgo tanto para los trabajadores como para el entorno ambiental que debe evaluarse. En este sentido:

- a) La evaluación debe contener una identificación de peligros en base a los actos y condiciones subestándar, donde están operando los equipos y donde se ubiquen los residuos.

Se deben evaluar los riesgos de los peligros identificados mediante una metodología empleada validada con el fin de reducir la subjetividad y proponer medidas de control del riesgo que serán parte del manejo ambientalmente racional de existencias y residuos con PCB. Se sugiere seguir la metodología basada en el Documento Técnico N° 398 (Ayres et al, 1998) del Banco Mundial que está en el capítulo 3. Riesgos de contaminación con PCB del "*Procedimiento de manejo de PCB durante el mantenimiento de equipos*" publicado el 2016 por el Ministerio del Ambiente y que se halla en la web: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/11869/LIBRO-pcb-mantenimiento-de-equipos_V_final.compressed.pdf

5.3. Manejo ambientalmente racional de existencias y residuos con PCB

Teniendo en cuenta que se puede seguir utilizando equipos con PCB o contaminados con PCB hasta el 2025, es muy importante que el personal esté entrenado para el manejo de estos equipos, con la finalidad de prevenir una exposición ocupacional y accidentes que signifiquen la liberación del aceite dieléctrico al ambiente.



El Titular debe implementar medidas de control y seguimiento de los equipos que contienen PCB (tanto en las existencias como residuos), pero esto requiere que su personal tenga el conocimiento de los riesgos que implica el trabajo con PCB y de las buenas prácticas ambientales a aplicarse durante el uso, manipulación, mantenimiento, así como para la adquisición de equipos libres de PCB.

En el PGAPCB se pueden considerar actividades como:

5.3.1 Capacitación en el manejo de las existencias y residuos con PCB

Si bien los trabajadores conocen muy bien el funcionamiento de los equipos y procesos operativos para la generación, transformación y distribución de energía es pertinente dotar de conocimientos sobre el manejo de sustancias y residuos peligrosos, en particular los PCB a aquellos trabajadores que realicen actividades vinculadas al manejo de existencias o residuos con PCB. Esta actividad debe realizarse periódicamente dada la rotación del personal y la necesidad de reforzar conocimientos y sobre todo de impulsar adecuadas prácticas durante el trabajo. El Titular deberá programar la periodicidad de las capacitaciones de acuerdo con sus necesidades. Las buenas prácticas ambientales deben formar parte de las buenas prácticas operacionales del Titular.

5.3.2 Medidas de prevención de riesgos ocupacional y contaminación del ambiente

Teniendo en cuenta que algunos de los equipos que están en operación contienen o están contaminados con PCB, es pertinente adoptar medidas que puedan prevenir, reducir o controlar los riesgos ocupacionales y de contaminación del ambiente.

a) Durante uso y manipulación

Se deben implementar medidas y buenas prácticas ambientales durante el uso y manipulación de los equipos que contienen PCB a fin de prevenir pérdidas y derrames de PCB al ambiente, la exposición de los trabajadores y atender de inmediato las contingencias que puedan presentarse durante el uso de equipos que contengan PCB. En el Anexo 2: "Uso y manipulación de equipos que contienen PCB" se brindan las recomendaciones para el manejo de equipos que contienen PCB, sea que éstos estén en operación o en condición de reserva (listos para operar) o si están en el almacén en condición de residuo (equipos dados de baja y/o desechados), cómo debe ser el ambiente de trabajo, qué hacer para evitar pérdidas y derrames.

b) Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento rutinario ya están definidas y se realizan con periodicidad; en el Anexo 3: "Revisión y control de equipos e instalaciones conteniendo PCB" se dan pautas para que los responsables del mantenimiento y operación de los equipos realicen una revisión periódica de los mismos a fin de minimizar las contingencias que podrían presentarse durante el uso de las existencias o residuos con PCB que se hallan almacenados.



c) Transporte (interno y externo)

Habiendo identificado las existencias con PCB, el siguiente paso es sacarlo de uso. El Titular debe evaluar la pertinencia en el tiempo del retiro de los equipos, esto tiene directa relación con el programa de reemplazo de los equipos y los recursos que se deberán destinar para ello. La fecha límite es el 2025; sin embargo, cuanto más pronto se reemplacen los equipos con PCB, los riesgos ambientales se verán disminuidos.

Las tareas a programarse en el PGAPCB están referidas al movimiento de los equipos, tanto dentro de una misma instalación como el transporte desde los otros puntos de ubicación hacia el almacén temporal o hacia los almacenes de aduanas previa la exportación de la carga. También debe tenerse en cuenta las condiciones de almacenamiento que deben tener estos equipos. En el Anexo 4: Manipulación y transporte de equipos con PCB se brindan las pautas para el retiro de los equipos con PCB, el movimiento de las existencias y residuos dentro de las instalaciones, transportarlos a través de las vías nacionales, almacenarlos temporalmente y el transporte para exportación.

Son varias las acciones que el Titular debe considerar en el PGAPCB que son de suma importancia toda vez que, de no realizar un adecuado manejo de las existencias y residuos hasta el momento de su eliminación, constituyen en un factor de riesgo que se debe controlar.

d) Características del almacenamiento de existencias y residuos con PCB

Identificadas las existencias y residuos con PCB, muchas veces, la medida que adopta el Titular es almacenarlos, a fin de tener controlado el riesgo en un ambiente seguro. Al respecto, este almacén temporal debe estar debidamente acondicionado para la no liberación del PCB al ambiente, teniendo cuenta que tanto las existencias como los residuos con PCB deberán ser eliminados a más tardar el 2028.

Es pertinente señalar, que si bien en el Art. 55º (Plazos para almacenamiento de residuos sólidos peligrosos) del D.S. 014-2017-MINAM que aprueba el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos se establece que los residuos sólidos peligrosos no podrán permanecer almacenados en instalaciones del generador de residuos sólidos no municipales por más de doce (12) meses, **con excepción de aquellos regulados por normas especiales** o aquellos que cuenten con plazos distintos establecidos en los IGA; se está ante la situación de la excepción, puesto que la gestión de los PCB está regulada por norma especial, que es el Convenio de Estocolmo.

En el Anexo 5: Almacenamiento de equipos con PCB se presentan las características que debe tener un área destinada al almacenamiento de materiales y residuos peligrosos, de acuerdo a la normatividad vigente y otras medidas técnicas adicionales a tener en cuenta particularmente para el almacenamiento de equipos y residuos con PCB.



5.3.3 Medidas para contar con equipos libres de PCB

Teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 85° del RPAAE sobre el control de PCB (85.1 Está prohibida la importación, comercialización, distribución y uso de sustancias que contengan Bifenilos Policlorados (PCB) en el ámbito de las actividades eléctricas de acuerdo a lo establecido en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes -COP), es pertinente adoptar medidas para evitar que los PCB formen parte de los activos del Titular vía adquisición de equipos y materiales o como producto de prácticas inadecuadas en los servicios de mantenimiento contratados.

En este sentido, en el PGAPCB se deben programar tareas considerando medidas:

- Para la adquisición de equipos nuevos libres de PCB
- Para la contratación o realización del servicio de mantenimiento

En el Anexo 6: Adquisición de material y equipos libres de PCB y contratación de servicios de mantenimiento, se dan pautas para prevenir el ingreso de PCB vía la compra de equipos nuevos y materiales susceptibles de contener PCB, así como por las prácticas inadecuadas en los servicios de mantenimiento.

5.3.4 Medidas para el manejo de PCB durante la operación y mantenimiento de equipos

En el Anexo 7: Manejo de PCB durante la operación y mantenimiento de equipos, se brindan las orientaciones técnicas a tenerse en cuenta para adoptar medidas a fin de evitar la exposición ocupacional, contaminación cruzada de los equipos y contaminación del ambiente.

5.4 Tratamiento y Eliminación ambientalmente racional de PCB

La eliminación de PCB constituye la etapa final o la que cierra el ciclo de vida del PCB en un equipo (transformador, condensador u otra aplicación); por ello, el Titular debe conocer las tecnologías que existen para la eliminación, las ventajas y desventajas de varias de ellas, cuáles son las que se han aplicado en el país o en países cercanos de la región de Sudamérica y poder hacer una evaluación de los costos para tomar decisiones. Cabe precisar que, las tecnologías que brinden servicio de eliminación de PCB deben contar con la aprobación de los instrumentos de gestión ambiental que corresponden.

Para tomar decisiones sobre la eliminación, la Alta Dirección del Titular debe contar con los resultados finales del inventario de PCB o, por lo menos, tener información de un gran avance del inventario, lo que permitirá hacer proyecciones, de modo tal, que los responsables de la elaboración del cronograma de actividades sustenten la necesidad de realizar una eliminación progresiva o de lo contrario, una sola operación en determinado momento. Así es necesario conocer los indicadores de seguimiento¹⁰ de la GAR de PCB, según se indica a continuación:

¹⁰ Estos indicadores miden en porcentaje, la ejecución de las actividades tanto del inventario como la eliminación, los cuales deberán compararse con lo programado en el cronograma de actividades, y en base a los resultados se determinará la necesidad de ajustar el cronograma o continuar con el trabajo programado.

Indicadores de seguimiento de los avances en el inventario:

- a) Indicador de avance en el descarte de PCB

$$D(\text{PCB}) = (\text{número de equipos con descarte de PCB} / \# \text{ total de equipos}) * 100$$

- b) Indicador de equipos (sean existencias o residuos) contaminados

$$C(\text{PCB})_n = (\text{número de equipos con PCB} \geq 50 \text{ ppm} / \# \text{ total de equipos}) * 100$$

- c) Indicador de peso de equipos contaminados con PCB

$$C(\text{PCB})_{\text{kg}} = (\text{Peso de equipos con PCB} \geq 50 \text{ ppm} / \text{peso total de los equipos}) * 100$$

- d) Indicador de peso de aceite dieléctrico contaminado con PCB

$$C(\text{PCB})_{\text{ac}} = (\text{Peso de aceite con PCB} \geq 50 \text{ ppm} / \text{peso total del aceite}) * 100$$

Indicadores de seguimiento de los avances en la eliminación

- e) Indicador de equipos contaminados con PCB eliminados

$$E(\text{PCB})_n = (\text{número de equipos con PCB eliminados} / \# \text{ total de equipos con PCB}) * 100$$

- f) Indicador de peso de equipos contaminados con PCB eliminados

$$E(\text{PCB})_{\text{kg}} = (\text{Peso de equipos con PCB eliminados} / \text{peso total de equipos con PCB}) * 100$$

- g) Indicador de peso de aceite dieléctrico contaminado con PCB eliminados

$$E(\text{PCB})_{\text{ac}} = (\text{Peso de aceite con PCB eliminado} / \text{peso total del aceite con PCB}) * 100$$

Con esta información, será más sencillo definir las actividades que deberán programarse o reprogramarse. Debe tenerse en cuenta que, si el Titular no ha avanzado en el inventario, en el PGAPCB se deberá programar la eliminación en etapas posteriores, como parte de la actualización del inventario y ajustes del PGAPCB.

Aspectos para definir la tecnología de eliminación

Es importante tener en cuenta que el Convenio de Basilea define como "eliminación ambientalmente racional de PCB" al proceso mediante el cual se elimina la presencia de PCB de la matriz que lo contiene, el cual debe basarse en principios acordes con el respeto al medio ambiente y la protección de la salud de las personas, como son:

1. Reducir los residuos generados
2. Reducir el transporte de existencias y residuos con PCB
3. Reutilizar las existencias
4. Reciclaje y valorización de residuos



Estos principios son congruentes con los que sustentan la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, a decir:

- a) **La economía circular:** La creación de valor no se limita al consumo definitivo de recursos, considera todo el ciclo de vida de los bienes. Debe procurarse la regeneración y recuperación eficiente de los recursos dentro del ciclo biológico o técnico, según sea el caso.
- b) **Valorización de residuos:** Los residuos sólidos generados en las actividades productivas y de consumo constituyen un potencial recurso económico; por lo tanto, se priorizará su valorización, considerando su utilidad en actividades de: reciclaje de sustancias inorgánicas y metales, generación de energía, recuperación de componentes, tratamiento, entre otras opciones que eviten su disposición.

Teniendo en cuenta los principios señalados, se tienen dos procesos generales a los cuales se puede someter una existencia o residuo que sea, contenga o esté contaminado con PCB:

- Eliminación ambientalmente racional de PCB con recuperación.
- Eliminación ambientalmente racional de PCB sin recuperación.

El primer caso se trata de tecnologías que permiten la recuperación del equipo y sus componentes (transformador), para poder seguir utilizándolos como tales o reciclar las partes o componentes metálicos como materia prima en fundiciones secundarias y el aceite para ser regenerado y utilizado como dieléctrico, o re-refinado o como insumo para elaboración de grasas o finalmente como combustible.

La incineración es un tipo de proceso de eliminación sin recuperación; es decir, el aceite y otros materiales no metálicos como papel, madera no se recuperan, se destruyen, aunque siempre hay aprovechamiento energético en el incinerador.

En el Anexo 8, se muestran las tecnologías para la eliminación ambientalmente racional de PCB.

En las siguientes tablas se presenta un resumen de los procesos de lavado y descontaminación de transformadores y, de destrucción de PCB, tecnologías que han venido aplicándose en el continente sudamericano. Y en el Anexo 9, se puede apreciar un resumen de las experiencias nacionales de eliminación de PCB¹¹.

¹¹ En el país se tiene experiencias de haber gestionado los PCB mediante tecnologías con recuperación y sin recuperación. Tanto el MINAM como la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA) del Ministerio de Salud ejecutaron los proyectos "Mejores Prácticas para el manejo de PCB en el Sector Minero" entre el 2011 y 2014 (MINAM) y Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados" 2011 y 2017 (DIGESA) dirigidos a los sectores minero y eléctrico respectivamente. Ambos proyectos recuperaron equipos, muchos de los cuales siguen funcionando pues se realizaron procesos de dechlorinación y el proyecto de la DIGESA realizó exportaciones para incineración; por tanto, se tiene experiencia en este tipo de trabajos. Ambos proyectos requirieron el concurso de empresas que implementaron sus tecnologías, por lo que ya existe de cierta manera una capacidad instalada.

Tabla N° 2: Procesos de lavado y descontaminación de transformadores

Tipo de proceso	Insumos requeridos	Temperatura de operación	Productos del Proceso	Reciclaje de Insumos Y Productos Final
Lavado con solución emulsionante	Emulsionante o detergente comercial afín al aceite	Ambiente a 60°C	Solución acuosa contaminada	Se separa y recicla agua, se obtiene una solución acuosa concentrada en aceite y PCB, 10 % - 30%
Lavado con solvente orgánico	Solvente orgánico miscible con el aceite y fácil de separación de éste	Ambiente a 60°C	Mezcla homogénea de solvente orgánico contaminado	Se separa y recicla el solvente, se obtiene un concentrado de PCB en el aceite 20 - 40 % en peso
Rellenado o retrofilling (retrolleado)	Aceite mineral libre de PCB afín al transformador	Ambiente	Aceite dieléctrico contaminado	El aceite contaminado se puede usar para rellenar un transformador con un contenido de PCB mucho mayor
Calentamiento al vacío	Gas caliente o calentamiento por radiación	>200°C	Aceite dieléctrico contaminado	Aceite dieléctrico contaminado



Tabla N° 3: Comparación de procesos relevantes para la destrucción de PCB

Proceso	Ventajas	Condiciones de Operación	Desventajas	Aplicabilidad
Tratamiento térmico	Sistema de flujo continuo, amplia aplicabilidad y eficiencia de destrucción	800 °C < T < 1200°C Presiones bajas Tiempo de residencia del orden de los segundos	Costo elevado, alta temperatura. Emisión de gases tóxicos (PCDDs, PCDFs, N ₂ /SO ₃)	Residuos sólidos y líquidos, suelos contaminados
Declorinación química	Sistema de flujo continuo operando a baja	Uso de catalizadores, hidrógeno, sodio	Baja eficiencia de destrucción Costo elevado	Aceite contaminado con PCB

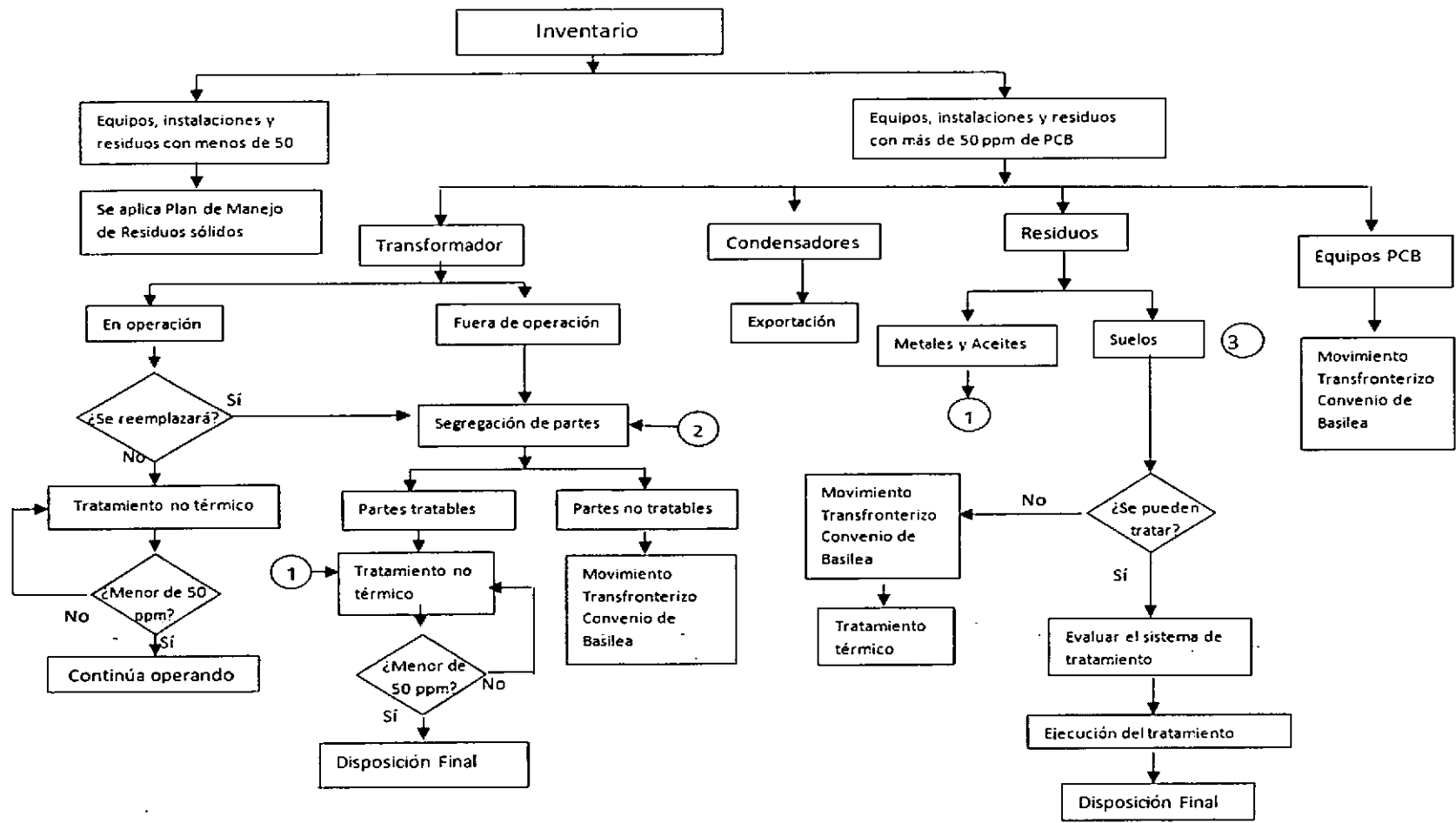
Proceso	Ventajas	Condiciones de Operación	Desventajas	Aplicabilidad
	temperatura y presión			
Reducción química en fase gas	Sistema de flujo continuo con alta eficiencia de destrucción	Alta temperatura (850 °C o superiores.)	Usa hidrógeno, riesgo de explosión	Aceite contaminado con PCB
Bioremediación	No hay subproductos. Condiciones ambientes Aplicable a grandes extensiones de tierra	Temperatura y presión ambiente	Baja eficiencia de destrucción. Proceso muy lento. Inactivo para Orto-PCB	Suelos contaminados

Los aspectos que se deben tener en cuenta en la toma de decisiones son los referidos a la tecnología y su accesibilidad.

En el siguiente diagrama se muestra la ruta que se debe seguir para la disposición final, según los resultados obtenidos en el inventario.



Figura N° 11: Metodología para las decisiones sobre la disposición final¹²



¹² Centro Regional de Basilea para América del Sur (CBRAS)/Proyecto "Mejores Prácticas para el Manejo de PCB en el Sector Minero. Herramienta para la Toma de Decisiones. Gestión de PCB en la industria minera. 2011



Es probable que las actividades de eliminación no se puedan programar en detalle desde un inicio dado que los resultados del inventario se tendrán en un corto o mediano plazo dependiendo del tamaño del parque de equipos del Titular.

Teniendo los resultados del inventario, así como la información sobre las tecnologías disponibles en el país y los pasos a seguir si se tuvieran que exportar residuos para disposición final, el Titular debe programar sus actividades, las cuales pueden ser:

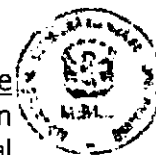
- a) Revisión de los resultados del inventario
- b) Evaluación técnico-económica de las alternativas de eliminación
- c) Diseño de la estrategia de eliminación
- d) Eliminación de PCB
 1. Elaboración de los términos de referencia para la contratación de los servicios de eliminación de PCB
 2. Contratación de los servicios de eliminación de PCB
 3. Ejecución de la operaciones y procesos para la eliminación
- e) Reporte a la autoridad de la disposición final de residuos y de descontaminación de equipos

Dado que la eliminación es la etapa ulterior en el ciclo de vida de los PCB en equipos, ésta no se ejecutará desde el inicio del PGAPCB, sino en período posterior. Por ello, en la planificación y establecimiento del cronograma de actividades, cada Titular tendrá que programar estas actividades en función a experiencias que tuvieran ellas mismas u otro Titular, respecto a la eliminación de los PCB (sea mediante tratamiento o exportación).

- a) Revisión de los resultados del inventario. Es muy importante tener el inventario de fuentes (principalmente transformadores y condensadores), así como conocer el avance en la identificación de PCB (índices de existencias y residuos contaminados, índice de pesos de equipos y aceite contaminados, índice de pesos de equipos y aceite eliminados), para proyectar la cantidad de PCB que podría hallarse y el momento en que debería realizarse la eliminación.
- b) Evaluación técnico-económica de las alternativas de eliminación. La información sobre las características de las alternativas para la eliminación (tanto de procesos con recuperación como sin recuperación) que existen en el país o países próximos, así como los costos, deberán ser evaluados para optar por los procesos adecuados.
- c) Diseño de la estrategia de eliminación. El Titular deberá establecer los momentos en los que debe realizarse los procesos de eliminación, de modo tal que pueda programar su ejecución técnica y presupuestal, teniendo en cuenta los plazos establecidos en el Convenio de Estocolmo y el horizonte de su PGAPCB.



- d) Eliminación de PCB. Para realizar estas actividades se deberá:
1. Elaborar los términos de referencia para la contratación de los servicios de eliminación de PCB
 2. Contratar los servicios de eliminación de PCB
 3. Ejecutar la operaciones y procesos para la eliminación
- e) Reporte a la autoridad de la disposición final de residuos y de descontaminación de equipos. Los resultados de la eliminación de PCB en existencias y residuos deberán ser reportados en el Informe Ambiental Anual que presenta el titular ante la autoridad competente y significarán la modificación del inventario inicial de PCB, así como el cumplimiento de las obligaciones respecto de la gestión de los PCB.



5.5 Gestión de sitios contaminados con PCB

De identificarse sitios potencialmente contaminados, producto de las actividades de subsector electricidad, el Titular deberá proceder de acuerdo con lo establecido en el Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM, que aprueba los Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados en concordancia con el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para suelos y el RPAAE.

6. CRONOGRAMA, PRESUPUESTO y RESPONSABLES

El Titular deberá elaborar un cronograma con las actividades y tareas previstas en el PGAPCB tanto para el corto, como mediano y largo plazo (de requerirse), así como estimar el costo de las mismas. Se deberá establecer el o los responsables para la ejecución de cada una de las actividades. Es muy importante tener al responsable técnico y a quien toma las decisiones, muy bien identificados. Ellos serán quienes respondan por la ejecución del PGAPCB ante la alta dirección y el titular de la empresa responderá ante las autoridades sectorial competente y de fiscalización ambiental.

Para el inventario, se puede tomar como referencia los *costos promedio* o referenciales para el inventario por opciones determinados por el Proyecto PCB de DIGESA/UNIDO (2017)¹³ u otro similar que considere precios de mercado internacional:

- a) Determinación mediante descarte por L2000DX y análisis cromatográfico de gases confirmatorio: USD 117,00;
- b) Determinación mediante análisis cromatográfico de gases confirmatorio: USD 157,00;
- c) Determinación mediante descarte por Clor-N-Oil 50 ppm y análisis cromatográfico de gases confirmatorio: USD 33,00

¹³ Costos obtenidos teniendo en cuenta los precios de mercado para el descarte con kits, con el L2000DX (Dexsil), análisis cromatográfico y el número de muestras evaluadas por el proyecto (entre el 2014 y 2016).



Las actividades del PGAPCB deberán ser incluidas en el plan operativo anual del Titular y contar con presupuesto asignado.

Se muestra a continuación un ejemplo de un cronograma de actividades para un PGAPCB de 5 años y, seguidamente, un ejemplo de la programación anual del presupuesto y asignación de responsables.



CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	2020				2021				2022				2023				2024			
	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T	1T	2T	3T	4T
a) Realizar el inventario de PCB en existencias y residuos																				
1.1. Identificación de las fuentes probables de ser, contener o estar contaminados con PCB (Transformadores y Condensadores)	■	■																		
1.2. Identificación de existencias y residuos contaminados			■	■	■	■	■	■	■	■			■				■			
1.3 Elaboración del informe del inventario y reporte cuyos avances se deberán incluirse en el Informe Ambiental Anual.					■				■				■				■			■
b) Realizar un manejo ambientalmente racional de las existencias y residuos con PCB																				
2.1. Capacitación de los trabajadores en manejo de existencias y residuos con PCB		■			■				■				■				■			
2.2. Implementación de medidas de prevención de riesgos de exposición ocupacional y contaminación del ambiente		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2.3. Implementación de medidas para contar con equipos libres de PCB		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2.4. Adopción de medidas para el manejo de PCB durante la operación y mantenimiento		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
c) Sacar de uso las existencias identificadas con PCB																				
3.1. Reemplazo programado de los equipos en servicio que tienen PCB														■		■		■		■
3.2. Almacenamiento seguro de los equipos contaminados		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
d) Realizar la eliminación ambientalmente racional de PCB en existencias y residuos																				
4.1. Revisión de los resultados del inventario						■														
4.2. Evaluación de la mejor tecnología disponible en el mercado							■													
4.3. Diseño de la estrategia de eliminación								■	■											
4.4. Contratación de los servicios para la eliminación de PCB									■	■	■				■				■	■
e) Actualizar periódicamente el inventario de PCB																				
5.1. Actualización del inventario de PCB					■				■				■				■			■



PRESUPUESTO Y RESPONSABLES

Actividades	2020				Presupuesto	Responsables
a) Realizar el inventario de PCB en existencias y residuos						
1.1. Identificación de las fuentes probables de ser, contener o estar contaminados con PCB						
1.2. Identificación de existencias y residuos contaminados						
1.3. Elaboración del informe del inventario y reporte						
b) Realizar un manejo ambientalmente racional de las existencias y residuos con PCB						
2.1. Capacitación de los trabajadores en manejo de existencias y residuos con PCB						
2.2. Implementación de medidas de prevención de riesgos de exposición ocupacional y contaminación del ambiente						
2.3. Implementación de medidas para contar con equipos libres de PCB						
2.4. Adopción de medidas para el manejo de PCB durante la operación y mantenimiento						
c) Sacar de uso las existencias identificadas con PCB						
3.1. Reemplazo programado de los equipos en servicio que tienen PCB						
3.2. Almacenamiento seguro de los equipos contaminados						
d) Realizar la eliminación ambientalmente racional de PCB en existencias y residuos						
4.1. Revisión de los resultados del inventario						
4.2. Evaluación de la mejor tecnología disponible en el mercado						
4.3. Diseño de la estrategia de eliminación						
4.4. Contratación de los servicios para la eliminación de PCB						
e) Reporte periódicamente del inventario de PCB						
5.1. Actualización de la información del inventario de PCB						

Como se aprecia en el cronograma de actividades, se tiene el punto 5 referido al reporte del inventario, ya que cada vez que se avance en la identificación de PCB, así



como en la eliminación de PCB en existencias y residuos, se deberá actualizar la información; por tanto, el inventario de PCB. El reporte de los avances deberá incluirse en el Informe Ambiental Anual que el Titular deberá presentar a la Autoridad Competente en Materia de Fiscalización Ambiental, hasta el 31 de marzo de cada año.

7. PLAN DE CONTINGENCIAS

Se deberá elaborar un Plan de Contingencias evaluando los riesgos de PCB. Pueden tomar como referencia el Anexo 10 (Plan de emergencias y contingencias) de la presente Guía.





ANEXOS DE LA GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE BIFENILOS POLICLORADOS (PCB) APLICABLE A LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA

Anexo 1: Materiales que contienen PCB

A continuación, se describen las principales características de estos distintos materiales y productos que pueden contener PCB, de manera que se puedan comprender mejor las técnicas de contaminación aplicables en cada caso.

Transformadores

Los transformadores son una pieza importante en el proceso de generación y distribución de electricidad. Permiten aumentar o reducir el voltaje al que se transporta y utiliza la electricidad. Las centrales eléctricas producen electricidad a alto voltaje y es más económico transportar esta energía a larga distancia a ese alto voltaje. Pero ese voltaje debe reducirse en la proximidad del lugar donde se utiliza; por ejemplo, desde varios millares de voltios para su transporte a unos 220 voltios para su uso en los hogares. Para realizar estos cambios se utilizan los transformadores. Así, pues, pueden verse con frecuencia transformadores en el campo y en las ciudades, en particular en países donde por consideraciones de costos, estos equipos se sitúan en la altura en lugar de enterrarlos, si bien debe advertirse que los transformadores eléctricos pueden tener los más diversos tamaños, desde los que alcanzan las dimensiones de una gran sala hasta lo que son mucho más pequeños que una caja de cerillos.

El transformador consiste fundamentalmente en una caja cerrada que contiene dos series de bobinas de cobre que comparten un núcleo magnético. El número relativo de alambres de cobre en cada bobina determina la relación de reducción (o aumento) del voltaje. El transformador tiene en su exterior dos puntos de conexión consistentes en un conductor eléctrico y una protección aislante de cerámica. La caja externa es de hierro o de acero. Las partes activas del interior consisten en unas placas metálicas planas que actúan como magneto, rodeadas por las bobinas. Estas bobinas consisten en un alambre de cobre revestido de barniz. Además de estas piezas, el transformador habitual contiene (lo que puede resultar sorprendente) unos puntales de madera que mantienen en su lugar las partes activas; esto se debe naturalmente a que la madera es neutra desde el punto de vista eléctrico. La totalidad del espacio libre se rellena con un aceite dieléctrico que es el que durante muchísimos años se ha basado en los PCB. Hoy en día en los equipos nuevos sólo se utilizan líquidos reemplazantes que no contienen PCB.

La descontaminación total de un transformador plantea problemas resultantes de la propia estructura del equipo. Aunque las superficies metálicas, como las de la caja, se pueden descontaminar fácilmente con un solvente, en los transformadores se plantean dos problemas principales:

En primer lugar, el alambre de cobre está revestido de un barniz. Durante toda la duración de su uso, este barniz absorbe los PCB que es preciso extraer, en un proceso que exige más tiempo que el necesario para limpiar las superficies externas metálicas de la caja. Lo mejor es separar las distintas piezas (cajas, bobinas, etc.) y adaptar el tiempo de descontaminación a las características de cada una de ellas.

El segundo problema, aún más grave, es el que plantean los puntales de madera y el papel que podría hallarse presente. Estos son materiales muy porosos y difíciles de limpiar con un solvente. Si no se descontaminan hasta concentraciones de PCB que



sean aceptables para su disposición en rellenos de seguridad (según reglamentos que varían de unos países a otros), las piezas en cuestión deben ser incineradas.

Para enfrentarse con el problema de la descontaminación de un transformador existen dos caminos: o bien se retira el aparato del servicio o bien, estando aún el transformador en funcionamiento, se reemplazan los líquidos dieléctricos por un sucedáneo que no contenga PCB. En el primer caso, la descontaminación completa conduce a la destrucción del transformador con posible recuperación de la mayor parte de sus componentes metálicos.

El segundo método se denomina de "retroalimentación". Con el transformador aún en servicio se extrae el aceite eléctrico que se trata en un circuito cerrado que permita destruir los PCB que contiene. Para la práctica de esta retroalimentación existen varias tecnologías.

Una desventaja de la retroalimentación es que los PCB no sólo se encuentran en el aceite sino también en las estructuras porosas de madera del transformador. Así, los PCB pueden irse difundiendo lentamente a partir de la madera al tiempo que durante el proceso de descontaminación va reduciéndose la concentración de PCB en los aceites limpios. Este proceso de difusión no se concluye en el lapso de tiempo que dura la operación de retroalimentación y más tarde, a medida que se prosiga la difusión, irá aumentando la concentración de PCB en el transformador retroalimentado. A causa de este incremento, la concentración de PCB en el nuevo aceite puede superar al límite fijado por la legislación, lo que obligará a una ulterior operación de retroalimentación.

Pese a estos factores, la retroalimentación se utiliza con frecuencia y con éxito a grandes transformadores o a los que son inaccesibles por diversas razones.

Las tecnologías propuestas para la descontaminación de los transformadores han de tener en cuenta cada uno de estos factores.

Capacitores

Al igual que el transformador, el capacitor consiste en un contenedor metálico sellado con un núcleo activo. En el caso del capacitor, el núcleo está constituido por unas láminas continuas de una fina hoja metálica (aluminio) enrollada con la separación de una película aislante de polipropileno y/o papel impregnado con PCB. Este núcleo está introducido en la caja del capacitor y el espacio que queda libre se rellena con un aceite dieléctrico de PCB.

Esta estructura es relativamente difícil de descontaminar. En general, los capacitores se destruyen por incineración después de haber retirado todo el aceite de PCB que puede hallarse presente, y de separar la caja del núcleo. Nunca es fácil extraer los PCB existentes en el interior de la lámina enrollada.

Ello no obstante para el tratamiento de los capacitores existen ciertas tecnologías que permiten descontaminarlos y recuperar los materiales útiles para su reciclado. En el caso de los capacitores, los materiales útiles son la caja externa y la lámina de aluminio que se utiliza en los rollos. Este aluminio tiene una calidad eléctrica y si se descontamina por completo puede alcanzar precios elevados como material reciclado.



En el reciclado de esta lámina lo más difícil es conseguir una buena separación entre las láminas de aluminio y las de papel/polímeros. Ha de tenerse en cuenta que estas películas aislantes han absorbido PCB y toda operación dirigida a recuperar el aluminio, que es fácil de descontaminar con un solvente, debe ocuparse así mismo de este material contaminado. Algunos capacitores se tratan y reciclan incluso en países donde se puede recurrir a la incineración; en estos casos se incineran después los materiales contaminados y de difícil descontaminación incluidos en la película orgánica. Éste es un buen método económico y técnicamente asequible para la descontaminación de capacitores con recuperación de materiales.

Aceites de transformador

Un aceite contaminado por PCB se puede tratar según dos métodos fundamentales:

- a) Extracción de los átomos de cloro de las moléculas de PCB y reutilización del aceite ("descloración" o dechlorinación); o,
- b) Destrucción del aceite de PCB por oxidación (incineración).

La dechlorinación suele realizarse por reacción química con un agente reductor que extrae los átomos de cloro y da un aceite que puede adaptarse para su reutilización.

El caso 2 requiere una técnica que sólo pueden aplicar las empresas que extraen aceites de PCB de transformadores antes de la incineración del transformador o de su desmantelamiento para recuperar las piezas metálicas útiles.

Aceites de desecho

Lamentablemente esta categoría de productos se utiliza con frecuencia en la industria. Incluye diversos aceites de desecho que se recogen conjuntamente para su ulterior eliminación. Sucede con frecuencia que por inadvertencia se mezclan aceites de desecho contaminados por PCB con otros aceites de desecho generados normalmente y que por sí mismos no suponen ningún riesgo particular. A continuación, se observa que la mezcla de aceite está contaminada y se debe tratar mediante las adecuadas tecnologías de destrucción de PCB.

Desde el punto de vista de la descontaminación existe una diferencia entre los aceites de transformador y los aceites de desecho. Los primeros están constituidos por hidrocarburos bien determinados e hidrocarburos clorados y se pueden descontaminar mediante los métodos químicos antes descritos. Por otra parte, los aceites de desecho se pueden tratar sólo después de haber analizado su composición. En general, será preciso filtrarlos para extraer todos los cuerpos extraños y, en particular, será preciso extraer toda el agua antes de la descontaminación. Pero a causa de este problema y de los costos que ocasiona, la mayor parte de los aceites de desecho contaminados se destruyen en incineradores de alta temperatura o en hornos de cemento cuando existen.



Anexo 2: Uso y manipulación de equipos que contienen PCB

Objetivo

Brindar pautas para el uso de equipos con PCB y las consideraciones que debe tenerse en cuenta para la protección del ambiente y de los trabajadores ya que, de acuerdo a lo estipulado en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, los países pueden permitir que se utilicen hasta el año 2025 y en el país no hay normatividad que indique otro plazo.

Alcance

Este procedimiento comprende a todos los equipos que contienen PCB con concentraciones igual o mayor a 50 ppm que se encuentren en uso, listos para su uso (almacenados en calidad de reserva) o que estén fuera de servicio en las instalaciones del Titular.

Responsabilidades

Los mismos responsables de la elaboración y mantenimiento de inventarios con PCB (ver Guía para elaborar un Inventario) deberán también responsabilizarse por la implementación de buenas prácticas para la manipulación de los equipos que contienen PCB en concentraciones mayores o iguales a 50 ppm.

Uso de equipos que contienen PCB

De acuerdo al Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes, es posible mantener en uso equipos que contengan PCB hasta el año 2025 y eliminar los PCB hasta el 2028. En tal sentido, es necesario establecer las condiciones para que este uso no genere riesgos a los trabajadores y el ambiente, evitando la exposición laboral y la pérdida de PCB por manipulación inadecuada de los aceites, en operaciones de limpieza, mantenimiento, reparación, etc., que pueden llevar a liberaciones involuntarias.

El etiquetado de las existencias y residuos con PCB es vital para tomar todas las precauciones y realizar un adecuado manejo de estos equipos, siendo un aspecto de seguridad básico de cualquier sistema de GAR.

Prevención de pérdidas y derrames

Para la prevención de pérdidas y derrames se debe implementar las siguientes medidas:

- a) Verificar en forma periódica y documentar en forma visual, el estado de cada equipo. En particular debe observarse la presencia de derrame de aceite de las válvulas, grifos, juntas de aisladores, junta de tapa, visor de nivel, tanque de expansión y en general en la estructura del equipo. En caso de observarse pérdidas, se evaluará la posible afectación del entorno en función de la misma para establecer la prioridad de mantenimiento. En caso se observe sólo mancha de aceite, juntas resacas sin evidencia de pérdida, se deja constancia y se verifica en la próxima inspección el avance de dicho problema. En caso se



observe aceite libre, goteo del mismo fuera del equipo, o cualquier otra pérdida no controlada, se debe proceder a la coordinación de una operación de mantenimiento que resuelva la pérdida.

- b) Recolectar los residuos y el material afectado, considerando todos los residuales que sean recolectados con contenido de PCB, debiendo ser almacenados en depósito de PCB para su caracterización analítica y eliminación.
- c) Proveer de material absorbente y elementos de contención de derrames de volumen suficiente.
- d) Colocar los equipos sobre bateas o bandejas de contención con capacidad suficiente, de tal forma de recolectar los líquidos que puedan derramarse.
- e) En aquellos equipos instalados en interiores o lugares de escasa ventilación, se recomienda realizar controles ambientales laborales, según normativa de referencia, (norma NIOSH 5503 o equivalente). Asimismo, se recomienda una frecuencia anual y tomar las medidas de higiene necesarias, de acuerdo a los niveles que sean detectados y las recomendaciones que realice el profesional higienista.
- f) Capacitar al personal, de acuerdo a los riesgos que conlleva la manipulación de PCB, así como los otros riesgos asociados, como el eléctrico, riesgos generales de seguridad e higiene. La capacitación también debe considerar el plan de emergencias y contingencias.
- g) Se debe proveer Equipos de Protección Personal (EPP) al personal que realice operaciones que involucren PCB, los que se describen a continuación:

Ropa de Trabajo y Equipos de Protección Personal

Se debe usar ropa tipo overol y equipos de protección individual como: casco, guantes, lentes y botas de seguridad, y otros necesarios según los riesgos que se presentan en la actividad que se desarrolle. La vestimenta y los EPP deben ser resistentes a los químicos, específicamente impermeable a los PCB (ejemplo, se usan overoles de Tyvek).

El trabajador debe vestir ropa de trabajo limpia antes de comenzar a trabajar. Si la ropa ha tenido contacto con los PCB debe ser desechada.



Guantes de viton

El Viton es el mejor material para los guantes que se emplean en la protección de la exposición no obstante, se puede utilizar los guantes a



Guantes de nitrilo

mejor material para los que se emplean en la protección de a los PCB, según la NIOSH66; para la extracción de muestras utilizar los guantes de nitrilo o prueba de productos químicos.

Asimismo, los EPP (casco, guantes, lentes y botas de seguridad entre otros necesarios) deben estar limpios, previendo su correcta conservación, asimismo, se debe evaluar permanentemente su estado para removerlos de su uso, cuando sea necesario.



Protección de los Ojos



Al trabajar con líquidos, use gafas a prueba de salpicaduras y un escudo de protección de la cara, a menos que use protección respiratoria con pieza facial de cara completa.

Si en el lugar de trabajo hay polvo, use gafas a prueba de polvo y un escudo de protección de la cara, a no ser que use protección respiratoria con pieza facial de cara completa.

Protección Respiratoria

Se debe usar los respiradores (máscaras protectoras) en base a un programa escrito disponible en las instalaciones donde se manejan los PCB, el que debe tener en cuenta las condiciones en el lugar de trabajo, requisitos para el entrenamiento de los trabajadores, pruebas del ajuste de los respiradores y exámenes médicos, como los que se describen en OSHA 1910.134.



Donde exista una potencial exposición a PCB por contener el aire una concentración por encima de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se debe usar un respirador de línea de aire con pieza facial de cara completa, aprobado por OSHA/NIOSH, que funcione a presión-demanda u otro modo de presión positiva. Para una protección mayor, se debe usar en combinación con un aparato respirador auto contenido que funcione a presión-demanda u otro modo de presión positiva.

Cuando la concentración de PCB en el aire es menor a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se emplearán máscaras completas con presión negativa y con cartuchos para material particulado y vapores orgánicos.

En general, los proveedores y/o fabricantes de equipos de seguridad pueden suministrar recomendaciones acerca de los equipos de protección personal para proveer la mayor protección para operar con los equipos, materiales y residuos con PCB.

Precauciones generales para el manejo de equipos contaminados con PCB

En la manipulación de líquidos y materiales contaminados con PCB se deben tomar las siguientes precauciones:



- a) Verificar que el área de trabajo tenga buena ventilación; si esto no es así, especialmente en casos de subestaciones de caseta o subterráneas, se debe utilizar ventiladores portátiles que serán instalados a nivel del piso.
- b) Los síntomas por exposición de las personas a PCB son: cloracné, irritación de los ojos, somnolencia, dolor de cabeza e irritación de la garganta. En caso de presentarse estos casos aplicar el Plan de Contingencias (llamar al médico).
- c) No se debe permitir, en ningún caso, que el personal fume en el área donde se esté manipulando material con PCB.
- d) En caso de derrame de PCB, éste debe contenerse con materiales absorbentes que serán depositados en barriles de acero para su posterior eliminación autorizada. El personal encargado de derrames debe tener en cuenta las siguientes precauciones de primeros auxilios:
 - o Si ha habido contacto de los ojos con PCB, hay que enjuagarlos de inmediato con agua, por lo menos durante 15 minutos y solicitar atención médica.
 - o Si ha habido contacto de la piel con PCB, quitarse de inmediato toda la ropa contaminada y lavar la parte del cuerpo afectada con jabón y agua.
 - o En caso de ingestión, enjuagarse la boca varias veces con agua limpia, tomar agua, y solicitar atención médica.
 - o En caso de inhalación, retirarse a un área de aire fresco y solicitar atención médica.



Ventilación del ambiente de trabajo

Una ventilación adecuada ayudará a garantizar que no se acumule vapor o aerosol de PCB. En el caso de instalaciones construidas especialmente para estos fines, la ventilación puede ser parte integral del diseño. En los otros casos, o en las instalaciones temporales, una buena ventilación general será suficiente, siempre y cuando la cantidad de aire que entre sea mayor a la cantidad que se extrae, para que se propicie una corriente descendente. Los vapores y aerosoles de PCB suelen ser más pesados que el aire, y con este procedimiento serán controlados más fácilmente. Si se requiere ventilación mecánica, convendrá asegurarse de que el aire sea extraído con un equipo de tratamiento de aire que tenga un sistema de filtración apropiado. Para prevenir la contaminación ambiental, los filtros tendrán que ser de dos fases: un filtro de tela o electrostático para eliminar el aerosol y un filtro de carbono activo para eliminar el vapor.

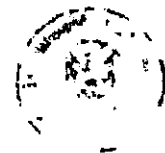
Fugas y derrames de aceite dieléctrico

Las fugas de aceite dieléctrico producen impactos serios en el medio ambiente y las personas. Estas fugas se dan principalmente en equipos que se encuentran almacenados cuando las estructuras sufren fisuras que liberan el fluido permanentemente.

Son menos frecuentes los derrames de los aceites dieléctricos en la fase de operación, sin embargo, durante las actividades de transporte pueden ser muy riesgosas.

En todos los casos es necesario tener en cuenta ciertas medidas de emergencia para dar respuestas inmediatas a las contingencias.

- a) Aislar el lugar del evento, evitando que se acerquen personas que no sean las autorizadas.
- b) Si se presenta derrame continuo del líquido con PCB se debe tratar de evitar que los líquidos se esparzan conteniendo el líquido utilizando para ello el kit de emergencia o acondicionar el terreno como muros de contención evitando la expansión de la fuga.
- c) Impedir que los fluidos derramados alcancen a los sistemas de alcantarillado, fuentes de aguas superficiales y campos de cultivo.
- d) En cuanto sea posible, debe notificarse al jefe superior u otro responsable de las instalaciones.
- e) En caso el PCB alcance una corriente de agua, canalización, o algún área inaccesible, el primer trabajador que llegue al área del derrame debe iniciar procedimientos de notificación de inmediato, y emprender medidas para evitar que más material derramado alcance aguas o suelos.
- f) Una vez que los fluidos derramados hayan sido absorbidos, el material absorbente y los suelos contaminados deben depositarse en los barriles de acero preparados para tal fin. Cuando la situación no permita determinar el nivel de penetración de PCB, se retirarán por lo menos 15 cm de profundidad de suelo.
- g) Las superficies expuestas y contaminadas con los líquidos derramados deben descontaminarse con estopas impregnadas con un solvente eficiente, como el tricloroetano.
- h) Todas las estructuras de acero, estantes de madera, bandeja portacables, también deben lavarse con solvente. Todo el equipo en estas estructuras, que puede estar contaminado por el derrame con PCB pero que no se va a eliminar, debe igualmente limpiarse. El solvente se utiliza con precaución para evitar la contaminación de otros equipos, vehículos, etc., en el área del derrame.



Anexo 3: Revisión y control de equipos e instalaciones conteniendo PCB

Objetivo

Sistematizar las operaciones de control de equipos que se encuentren inventariados con PCB en el ámbito del Titular. Este procedimiento se debe aplicar en tanto no se realice la eliminación de PCB en las existencias y residuos en los plazos especificados en las normas nacionales.

Alcance

Comprende todas las existencias y residuos con PCB, estén o no en uso. Puede ser aplicado en otros campos de la industria o servicios teniendo en cuenta las características específicas que puedan darse en las distintas actividades.

Responsabilidades

Los responsables de las actividades deben estar fijados con precisión en el PGAPCB incluyendo a los responsables del mantenimiento y actualización de inventarios de PCB como al personal técnico de operaciones que velan por el mantenimiento y operación de los equipos. En todo caso se debe garantizar la revisión periódica de equipos para minimizar las contingencias que puedan surgir a partir de equipos en uso o almacenados o residuos que se encuentren en depósitos.

En función de los resultados de revisión se informa sobre las condiciones y las posibles acciones preventivas o correctivas que deben tomarse.

Desarrollo

Programa de revisión de pérdidas

El Titular que posea existencias y residuos con PCB con concentraciones mayores a las permitidas debe poseer un programa especial de revisión de pérdidas para minimizar el riesgo de liberación de PCB al ambiente y la afectación de trabajadores y la población en general, así como el medio ambiente.

El programa de revisión de pérdidas debe ser acorde a:

- La cantidad de equipos que posea el Titular.
- La ubicación geográfica y accesibilidad de los equipos.
- El riesgo ante eventuales derrames.
- El riesgo de incendio de las instalaciones por fallas eléctricas.

Las situaciones sensibles, tales como la presencia de escuelas, centros de salud, población, abastecimientos de agua u otras situaciones que impliquen un mayor riesgo ante el derrame deben ser evaluadas con la finalidad de reducir el riesgo (por ejemplo, realizando su traslado a lugares seguros o menos riesgosos en tanto se ejecuta el PGAPCB).



Revisión de instalaciones que contienen PCB

Controles a realizar o implementar:

- a) Eliminar la presencia de aceite libre en suelos o bateas (bandejas) de contención.
- b) Eliminar la presencia de aceite impregnado en suelo o material poroso.
- c) Eliminar pérdidas visibles de aceite en juntas de tapa, visores o aisladores.
- d) Evitar pérdida o goteo o indicios de pérdidas en válvulas.
- e) Verificar que no haya pérdida en otra parte de los equipos.
- f) Verificar si hay disminución de nivel de aceite en visores.
- g) Verificar el resacamiento de juntas sin pérdida visible.
- h) Chequear el buen estado de la señalización.
- i) Acceso restringido a las instalaciones, ya sea por encontrarse el equipo en uso o bien en depósito aislado de PCB.
- j) Estanqueidad de las bateas de contención de equipos fuera de uso.
- k) Elementos en buen estado para el control de derrames imprevistos.
- l) Elementos de lucha contra incendios en buen estado y debidamente actualizados.
- m) Altas y bajas del personal responsable de las instalaciones donde existe PCB, verificando que es capacitado periódicamente y tiene conocimiento sobre riesgos y operaciones de intervención que deban realizar a los equipos.

En caso de detectarse pérdidas, se debe dar parte en forma inmediata al responsable de mantenimiento de equipos, para que se tomen las medidas para la intervención de los equipos. Esta intervención debe ser realizada por personal propio o subcontratado con experiencia en el manejo de equipos con PCB, que realice las operaciones acordes a los procedimientos de uso, manipulación, servicios de mantenimiento, entre otros.

La pérdida de PCB a partir de equipos eléctricos instalados, puede producir la afectación de las instalaciones, y llevar a la generación de un impacto ambiental por contaminación de elementos constructivos, paredes, pisos, y eventualmente daños ambientales a los componentes suelos y aguas superficiales y/o subterráneas, con la necesidad posterior de realizar actividades de remediación o recomposición ambiental con la debida intervención de la Autoridad Competente.



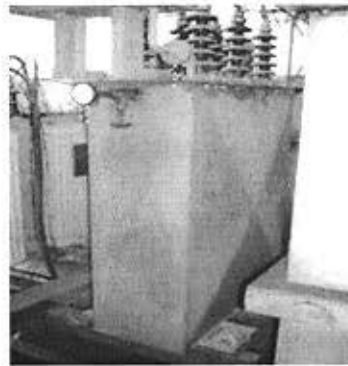


Figura N° 12: Transformadores de subestaciones presentan pérdidas y manchas de aceite tanto en equipos como en la instalación

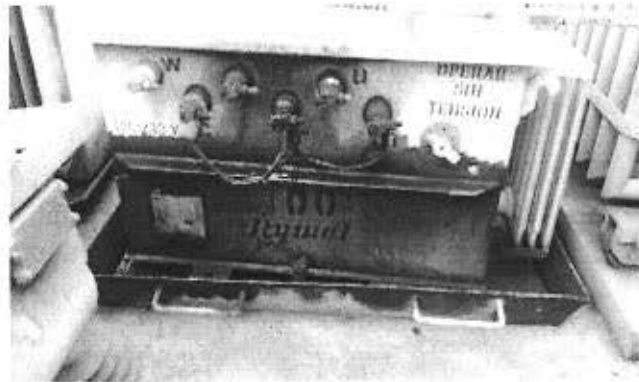
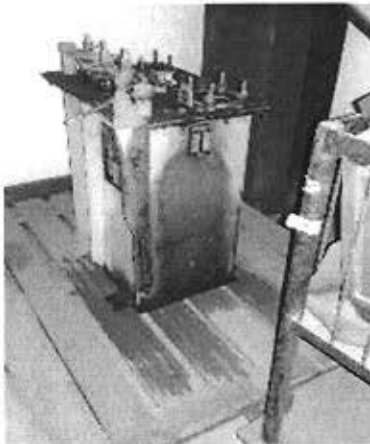


Figura N° 13: Transformadores en almacén muestran pérdidas por válvulas y juntas

Verificación de elementos de lucha contra incendios y control de derrames

Se debe verificar la existencia e integridad de los elementos de lucha contra incendios y control de derrames, debiendo ser reemplazados aquellos que presenten un deterioro que así lo justifique, o bien que hayan expirado o estén próximos a vencer su vida útil.

Revisión de inventarios de PCB e informe a la Autoridad

Una vez realizado el control se debe cotejar contra el inventario de PCB existente. Cualquier diferencia entre el inventario y la revisión de control debe ser justificada e informada a la Autoridad, modificando en consecuencia los inventarios de PCB.



Anexo 4: Manipulación y transporte de equipos con PCB

Objetivo

Dar pautas para realizar el retiro de equipos con PCB para gestionarlos adecuadamente durante el almacenamiento temporal, así como realizar el transporte al interior, como fuera de las instalaciones para tratamiento o disposición final.

Alcance

Este procedimiento comprende todas las tareas que deben desarrollarse para el retiro de equipamiento que ha sido identificado con concentraciones de PCB mayores a las permitidas, dentro o fuera del ámbito de las instalaciones. También incluye todas las operaciones de transporte, tanto internas como externas, hacia depósitos, centros de tratamiento (declorinación) u otra instalación.

El presente documento alcanza las operaciones de transporte por carretera, no contemplando las operaciones de transporte aéreo y/o marítimo, tanto nacional como internacional.

Responsabilidades

El Titular deberá definir las responsabilidades en cada operación de manipulación de equipos con PCB o contaminado con PCB dentro de sus instalaciones, ya sea que se realice con personal propio o contratado.

El Titular es responsable ante eventuales incidentes que pudieran ocurrir durante el transporte fuera de las instalaciones, de acuerdo a la legislación vigente. El transportista será responsable de la carga, de acuerdo a la normatividad sobre transporte de materiales y residuos peligrosos por carretera.

La Autoridad Competente tendrá la responsabilidad de registrar y autorizar a las empresas transportistas, choferes, y eventualmente realizar el control de las operaciones que se realicen.

En función de los movimientos, se exigirá a los poseedores, la actualización de los inventarios, indicando la ubicación nueva de los equipos retirados.

Transporte de equipos con PCB

Operaciones preliminares al retiro

Para realizar el retiro de equipos que puedan contener PCB, hay que tener en cuenta varios factores con la finalidad de controlar riesgos de exposición del personal y de contaminación del ambiente.

1. Riesgo eléctrico.
2. Riesgos generales de seguridad e higiene relacionados a la manipulación de objetos.
3. Riesgos de contaminación ambiental por derrames.
4. Riesgo de incendio que involucre PCB.



Riesgo eléctrico

Se deberá prestar particular atención en todas las tareas que involucren la manipulación de equipos que estén instalados en circuitos eléctricos energizados o desenergizados o que pudieran estar vinculados a redes de tensión.

Se deberá realizar:

- La apertura de los circuitos
- Puesta a tierra y cortocircuito
- Bloqueo de tableros, interruptores, u otro mecanismo que impida el cierre del circuito y
- Etiquetado de seguridad para prevención de puesta en tensión



Figura N° 14: Sistema para la puesta a tierra para transformadores



Figura N° 15: Bloqueo y etiquetado de un interruptor

Riesgos generales de seguridad e higiene

Hay que tener en cuenta que el personal deberá ejecutar tareas que pueden derivar en accidentes de distinto grado de gravedad, tales como golpes, atrapamientos, caídas de objetos, caídas desde altura, además de la propia manipulación de PCB. Deberá contar con capacitación general sobre higiene y seguridad, así como capacitación específica relacionada a la manipulación y prevención de riesgos relacionados con el PCB.

Riesgos de contaminación por derrames

Previo al movimiento de equipos con PCB se deberá consignar la zona y planificar las actividades, de tal forma de evitar posibles pérdidas de aceite aislante que pueden derivar en derrames y contaminación de suelos, aguas instalaciones.

Riesgo de incendio que involucre PCB

En forma previa al movimiento de PCB deberá proveerse de extintores en cantidad suficiente. Además, los vehículos que lo transporten deberán poseer extintores en cantidad estipulada por la reglamentación de transporte.

Tabla N° 4: Tipos de embalaje para PCB

Tipo de Material **Embalaje Requerido para el Almacenamiento y/o Transporte**

Líquidos de PCB

Barriles/tambores cerrados tipo ONU con carcasa metálica

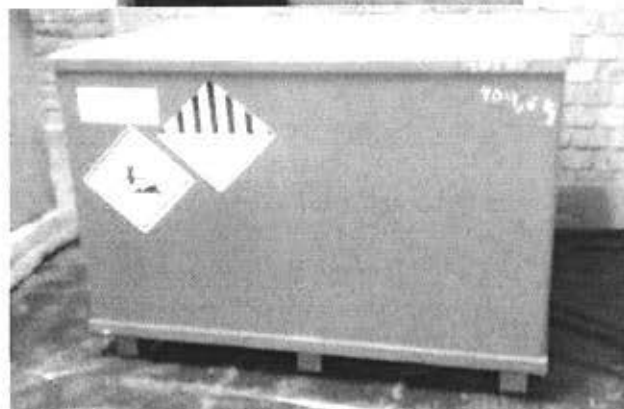
Para el transporte transfronterizo se colocan dentro de bines metálicos y rodean de material absorbente



Sólidos de PCB

Bines/barriles/tambores abiertos en la parte superior, con tapa removible

Para el transporte transfronterizo se sellan y colocan sobre pallets dentro del contenedor



Condensadores / capacitores o balastos

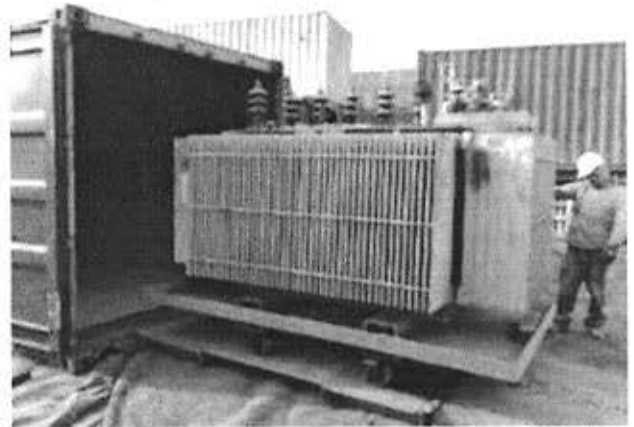
Colocados verticalmente sobre los pallets.

En caso de fuga y/o para el transporte transfronterizo, se colocan en cajas metálicas (cerradas herméticamente y colocados sobre pallets



Transformadores con PCB o contaminados con PCB

Colocados sobre bandejas de contención con uso de material absorbente¹⁴ en caso de fugas de aceite restante posterior al drenaje
Para el transporte asegurarlos dentro del contenedor



Movimiento interno de equipos con PCB

Se entiende como tal todo transporte de equipos con PCB desde la instalación donde se encuentra hacia otra perteneciente al mismo poseedor del equipo, sin tener para ello que transitar por caminos públicos.

Si los contenedores o equipos a transportar poseen pérdidas de fluido, éstos deberán ser colocados en bateas o bandejas de capacidad suficiente para la contención de un volumen al menos igual al 110 % del total del líquido en el/los contenedores. En este caso, se deberá utilizar un recipiente por cada equipo.

El líquido que sea derramado en las bateas deberá ser recolectado e incorporado a tambores o contenedores con cierre hermético lo más pronto posible.

Una vez realizado esto, el movimiento de equipos en bateas o tambores será considerado en forma similar a equipos estancos, considerándose toda pérdida como una situación de contingencia.

El personal que realice las operaciones deberá tener conocimiento sobre los riesgos inherentes a las operaciones de embalaje y transporte de PCB, y estar preparado para resolver contingencias que puedan ocurrir. Con este fin deberá estar capacitado por personal técnico o profesional.



¹⁴ Que pueden ser arena, trapos, paños absorbentes, no aserrín porque es inflamable

Figura N° 16: Movimiento de residuos de PCB en una instalación

Etiquetado e identificación

Los contenedores y equipos que posean PCB deberán ser etiquetados en forma unívoca, de forma tal de poder relacionarlos con los inventarios de PCB que cada poseedor deberá realizar. Además, deberá poseer la identificación mediante los pictogramas que indiquen el contenido de PCB, según lo establecido en las normas nacionales.

En el gráfico siguiente se muestran los pictogramas en el equipo que identifica a los PCB

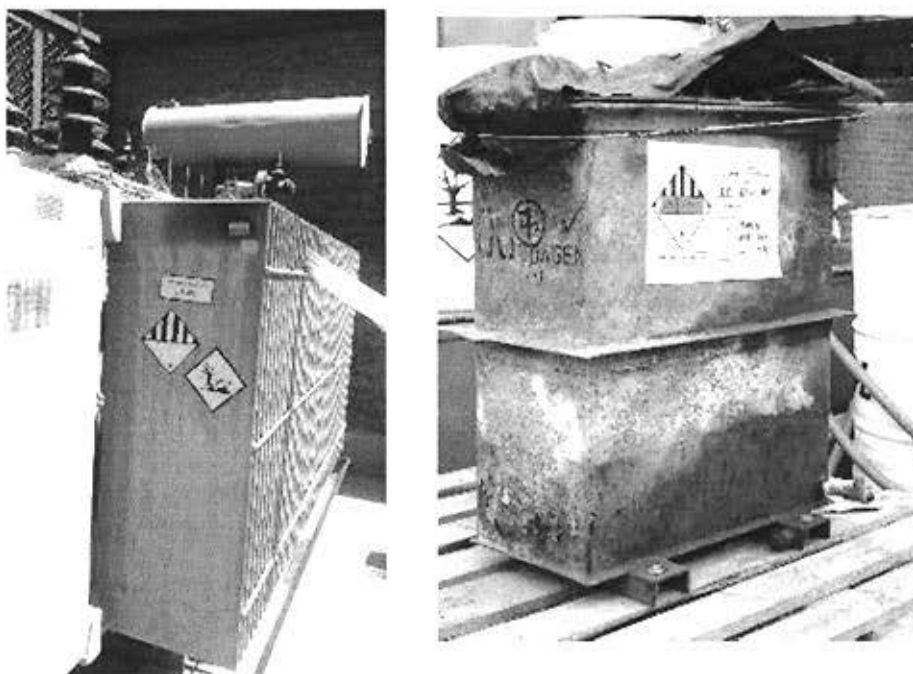


Figura N° 17: Pictogramas adheridos a los equipos

Transporte

Se entiende por transporte a todo movimiento de equipos con PCB fuera del sitio donde se encuentra instalado, debiendo transitar por caminos públicos o privados pertenecientes o no al poseedor del equipo o contenedor de PCB. Este transporte en el ámbito nacional puede deberse a:

1. Transporte hacia otra instalación del Titular, dentro o fuera del sitio, para almacenamiento temporario.
2. Transporte hacia otra empresa, para el almacenamiento temporal con fines de mantenimiento, acondicionamiento, tratamiento y/o disposición final (eliminación).
3. Transporte previo a un movimiento transfronterizo de residuos peligrosos.

En el último caso, por tratarse de una carga ya preparada para exportación, también se deben prever los requisitos necesarios para transporte marítimo, y tramitar los permisos para el movimiento transfronterizo en el marco del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación.

Para el etiquetado de transporte se adoptan los Paneles de Seguridad Naranja de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). En el caso del PCB, el número de identificación del peligro es el 90 (Materiales peligrosos diversos desde el punto de vista del medio ambiente) y la identificación de la materia se asigna con el número 2315 para el caso de los líquidos y 3432 para los sólidos que contengan PCB dentro de su composición.

Los PCB pertenecen a la Clase 9: materiales y objetos peligrosos diversos (materiales sólidos y líquidos peligrosos que ocasionan de manera especial, contaminación ambiental por bioacumulación o por toxicidad a la vida acuática o terrestre).



Número de Identificación de Naciones Unidas



Pictogramas de peligro para la Clase 9

Transporte en el ámbito nacional

El Titular debe programar sus actividades, sea para realizar o contratar los servicios de transporte, considerando lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 021-2008-MTC que aprueba el Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, así como lo establecido en el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278 que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

En este sentido, el transporte de PCB lo deben realizar Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO-RS) inscritas en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y registradas en el Registro Autoritativo de las Empresas Operadoras de Residuos Sólidos del MINAM.

El Titular debe solicitar a las empresas de transporte, como mínimo, la siguiente información:

- Ruta prevista, con los planos correspondientes
- Horas de viaje
- Habilitación del vehículo que certifica las características técnicas vehiculares para el servicio a realizar, así como que cumple con los requerimientos de antigüedad, titularidad, póliza de seguro y revisión técnica.

- d) Respecto del/los conductor/es y el personal que participa en el transporte
1. Permisos/licencias correspondientes para conducir carga peligrosa
 2. Capacitación que tengan acerca del transporte de materiales y residuos peligrosos y atención de emergencias por accidentes (certificada)
 3. Experiencia en servicio similar
 4. Además de sus datos personales

Asimismo, deberá:

- a) Verificar que cuenten con la vestimenta y equipos de protección personal adecuados, los cuales debe utilizar durante el transporte
- b) Revisar el Plan de contingencias que presente la empresa de servicios
- c) Asegurarse de que cuenten con la Ficha de Seguridad que describe los riesgos de los PCB, el cual debe formar parte del plan de contingencias
- d) Verificar el sistema de comunicaciones (radio, teléfono celular, etc.) y si cuentan con el sistema de posicionamiento geográfico (GPS)

Asimismo, el transportista deberá contar con dispositivos que permitan el control y monitoreo permanente del vehículo en ruta y su comunicación permanente y efectiva con la base del transportista. También debe contar con el plan de contingencia para casos de emergencia.

Las unidades de transporte deberán tener los rótulos en las paredes externas para advertir que la carga que transportan es peligrosa y representa riesgos.

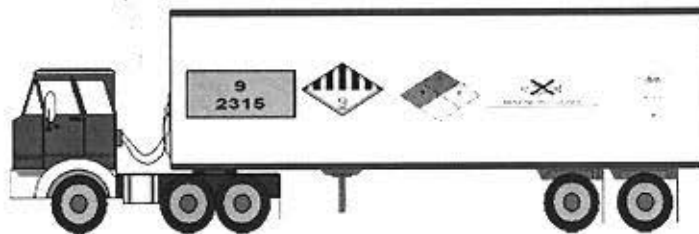


Figura N° 18: Señalización utilizada en el transporte de PCB

Transporte transfronterizo

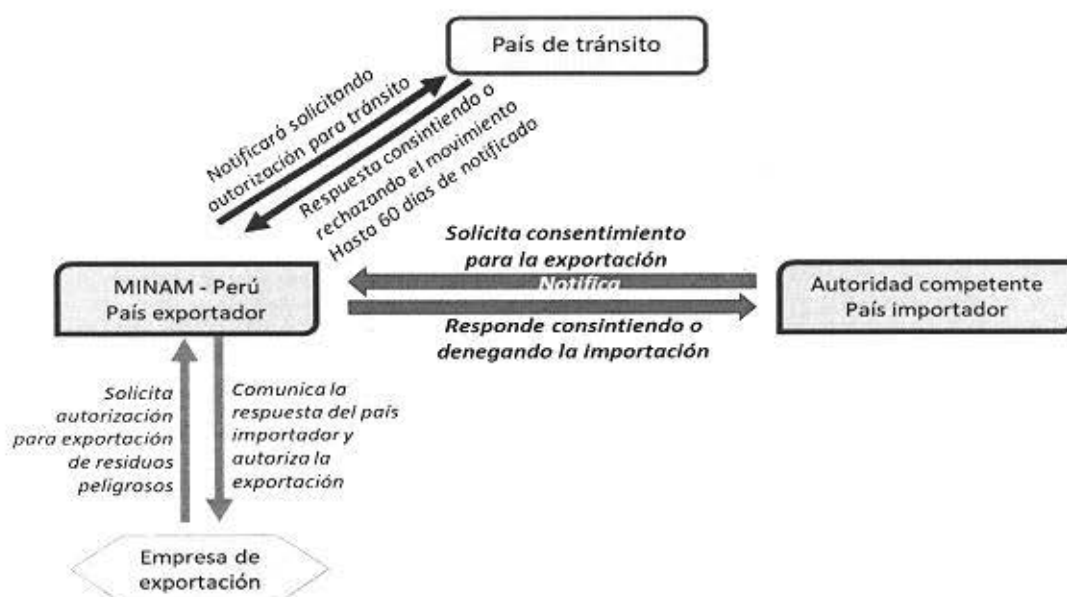
Este transporte se realizará sólo con fines de eliminación ambientalmente racional de los PCB, y cuando no exista en el país tecnología para la destrucción. Actualmente, las exportaciones de PCB se realizan con fines de incineración y los trámites establecidos en la normatividad nacional se basan en lo estipulado en el Convenio de Basilea.

Actualmente, el MINAM otorga la "Autorización de exportación de residuos sólidos" mediante el Procedimiento N° 5 del Texto Único de Procedimientos Administrativos, cuyos requisitos son:

- Formulario F-04 o solicitud que contiene la declaración jurada en la que se indica que los documentos presentados en copia simple son auténticos.
- Pago por derecho de tramitación en tesorería del MINAM o depósito en la cuenta corriente N° 000874035 del Banco de la Nación.
- Memoria descriptiva, indicando el tipo y característica, volumen, fuente generadora del residuo sólido, proceso al cual será sometido y el lugar de eliminación y el período en el que se realizará el embarque, el cual no debe superar el período de doce (12) meses.
- Certificado de análisis físico-químico, microbiológico, radiológico o toxicológico, sobre la composición de los residuos, según corresponda, emitidos por un laboratorio acreditado.
- Copia simple de la notificación al país importador para los residuos comprendidos en el Anexo III del Reglamento. Para los residuos sólidos comprendidos en el Anexo V del Reglamento, sólo si contienen materiales o sustancias del Anexo I del Convenio de Basilea en una cantidad tal que les confiera una de las características señaladas en el Anexo IV del Reglamento.

El plazo para tener una respuesta es de 20 (veinte) días hábiles.

El flujo del procedimiento es el siguiente:



La empresa que brinde los servicios de exportación deberá ocuparse de todos los trámites, tanto para el transporte desde el almacén hasta el almacén en aduanas y puerto, como todo lo que implica la preparación de la carga a transportar.

Las siguientes figuras grafican esta preparación:



Figura N° 19: Barriles/tambores cerrados tipo ONU conteniendo aceite con PCB listo para ser transportado hacia el Puerto

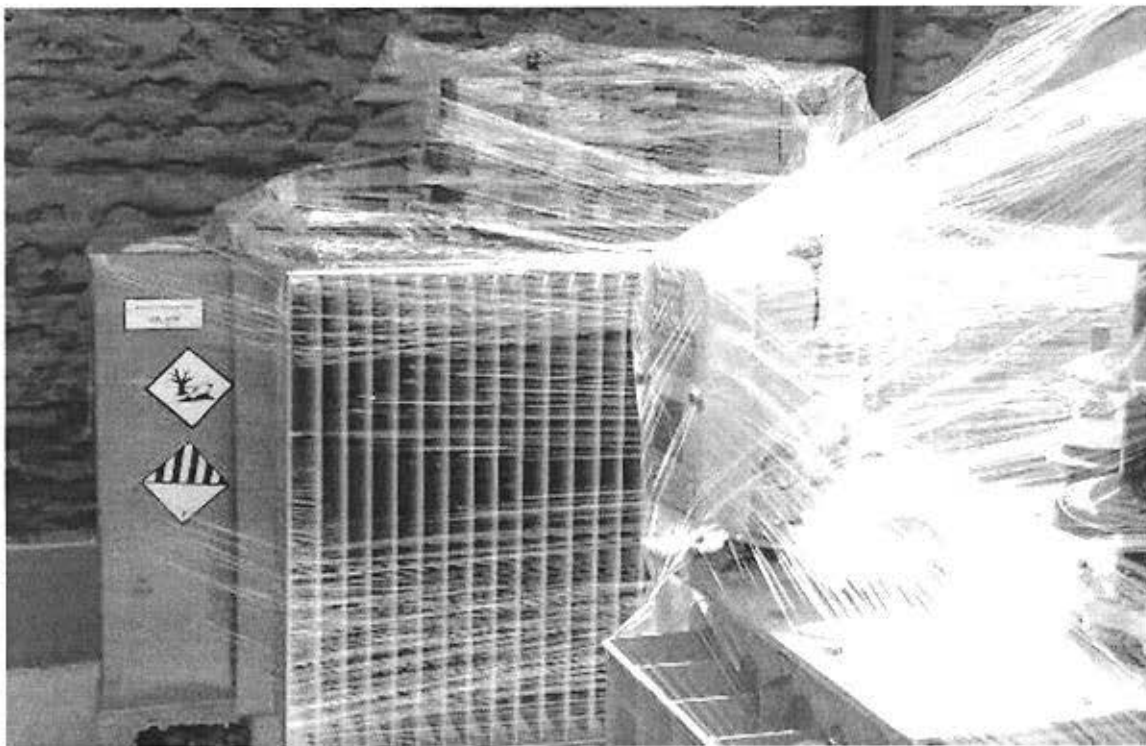


Figura N° 20: Equipos listos para ser transportados

Anexo 5: Almacenamiento de equipos con PCB

En la gestión de los PCB, el almacenamiento es muy importante, toda vez que no es posible ir eliminando los PCB identificados en existencias y residuos cada vez, puesto que se debe tener cantidades suficientes que justifiquen la contratación de los servicios, sean de descontaminación o de eliminación sin recuperación, es decir la exportación para la incineración en el exterior. En este sentido, el almacenamiento temporal es necesario, más aún cuando se tiene el plazo del 2028 para la eliminación de los PCB.

Los equipos con concentraciones de PCB mayores a los 50 ppm (sea que estén en reserva -considerados como existencias o en calidad de residuo), deben estar etiquetados y almacenados en un lugar separados del resto de equipos, guardando todos los cuidados que el caso amerita. Es una buena práctica tener espacios definidos dentro del almacén temporal para las existencias y para los residuos, toda vez que las existencias podrían volver a servicio y también deben estar sujetas a las inspecciones de rutina.

Las existencias de PCB que estén en operación o almacenados como reserva, deberán estar en buenas condiciones; es decir, no presentar fugas ni goteos, el lugar donde estén almacenados deberá ser acondicionado de manera que se asegure su confinamiento en caso de fugas aparte de otras medidas que se detallarán para el almacenamiento de los mismos.

Las existencias y residuos con PCB deben estar debidamente etiquetadas a fin de ser identificadas fácilmente. Es muy importante que los equipos tengan los datos de placa ya que la Marca de Fabricante y el Número de Serie permiten su identificación sin opción a dudas. En los casos en los cuales no se cuente con los datos de placa (debido a su pérdida, desgaste u otra razón) al momento de realizar el Inventario de PCB se le debe asignar un código inconfundible (puede ser el código patrimonial) para ser identificado en el futuro hasta su disposición final.

El espacio destinado para almacenamiento debe cumplir con las exigencias detalladas en el Decreto Legislativo N° 1278 que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (en adelante, LGIRS) y su Reglamento aprobado por el D.S. N° 014-2017-MINAM, para el caso de almacenamiento central de materiales y residuos peligrosos.

Características del almacén

La LGIRS establece que en el diseño del almacén central se deben considerar los siguientes aspectos:

- a) Disponer de un área acondicionada y techada ubicada a una distancia determinada teniendo en cuenta el nivel de peligrosidad del residuo, su cercanía a áreas de producción, servicios, oficinas, almacenamiento de insumos, materias primas o de productos terminados, así como el tamaño del proyecto de inversión, además de otras condiciones que se estimen necesarias en el marco de los lineamientos que establezca el sector competente;
- b) Distribuir los residuos sólidos peligrosos de acuerdo a su compatibilidad física, química y biológica, con la finalidad de controlar y reducir riesgos;



- c) Contar con sistemas de impermeabilización, contención y drenaje acondicionados y apropiados, según corresponda (pisos cubiertos de planchas metálicas o geo membranas);
- d) Contar con pasillos o áreas de tránsito que permitan el paso de maquinarias y equipos, según corresponda; así como el desplazamiento del personal de seguridad o emergencia. Los pisos deben ser de material impermeable y resistente;
- e) En caso se almacenen residuos que generen gases volátiles, se tendrá en cuenta las características del almacén establecidas en el IGA, según esto se deberá contar con detectores de gases o vapores peligrosos con alarma audible;
- f) Contar con señalización en lugares visibles que indique la peligrosidad de los residuos sólidos;
- g) Contar con sistemas de alerta contra incendios, dispositivos de seguridad operativos y equipos, de acuerdo con la naturaleza y peligrosidad del residuo;
- h) Contar con sistemas de higienización operativos, y;
- i) Otras condiciones establecidas en las normas complementarias.

Es pertinente tener en cuenta lo que se señala en el artículo 55 del Reglamento: *Los residuos sólidos peligrosos no podrán permanecer almacenados en instalaciones del generador de residuos sólidos no municipales por más de doce (12) meses, con excepción de aquellos regulados por normas especiales o aquellos que cuenten con plazos distintos establecidos en los IGA.* Y precisamente, la excepción debe ser para el caso de los PCB, ya que el Convenio de Estocolmo estipula que se puede eliminar los residuos que son, que contienen o están contaminados con PCB hasta el 2028; por lo tanto, este plazo es el que aplicaría y las condiciones de almacenamiento de este tipo de residuos deberán realizarse teniendo en cuenta la normatividad nacional referida a almacenamiento de materiales y residuos peligrosos, así como las directrices del Convenio de Basilea.

Adicionalmente, se recomienda que el almacén debe:

- Estar ubicado mínimo a no menos de cien (100) metros de puntos sensibles tales como cuerpos de agua y áreas como colegios, hospitales, centros comerciales y mercados.
- Tener piso de material impermeable al PCB (se recomienda utilizar planchas de acero o geomembrana), resistente a la carga y abrasión, con una pendiente adecuada para permitir el drenaje en caso de derrames o fugas a pozas de recolección y permitir su posterior descontaminación o eliminación.
- Contar con ventilación forzada si el ambiente es cerrado.
- Tener avisos y señales de seguridad colocados de manera visible con información relacionada a estas sustancias peligrosas incluyendo sus hojas MSDS.
- Asegurar la hermeticidad de los transformadores y condensadores y colocarlos sobre bandejas de acero que permita contener el aceite en caso de derrame o



fuga con un volumen de, al menos, el 110% del líquido contenido o el 110% del volumen del equipo más grande. En cada bandeja se podrá colocar tantos condensadores o transformadores o cilindros según el espacio disponible.

- Contar con un sistema drenaje y confinamiento de fluidos para casos de fuga.
- En los casos que se tenga una mezcla de residuos sólidos y líquidos se deberá separar el material sólido en recipientes de acero resistentes a golpes, anticorrosivos y cerrarlos con tapas o tapones de drenaje bien ajustados y con doble empaquetadura. Éstos deberán ser etiquetados.
- En los casos que se tenga existencias o residuos con PCB relativamente pequeños que muestren fugas y derrames en los exteriores del equipo, se deberán almacenar envolviéndolos en bolsas o sacos de polietileno de manera hermética y colocarlos en envases de acero con tapas removibles que se sellarán herméticamente (listos para su disposición final). En caso de tratarse de transformadores, se deberá drenar el aceite en barriles/tambores cerrados tipo ONU y el equipo deberá ser almacenado dentro de una bandeja de protección hasta su disposición final.

Algunas medidas adicionales que hay que tener en cuenta para protección del medio ambiente y las personas, son:

- a) Situar los equipos y materiales sobre parihuelas de apoyo y sujetarlos a las mismas de manera apropiada
- b) Asegurar buena ventilación que no permita la concentración de gases o vapores derivados del aceite dieléctrico con PCB.
- c) De requerirse ventilación mecánica, se asegurará que el aire derivado de la ventilación de este lugar no llegue a otros, donde vivan o trabajen personas.
- d) No se debe almacenar combustibles dentro de 10 m a la redonda del almacén
- e) Estar dotado de un sistema de protección contra incendio para atacar fuegos de tipo químico y eléctrico principalmente.
- f) Acceso restringido a personal autorizado, el cual deberá usar equipos de protección personal, contar con un directorio con los números telefónicos de emergencia, etc.
- g) Tener instalaciones auxiliares: área para la conservación de los equipos de protección personal, zona de descontaminación para su uso en el caso de exposición a PCB y vestuarios y servicios higiénicos.
- h) Contar con planes de contingencias en caso de derrame e incendio





Figura N° 23: Área de almacenamiento de PCB dentro del almacén de residuos peligrosos

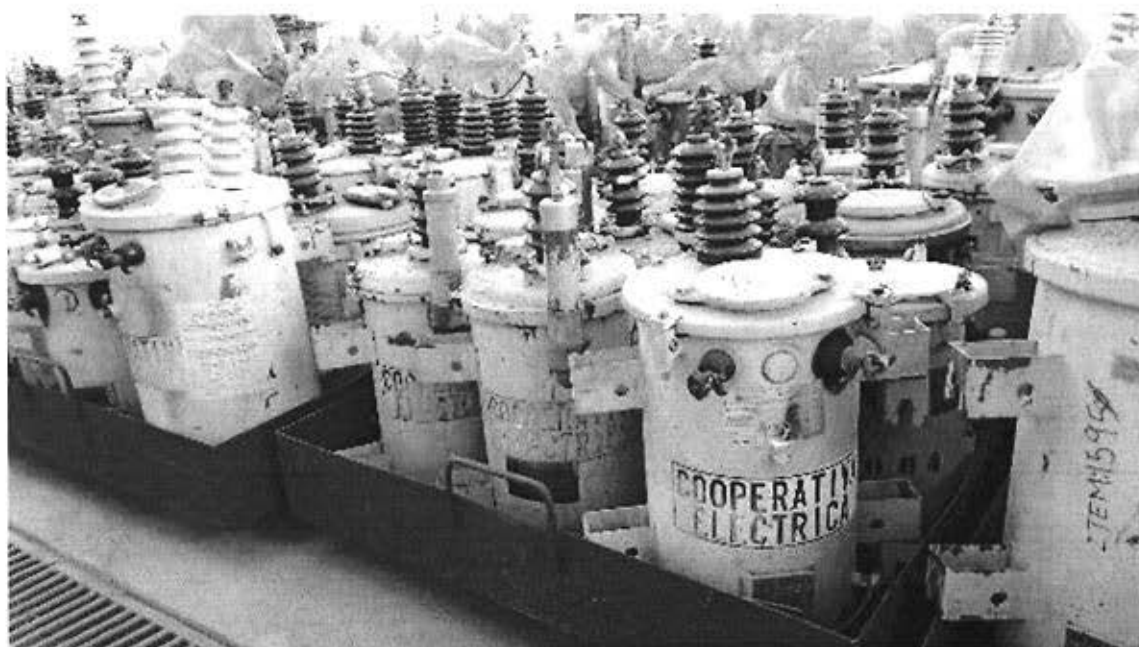


Figura N° 24: Almacenamiento de equipos con PCB

Anexo 6: Adquisición de material y equipos libres de PCB y contratación de servicios de mantenimiento

Objetivo

Establecer pautas que aseguren que el Titular adquiera materiales y equipos libres de PCB y que el servicio de mantenimiento no implique riesgo de contaminación con PCB.

Alcance

Comprende todos los procedimientos y actividades mediante los cuales el Titular incrementa sus activos, con aquellos con probabilidad de contener PCB.

Responsabilidades

Los responsables por parte del Titular deberían ser los técnicos encargados de elaborar los Términos de Referencia para adquisición de equipos que podrían contener PCB y la contratación de servicios de mantenimiento, así como los encargados de los procedimientos y procesos de logística.

Desarrollo

Si bien es cierto, los PCB son sustancias que no se producen aproximadamente desde 1979 y se ha prohibido su utilización a nivel global desde 1983, en la actualidad el mayor riesgo radica en la contaminación cruzada de equipos libres de PCB durante las actividades de mantenimiento en talleres que han sido contaminados con PCB, o en otros casos, fábricas de equipos como transformadores donde por alguna razón, las herramientas o partes han sido contaminadas con PCB.

Desde este punto de vista es necesario que el Titular cuente con pautas que reduzcan o eliminen la posibilidad de adquirir equipos contaminados con PCB o que en todo caso equipos que han recibido mantenimiento en talleres externos retornen al servicio contaminados de PCB.

Para ello, al momento de adquirir equipos o insumos, es pertinente asegurarse que éstos se encuentren en buenas condiciones de operación, así como también que no presenten ningún tipo de contaminante que perjudique la salud de los trabajadores expuestos a dichos equipos o insumos. Esta idea se puede resumir concretamente en la obligación de incorporar en el proceso de gestión de compra, la condición de contar con el certificado de "libre de PCB".

Equipos o materiales que pueden contener PCB

A continuación, en la siguiente tabla se muestra una relación de equipos y materiales que pueden contener PCB ya que en el pasado (antes del 1983) se utilizó esta sustancia para su fabricación y, es probable, que en alguna parte de la secuencia de fabricación se haya contaminado con PCB y que finalmente llegue a las instalaciones del Titular como producto de un proceso de compra.



Tabla N° 5: Relación de equipos y materiales que se fabricaron con PCB

Equipo/material	Detalle
Transformadores	Equipos de potencia o distribución de energía eléctrica, pueden ser nuevos o reparados
Condensadores	En caso de haber sido fabricados antes de 1983
Cables eléctricos	Cables tipo NKY fabricados antes de 1983 con conductores de cobre electrolítico blando, cableados concéntricos o sectoriales. Aislamiento de cinta de papel de celulosas pura e impregnada en aceite "no migrante". Chaqueta interior de aleación de plomo y protección exterior con una chaqueta de PVC color rojo.
Interruptores, relés y otros accesorios eléctricos	Interruptores de gran volumen de aceite con fabricación anterior a 1983, aisladores de porcelana de gran voltaje cargados con líquido o aceite de los tipos GOx.
Líquidos Hidráulicos	Líquido para circuitos de potencia como gatos hidráulicos, frenos hidráulicos, mandos y poder (fabricados antes de 1983)
Motores eléctricos	Refrigerados por aceite para fajas transportadoras
Electroimanes	Fabricados antes de 1976 usados en fajas transportadoras en minas de carbón para capturar metales
Líquidos para transferencia de calor	Líquidos que hayan sido fabricados antes de 1983.



Adquisición de Equipos Importados

Durante las gestiones de ingreso al país de equipos adquiridos fuera del territorio nacional se deberá tomar en cuenta las medidas que aseguren que estos están libres de contener PCB.

En la tabla se presentan las subpartidas sensibles de contener PCB y que habrá que tener en cuenta al momento de importar un equipo o aceite dieléctrico:

Tabla N° 6: Partidas arancelarias sensibles de contener PCB

Subpartida nacional	Descripción
2710.19.33.00	Aceites para aislamiento eléctrico
3824.82.00.00	Bifenilos Policlorados (PCB), Terfenilos Policlorados (PCT) o Bifenilos Polibromados (PBB).

Subpartida nacional	Descripción
8504.21.19.00	Transformadores de dieléctrico líquido de potencia superior a 1 kVA, pero inferior o igual a 10 kVA
8504.21.90.00	Transformadores de dieléctrico líquido de potencia superior a 10 kVA, pero inferior o igual a 650 kVA
8504.22.10.00	Transformadores de dieléctrico líquido de potencia superior a 650 kVA pero inferior o igual a 1000 kVA
8504.22.90.00	Transformadores de dieléctrico líquido de potencia superior a 1000 kVA pero inferior o igual a 10 000 kVA
8504.23.00.00	Transformadores de dieléctrico líquido de potencia superior a 10 000 kVA
8532.10.00.00	Condensadores fijos concebidos para redes eléctricas de 50/60 Hz, para una potencia reactiva superior o igual a 0,5 kVAR (condensadores de potencia)

Verificación al ingreso de equipos al país

Todo equipo o material tales como:

- a) Transformadores
- b) Condensadores
- c) Aceite dieléctrico
- d) Líquido Hidráulico

Deben contar con certificado "Libre de PCB"; en caso no contaran con dicho certificado deberán realizarse pruebas utilizando los procedimientos descarte de PCB y/o cromatografía de gases, si en la detección resultara positivo o directamente cromatografía de gases, antes de ingresar al país. En caso de encontrar contaminación con PCB se recomienda devolver al proveedor los equipos o materiales adquiridos.

Medidas para evitar la contaminación de PCB durante procesos de adquisición de equipos y servicio de mantenimiento en el mercado nacional

Para la adquisición de equipos, materiales y servicios de mantenimiento "libres de PCB" en el mercado nacional es necesario tener en cuenta las siguientes medidas preventivas:

- a) Incorporar en los términos de referencia la obligación del vendedor de presentar un certificado de "libre de PCB"
- b) Incluir en el protocolo de pruebas de recepción de adquisiciones, el certificado de "libre de PCB" Incluir en los términos de referencia para la contratación de

los servicios de mantenimiento, la entrega de los equipos con el certificado de "libre de PCB"

Asimismo, una buena práctica es entregar los equipos al servicio de mantenimiento, con la etiqueta que indique que está libre de PCB (acompañado del certificado o informe de ensayo de laboratorio que demuestra estar libre de PCB).

Contaminación de herramientas y equipos de mantenimiento

Una de las formas de contaminar equipos libres de PCB es mediante la utilización de herramientas que han sido usadas en otros equipos que se encuentran contaminados con PCB.

Hacer uso del mismo equipamiento (mangueras, filtros, etc.) para rellenar aceites durante la fabricación del transformador o en las actividades de mantenimiento de los transformadores, con posibilidades de manipular PCB, puede ocasionar contaminación cruzada en los equipos y en consecuencia la dispersión de los PCB.

Aunque en la actualidad no se utiliza PCB como aceite dieléctrico en la fabricación y comercialización de transformadores y condensadores, existe la posibilidad de que se comercialicen equipos reconstruidos o partes usadas a un menor precio, con un alto riesgo de estar contaminados con PCB.

Estos equipos podrían obtenerse mediante la compra-venta de los equipos eléctricos dañados, quemados o dados de baja entre las empresas propietarias de los equipos y terceros dedicados a la compra de excedentes industriales y chatarra de los que pueden aprovechar hasta el 65% de las partes metálicas (latón, cobre, hierro y aluminio).

Existe, por tanto, riesgo de contaminación incontrolada y de peligros para la salud humana y el medio ambiente durante las actividades asociadas al desmantelamiento, drenaje del aceite y el reciclaje de partes, lo que se debe evitar mediante las especificaciones que se realicen para las contrataciones de los servicios de mantenimiento.



Anexo 7: Manejo de PCB durante la operación y mantenimiento de equipos

Objetivo

Analizar los riesgos que representan el mantenimiento de equipos contaminados con PCB en relación a la contaminación con PCB de otros equipos libres de contaminación y diseñar las medidas que permitan el control, mitigación o eliminación de dichos riesgos.

Para lograr esto, es necesario tener un conocimiento previo de las partes del equipo, sus actividades de operación, la periodicidad de las inspecciones, los servicios de reparación y mantenimiento general.

Alcance

Comprende todos los procedimientos de operación y mantenimiento de equipos con PCB.

Responsabilidades

Los responsables por parte del Titular son los técnicos encargados de la operación y mantenimiento de equipos con PCB.

Actividades de mantenimiento de transformadores

El transformador requiere menor cuidado comparado con otros equipos eléctricos. El grado de mantenimiento e inspección necesarios para su operación depende de su capacidad, de la importancia dentro del sistema eléctrico, del lugar de instalación dentro del sistema, de las condiciones climatológicas, del ambiente, y en general de las condiciones de operación.

El mantenimiento de la calidad del fluido dieléctrico es esencial para asegurar el buen funcionamiento de los equipos eléctricos aislados en aceite.

Principales partes del transformador

Las partes más importantes del transformador que requieren de atención durante las actividades de operación y mantenimiento son las siguientes:

- **Indicador del nivel de aceite:** permite observar desde el exterior el nivel de aceite del transformador.
- **Depósito de expansión:** sirve de cámara de expansión del aceite, ante las variaciones de volumen que sufre ésta debido a la temperatura.
- **Pasa-tapas de entrada o bujes:** conectan el bobinado primario del transformador con la red eléctrica de entrada a la estación o subestación transformadora.
- **Pasa-tapas de salida:** conectan el bobinado secundario del transformador con la red eléctrica de salida a la estación o subestación transformadora.
- **Regulador de tensión (mando conmutador):** permite adaptar la tensión del transformador a las necesidades del consumo. Esta acción sólo es posible si el bobinado secundario está preparado para ello.



- Grifo de llenado: permite introducir líquido refrigerante en la cuba del transformador.
- Radiadores de refrigeración: su misión es disipar el calor que se pueda producir en las carcassas del transformador y evitar así que el aceite se caliente en exceso.
- Placa de características: en ella se recogen las características más importantes del transformador, para que se pueda disponer de ellas en caso de que fuera necesaria conocerlas.
- Cuba: es un depósito que contiene el líquido refrigerante (aceite) y en el cual se sumergen los bobinados y el núcleo metálico del transformador.
- Deseccador: su misión es secar el aire que entra en el transformador como consecuencia de la disminución del nivel de aceite.
- Relé Bucholz: este relé de protección reacciona cuando ocurre una anomalía interna en el transformador, mandándole una señal de apertura a los dispositivos de protección.
- Termostato: mide la temperatura interna del transformador y emite alarmas en caso de que esta no sea la normal.



Figura N° 25: Partes del transformador¹⁵

Actividades de operación

La operación de equipos de transformación requiere principalmente de un lugar seguro y estable para su operación, dependiendo de las características propias del equipo puede ser instalado en estructuras elevadas (subestaciones aéreas), en casetas (subestaciones convencionales) o al aire libre.

¹⁵ <http://transelec.blogspot.com/2011/05/transformador-electromagnetico.html>

La operación de estos equipos implica principalmente la energización del núcleo con tensiones que pueden ser 0,2 kV; 0,4 kV; 1,0 kV; 10,0 kV; 13,2 kV; 22,9 kV; 60,0 kV; 128,0 kV o más.

Durante la operación de los equipos, este se mantiene energizado y sometido a la presión operativa que se traduce en incremento de temperatura del fluido dieléctrico pudiendo llegar a valores altos y cercanos al punto de inflamación, adicionalmente se producen también vibraciones que, aunque no son grandes, si pueden fatigar la estructura presentándose exposición o derrame del aceite dieléctrico debido a las rajaduras o aflojamiento de válvulas.

Teniendo en cuenta lo mencionado y las pautas de los fabricantes, durante las actividades de operación los equipos de transformación requieren de ciertas acciones que son necesarias de realizar, éstas son:

- Operación de transformadores
- Temperatura de los transformadores
- Inspección de juntas, piezas de fijación y válvulas
- Limpieza de aisladores
- Toma de muestra de aceite dieléctrico
- Cambio de taps
- Inspección de sistema de refrigeración y reparación de ventiladores
- Toma de nivel de aceite dieléctrico
- Inspección de ruido
- Inspección de válvula de sobrepresión
- Inspección de bujes
- Mantenimiento de sílica gel
- Mantenimiento e inspección de los relés de protección

Operación de transformadores

Esta actividad está compuesta por el mismo hecho de tener un equipo energizado con flujo permanente de corriente eléctrica y flujo magnético que implica impactos que requieren especial atención en casos de equipos con contenido de PCB.

Temperatura de los transformadores

La duración de los materiales de aislamiento está directamente relacionada con la temperatura del transformador; por esto, es necesario prestarle atención especial al cambio de este parámetro. Si el equipo ha sido construido de acuerdo con normas ANSI16, la temperatura máxima permitida para el aceite dieléctrico es de 90°C; además en el punto más caliente la temperatura máxima es de 110°C.

Durante la operación del equipo es importante verificar la temperatura del transformador permanentemente, pues es un indicador de las condiciones del funcionamiento y de los accesorios internos; por lo tanto, los indicadores que miden la

¹⁶ American National Standards Institute.



temperatura deben mantenerse en buen estado y su revisión es primordial para que indiquen correctamente la temperatura.

Un dispositivo que usualmente se utiliza para este caso es un tipo de medidor de presión con un bulbo que contiene un líquido especial o gas sellado que se conecta con un tubo muy fino que mueve la aguja por expansión y contracción del fluido, para asegurarse que funciona bien se debe verificar por comparación con un termómetro patrón al menos una vez al año.

Una inspección adicional que debe realizarse es verificar que no se haya producido corrosión en el interior, que no penetre agua, que la aguja se mueva libremente y que los contactos de alarma se encuentren en buenas condiciones de funcionamiento.

El ingreso de humedad o agua se observa cuando el cristal está empañado, en este caso será necesario quitar la tapa del cristal y cambiar su empaque.

El manejo del termómetro tipo reloj debe ser cuidadoso cuando se quite la tapa durante la inspección, ya que después de algunos años de uso el tubo de Bourdon, el piñón y el soporte se desgastan y dan indicaciones erróneas.

Inspección de juntas, piezas de fijación y válvulas

Para la detección de fugas es necesario inspeccionar regularmente la superficie exterior del transformador para detectar cualquier problema lo antes posible.

Las fugas de aceite son usualmente causadas por el deterioro de algún empaque o por mal posicionamiento del mismo; por ello es importante verificar las válvulas y los empaques con detenimiento. Por consecuencia de las vibraciones, las válvulas tienden a aflojarse, de ser así se deben ajustar nuevamente.

Si la fuga o filtración es por algún defecto en la estructura metálica, el caso es delicado, por lo que requiere ser atendido por la empresa de servicio de mantenimiento.

Por otro lado, existen fugas que pueden ser motivadas por una fractura de la cuba metálica. Las causas más comunes son:

- Falla mecánica y accidental de la cuba, originando de esta manera la fuga del líquido o la exposición de la misma a la acidez del aceite incrementando el riesgo de corrosión y posterior filtrado debido al debilitamiento del material.
- Degradación del aceite, aunque ésta se realiza lentamente, hace del líquido más agresivo a la corrosión. Su acidez puede producir la corrosión interna en las partes del transformador principalmente de las más frágiles como las aletas de enfriamiento.

Por otro lado, las vibraciones del equipo pueden producir el aflojamiento de los terminales de tierra. En estos casos, será necesario ajustarlos con el transformador desenergizado. De igual manera, los pernos de anclaje deben ser verificados y ajustados periódicamente para evitar el desplazamiento del transformador.



Mantenimiento e inspección de aisladores o bujes

Una actividad importante es la inspección de los bujes ante la contaminación del aire y su calentamiento excesivo, para este último caso es conveniente utilizar una pintura indicadora de calor para determinar su gravedad.

Para la contaminación en caso de ambientes con mucho polvo y sal, se debe efectuar una limpieza en la que se debe sacar de servicio al transformador y usar agua, amoníaco o tetracloruro de carbono. Si la contaminación es severa se puede utilizar ácido clorhídrico concentrado, el cual debe ser diluido en agua en una proporción de 40 o más veces (tener cuidado que esta solución no debe tocar ninguna parte metálica). Una vez culminada la limpieza de las partes de porcelana se debe neutralizar con una solución de bicarbonato de sodio y agua (30 gramos por litro) y luego lavar con agua fresca eliminando cualquier elemento extraño.

Toma de muestra de aceite dieléctrico

Durante las actividades de operación es necesaria la extracción de muestras de aceite dieléctrico para su análisis. En estos casos se deben tomar previsiones para evitar los accidentes personales y ambientales.

Cambio de taps

Durante la operación de los transformadores será necesario (aunque con baja frecuencia) el cambio de posición de los taps que permitirán el cambio de relación de transformación.

Inspección de sistema de refrigeración y reparación de ventiladores

El equipo de refrigeración es la parte más importante en el funcionamiento de un transformador. Es necesario un cuidado especial en su mantenimiento e inspección, ya que cualquier anomalía puede reducir su vida útil o causar defectos serios.

En los casos de radiadores del tipo de auto-enfriamiento, se debe verificar la fuga de aceite en las cabeceras del radiador y de las partes soldadas del panel o del tubo. Si se acumulan sedimentos en las obleas o en el tubo, el flujo del aceite se dificulta y la temperatura desciende. Se puede verificar con la mano si estas partes tienen una temperatura adecuada. Si los radiadores son del tipo desmontable se debe verificar que las válvulas se abran correctamente.

Toma de nivel de aceite dieléctrico

Mantener un adecuado volumen de aceite tiene siempre una ventaja que favorece el aislamiento y de la refrigeración del equipo. Una variación muy grande del nivel de aceite en relación a la temperatura debe preocupar al operador requiriendo una atención de servicio para evaluar las causas.

La forma de hacer seguimiento del volumen de aceite es a través del indicador de nivel, el cual está colocado fuera del tanque, éste muestra el nivel del aceite directamente. Existe también un indicador del nivel de aceite tipo reloj, el cual tiene un flotador en un extremo que soporta un brazo conectado al indicador y, en el otro extremo un magneto para hacer girar el rotor y para permitir el movimiento hacia



arriba y hacia abajo del flotador. Cuando el nivel del aceite varía, éste acciona el brazo de soporte que hace girar el magneto en el otro extremo, accionando a su vez el rotor a través de la pared de división que está colocada fuera del indicador. Así la aguja señala el nivel del aceite.

Las fallas en este indicador están relacionadas al cuidado de mantenimiento, especialmente del flotador metálico que puede dar señales incorrectas debido al acceso de aceite al flotador (vibraciones del equipo y desgaste por tiempo de funcionamiento).

Inspección de ruido

Normalmente los transformadores producen un ruido permanente y constante. Sin embargo, en algunos casos se puede percibir algún ruido anormal, lo que puede ayudar a descubrir alguna falla. Las posibles causas de este cambio en el ruido del equipo son:

- Falla de la estructura central
- Falla en el mecanismo de ajuste del núcleo
- Cambios en la frecuencia de la fuente de corriente (produce resonancia de la caja y de los radiadores)
- Piezas de anclaje aflojados
- Mala o falla de la puesta a tierra que se traduce en ruido anormal por descarga estática

Inspección de válvula de sobrepresión

La inspección de la válvula de alivio de sobrepresión debe verificar la adecuada condición de los contactos de alarma que la acciona cuando funciona la aguja del interruptor.

La válvula hace contacto con la placa de expansión; el resorte de ajuste y los contactos del microinterruptor y está relacionada con el elevador y la aguja del interruptor. Cuando hay una elevada presión interna, debido a una falla o accidente, empuja la válvula hacia afuera haciendo funcionar a la aguja del interruptor, la cual empuja y dobla la placa de expansión. Cuando la presión alcanza un cierto límite, la placa de expansión se rompe y la presión sale, cerrando los contactos del microinterruptor, que están en el elevador que se relaciona con la aguja del interruptor sonando la alarma.

Mantenimiento de sílica gel

Estos dispositivos están hechos para eliminar la humedad y pequeñas partículas que entra al transformador. Está formado por un depósito con un agente deshidratante y aceite, así como de las partes metálicas para su fijación. Debe verificarse que el empaque esté bien asegurado, de manera que no permita la entrada de aire al transformador por ningún sitio que no sea el orificio del respiradero.

Si el agente deshidratante se humedece con aceite, es porque hay demasiado aceite en el depósito, o porque se ha presentado alguna falla interna. Generalmente la gelatina de silicio está teñida de azul con cloruro de cobalto, cuando la absorción de



humedad llega a un 30% o 40 %, el color cambia de azul a rosa; en tal caso se debe cambiar la gelatina de silicio o secarla para volver a usarla.

Para regenerar la gelatina de silicio se debe colocar en una cubeta y agitarla mientras se calienta a una temperatura de 100 a 140 °C; el calentamiento continúa hasta que el color cambie de rosa a azul, también se puede extender la gelatina de silicio mojada en un receptáculo, como una caja de filtro por 4 o 5 horas, manteniendo la temperatura del secado entre 100 y 140 °C.

Periodicidad de las inspecciones

La siguiente tabla se muestra la frecuencia con la que se debe revisar el transformador.

Tabla N° 7: Frecuencia de actividades de revisión de los transformadores

No	Piezas a inspeccionar	Periodicidad	Observaciones
1	Termómetros	Una vez al año	
2	Accesorios con contactos de alarma y/o disparo	Una vez al año	Verifique las condiciones de operación de los contactos y mida la resistencia de aislamiento del circuito
3	Ventiladores de refrigeración	Una vez al año	Si se encuentra alguna anomalía
4	Conservador	Una vez en cinco años	
5	Resistencia de aislamiento de los devanados	Una vez al año	Cuando se note un cambio brusco después de años de uso o cuando se note un cambio en comparación con datos registrados en pruebas anteriores.
6	Medición de Tangente Delta	Una vez en tres años	Igual que el punto 5
7	Rigidez del aceite dieléctrico	Una vez al año	
8	Valor de acidez del aceite.	Una vez al año	
9	Prueba del funcionamiento del aceite	Revise si se nota anomalía en las pruebas de los ítems 5 al 8	Tome dos litros de aceite y revíselos de acuerdo con ASTM D3487-16e1



No	Piezas a inspeccionar	Periodicidad	Observaciones
10	Aceite de aislamiento filtrado	Revise si se nota anomalía en las pruebas de los ítems 5 al 8	
11	Componentes del interior	Una vez en siete años	

Servicio de reparación

Los servicios de reparación y mantenimiento general normalmente se realizan en talleres especializados ya que se trata de maniobras que requieren mano técnica especializada e infraestructura que generalmente no está a la mano de los propietarios. Las principales actividades que se realizan en estos casos, son:

Normas de mantenimiento del aceite aislante

El aceite aislante es uno de los más importantes componentes del transformador debido a que mantiene el equipo en condiciones de refrigeración y aislamiento adecuados; por ello es importante que su verificación, supervisión e inspección periódica sea llevada a cabo adecuadamente.

El aceite dieléctrico deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- Alta rigidez dieléctrica
- Baja viscosidad
- Bajo punto de fluidez
- Libre de humedad
- Alto grado de refinación y libre de partículas que puedan corroer las partes metálicas
- Poca o nula evaporación

El aceite dieléctrico se deteriora gradualmente por el uso, las causas más comunes son la absorción de la humedad del aire y de partículas extrañas que entran en el aceite. El aceite se oxida por el contacto con el aire y este proceso se acelera por el aumento de la temperatura interna del transformador y por el contacto con metales tales como el cobre y el hierro.

Los métodos para evaluar el deterioro del aceite dieléctrico son aquellos que miden el grado de oxidación, la densidad específica, la tensión superficial, la tangente delta y medir la rigidez dieléctrica.



Mantenimiento e inspección de empaquetaduras

El mantenimiento de empaquetaduras se realiza con la finalidad de evitar fugas y por ende la oxidación del aceite, estas actividades se realizan en los talleres especializados de mantenimiento de transformadores.

Para detectar la fuga de aceite en un transformador cuando sea debajo del nivel del aceite, lave primero con thinner o alcohol la parte afectada, y al eliminarse el polvo o el cemento, el lugar de la fuga se verá claramente como una mancha (negra). Cuando la fuga sea arriba del nivel del aceite se debe usar gas de nitrógeno en el compartimiento dando una presión apropiada (al menos de 0,3 kg/cm²), luego se aplica a la zona afectada una solución jabonosa donde se formará burbujas en el caso de existir fuga.

Inspección del aislamiento de los bujes

Al menos cada 2 años es necesario realizar una inspección regular que tiene como objetivo evaluar el grado de deterioro del aislamiento. Los métodos para detectar este deterioro son a través de la medición de su resistencia y de la tangente delta.

La medición de la resistencia de aislamiento en los bujes y la tangente delta no es simple, es necesario el desmontaje de éstos y los devanados del transformador; a pesar de esto, la medición se debe realizar con la mayor precisión disponible.

Para realizar la evaluación de los resultados de estas mediciones se requiere tener valores históricos que permitan obtener las tendencias y variaciones periódicas, variaciones muy grandes requieren de un cuidado especial. Por lo general se puede considerar que la resistencia de aislamiento superior a 1000 MΩ (mega ohmio) a temperaturas normales es buena condición, sin embargo, adicionalmente se debe considerar el valor de la tangente delta.



Mantenimiento e inspección de los relés de protección

De acuerdo a las recomendaciones en el Manual del Usuario – Operación y Mantenimiento de Transformadores de Pequeña Potencia - ABB 17 los relés de protección que se mencionan a continuación necesitan inspección una vez al año:

Relé de Buchholz

Este relé está hecho para proteger al transformador inmerso en aceite contra fallas internas. Está fijado al tubo de conexión entre el tanque del transformador y el conservador.

El funcionamiento del relé se divide en una primera fase (por fallas leves) y una segunda fase (para fallas severas), la primera se usa para la alarma y la segunda para el disparo del relé.

Su estructura presenta dos flotadores, uno en la parte superior y otro en la parte inferior de una caja de acero (cámara de aceite) y están fijados de tal manera que cada flotador puede girar, siendo su centro de rotación el eje de soporte.

¹⁷ www05.abb.com/.../1zcl000002eg-es_manual%20del%20usuario.pdf

Cada flotador tiene un interruptor de mercurio y los contactos se cierran cuando el flotador gira. Si los materiales estructurales orgánicos del transformador se queman o producen gas causado por un arco pequeño, éste se queda en la parte superior interna de la caja. Cuando el volumen del gas sobrepasa el volumen fijo (aproximadamente 150 a 250 cc) el flotador de la primera fase baja y los contactos se cierran, haciendo funcionar el dispositivo de alarma.

El flotador inferior que es para la segunda fase, cierra los contactos y hace funcionar el dispositivo de alarma, o dispara el interruptor del circuito cuando se origina un arco en el interior del transformador y se produce súbitamente gas y vapor de aceite, forzando el movimiento del aceite. También cuando el nivel de aceite desciende por debajo del nivel inferior del conservador, el dispositivo de alarma funciona.

A un lado de la caja del relé Buchholz hay una ventanilla de inspección que permite observar el volumen y el color del gas producido, y extraer muestras para evaluar la causa y el grado de la falla.

Al instalar el medidor, quite el resorte que se ha usado para atar el flotador o el material empacado y evitar así movimientos del flotador; limpie el interior del relé, verifique si el contacto de mercurio y los terminales conectores están en buenas condiciones; fije el relé al transformador, asegurándose de que la dirección del ajuste y el nivelado sean correctos.

Cuando el transformador está inmerso en aceite, abra la válvula de escape del gas que está en la parte superior del relé para eliminar el aire del interior e iniciar el funcionamiento del transformador. Sin embargo, si la carga del aceite al vacío se hace en perfectas condiciones, la eliminación no es necesaria.

Los contactos de mercurio deben manejarse con sumo cuidado, ya que pueden romperse cuando hay vibraciones. Como rutina, examine la fuga de aceite y la producción de gas del relé. Si se encuentra gas a pesar del funcionamiento de la primera fase, tome una muestra de gas y analícela; también el nivel de aceite del conservador.

Limpie el cristal de la ventanilla de inspección, revise el interior y verifique si el flotador se mueve normalmente, con el brazo de soporte como su centro de rotación a intervalos regulares.

El relé puede funcionar equivocadamente cuando el flotador está sumergido en el aceite, cuando el eje de soporte del flotador se sale del conjunto o cuando hay una fuga de aceite.

Relé de protección del cambiador de tomas bajo carga

Este relé protege al transformador y al cambiador de tomas bajo carga contra averías. Es por tanto parte integrante de nuestro suministro. Debe estar conectado de tal forma que su funcionamiento provoque la desconexión inmediata del transformador.

La caja moldeada en material ligero resistente a la corrosión está provista de dos bridas para el acoplamiento de las tuberías de unión, por una parte, con la cabeza del cambiador y por la otra con el conservador de aceite. Se puede controlar la posición de

la palanca gracias a la mirilla situada sobre la cara delantera de la caja. En la bornera se encuentran los terminales de conexión del interruptor. El aceite contenido en el relé de protección no debe penetrar en ella.

Se ha previsto una abertura para evitar la formación de agua condensada en la bornera.

Igualmente, allí se encuentran situados dos botones pulsadores destinados, uno a controlar el buen funcionamiento del aparato y otro a su rearme. Los bornes de conexión están protegidos por una membrana de plástico transparente. El órgano activo del relé comprende una palanca provista de un orificio y un imán permanente, el cual asegura el funcionamiento del contacto auxiliar y el mantenimiento de la palanca en posición REARME. No es posible obtener una posición intermedia.

La operación del relé de protección puede ser el indicio de una avería grave. Sin las comprobaciones indicadas, el cambiador no debe volver a ponerse en servicio bajo ninguna circunstancia.

Cuando el funcionamiento del relé provoque la desconexión de los disyuntores, debe procederse como sigue:

- Anotar la hora y la fecha de la desconexión
- Anotar la posición de servicio del cambiador
- Bloquear el mando a motor desconectando el guardamotor de modo que se evite una maniobra del cambiador causada por un control remoto
- Controlar la estanqueidad de la tapa. Si hay una fuga de aceite cerrar inmediatamente la válvula del conservador de aceite
- Verificar si la palanca del relé de protección se encuentra en la posición DESCONEJION o en posición REARME. Si se encuentra en esta última es posible que se haya producido un desenganche defectuoso
- Verificar en este caso el circuito de desenganche. De no ser posible despejarlo, habrá que sacar el cuerpo insertable del cambiador para control visual. Si la palanca se encuentra en posición de DESCONEJION hay que, de todas formas, sacar el cuerpo extraíble del cambiador. Volver a poner en servicio el cambiador sin haberlo revisado visualmente, podría conducir a daños muy graves en el transformador y en el cambiador.

Adicionalmente debe verificarse los siguientes aspectos:

- ¿Cuál era la carga del transformador al momento del disparo?
- ¿Fue ejecutada una maniobra del cambiador inmediatamente antes o durante el desenganche?
- ¿Funcionaron al momento del desenganche otros dispositivos de protección del transformador?
- ¿Fueron efectuadas conmutaciones en la red en el momento del desenganche?
- ¿Fueron registradas sobretensiones en el momento del desenganche?



Después de una comprobación minuciosa del cuerpo insertable, el servicio sólo se debe reanudar si se está seguro de que no hay ningún daño ni en el cambiador de tomas ni en el transformador.

En adición a las medidas anteriores si subsisten los problemas comuníquese inmediatamente con el fabricante.

Identificación y evaluación de Riesgos

Actividades de operación

Durante las actividades de operación con equipos con PCB se presentan riesgos principalmente en los siguientes factores ambientales:

Tabla Nº 8: Resumen de riesgos de la operación de equipos con PCB

Factor	Riesgo
Suelo	Contaminación de suelos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas con PCB Contaminación de trabajadores y población en general
Aire	Incendio, liberación de dioxinas y furanos
Agua	Contaminación de flora, fauna + población
Salud y seguridad	Contaminación de la población y trabajadores

A continuación, se desarrolla los riesgos de cada uno de estos factores.

Suelo

Los principales riesgos que se presentan en relación a los PCB están asociados con:

- Actividades de operación de equipos que contienen PCB, los cuales pueden o no involucrar maniobras o cambios de las condiciones de su operación.
- Las actividades de limpieza de aisladores.

En ese sentido, dichas actividades se configuran como de alto riesgo ambiental, por lo que suponen impactos severos en el componente suelo por contaminación con PCB

En menor grado, pero sin dejar de ser riesgos de calificación alta se encuentran las actividades de temperatura de los transformadores, toma de muestra de aceite dieléctrico y mantenimiento de sílica gel, principalmente debido a:

- El incremento de temperatura produce fisuras en la carcasa de los equipos y por lo tanto, potenciales fugas, que es una de las principales causas de contaminación de suelos
- La toma de muestra de aceite dieléctrico, por el riesgo potencial de derrames de líquido al suelo
- Mantenimiento de la sílica gel, que implica la posibilidad de derrame del líquido.

Aire

El riesgo de alteración de la calidad del aire es severo durante las actividades de operación de los equipos con PCB debido principalmente al riesgo de incendio que puede producirse por incremento de la temperatura, falla u otro factor que puede derivarse de la sobrecarga operativa.

Agua

Con relación al componente agua, se puede presentar un agravante en cuanto a la posible contaminación con PCB debido a la magnitud de la extensión que puede representar, así como su movilidad hacia otros medios como el suelo y las aguas subterráneas donde resulta más difícil el seguimiento y el impacto es impredecible.

Lo anteriormente mencionado hace que este riesgo sea de mayor severidad para las actividades de operación del equipo y la limpieza de los aisladores. Por otro lado, las actividades que incrementan la temperatura de los transformadores, la toma de muestra de aceite dieléctrico y el mantenimiento del sílica gel, aunque representen menor riesgo no dejan de ser graves; en todos los casos, los riesgos están asociados al potencial derrame del líquido y filtración hasta alcanzar otros cuerpos de agua superficial o subterránea.

Salud y seguridad



En esta fase de análisis (operación de equipos con PCB), prácticamente todas las operaciones que representen maniobras o intervención de los equipos por parte de los trabajadores constituyen un riesgo para la salud, así como de la población circundante a las instalaciones.

Contaminación cruzada

Aunque la contaminación cruzada, que significa la contaminación de equipos libres de PCB, no es un factor ambiental, se considera importante en el contexto en el que se realiza este documento por la gran cantidad de casos que se tienen y la alta posibilidad de ocurrencia que tiene.

La contaminación cruzada se produce ya sea por el contacto directo o uso de accesorios y elementos de equipos con PCB, transfiriéndose de este modo el contaminante. Las concentraciones en las cuales se realiza este traspaso pueden ser altas, mayor a 50 ppm o menor a este valor. Sin embargo, independientemente del grado de concentración de PCB, este fenómeno implica por un lado la dilución del contaminante y principalmente la expansión del mismo, asegurándose de este modo su permanencia en el medio ambiente con la gravedad que esto significa cuando el contaminante llega a los seres vivos y se produce la bioacumulación.

Las actividades de operación de equipos con PCB no son muy riesgosas para la contaminación cruzada ya que se limitan a los eventos donde exista contacto de herramientas con el fluido que luego podrían ser utilizadas en equipos libres de PCB. En este caso, el riesgo es moderado y se manobra como limpieza de aisladores, toma de muestra de aceite dieléctrico y el mantenimiento del sílica gel.

Actividad de mantenimiento y reparación

Usualmente, el Titular no realiza la reparación de sus equipos en sus propios talleres, siendo que, cuando estos requieren servicios de mantenimiento general o reparaciones, son enviados a las empresas de servicio especializadas.

Estas empresas por lo general cuentan con procedimientos y medidas de seguridad que evitan de accidentes a los trabajadores; sin embargo, para efectos del presente documento, se ha aplicado la metodología desde la perspectiva de la posibilidad de ocurrencia de accidentes ambientales, contaminación cruzada y principalmente la salud de los trabajadores con relación a contaminación por PCB.

En este análisis se han considerado las siguientes actividades:

- Mantenimiento del aceite aislante
- Mantenimiento e inspección de las empaquetaduras
- Inspección del aislamiento de los bujes
- Mantenimiento e inspección de los relés de protección
- Reparación de núcleo, arrollamiento de alta y baja tensión

Los principales riesgos que se presentan en estas actividades con relación a la presencia de PCB en estos equipos son, en la salud y seguridad de los trabajadores y la contaminación cruzada que se puede presentar con equipos que son libres de PCB.

Salud y seguridad

Durante las actividades de mantenimiento se presenta un riesgo alto de contaminación a los trabajadores de la empresa de servicio con incidencia en los factores de salud y seguridad.

El riesgo de contaminación durante las actividades de mantenimiento del aceite aislante, mantenimiento e inspección de las empaquetaduras, inspección del aislamiento de los bujes y reparación de núcleo, así como el arrollamiento de alta y baja tensión.

Contaminación cruzada

La posibilidad de contaminación cruzada en talleres de las empresas de servicio de reparación y mantenimiento es alta si no se tiene procedimientos específicos para evitar este hecho.

En este caso, la contaminación cruzada se produce ya sea por el contacto directo o uso de accesorios y elementos de equipos con PCB, transfiriéndose de este modo el contaminante.

Como se indicó anteriormente, las concentraciones en las cuales se realiza este traspaso pueden ser mayor a 50 ppm o menor a este valor; sin embargo, se destaca la involuntaria liberación de PCB en equipos libres de PCB propiciándose de este modo su permanencia en el medio ambiente, con la gravedad que esto significa cuando el contaminante llega a los seres vivos y se bioacumula en éstos.

El riesgo de contaminación en este caso es alto durante las actividades de mantenimiento del aceite aislante, mantenimiento e inspección de las empaquetaduras, inspección del aislamiento de los bujes y reparación de núcleo, así como el arrollamiento de alta y baja tensión.

Medidas de control de las actividades de mantenimiento de equipos con PCB durante la fase de operación

Actividades de operación

Las actividades de operación con equipos con PCB que producen los riesgos señalados en la Tabla N° 8 son:

- Operación de equipos con PCB (energización)
- Limpieza de aisladores
- Temperatura de los transformadores
- Toma de muestra de aceite dieléctrico
- Mantenimiento de sílica gel

Medidas de control de riesgos

- a) Los equipos que contengan una concentración mayor de 50 ppm de PCB y se encuentren en condiciones óptimas de operación podrán seguir operando con las siguientes restricciones:
- No podrán ser sometidos a mayores cargas que el 80% de su capacidad nominal con la finalidad de asegurar que la temperatura del fluido no se incremente y se reduzca al máximo la posibilidad de incendio.
 - No podrá estar instalado en lugares de alta vulnerabilidad, es decir, a no menos de 50 m de centros de estudios, áreas urbanas densas, mercados, hospitales, centros comerciales.
 - Deberán contar con mallas o muros de protección que eviten el acceso al personal no autorizado.
 - Deberán contar con una poza de seguridad para contener al menos el 110% del volumen de aceite dieléctrico en caso de producirse una falla o derrame del fluido, esta poza deberá ser cubierta con plancha metálica o geo-membrana para evitar la contaminación del concreto con PCB.
 - Instalar en el lugar un kit completo de control de derrames, incendios y emergencias médicas.
- b) El Titular deberá dotar a los trabajadores de los equipos de protección personal (EPP) con las características sugeridas en este documento y que serán utilizados solamente para equipos con contenido de PCB; los EPP serán en lo posible desechables, en caso de no ser así, estos accesorios serán almacenados luego de



ser limpiados con solventes y almacenados en un lugar especial del almacén de equipos y materiales contaminados con PCB18.

- c) El Titular deberá disponer de un juego de herramientas que solamente será utilizada cuando sea necesario intervenir un equipo con PCB, dicho juego de herramientas deberá ser almacenado en el almacén de equipos y materiales contaminados con PCB y serán almacenado luego de ser limpiados con solventes.
- d) Los trabajadores, antes de intervenir un equipo para mantenimiento o realizar maniobras deberán utilizar obligatoriamente los EPP que se indican en este documento, un incumplimiento de esta disposición es considerado falta grave y será sancionada de acuerdo al Reglamento Interno del Titular.
- e) Inspección física del equipo con una frecuencia no mayor a dos semanas para detectar fallas estructurales o fugas de aceite dieléctrico perforaciones, oxidación o alta temperatura.
- f) Durante las actividades de limpieza de los bujes, se deberá utilizar fluidos y accesorios que deberán ser dispuestos adecuadamente.
- g) Durante la extracción de muestra de aceite se debe utilizar medidas para evitar su fuga, colocar revestimientos plásticos o de alfombrillas absorbentes debajo de los equipos o contenedores antes de abrirlos si la superficie de la zona de contención no está recubierta con algún material de protección (pintura, uretano o resina epóxica).
- h) Durante las actividades de mantenimiento será necesario la utilización de bombas, sistemas de tuberías y bidones especiales, que no se utilicen para otros fines, para trasvasar los desechos líquidos.
- i) Después de las actividades de mantenimiento o maniobra de campo, se deberá asegurar la limpieza de todo líquido derramado con paños, papel o absorbentes.
- j) Se deberá aplicar el triple enjuague de las superficies contaminadas con un disolvente como keroseno para eliminar todo PCB residual.
- k) Se deberá almacenar adecuadamente en espera de su tratamiento final todos los absorbentes y solventes del triple enjuague, ropas de protección desechables y revestimientos plásticos como desechos que contengan PCB, o estén contaminados con ellos.



Actividad de mantenimiento y reparación

Los mayores riesgos originados por la manipulación de equipos con PCB durante las actividades de mantenimiento y reparación se dan en:

- Salud y seguridad
- Contaminación cruzada

18 El Titular deberá disponer de un almacén debidamente acondicionado para equipos y elementos contaminados con PCB con concentraciones iguales o mayores de 50 ppm.

Las actividades que producen estos riesgos son:

- Mantenimiento del aceite aislante
- Mantenimiento e inspección de las empaquetaduras
- Inspección del aislamiento de los bujes
- Mantenimiento e inspección de los relés de protección
- Reparación de núcleo, arrollamiento de alta y baja tensión

Medidas de control de riesgos

- a) Los equipos que ingresen a los talleres de servicio, deberán ser analizados para detectar la presencia de PCB, salvo que éstos tengan un certificado de análisis positivo de PCB indicando la concentración presente. El análisis al cual se refiere este párrafo puede ser un análisis químico con determinación colorimétrica o el análisis químico con medición electrométrica.
- b) Todos los equipos que entreguen a los clientes una vez culminado el servicio de mantenimiento deberán contar con un certificado de descarte de PCB al menos con los procedimientos antes mencionados.
- c) En caso de tratarse de equipos que contengan una concentración mayor de 50 ppm de PCB se deberá tener en cuenta las siguientes medidas:
 - Los trabajadores deberán realizar las reparaciones haciendo uso de los EPP recomendados en el presente documento, de preferencia descartables. En caso contrario estos accesorios serán almacenados luego de ser limpiados con solventes y almacenados en un lugar especial del almacén de equipos y materiales contaminados con PCB¹⁹.
 - Los trabajos deberán ser realizados con herramientas bandejas y equipos específicos para PCB; es decir, el Titular deberá contar con un kit de herramientas para trabajos con PCB, las mismas que deberán ser limpiadas aplicando el triple enjuague de las superficies contaminadas con un disolvente como keroseno para eliminar todo PCB residual.
- d) La zona de reparación de equipos con PCB deberá contar con un sistema colector de fugas y derrames de aceite y una poza de seguridad para contener al menos el 110% del volumen de aceite dieléctrico en caso de producirse una falla o derrame del fluido, esta poza deberá ser cubierta con plancha metálica o geo-membrana para evitar la contaminación del concreto con PCB.
- e) Se debe contar con un kit completo de control de derrames, incendios y emergencias médicas.
- f) Contar con un Plan de Contingencias específico para accidentes con sustancias y materiales con PCB.



¹⁹ El Titular deberá disponer de un almacén debidamente acondicionado para equipos y elementos contaminados con PCB con concentraciones iguales o mayores de 50 ppm.

- g) Las superficies del taller para equipos con PCB deberán contar con revestimiento de geo-membrana u otro material de protección (pintura, uretano o resina epóxica) para evitar la contaminación de las superficies de la construcción con PCB.
- h) Durante las actividades de mantenimiento será necesario la utilización de bombas, sistemas de tuberías y bidones especiales que no se utilicen para otros fines para trasvasar los desechos líquidos.
- i) Después de las actividades de mantenimiento o maniobra de campo, se deberá asegurar la limpieza de todo líquido derramado con paños, papel o absorbentes.
- j) Se deberá aplicar el triple enjuague de las superficies contaminadas con un disolvente como el keroseno para eliminar todo el PCB residual.

Se deberá almacenar adecuadamente en espera de su tratamiento final de todos los absorbentes y solventes del triple enjuague, ropas de protección desechables y revestimientos plásticos como desechos que contengan PCB, o estén contaminados con ellos.



Anexo 8: Tecnologías para la eliminación ambientalmente racional de PCB

La eliminación de PCB puede incluir varias etapas y ser realizada en forma local, regional o bien requerir del servicio de un transporte transfronterizo como desecho peligroso de acuerdo a lo estipulado por el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación.

Las operaciones para la eliminación pueden considerar:

- El pretratamiento, con el objeto de minimización del volumen de PCB a tratar, o bien la preparación para operaciones posteriores, mediante procesos de segregación, separación, extracción, concentración que lleven a una menor cantidad de residuo a tratar o disponer.
- El tratamiento de eliminación propiamente dicho.

Esta etapa en la gestión de PCB puede ser crítica en cuanto a riesgos de pérdidas al ambiente o afectación al ser humano.

El Titular, el personal y las autoridades que estén involucradas deberán contar con los conocimientos y el entrenamiento necesario para:

- a) Evitar que se produzcan liberaciones no intencionales.
- b) Realizar y/o evaluar los controles de higiene industrial y salud ocupacional al personal expuesto.
- c) Llevar registro de la trazabilidad de los equipos, aceites, elementos contaminados, que permitan actualizar los inventarios y demostrar la gestión adecuada realizada.
- d) Controlar y fiscalizar las tecnologías de tratamiento, operaciones de eliminación, generación y disposición final de residuos peligrosos.
- e) Garantizar el acceso a la información por parte de las Organizaciones no Gubernamentales (ONGs) y la población en general.

Toda operación que involucre destrucción o pretratamiento de PCB deberá ser realizada mediante tecnologías aprobadas por las autoridades competentes, las cuales deberán contemplar:

- a) Los objetivos propuestos por la aplicación de la tecnología.
- b) Antecedentes de uso.
- c) Descripción de los procesos – evaluación de la eficiencia.
- d) Programas de capacitación al personal.
- e) Plan de contingencias y emergencias.
- f) Generación y gestión de residuos.
- g) Generación de efluentes líquidos y emisiones a la atmósfera.
- h) Programa de monitoreo y control.
- i) Ensayos y pruebas de validación de la tecnología y del proceso aplicado.

La autoridad ambiental competente debe exigir a la empresa de servicios que desee brindar este tipo de servicios, la certificación ambiental correspondiente; es decir, esta empresa deberá pasar por el proceso de presentar su estudio ambiental ante la



autoridad y que esta realice el proceso de evaluación ambiental que, de corresponder, podrá incluir una instancia de participación ciudadana.

A continuación, se presentan en forma de resumen, las tecnologías que se encuentran disponibles para el tratamiento de PCB.

Tabla N° 9: Tecnologías de Eliminación de PCB²⁰

Tecnología	Medio Tratado	Recomendado (sí/no)	Comentarios
Proceso de Oxidación Avanzado	Agua	Sí (considerar caso por caso)	Proceso complejo, requiere materiales de construcción de alto desempeño y personal técnico altamente calificado.
Fotocatálisis mejorada con TiO ₂	Suelo, agua y soluciones acuosas	Sí (aplicaciones limitadas)	Aplicable solo para operaciones en pequeña escala; no ideal para ampliación.
Reducción en fase gaseosa	Varios	Sí	Alto costo y complejo. Riesgos de seguridad asociados con reactivos tales como hidrógeno.
Reducción de sodio	Aceites	Sí	Bien desarrollado; puede tratar aceites de transformadores.
Descomposición Catalizada por Base	Varios	Sí	Alto costo y complejo.
Tecnología Sonoprocess TM	Varios	Sí (considerar caso por caso)	Tecnología es móvil y escalamiento es posible.
Incineradores fijos a gran escala	Varios	Sí	No se recomienda construcción de incinerador en Chile. Se recomienda usar una instalación existente con una apropiada depuración de gas y tratamiento de subproductos.
Incineradores móviles	Varios	Sí	Requiere grandes cantidades de agua, químicos para el depurador, suministro confiable de electricidad y personal altamente entrenado.
Incineración en horno de cemento	Varios	Sí	Solamente se deberían considerar las plantas más modernas con instalaciones de tecnología de punta.
Proceso PACT	Varios	Sí (aplicaciones limitadas)	Aplicaciones limitadas. Requiere suministro eléctrico estable y suministro de químicos a granel (gas argón, oxígeno y soda cáustica). No

²⁰ Fuente: Tecnologías de Eliminación de PCB, CONAMA, Diciembre 2009

Tecnología	Medio Tratado	Recomendado (sí/no)	Comentarios
			apropiado para áreas Industriales remotas.
Sistema Convertidor Plasma	Varios	Sí (aplicaciones limitadas)	Aplicaciones limitadas. Requiere suministro eléctrico estable y suministro de químicos a granel (gas argón, oxígeno y soda cáustica). No apropiado para áreas Industriales remotas.
PLASCON®	Varios	Sí	No es móvil. Requiere suministro eléctrico estable y suministro de químicos a granel (gas argón, oxígeno y soda cáustica).
Vitrificación in-situ	Suelo	Sí (considerar caso por caso)	Solamente recomendado en sitios con alta toxicidad, no para tratamiento de desecho de PCB general.
Almacenamiento, largo plazo o permanente	Sólidos	Sí	Puede ser aplicable en algunos casos, para desechos sólidos con bajas concentraciones de PCB.

Hay que considerar que, en general, una sola tecnología normalmente no llega a cubrir todos los criterios técnicos, sociales, económicos, institucionales y ambientales necesarios, dada la complejidad del problema y las diferentes matrices y concentraciones en las cuales los PCB pueden estar presentes. Dependiendo de cada caso a resolver es posible que una, o la combinación de varias tecnologías, sea la opción más conveniente.

A modo de ejemplo, en el caso de balastros de tubos fluorescentes, sólidos contaminados con altas concentraciones de PCB, la incineración constituye hoy en día la opción más generalizada.

Para el tratamiento de equipos con aceite mineral contaminado con PCB, *la combinación de retrolenado y de clorinación puede constituir la opción económicamente más viable*, complementada con el tratamiento de sólidos impregnados con PCB por extracción con solvente o incineración directa.

En cambio, para la remediación ambiental de sitios contaminados, tratamientos de suelos y aguas, puede resultar útil aplicar la tecnología de oxidación química in situ (In-Situ Chemical Oxidation - ISCO) cuando la incineración solo se encuentra disponible a través de la exportación a países que posean capacidad instalada, siendo impracticables técnicas como la de clorinación.

A. Tratamiento previo

Se presentan algunas operaciones de tratamiento previo que pudieran ser necesarias para la aplicación adecuada y segura de las tecnologías de eliminación. En algunos



casos, estas operaciones permiten reducir costos operativos, recuperar recursos disminuir volúmenes de desechos a tratar o exportar, minimizar riesgos de transporte, entre otras ventajas que hacen recomendable su aplicación.

a) Adsorción y absorción

“Sorción” es el término general que se aplica a los dos procesos de adsorción y absorción. Sorción es un método de tratamiento previo que utiliza sólidos para eliminar sustancias de los líquidos o los gases. Adsorción es la separación de una sustancia (líquido, aceite, gas) de una fase y su acumulación en la superficie de otra (carbón activado, zeolita, sílice, etc.). Absorción, es el proceso mediante el cual un material transferido de una fase a otra interpenetra la segunda fase (por ejemplo, un contaminante transferido de la fase líquida a carbón activado).

Los procesos de adsorción y absorción pueden servir para concentrar contaminantes y separarlos de los desechos acuosos y corrientes de gas. Los desechos acuosos o gaseosos pueden generarse a partir de operaciones de manipulación o eliminación de PCB, o bien estar constituidos por líquidos contenidos de PCB a partir de procesos de contaminación ambiental, de napas, lagos. Es posible que el concentrado y el adsorbente o absorbente necesiten ser tratados antes de su eliminación.

b) Deseccación

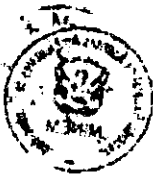
La deseccación es un proceso de tratamiento previo que elimina parte del agua de los desechos que serán tratados. La deseccación se puede utilizar en las tecnologías de eliminación que no son apropiadas para los desechos acuosos. Por ejemplo, el agua puede reaccionar de manera explosiva con el sodio o las sales fundidas. Los vapores resultantes pueden requerir condensación o depuración y recibir tratamiento ulterior.

c) Separación mecánica

Se puede recurrir a este método para extraer residuos de gran tamaño de la corriente de desechos o para tecnologías que no son apropiadas para suelos y para desechos sólidos, a la vez. Un método de separación mecánica aplicable puede darse en la separación de residuos oleosos que contengan agua libre o sólidos, que puedan ser separados por decantación, obteniendo dos residuos de características diferentes que poseen métodos de tratamiento y eliminación diferentes. A modo de ejemplo, un residual de aceite mineral contaminado con agua y sólidos, podría ser centrifugado, obteniendo un aceite para ser declorinado, agua que podría filtrarse con carbón activado y como tercer componente, sólidos, que se reunirían al carbón activado residual para tratamiento por incineración.

d) Mezcla

Para optimizar la eficiencia del tratamiento tal vez sea apropiado mezclar los materiales antes de proceder al tratamiento de desechos. No obstante, no es ambientalmente racional mezclar desechos con un contenido de PCB superior al definido como bajo contenido de PCB con otros materiales, únicamente con el objetivo de generar una mezcla con un contenido de PCB inferior al definido como bajo contenido de PCB.



En el caso de tratamiento de aceites minerales contaminados con PCB, se puede establecer un sistema de tratamiento que requiera reunir los líquidos provenientes de varios equipos para completar los volúmenes de reacción. En el caso de tratamiento en hornos de cemento, puede requerirse la mezcla con combustibles libres de PCB para regular el contenido de cloro que ingresa al horno.

e) Separación de aceite y agua

Algunas tecnologías de tratamiento no son idóneas para los desechos acuosos; mientras que otras no lo son para los oleosos. En estos casos puede recurrirse a la separación de aceite y agua para separar la fase oleosa del agua. Es posible que, tras la separación, la fase oleosa y el agua estén contaminadas y necesiten ser tratadas.

Como se indicó en el ítem c, este caso constituye una aplicación especial de separación mecánica, en aquellos casos que el agua constituye un impedimento en sí para alguna operación posterior.

f) Ajuste del pH

Algunas tecnologías de tratamiento alcanzan su máxima eficacia por encima de un determinado intervalo de valores de pH y en tales condiciones a menudo se utilizan álcalis, ácidos o el CO₂ para controlar los niveles de pH. Determinadas tecnologías pueden incluso exigir el ajuste del pH como medida de post tratamiento.

Las aguas provenientes de tratamientos con hidróxidos o metales alcalinos, además de la eliminación de materia orgánica debe requerir el ajuste de pH para su descarga.

g) Reducción del tamaño

Algunas tecnologías pueden procesar solamente desechos que no sobrepasan un tamaño determinado. Por ejemplo, es posible que algunas puedan aplicarse a desechos sólidos contaminados con PCB solamente si son de un diámetro inferior a los 200 mm de diámetro. En estos casos se puede aplicar la trituración para reducir los componentes de los desechos a partículas de un diámetro determinado. Otras tecnologías de eliminación exigen que se preparen lechadas antes de que se las introduzca en el reactor principal. Se debe señalar la posible contaminación de las trituradoras al procesar desechos que consistan en PCB, que los contengan o estén contaminados con ellos. En consecuencia, deben tomarse precauciones para impedir la subsiguiente contaminación de corrientes de desechos sin PCB.

h) Lavado con disolventes

Es posible recurrir al lavado con disolventes para eliminar PCB de equipos eléctricos, como condensadores y transformadores. Esta tecnología también ha sido utilizada para tratar suelos contaminados y materiales de sorción usados en el tratamiento previo de adsorción o absorción.

Esta tecnología es aplicable en todas las operaciones que requieran la disposición final de equipos eléctricos, ya sea en plantas de tratamiento fijas o bien como operación previa para el transporte hacia una planta de eliminación, ya sea dentro del país o bien al exterior.



Normalmente la operación es realizada en autoclaves cerradas, donde el equipamiento eléctrico desmantelado es sometido a ciclos de lavado con líquidos o vapores de éstos (por ejemplo, percloroetileno). Este tratamiento permite recuperar carcasas, metales de arrollamientos (cobre, aluminio) y ferrosilicio, generando un residual de cola de destilado concentrado en PCB y sólidos, maderas, papeles que deben ser caracterizados para poder determinar su destino final como residuos con PCB o libres de éstos.

i) Desorción térmica

La desorción térmica a baja temperatura, conocida también como volatilización térmica a baja temperatura, purga térmica y calcinación de suelos es una tecnología correctiva de aplicación ex situ que utiliza el calor físicamente para separar los compuestos y elementos volátiles y semivolátiles (habitualmente petróleo e hidrocarburos) de los medios contaminados (casi siempre suelos excavados).

Esos procesos se han utilizado para descontaminar las superficies no porosas de equipos eléctricos como carcasas de transformadores que contenían líquidos dieléctricos con PCB. La desorción térmica de los desechos que contengan PCB o estén contaminados con ellos podría provocar la formación de COP de forma no intencional, que podrían requerir un tratamiento adicional.

j) Rellenado de transformadores

Este proceso tiene como finalidad la recuperación de transformadores en uso, que posean aceite mineral contaminado con PCB, y cuya vida útil pueda prolongarse mediante el agregado de aceite libre de PCB. En este pretratamiento es aconsejable realizar el drenaje de la mayor cantidad de aceite posible, para evitar la repetición del proceso y acrecentar de esta forma la cantidad de residuos de PCB a eliminar en una sola etapa.

Este proceso puede ser complementado mediante el lavado con solvente (ver ítem h) de núcleos y carcasas, incluso puede realizarse el desencubado del núcleo y el rebobinado del transformador, si se considera necesario. En estos casos se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar liberaciones al ambiente y proteger la seguridad y salud de los trabajadores involucrados.

De esta forma, el proceso puede generar residuos distintos del aceite aislante con contenidos de PCB, sólidos impregnados (papeles y maderas del núcleo, metales, juntas, entre otros), solventes contaminados, que deberán ser sometidos a un proceso de eliminación.

Hay que considerar que luego del relleno se produce dentro del transformador un proceso de mezcla y migración de PCB, desde el aceite presente en intersticios e impregnado en el núcleo hacia el aceite libre de PCB agregado, llamado exudación. Esto provoca un incremento en la concentración de PCB en el aceite que puede superar el valor máximo permitido de PCB.

Son numerosos los antecedentes a nivel regional o mundial donde se han determinado criterios de reclasificación de transformadores. El más generalizado consiste en realizar un nuevo análisis del equipo descontaminado luego de un periodo de 90 días luego de



procesado, preferentemente en condiciones de carga que permiten la mezcla y homogeneización del aceite.

Se recomienda que los transformadores sujetos a este tipo de procesos, sean clasificados como transformadores descontaminados que han contenido PCB, para prever la posible descontaminación de núcleos al final de su vida útil.

Este procedimiento es adecuado para transformadores de aceite mineral contaminado con PCB, no siendo aconsejable para transformadores de PCB puros o con alto contenido de PCB, porque el proceso de exudación generaría altos contenidos aceite contaminado con PCB.

B. Métodos de destrucción y transformación irreversible

Se permitirán las siguientes operaciones de eliminación, previstas en las secciones A y B del Anexo IV del Convenio de Basilea, a los fines de destrucción o transformación irreversible del contenido de PCB de los desechos, si se aplican de manera que garanticen que los desechos restantes y las liberaciones no tengan las características de los PCB u otros COP:

- a) D9 Tratamiento fisicoquímico;
- b) D10 Incineración en la tierra;
- c) R1 Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.
- d) R3 Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se usen como disolventes, pero restringidas a la conversión de desechos a gas;
- e) R4 Reciclado o recuperación de metales y compuestos metálicos, pero restringidos a actividades de metalurgia primaria y secundaria.

Los PCB que se hayan extraído de los desechos durante una operación de tratamiento previo se deberán eliminar posteriormente conforme a las operaciones D9 y D10.

En esta parte se presentan las operaciones disponibles en el mercado para la destrucción y la transformación irreversible ambientalmente racional del contenido de COP en los desechos. Como se indicó anteriormente, es necesario señalar que dichas operaciones estarán sujetas a validación, control y fiscalización por parte de las autoridades ambientales y legislación locales o nacionales en la materia.

a) Reducción por metal alcalino

La reducción supone el tratamiento de desechos con metales alcalinos dispersos. Los metales alcalinos reaccionan con el cloro en los desechos halogenados, produciendo sales y desechos no halogenados. Normalmente, el proceso tiene lugar a presión atmosférica y a temperaturas de entre 60°C y 180°C. El tratamiento puede realizarse in situ (por ej., en transformadores contaminados con PCB) o ex situ en un recipiente de reacción. Este proceso admite diversas variantes. Si bien se ha utilizado potasio y aleación de potasio y sodio, el agente reductor más comúnmente consumido es el sodio metálico.



Como es un proceso que se utiliza principalmente para aceite mineral contaminado con PCB, en concentraciones típicamente inferiores a 1%, resulta muy conveniente su aplicación conjunta con los procesos de rellenado de transformadores, permitiendo la reclasificación y minimizando el requerimiento de insumos.

Es una de las tecnologías más utilizadas para aceites minerales contaminados. En la región existen tecnologías desarrolladas basadas en la utilización de sodio y potasio como agentes de clorinantes, que han sido aprobadas por las autoridades en trabajos, principalmente, para empresas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica. En Perú, se realizaron procesos de de clorinación tanto con sodio como con potasio.

El procedimiento es aplicado sobre aceite mineral contaminado, no siendo de aplicabilidad práctica para PCB puro. Tampoco es aplicable para matrices que puedan contener humedad por razones de seguridad, ni para el tratamiento de suelos o matrices sólidas.

A pesar de estas limitaciones, y debido al gran volumen de aceites minerales contaminados, esta tecnología es de alta aceptación y uso.

b) Descomposición catalizada por bases (DCB)

El proceso de DCB es el tratamiento de desechos en presencia de una mezcla de reactivos que incluye aceite donante de hidrógeno, hidróxido de un metal alcalino y catalizador patentado. Cuando la mezcla se calienta a más de 300°C, el reactivo produce hidrógeno atómico altamente reactivo. El hidrógeno atómico reacciona con el desecho eliminando los constituyentes que aportan la toxicidad a los compuestos. Puede ser aplicado hasta concentraciones del orden del 30 % y entre las matrices de desechos de PCB aplicables están los suelos, los sedimentos, los fangos y los líquidos. La empresa australiana BCD Group afirma además que se ha demostrado que el proceso destruye los PCB en las superficies de madera, papel y metal de los transformadores.

Dado que el proceso de DCB incluye la purga del cloro del compuesto de desecho, el proceso de tratamiento puede dar lugar a un aumento en la concentración de especies cloradas inferiores.

c) Hidrodecloración catalítica (HDC)

La HDC supone el tratamiento de desechos con gas hidrógeno y catalizador de paladio sobre carbono (Pd/C) disperso en aceite de parafina. El hidrógeno reacciona con el cloro del desecho halogenado para producir cloruro de hidrógeno (HCl) y desecho no halogenado.

En el caso de los PCB, el principal producto es el bifenilo. El proceso se desarrolla a presión atmosférica y temperaturas comprendidas entre 180° C y 260° C (Sakai, Peter y Oono, 2001; Noma, Sakai y Oono, 2002; y Noma, Sakai y Oono, 2003a y 2003 b).

Este proceso está patentado por las firmas Kansai Electric Power C. y Kanden Engineering Co. y ha sido probado para tratamiento de condensadores usados.



d) Co-procesamiento en horno de cemento

Por lo general, los hornos de cemento consisten en un cilindro de entre 50 y 150 metros de largo, ligeramente inclinado con respecto a la horizontal (en pendiente de entre 3% y 4%), cuya rotación oscila entre 1 y 4 revoluciones por minuto aproximadamente. Por el extremo superior, o "frío", del horno rotatorio se introducen las materias primas, como piedra caliza, silicio, alúmina y óxidos de hierro. La pendiente y la rotación hacen que los materiales desciendan hasta el extremo inferior, o "caliente", del horno. Este recibe calor por el extremo inferior, donde las temperaturas llegan a ser de 1.400°C–1.500°C. A medida que los materiales se desplazan en el horno son sometidos a un proceso de secado y tratamiento térmico para formar el clínker.

Los cloruros influyen en la calidad del cemento, por lo que es preciso limitarlos; además de ser precursor de dioxinas y furanos. El cloro está presente en todas las materias primas utilizadas en la fabricación de cemento, por lo que el contenido de cloro del desecho peligroso es esencial. Si bien los hornos rotatorios de cemento son una metodología aceptable para el tratamiento de desechos peligrosos con bajo contenido de PCB pueden ser una alternativa para el tratamiento de concentraciones mayores.

El co-procesamiento es aplicable a residuos oleosos en toda concentración, ya que puede regularse la inyección para controlar el contenido de cloro en el combustible.

e) Reducción química en fase gaseosa (RQFG)

El proceso de RQFG entraña la reducción termoquímica de compuestos orgánicos. A temperaturas superiores a los 850°C y a bajas presiones, el hidrógeno reacciona con los compuestos orgánicos clorados para formar principalmente metano y cloruro de hidrógeno. Se han registrado eficiencias de destrucción de 99,9999% para DDT, HCB, PCB, PCDD y PCDF.

En etapas de desarrollo anteriores se observó que contaminantes como el azufre y el arsénico inhibían el tratamiento, pero se desconoce si este problema continúa.

f) Incineración de desechos peligrosos

En la incineración de desechos peligrosos se utiliza la combustión con llama controlada para el tratamiento de los contaminantes orgánicos, principalmente en hornos rotatorios. Normalmente, un proceso de tratamiento consiste en calentar a temperaturas superiores a 850°C, si el contenido de cloro es superior al 1% a 1.000°C, con un tiempo de residencia de más de 2 segundos, en condiciones que garanticen una mezcla adecuada. Existen varias configuraciones de incineradores especiales de desechos peligrosos, entre ellos incineradores de horno rotatorio y hornos estáticos (solamente para líquidos). También se utilizan para la incineración de desechos peligrosos calderas de alto rendimiento y hornos rotatorios para agregados ligeros; puede obtenerse información adicional relacionada con esta tecnología en Brunner, 2004.

La incineración es ampliamente aplicada a gran variedad de desechos, y puede ser utilizada tanto en líquidos como en materiales sólidos con contenidos de PCB en un amplio rango de concentraciones hasta PCB puros.



g) Reacción de dechloración fotoquímica (DFQ) y reacción de dechloración catalítica (DC)

La DFQ y DC son tecnologías que utilizan métodos combinados de reacción de dechloración fotoquímica (DFQ) y reacción de dechloración catalítica (DC) (Watanabe, Ohara y Tajima, 2002 y Watanabe, Ohara, Tarima, Yoneki y Hosya, 2003). En el proceso de destrucción los PCB se mezclan con hidróxido de sodio (NaOH) y alcohol isopropílico (AIP) de modo que la concentración de PCB en el AIP deberá alcanzar algunos porcentajes en peso. Ulteriormente, los PCB se dechloran mediante dos procesos independientes, es decir, los procesos DFQ y DC. Cada proceso se desarrolla a temperatura moderada (<75°C) y a presión atmosférica. Una vez que los PCB se han dechlorado, se producen bifenilo, cloruro de sodio, acetona y agua, pero no se producen gases tales como el hidrógeno o el ácido hidrocórico.

h) Arco de plasma

El proceso Plascon™ emplea un arco de plasma con temperaturas superiores a los 3 000°C para tratar los desechos por pirólisis. Junto con el argón, los desechos se inyectan directamente en el arco de plasma y las altas temperaturas hacen que los compuestos se disocien en sus iones y átomos elementales. La recombinación tiene lugar en una zona de temperatura más baja de la cámara de reacción, que produce un enfriamiento que da lugar a la formación de moléculas simples. Los ensayos en banco de pruebas con aceites que contienen un 60% de PCB han obtenido Eficiencias de Remoción que oscilan entre el 99,9999% y 99,999999%.

Este método permite su aplicación en desechos con altos contenidos de PCB, como alternativa a la incineración en hornos pirólíticos.

i) Método del tert-butóxido de potasio

Los PCB en aceites de aislamiento se dechloran mediante reacción con el tert-butóxido de potasio (t-BuOK). El t-BuOK reacciona con el cloro de los PCB para producir sal y desecho no clorado. Normalmente, el proceso se desarrolla a presión atmosférica y temperaturas comprendidas entre 200°C y 240°C (Oono, Kaneda y Kirata, 1997 y Oono y Kaneda, 1997). Se ha determinado que puede conseguirse una reducción del contenido de PCB hasta menos de 0,5 mg/kg.

j) Oxidación en agua supercrítica (OASC) y oxidación en agua subcrítica

La OASC y la oxidación en agua subcrítica trata los desechos en un sistema cerrado y utiliza un oxidante (como oxígeno, peróxido de hidrógeno, nitrito, nitrato, etc.) en agua a temperaturas y presiones por encima del punto crítico del agua (374°C y 218 atmósferas) y por debajo de condiciones subcríticas (370°C y 262 atmósferas). En estas condiciones, los materiales orgánicos se tornan muy solubles en agua y se oxidan para producir dióxido de carbono, agua y sales o ácidos inorgánicos.

k. Conversión de desechos en gas

El proceso es una tecnología de tratamiento previo y tratamiento de gasificación para la recuperación de desechos que contienen hidrocarburos que funcionan a altas temperaturas (1 300°C- 2 000°C) y alta presión (aproximadamente 25 bares)




utilizando vapor y oxígeno puro en una atmósfera reductora. Todas las moléculas de los hidrocarburos en los desechos se escinden irreversiblemente en pequeñas moléculas gaseosas tales como hidrógeno (H₂) y monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). Los hidrocarburos de cadena corta como el etano (C₂H₆), el propano (C₃H₈) y el butano (C₄H₁₀), y otros compuestos se producen en cantidades pequeñas (<1 %vol.). Los COP, incluidos los PCB contenidos en los desechos, se destruyen eficazmente. Posteriormente, en un proceso de varias etapas, el gas crudo resultante se convierte en gas de síntesis para la producción de metanol de grado máximo.

C. Resumen de tecnologías aplicables

Las distintas tecnologías a aplicar dependerán de varios factores a tener en cuenta, siendo aconsejable la implementación de determinados procesos a escala nacional para minimizar el transporte de grandes cantidades/volumenes de residuos, y de esta forma disminuir riesgos ambientales y costos económicos y energéticos en la gestión integral del PCB existente.

Para poder identificar las tecnologías más útiles es necesaria la definición e identificación de las principales matrices, las cuales estarán relacionadas con distintas categorías de desechos y materiales:

- 
- a) Transformadores de PCB puro de origen.
 - b) Transformadores con aceite mineral, con alto contenido de PCB (típicamente mayores al 1% en peso de aceite)
 - c) Transformadores de aceite mineral con contenido de PCB comprendido entre 50 ppm y 1%.
 - d) Capacitores de PCB, o con contenido de PCB mayor a 50 ppm.
 - e) Balastos, capacitores pequeños, componentes eléctricos o electrónicos que contengan PCB.
 - f) Residuos oleosos provenientes de cambios de aceite, muestras de laboratorio,
 - g) Residuos líquidos de solventes orgánicos (percloroetileno, isoctano, hexano, otros), provenientes de operaciones de lavado de equipos, y materiales, análisis, limpieza de instalaciones.
 - h) Agua residual con contenido de PCB.
 - i) Superficies o materiales con PCB, producto de eventos de contaminación o por usos abiertos de PCB.
 - j) Residuos sólidos impregnados en PCB, sin líquidos libres. Por ejemplo, EPP, absorbentes de derrames, eliminación de aplicaciones abiertas, restos de demolición.
 - k) Suelos contaminados con PCB.

Para realizar las operaciones de tratamiento/eliminación es necesario contar con espacios para depósitos transitorios o permanentes para el almacenamiento de PCB, siendo ideal el establecimiento de depósitos permanentes, administrados por el estado o el Titular, o transitorios al interior de las instalaciones del Titular.

Si se desarrollaran tareas de tratamiento de PCB, es recomendable que se realicen dentro de instalaciones separadas y aisladas, con las medidas de seguridad previstas.

a) Transformadores de PCB puro

Estos equipos deben ser tratados por incineración de porosos y aceites en hornos pirolíticos aptos, y recuperar los metales por lavado con solventes.

Una alternativa intermedia consiste en la instalación de una planta de recuperación de metales, mediante limpieza en autoclave y exportación de porosos, aceite y colas de destilados ricos en PCB.

Este tipo de plantas pueden ser incorporadas como instalaciones fijas o bien realizar los trabajos en instalaciones de los poseedores o en depósitos transitorios.

b) Transformadores con aceite mineral más de 1 %

Estos equipos se consideran en general en forma similar a los equipos de PCB puro, ya que las tareas de descontaminación y recuperación resultan muy costosas, y no hay referencias que los equipos puedan ser descontaminados de tal forma que los porosos internos presenten concentraciones inferiores a 50 ppm luego del fin de su vida útil.

c) Transformadores entre 50 y 10 000 ppm

Dentro de estos equipos pueden diferenciarse entre aquellos equipos que pueden recuperarse eléctricamente y aquellos que no pueden recuperarse y llegan al final de su vida útil.

En todos los casos, el aceite puede ser tratado por tecnologías de decloración y destrucción de PCB en instalaciones propias, de tal forma de minimizar costos.

Para la recuperación de transformadores es necesario el rellenado de los mismos con aceite libre de PCB.

Transformadores en este grado de contaminación pueden encontrarse dentro de instalaciones eléctricas en empresas distribuidoras, industriales y otros poseedores estatales o privados de transformadores de tensión.

Una planificación de instalaciones que combinen decloración y retrolenado de transformadores permite una gestión eficiente y racional, con recuperación de equipos eléctricos y disminución de costos.

d) Capacitores con más de 50 ppm

Como la determinación del contenido de PCB en el aceite requiere la rotura de la carcasa del equipo, no es posible la recuperación de los mismos. En estos casos es posible el desarme y tratamiento del líquido y recuperación de metales. Debido a la complejidad de estas operaciones y los riesgos de pérdidas, se recomienda la adopción de una planta de tratamiento adecuada, o bien el transporte transfronterizo de los equipos para la disposición final.



e) Balastos, capacitores pequeños, componentes eléctricos o electrónicos que contengan PCB

En caso de determinarse la presencia de PCB, en general se trata de aislantes con altas concentraciones. Se deberá realizar el tratamiento de eliminación por incineración u otra tecnología que amerite el tratamiento de PCB puro, bien en instalaciones nacionales aprobadas o mediante exportación y transporte transfronterizo de desechos peligrosos.

f) Residuos oleosos provenientes de cambios de aceite, muestras de laboratorio

Si estos residuos consisten en aceites, podrán tratarse por dechlorinación o incineración dependiendo de las concentraciones que se obtengan, en forma similar al aceite extraído de los transformadores. Es necesario, en muchos casos, la asistencia estatal en cuanto al almacenamiento y tratamiento, ya que puede darse la presencia de pequeños generadores que no tengan la capacidad de contratación de servicios y deba recurrir a un centro de tratamiento o depósito para poder realizar la GAR.

Se deberá contemplar la posible presencia de otros compuestos, ya que al tratarse de residuales puede encontrarse que los mismos presenten sólidos (absorbentes, trapos, estopas, etc.), solventes, o agua libre, que pueden poner en riesgo otras operaciones y requerir procedimientos específicos de separación y tratamiento.

g) Residuos líquidos de solventes orgánicos

Estos pueden ser: Percloroetileno, isoctano, hexano y otros, provenientes de operaciones de lavado de equipos, y materiales, análisis, limpieza de instalaciones, entre otros.

Estos residuales son típicamente incinerados como residuos de procesos, ya que pueden presentar dificultades de tratamientos fisicoquímicos (por ejemplo, dechlorinación) debido a diversos factores, entre ellos la volatilidad o presencia de compuestos clorados, que generan agotamiento de reactivos dechlorinantes, carbones activados, ebullición a bajas temperaturas. Es necesario que los mismos sean envasados en recipientes adecuados; en este caso puede darse que los generadores tengan cantidades que requieran el envío a almacenes transitorios previo a la eliminación conjunta con otros pequeños poseedores.

h) Agua residual con contenido de PCB

Estas aguas pueden provenir de operaciones de tratamiento, limpieza de instalaciones, acumulación de agua de lluvia o escorrentías de depósitos o instalaciones con PCB, medios naturales contaminados, entre otros. Si los volúmenes son pequeños, lo más adecuado consiste en filtrar el líquido con carbón activado, que posee una gran capacidad de adsorción. El carbón activado agotado deberá ser dispuesto como residuo sólido contaminado con PCB, según lo recomendado en el ítem j.

i) Superficies o materiales con PCB, producto de eventos de contaminación o por usos abiertos de PCB



El tratamiento de estos elementos contaminados requerirá de técnicas específicas de remoción del PCB. En general, el tratamiento de éstos generará residuales que podrán ser asimilados a otros ítems analizados en esta subsección. Por ejemplo, si se decide la demolición de estructuras o eliminación mecánica de superficies, se generarán residuos sólidos con contenidos de PCB, asimilables al ítem j. Si en cambio se procede a una limpieza de una superficie no porosa con solvente, probablemente se generen residuos de solventes con contenido de PCB y/o sólidos (trapos, estopas, absorbentes) contaminados con PCB. En todos los casos, estos residuales deberán someterse a las recomendaciones del presente documento para la GAR.

j) Residuos sólidos impregnados en PCB, sin líquidos libres.

Entre estos residuos pueden citarse EPP, absorbentes de derrames, eliminación de aplicaciones abiertas, restos de demolición.

Estos residuos podrán ser sometidos a procesos de extracción con fase líquida y concentración, o bien ser eliminados directamente como sólidos residuales. Debido a la diversidad de materiales que puedan ser soporte contaminado de PCB, se deberá adoptar medidas particulares, sirviendo como proceso de uso general la incineración de PCB.



Anexo 9: Resumen de las experiencias nacionales de eliminación de PCB

Entre el 2011 y 2017 en el Perú tuvieron lugar la ejecución de dos proyectos sobre PCB, según se indica a continuación.

Proyecto MINAM/CBRAS/PNUMA

El Proyecto "Mejores Prácticas para el Manejo de PCB en el Sector Minero" ejecutado por el Ministerio del Ambiente, el Centro Regional de Basilea para América del Sur (CBRAS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) entre el 2011 y 2014, realizó un inventario de PCB en 8 empresas mineras, habiendo tomado 674 muestras, a las cuales se aplicaron descartes e hicieron análisis cromatográfico confirmatorio a 63 muestras, resultando 14 muestras con más de 50 ppm de PCB. Esto correspondió a 14 equipos con PCB con un peso de 49,4 t, los que fueron tratados por dechlorinación en una planta móvil de Kioshi Perú S.A. instalada en la Unidad Minera Atacocha de la empresa Milpo S.A.

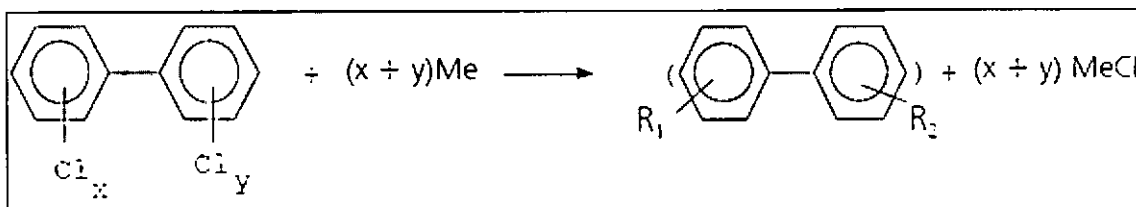
El proceso que se llevó a cabo implicó reacciones químicas de sustitución de los iones de cloro que componen las moléculas de los PCB presentes en los aceites dieléctricos utilizando para ello, productos cáusticos, como el Declor K en base a Sodio Metálico. Posterior al proceso de dechlorinación, el aceite fue dispuesto como un aceite residual con mínimo porcentaje de PCB, inferior a los 50 ppm, debido a que no se realizó la regeneración de los aceites. Los equipos fueron rellenados con aceite dieléctrico nuevo para seguir funcionando. El proceso se describe a continuación:



Dechlorinación con Sodio Metálico

Cuando se emplea sodio metálico para dechlorinar las moléculas de PCB, la reacción que se produce se rige por la ecuación de Wurtz (y su posterior modificación de Wurtz – Fittig) . En ésta, un compuesto halogenado es combinado con sodio, elemento que tiene una fuerte afinidad por los halógenos y que actúa como nucleófilo para formar un nuevo enlace carbono-carbono. Puesto que el halógeno tiene la tendencia de recibir un electrón y el sodio tienen la tendencia de ceder un electrón en solución, el halógeno recibe el electrón de parte del sodio dejando al sodio halogenado y al radical alquilo libre. El detalle de la reacción de Wurtz se indica a continuación:

Figura N° 26: Reacción de Wurtz



Donde:

Me: Metal Alcalino

R1: Radicales orgánicos de sustitución, y

R2: Átomos de hidrógeno.

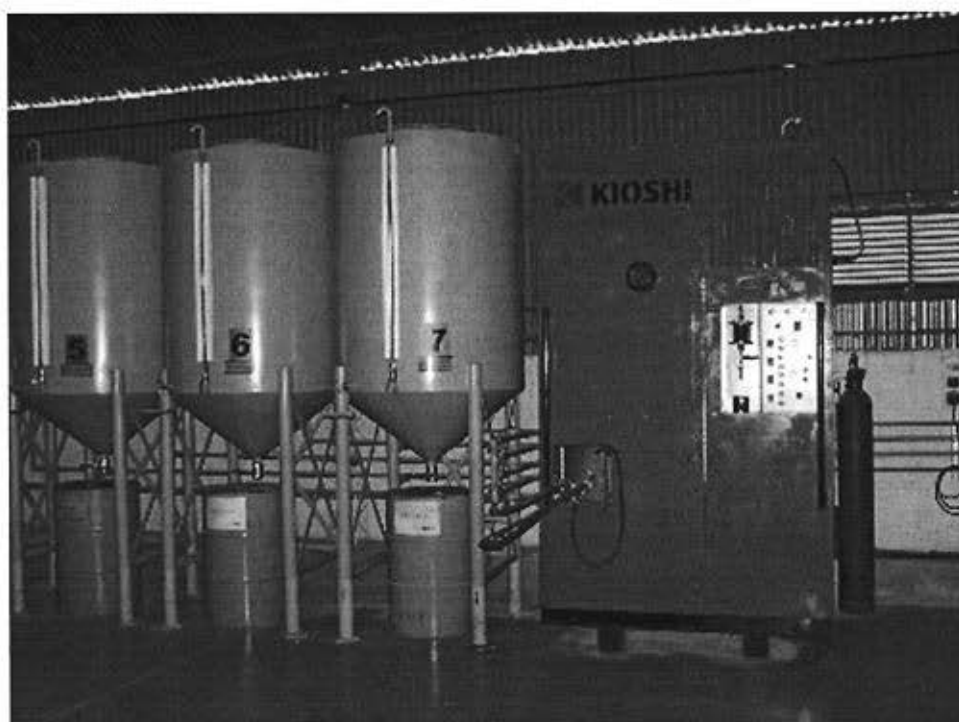
El proceso en el reactor se realiza a 200 mm Hg de presión y 85° C en batch estándar de 1000 litros.

Como reacción complementaria del proceso, el cloro extraído es combinado con los reactivos de tal manera que se obtiene una sal que se precipita ya que es muy insoluble y tiene mayor peso específico que el aceite.

Los gases que se liberan están en su mayoría formados por vapor de agua e hidrocarburos livianos, que son retenidos por condensación y por un filtro de carbón activado.

En la figura siguiente puede verse el reactor de la empresa Kioshi S.A. donde se produce la declorinación y los tanques donde se deja reposar el aceite descontaminado, para que los productos de la declorinación precipiten.

Figura N° 27: Reactor y tanques de precipitación



Cortesía Kioshi Perú S.A.

Finalmente, el aceite que sale del reactor es tratado pasándolo por filtro de prensa y luego deshumidificado con la finalidad de recuperar las características dieléctricas originales en procesos que se detallan a continuación:

Separación de productos de la degradación

Este proceso consiste en la remoción del cloruro inorgánico, principalmente Cloruro de Sodio (NaCl), formado durante la etapa de declorinación. Esto se realiza mediante decantación en tolvas.

Regeneración

En este proceso se eliminan las impurezas orgánicas (polares) solubles e insolubles del aceite dieléctrico. Esto se realiza en un filtro prensa compuesto por tierras filtrantes tipo bentonita (Tierras de Fuller), las cuales poseen una alta capacidad de adsorción superficial de compuestos polares.

Deshumidificación

Para dejar al aceite con un contenido de humedad que le permita operar como dieléctrico, es necesario reducir su humedad, lo que se realiza mediante temperatura y vacío.

PROYECTO DIGESA/ONUUDI

El otro proyecto "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados" fue ejecutado entre el 2011 y 2017 por la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI). Con este proyecto se evaluaron 15 912 muestras correspondientes a 41 cilindros con aceite (perteneciente a una empresa del sector saneamiento) y 15 880 equipos (transformadores y capacitores), en su mayoría de Titulares de electricidad (15 635 equipos), 95 de empresas del sector industrias; 97 equipos del sector minería y 44 equipos del sector transportes.



El proceso de identificación se realizó aplicando la metodología de descarte con el equipo Analyzer L2000DX y los Kits Clor-N-Oil de 50 ppm, así como por cromatografía de gases. De éstos, 309 equipos tenían concentraciones mayores a 50 ppm (que representaron el 1,9% del total de muestras analizadas). 309 equipos estaban contaminados que representaron 295,62 toneladas. De éstos, 165 equipos fueron tratados mediante retrolenado (o rellenado) y declorinación y 96 fueron exportados para incineración en una planta de Francia.

Retrolenado de equipos con PCB

El retrolenado o rellenado es un proceso de eliminación de PCB con recuperación que se aplica en transformadores con presencia de PCB con unas concentraciones por debajo de 500 ppm.

Este proceso tiene por finalidad reemplazar el aceite dieléctrico con PCB por debajo de 500 ppm de los transformadores con un aceite libre de PCB, con la finalidad de reducir la concentración de PCB en las partes internas del transformador mediante la lixiviación de las moléculas adheridas a las partes sólidas del equipo y eliminar los PCB del aceite extraído mediante el proceso de tratamiento químico que se elija.

El retrolenado consiste básicamente de:

- a) Vaciado del aceite dieléctrico con PCB
- b) Rellenado de transformador con aceite libre de PCB

Para ejecutar el retrolenado se deberá tener el equipo fuera de servicio y realizar las siguientes acciones:

- a) Preparación del lugar de trabajo y contar con equipos de protección personal.

- b) Verificar condiciones de equipos y herramientas de trabajo.
- c) Realizar charla de seguridad antes de iniciar los trabajos.
- d) Identificar y verificar los datos y características técnicas de los equipos a ser intervenidos (condiciones físicas y datos de placa o identificación).
- e) Vaciado del aceite con presencia de PCB, de los equipos.
- f) Rellenado de equipos con aceite dieléctrico libre de PCB.

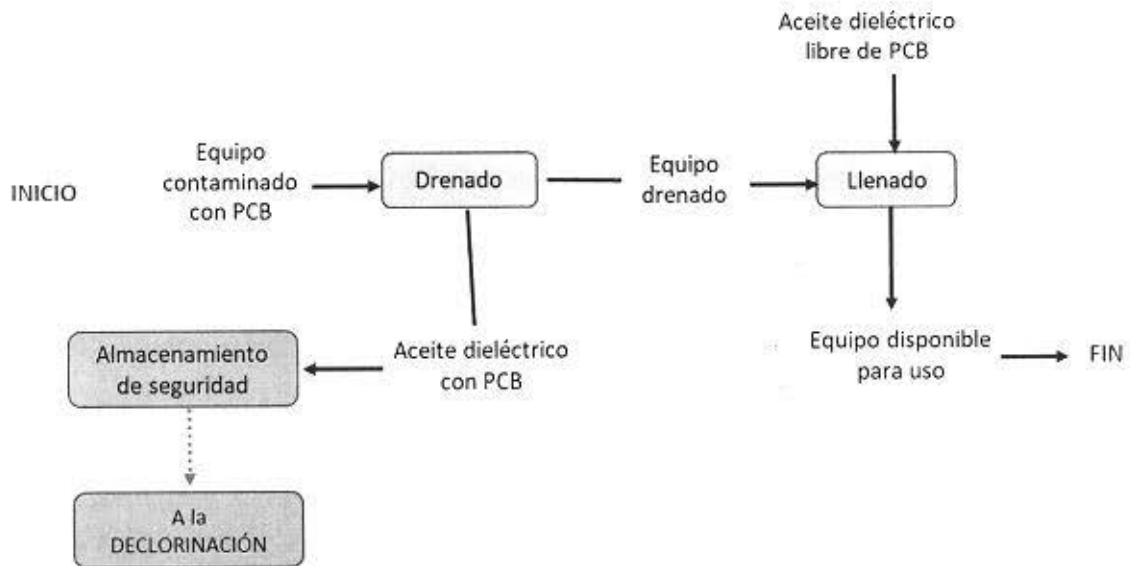


Figura N° 28: Esquema del retrolenado



Figura N° 29: Equipo utilizado para el proceso de retrolenado

Declorinación con Potasio

Este proceso aplicado en el país por la compañía Tredi S.A. se basa también en el uso de una sustancia alcalina que reacciona con el cloro de la molécula de PCB con la finalidad de sustituirla por hidrógeno recomponiendo la original molécula del bifenilo, asegurando de esta manera la eliminación del contaminante.

En este proceso se utilizan el reactivo denominado Glycol 400 y el hidróxido de potasio para remover el cloro del anillo bencénico, los cuales reaccionan con el PCB del aceite dieléctrico en el reactor cuya temperatura se halla en el rango de 140 a 160° C, la que asegura una reducción de la concentración de PCB en el aceite dieléctrico de hasta menos de 2 ppm. A continuación, se muestra la reacción química:

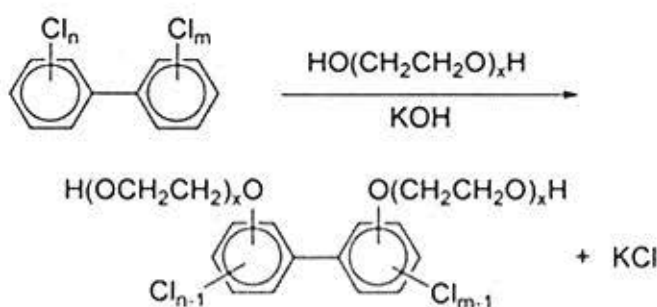


Figura N° 30: Reacción química de declorinación en base a Hidróxido de Potasio

Debido a la temperatura de trabajo y a estar en un ambiente exento de oxígeno, no se producirá furanos o dioxinas y más bien se presenta emisión de dióxido de carbono y vapor de agua, los mismos que son pasados por un filtro de carbón activado.

El flujo del proceso se muestra a continuación:

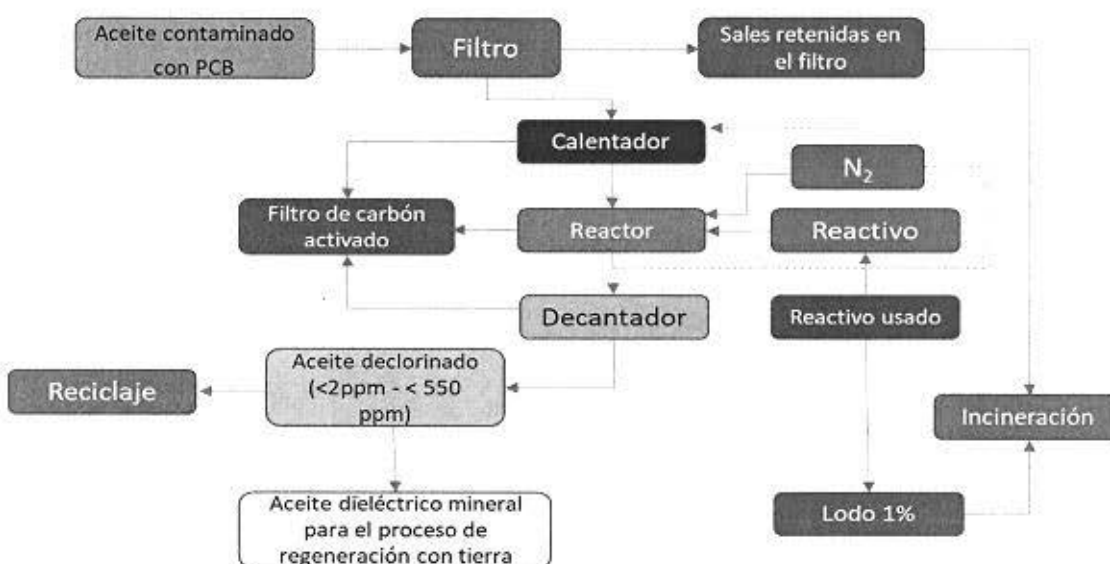


Figura N° 31: Diagrama del proceso de declorinación



Después del proceso de declorinación, será necesario tratar el aceite dieléctrico para reconstituir las propiedades dieléctricas (procedimiento descrito anteriormente) con la finalidad de ser nuevamente utilizado.

A continuación, se puede apreciar la planta instalada para realizar el trabajo del Proyecto PCB:



Figura N° 32: Declorinadora de la empresa TREDI S.A.



Anexo 10: Plan de emergencias y contingencias.

Se considerará una contingencia cualquier hecho no previsto que lleve a la pérdida de PCB o foco de incendio que involucre PCB.

- Contaminación o riesgo de contaminación de aguas, suelos, alimentos, desagües, aire u otro medio físico o biológico.
- Incendio de fluido con contenido de PCB.

Deben existir planes para hacer frente a situaciones de emergencia para todas las actividades de mantenimiento y transporte de PCB, cuyos elementos principales son, entre otros:

- a) La determinación de todos los peligros, riesgos y casos de accidente probables;
- b) La identificación de las normas locales, nacionales, regionales e internacionales a las que han de sujetarse los planes para hacer frente a situaciones de emergencia;
- c) La planificación para situaciones de emergencia previstas y las posibles medidas para hacerles frente;
- d) La actualización del inventario físico del almacén o ambiente donde se tengan existencias o residuos con PCB;
- e) La capacitación del personal en las actividades necesarias para hacer frente a situaciones de emergencia, tales como ejercicios simulados y primeros auxilios;
- f) El mantenimiento de capacidades de respuesta móviles en caso de derrames o la garantía de contar con los servicios de una empresa especializada en hacer frente a los derrames;
- g) La notificación a la Compañía Peruana de Bomberos, Policía Nacional del Perú y otros organismos gubernamentales encargados de hacer frente a situaciones de emergencia, acerca de la ubicación de los PCB y las rutas de transporte;
- h) La instalación de medidas de mitigación, tales como sistemas de extinción de incendios, equipos de contención de derrames, depósitos de agua para extinguir incendios, alarmas contra incendios y derrames, y cortafuegos;
- i) La instalación de sistemas de comunicación para situaciones de emergencia, como señales que indiquen salidas de emergencia, números de teléfono, lugares de alarma e instrucciones escritas con árbol de decisiones para hacer frente a situaciones de emergencia;
- j) La instalación y el mantenimiento de equipos y herramientas para situaciones de emergencia, que contengan absorbentes, equipos de protección personal, extintores portátiles de incendios y equipos de primeros auxilios;
- k) La integración de los planes de las instalaciones con los planes locales, nacionales, regionales e internacionales para hacer frente a situaciones de emergencia, si procede;



- l) La comprobación periódica de los equipos para hacer frente a situaciones de emergencia y revisión del plan para hacer frente a estas situaciones.

Los planes para hacer frente a situaciones de emergencia o Plan de Contingencias deben prepararlos conjuntamente grupos interdisciplinarios integrados por personal técnico, médico y químico capacitado para dar respuesta en casos de emergencia y también representantes laborales y directivos. Cuando proceda, deberán participar además representantes de las comunidades que pudieran resultar afectadas.

Las operaciones de manipulación y transporte de PCB incrementan el riesgo de contingencia, y por lo tanto el poseedor de PCB, y el personal que realice la actividad, ya sea propio o de una empresa contratista, deberá poseer un plan de contingencia con contenido de acciones generales y específicas de la operación a realizar.

- a) Cercar la zona e impedir el acceso a toda persona ajena a las tareas.
- b) Identificar y aislar los desagües pluviales en la zona de operaciones, tanto de carga como descarga. Se puede utilizar mangas de material absorbente u otros elementos con este fin.
- c) Si los contenedores o equipos presentan pérdidas, colocar un protector de material impermeable al aceite y mantenerlo hasta la colocación dentro de una batea estanca.
- d) Proveer de material absorbente y elementos de trabajo adecuados para contingencias, (palas, bolsas de recolección, bidones o tambores para recolección de líquidos, esponjas o paños absorbentes, guantes descartables de nitrilo y demás EPP).
- e) Proveer de extintores clase B en cantidad suficiente de acuerdo a la cantidad de fluido que sea transportado.
- f) Evitar realizar estas operaciones en días de lluvia.

Elementos de intervención ante derrames y/o incendios.

El Titular deberá contar con los siguientes elementos para el manejo de contingencias:

- a) Baldes de 10 a 20 litros.
- b) Trapos y/o esponjas para absorción.
- c) Material absorbente mineral.
- d) Tambores o contenedores con tapa hermética para acumular los residuos sólidos que sean generados.
- e) Tambores o contenedores para acumular residuos líquidos recolectados.
- f) Equipo de protección para los trabajadores,
- g) Extintores manuales clase BC o ABC en cantidad suficiente de acuerdo al riesgo que se establezca en las instalaciones u operaciones que sean realizadas.

Equipos de protección personal (EPP)

El personal que intervenga en actividades que pueda generar exposición al PCB deberá contar con sus respectivos seguros vigentes contra todo tipo de accidentes laborales y de salud inherentes, así como con los equipos de Protección Personal adecuados para la tarea, entre los que se pueden citar:

- a) Traje Tyvek
- b) Guantes dieléctricos, de acuerdo al voltaje presente en la subestación
- c) Anteojos de seguridad
- d) Guantes de nitrilo, preferentemente descartables.
- e) Máscara
- f) Casco dieléctrico
- g) Detector de tensión adherido al casco
- h) Zapatos de seguridad dieléctricos.

Asimismo, se sugiere contar con un vehículo debidamente equipado para transportar a los técnicos encargados de la extracción y traslado de las muestras de aceite, equipado con camilla, extintor, etc.

Eliminación de residuos

En caso de generarse residuos en la operación, los mismos deberán ser dispuestos en bolsas rojas para su tratamiento como residuos de PCB, a menos que puedan ser analizados y sea descartado su contenido por poseer una concentración inferior a lo permitido según el tipo de residuo que se trate (sólidos porosos, superficies sólidas).

Los EPP de descarte, en aquellos casos que no hayan existido contingencias y los equipos no presenten pérdidas, podrán considerarse como libres de PCB, eliminándose con el resto de los residuos peligrosos no contaminados.

En aquellos casos que la manipulación sea de aceite contaminado en baja concentración (menor a 50 ppm), puede ser recomendable la caracterización previa a la disposición final tal como se especifica la regulación vigente.

En la manipulación de equipos con PCB puros, todos los residuos que se generen deben ser considerados de PCB, a menos que sean descontaminados mediante procedimientos aprobados por la autoridad competente.

Los residuos deberán ser eliminados mediante las operaciones de eliminación adecuadas según la concentración de PCB y matrices que se encuentren y tecnologías disponibles.

Capacitación del personal

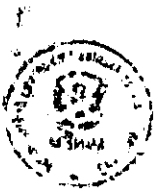
El Titular deberá realizar capacitación previa al personal involucrado en el manejo de existencias de PCB, en los siguientes temas:

- a) Riesgo Eléctrico.



- b) Riesgos generales de seguridad e higiene.
- c) Manipulación de PCB.
- d) Manejo de contingencias y emergencias.

Esta instrucción deberá ser brindada en forma previa a las operaciones por un profesional debidamente calificado y con conocimiento en la materia.



Bibliografía

Centro Regional de Basilea para América del Sur (CBRAS)/Proyecto "Mejores Prácticas para el Manejo de PCB en el Sector Minero. Herramienta para la Toma de Decisiones. Gestión de PCB en la industria minera. 2011

DIGESA/MINSA-PERÚ. Informe final del Programa de implementación de Contaminantes Orgánicos Persistentes – COPs en leche materna y aire en el Perú. 2013

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados – PCB. No. 6. Manejo Ambientalmente Racional de equipos y desechos contaminados con PCB. 2015

MINAM. Política Nacional del Ambiente. 2009

Naciones Unidas. Transporte de mercancías peligrosas. Reglamentación Modelo. Volumen II. 2009

PNUMA. Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de los desechos que contengan dibenzoparadioxinas policloradas (PCDD), dibenzofuranos policlorados (PCDF), hexaclorobenceno (HCB) o bifenilos policlorados (PCB) producidos de forma no intencional, o que estén contaminados con ellos. 2006

Proyecto PCB. ONUDI/DIGESA. Inventario y eliminación de existencias y residuos con PCB. 2017

Proyecto PCB. ONUDI/DIGESA. Guía para el manejo ambientalmente racional de existencias y residuos de Bifenilos Policlorados (PCB). Lima, 2017

Proyecto PCB. UNEP/CBRAS. Guía para la elaboración de un Plan de Gestión de PCB en el Sector Minero. 2012

UNEP. CONVENIO DE BASILEA. Manual de Capacitación. Preparación de un plan nacional de manejo ambientalmente adecuado de los Bifenilos Policlorados (PCB) y de equipos contaminados con PCB. Serie del Convenio de Basilea N 2003/01. 2003

UNEP. Encuesta sobre tecnologías actualmente disponibles para la destrucción sin incineración. 2000

UNEP. Updated general technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (POPs). 2006

UNEP. Draft technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with polychlorinated biphenyls (PCBs), polychlorinated terphenyls (PCTs) or polybrominated biphenyls (PBBs), including hexabromobiphenyl (HBB). 2015

UNEP/DTI. Consolidated assessment of efforts made toward the elimination of Polychlorinated Biphenyls. 2016

