



MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

Resolución Ministerial

N° 176-2020-MINEM/DM

Lima, 15 JUL. 2020

VISTOS: El Informe N° 014-2020-MINEM/DGAAE-DGAE de la Dirección de Gestión Ambiental de Electricidad de la Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad, y el Informe N° 296-2020-MINEM/OGAJ de la Oficina General de Asesoría Jurídica;

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 2.22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú reconoce el derecho fundamental de toda persona de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, en atención a dicho mandato, a través de la Ley N° 28611 se aprobó la Ley General del Ambiente (en adelante, LGA), que en el artículo VI de su Título Preliminar desarrolla el principio de prevención, el cual establece que la gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que correspondan;

Que, el numeral 24.1 del artículo 24 de la LGA establece que toda actividad humana que implique 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;

Que, mediante Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, se creó el Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA), como un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio del proyecto de inversión;

Que, con Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, se aprobó el Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (en adelante, RLSEIA), el cual ordena la adecuación de la normativa sectorial vinculada al proceso de evaluación de impacto ambiental, a lo dispuesto en dicho Reglamento y sus normas complementarias y conexas;

Que, el artículo 8 del RLSEIA, indica que son autoridades competentes en el marco del SEIA, las autoridades sectoriales nacionales, las autoridades regionales y las autoridades locales con competencia en materia de evaluación de impacto ambiental.



Asimismo, los incisos d) y e) del citado artículo señalan que las Autoridades Competentes a cargo de la evaluación de los estudios ambientales, tienen las funciones de emitir normas, guías técnicas, criterios, lineamientos y procedimientos para regular y orientar el proceso de evaluación del impacto ambiental de los proyectos de inversión a su cargo, en coordinación con el Ministerio del Ambiente (en adelante, MINAM) y en concordancia con el marco normativo del SEIA, así como aprobar la clasificación y los Términos de Referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental semidetallado y del estudio de impacto ambiental detallado, bajo su ámbito;

Que, el artículo 13 del RLSEIA dispone que los instrumentos de gestión ambiental no comprendidos en el SEIA son considerados instrumentos complementarios al mismo. Las obligaciones que se establezcan en dichos instrumentos deben ser determinadas de forma concordante con los objetivos, principios y criterios que se señalan en la Ley y su Reglamento, bajo un enfoque de integralidad y complementariedad de tal forma que se adopten medidas eficaces para proteger y mejorar la salud de las personas, la calidad ambiental, conservar la diversidad biológica y propiciar el desarrollo sostenible, en sus múltiples dimensiones;

Que, el artículo 47 del RLSEIA señala que la elaboración de los EIA debe realizarse con estricta sujeción al marco legal vigente y a los Términos de Referencia aprobados por la Autoridad Competente;

Que, mediante Decreto Supremo N° 014-2019-EM, se aprobó el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (en adelante, RPAAE), el mismo que tiene por objeto promover y regular la gestión ambiental de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, con la finalidad de prevenir, minimizar, rehabilitar y/o compensar los impactos ambientales negativos derivados de tales actividades, en un marco de desarrollo sostenible;

Que, el artículo 53 del RPAAE define al Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB) como un Instrumento de Gestión Ambiental complementario que contiene actividades destinadas a la prevención 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 Bifenilos Policlorados (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;





MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

Resolución Ministerial N° 176-2020-MINEM/DM

Que, la Quinta Disposición Complementaria Final del RPAAE, dispone que el MINEM, previa opinión del MINAM, debe aprobar la guía metodológica para el inventario de existencias y residuos para la identificación de PCB, así como para la elaboración de los PGAPCB aplicables a la actividad eléctrica;

Que, el literal a) del artículo 91 del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas aprobado por Decreto Supremo N° 031-2007-EM y sus modificatorias, establece las funciones de la Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad (en adelante, DGAAE), entre las cuales se encuentra; formular, proponer y aprobar, cuando corresponda, programas, proyectos, estrategias, normas, guías y lineamientos relacionados con la protección del ambiente y evaluación de instrumentos de gestión ambiental en el Subsector Electricidad;

Que, considerando el marco normativo señalado, el Ministerio de Energía y Minas es competente para emitir la normatividad ambiental sectorial que tenga como finalidad promover inversiones sostenibles en las actividades de electricidad, consensuada con la protección del medio ambiente y una buena relación entre la empresa y comunidad;

Que, a través del Informe N° 014-2020-MINEM/DGAAE-DGAE, la DGAAE señala que ha elaborado dos (2) proyectos de Guías Metodológicas; la primera, denominada "Guía Metodológica para la elaboración del Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB)", el cual constituiría un Instrumento de Gestión Ambiental complementario que busca orientar a los titulares eléctricos a que realicen una gestión ambientalmente adecuada y racional de los PCB; y, la segunda, denominada "Guía Metodológica para el inventario de existencias y residuos para la identificación de Bifenilos Policlorados (PCB)", cuyo objetivo es otorgar a las empresas del subsector electricidad, los lineamientos o criterios básicos que les permitan realizar un levantamiento de información ordenada, clasificada y confiable del inventario de existencias, residuos con PCB por lo que requiere su publicación por el plazo de diez (10) días hábiles a fin de recibir los comentarios de la ciudadanía que puedan optimizar dichos proyectos;

Que, de acuerdo con el numeral 1 del artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, las entidades dispondrán la publicación de los proyectos de normas de carácter general que sean de su competencia, en el Diario Oficial El Peruano, en sus portales electrónicos o mediante cualquier otro medio, en un plazo no menor de treinta (30) días antes de la fecha prevista para su entrada en vigencia, salvo casos excepcionales, con la finalidad de permitir que las personas interesadas formulen comentarios sobre las medidas propuestas;



Que, por su parte, el artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, establece que los proyectos de normas que regulen asuntos ambientales generales o que tengan efectos ambientales deben ser puestos en conocimiento del público para recibir opiniones y sugerencias de los interesados. El aviso de publicación del proyecto debe publicarse en el Diario Oficial El Peruano y el cuerpo completo del proyecto en el Portal de Transparencia de la entidad, por un periodo mínimo de diez (10) días útiles;



Que, en virtud al marco legal antes descrito, corresponde disponer la publicación de la Resolución Ministerial que autoriza la publicación del proyecto normativo que aprueba la "Guía Metodológica para la elaboración del Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB)" y la "Guía Metodológica para el Inventario de Existencias y Residuos para la identificación de Bifenilos Policlorados (PCB)", otorgando a los interesados un plazo de diez (10) días hábiles para la remisión por escrito o vía electrónica de los comentarios y sugerencias;



De conformidad, con lo dispuesto en la Ley N° 30705, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas; la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, y su modificatoria; el Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, que aprueba el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales; el Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental; el Decreto Supremo N° 014-2019-EM, que aprueba el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas y el Decreto Supremo N° 031-2007-EM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas; y sus modificatorias;

SE RESUELVE:



Artículo 1.- Disponer la publicación del proyecto de Resolución Ministerial que aprueba la "Guía Metodológica para la elaboración del Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB)" y la "Guía Metodológica para el Inventario de Existencias y Residuos para la identificación de Bifenilos Policlorados (PCB)", los mismos que como anexo forman parte integrante de la presente Resolución Ministerial, en el portal institucional del Ministerio de Energía y Minas (www.gob.pe/minem), el mismo día de la publicación de la presente Resolución Ministerial en el Diario Oficial El Peruano.



MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

Resolución Ministerial

N° 176-2020-MINEM/DM



Artículo 2.- Establecer un plazo de diez (10) días hábiles, contados a partir del día siguiente de la publicación de la presente Resolución Ministerial, a fin de que los interesados remitan por escrito sus opiniones y sugerencias a la Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad (DGAAE) sito en Avenida Las Artes Sur N° 260, distrito de San Borja, provincia y departamento de Lima, o vía internet a la siguiente dirección de correo electrónico: DGAAE_guiaspbc@minem.gob.pe.



Artículo 3.- Disponer la publicación de la presente Resolución Ministerial en el Diario Oficial El Peruano.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

SUSANA VILCA ACHATA
Ministra de Energía y Minas



Lima,

VISTOS, el Informe N° , de la Dirección de Gestión Ambiental de Electricidad, y el Informe N° -2020-MEM/OGAJ del de 2020, de la Oficina General de Asesoría Jurídica;

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 2.22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, en atención a dicho mandato, a través de la Ley N° 28611 se aprobó la Ley General del Ambiente (en adelante, LGA), que en el artículo VI de su Título Preliminar desarrolla el principio de prevención, el cual establece que la gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que correspondan;

Que, el numeral 24.1 del artículo 24 de la LGA establece que toda actividad humana que implique 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;

Que, mediante la Ley N° 27446 – Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, se creó el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), como un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio del proyecto de inversión;

Que, con Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, se aprobó el Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (en adelante, RLSEIA), el cual ordena la adecuación de la normativa sectorial vinculada al proceso de evaluación de impacto ambiental, a lo dispuesto en dicho Reglamento y sus normas complementarias y conexas;

Que, el artículo 8 del RLSEIA, indica que son autoridades competentes en el marco del SEIA, las autoridades sectoriales nacionales, las autoridades regionales y las autoridades locales con competencia en materia de evaluación de impacto ambiental. Asimismo, los incisos d) y e) del citado artículo señalan que las Autoridades Competentes a cargo de la evaluación de los estudios ambientales tienen, las funciones



de emitir normas, guías técnicas, criterios, lineamientos y procedimientos para regular y orientar el proceso de evaluación de impacto ambiental de los proyectos de inversión a su cargo, en coordinación con el MINAM y en concordancia con el marco normativo del SEIA, así como aprobar la clasificación y los Términos de Referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental semidetallado y del estudio de impacto ambiental detallado, bajo su ámbito;

Que, el artículo 13 del RLSEIA dispone que los instrumentos de gestión ambiental no comprendidos en el SEIA son considerados instrumentos complementarios al mismo. Las obligaciones que se establezcan en dichos instrumentos deben ser determinadas de forma concordante con los objetivos, principios y criterios que se señalan en la Ley y su Reglamento, bajo un enfoque de integralidad y complementariedad de tal forma que se adopten medidas eficaces para proteger y mejorar la salud de las personas, la calidad ambiental, conservar la diversidad biológica y propiciar el desarrollo sostenible, en sus múltiples dimensiones;

Que, el artículo 47 del Reglamento de la Ley N° 27446 señala que la elaboración de los EIA debe realizarse con estricta sujeción al marco legal vigente y a los Términos de Referencia aprobados por la autoridad competente;

Que, mediante Decreto Supremo N° 014-2019-EM, se aprobó el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (en adelante, RPAAE), el mismo que tiene como objeto promover y regular la gestión ambiental de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, con la finalidad de prevenir, minimizar, rehabilitar y/o compensar los impactos ambientales negativos derivados de tales actividades, en un marco de desarrollo sostenible;

Que, el artículo 53 del RPAAE define al Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB) como un Instrumento de Gestión Ambiental complementario que contiene actividades destinadas a la prevención 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 Bifenilos Policlorados (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;

Que, la Quinta Disposición Complementaria Final del RPAAE, dispone que, el MINEM, previa opinión del MINAM, debe aprobar la guía metodológica para el inventario de existencias y residuos para la identificación de Bifenilos Policlorados (PCB), así como para la elaboración de los PGAPCB aplicables a la actividad eléctrica;

Que, el literal a) del artículo 91 del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas aprobado por Decreto Supremo N° 031-2007-EM y sus modificatorias, establece las funciones de la Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad, entre las cuales se encuentra la de formular, proponer y aprobar, cuando corresponda, programas, proyectos, estrategias, normas, guías y lineamientos



relacionados con la protección del ambiente y evaluación de instrumentos de gestión ambiental en el Subsector Electricidad;

Que, mediante el Informe N° -MEM/DGAAE/DGAE del, la Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad sustenta la necesidad de aprobar la "Guía Metodológica para la elaboración del Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB)" y "la Guía Metodológica para el Inventario de Existencias y Residuos para la identificación de Bifenilos Policlorados (PCB)"; a fin de regular el contenido de los planes de gestión ambiental de bifenilos policlorados y establecer las pautas para lograr un inventario confiable y que permita su eliminación de forma adecuada y viable en el país;

Que, de acuerdo a lo dispuesto en el literal d) del artículo 7 del RLSEIA, el Ministerio del Ambiente, mediante Oficio N° -2020-MINAM/VMGA/DGPIGA, remitió el Informe N° -2020-MINAM/VMGA/DGPIGA, mediante el cual otorgó la respectiva Opinión Previa Favorable;

Que, por lo antes mencionado, corresponde aprobar la Guía Metodológica para la elaboración del Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB) y la Guía Metodológica para el Inventario de Existencias y Residuos para la identificación de Bifenilos Policlorados (PCB) de la presente Resolución Ministerial, con el visado del Viceministerio de Electricidad, de la Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad y la Oficina General de Asesoría Jurídica;

De conformidad, con lo dispuesto en la Ley N° 30705, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas; la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental; el Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, que aprueba el Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental; el Decreto Supremo N° 014-2019-EM, que aprueba el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas y el Decreto Supremo N° 031-2007-EM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas; y sus modificatorias;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Aprobar

Apruébese la "Guía Metodológica para la elaboración del Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB)" y la "Guía Metodológica para el Inventario de Existencias y Residuos para la identificación de Bifenilos Policlorados (PCB)"; que forman parte de la presente Resolución Ministerial.

Artículo 2.- Publicar

Publíquese la presente Resolución Ministerial y las Guías que se aprueban en el artículo 1, en el diario oficial El Peruano, así como en el Portal del Estado Peruano (<https://www.peru.gob.pe>), y en el portal institucional del Ministerio de Energía y Minas (<https://www.gob.pe/minem>), el mismo día de su publicación en el diario oficial "El Peruano".



Artículo 3.- Vigencia

La presente Resolución Ministerial entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el diario oficial El Peruano.

Regístrese, comuníquese y publíquese,



12/24



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

**GUÍA METODOLÓGICA PARA EL INVENTARIO DE EXISTENCIAS Y RESIDUOS PARA
LA IDENTIFICACIÓN DE BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)**

Julio 2020



Contenido

1	Introducción	4
1.1	Objetivo.....	6
1.1.1	Objetivo General	6
1.1.2	Objetivos Específicos	6
1.2	Alcance.....	6
1.3	Marco Regulatorio	6
1.4	Definiciones	11
1.5	Manejo Ambientalmente Adecuado de PCB.....	13
2	Metodología para la elaboración del Inventario de PCB.....	16
2.1	Base de datos de existencias y residuo con PCB.....	16
2.1.1	Registro de existencias con PCB en uso y desuso	16
2.1.2	Registro de existencias dados de baja y/o desechados y residuos con PCB. 21	
2.2	Extracción de Muestras.....	25
2.2.1	Aceite dieléctrico	25
2.2.2	Superficies no porosas.....	27
2.3	Manejo de muestras y cadena de custodia	28
2.3.1	Cadena de custodia para muestra de aceite dieléctrico	28
2.3.2	Codificación de muestras	28
2.3.3	Embalaje	28
2.3.4	Información adicional	28
2.4	Identificación de PCB	31
2.4.1	Descarte de PCB	31
2.4.2	Análisis Cromatográfico.....	32
2.5	Etiquetado de Existencias y Residuos.....	33
2.6	Reporte de resultados y mantenimiento del inventario de PCB.....	34
3	Anexos	36
3.1	Descarte de PCB mediante kit de lectura colorimétrica.....	36
3.2	Método de descarte de PCB con determinación de concentración por lectura electroquímica.....	38
4	Bibliografía.....	40



LISTA DE FIGURAS.

Figura N° 1: Concentración de PCB en aceite dieléctrico	13
Figura N° 2: Actividades del inventario y eliminación de PCB.....	15
Figura N° 3: Etiqueta del frasco para muestra de aceite.....	28
Figura N° 4: Frasco con etiqueta de muestra	29
Figura N° 5: Muestra de un formato de cadena de custodia (Digesa, 2019).....	30
Figura N° 6: Etiqueta para existencias y residuos contaminados con más de 50 ppm de PCB.....	33
Figura N° 7: Etiqueta de existencias y residuos no contaminados con PCB o libre de PCB.....	34
Figura N° 8: Primera etapa de análisis.....	38
Figura N° 9: Extracción de solución acuosa con iones de cloro para su medición electroquímica.....	39
Figura N° 10: Analyzer L2000DX de Dexsil®.....	39

LISTA DE TABLAS.

Tabla N° 1: Estructura de la Base de Datos para registro de equipos en uso y desuso	17
Tabla N° 2: Estructura de la Base de Datos para registro de existencias dados de baja y/o desechados y residuos con PCB	21

ACRÓNIMOS

ASTM	American Society for Testing and Materials
ECA	Estándares de Calidad Ambiental
COP	Contaminantes Orgánicos Persistentes
GAR	Gestión Ambientalmente Racional
INACAL	Instituto Nacional de la Calidad
LGIRS	Ley de Gestión Integral de Residuos
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
PCB	Bifenilos Policlorados
PGAPCB	Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados
RAEE	Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos
RPAAE	Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas.
SEIA	Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental



1 INTRODUCCIÓN

Los Bifenilos Policlorados (PCB) son un grupo de sustancias químicas que fueron ampliamente utilizados en todo el mundo, encontrándose entre otros, en el aceite dieléctrico de transformadores, condensadores, balastros, cables húmedos y un sinnúmero de otras aplicaciones.

Al respecto, los PCB que se comercializaron a nivel mundial entre los años 30 hasta inicios de los 80's del siglo pasado, pueden hallarse hasta hoy en equipos que pueden contener o estar contaminados con esta sustancia. Evaluaciones realizadas en el país determinaron que el 25% de los equipos contaminados que actualmente están en uso en un gran número de empresas eléctricas fueron fabricados después de 1983 (Proyecto GF/PER/10/001 "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados (PCB)", 2017), año en el que ya no estaba permitida su fabricación y comercialización. Esto ha generado una extensiva contaminación cruzada.

Por otro lado, y teniendo en cuenta que el país ha ratificado mediante Decreto Supremo N° 067-2005-RE, el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes -COP, el cual establece, entre otras cosas, que los países deben adoptar medidas para la eliminación de los PCB hasta el año 2028; es muy importante saber la cantidad, concentración y ubicación de los componentes contaminados con dicha sustancia en el sector electricidad así como para otros sectores productivos).

Ante este panorama la identificación, evaluación y cuantificación de los PCB en el sector electricidad constituye una de las metas más importantes a lograr, si se quiere proteger la salud de las personas y el medio ambiente del riesgo que significa para la salud, la contaminación con este elemento que por sus características de persistencia, toxicidad, bioacumulación, biomagnificación y facilidad de transporte a través del agua y el aire.

Los PCB no son sustancias tóxicas que se generan con las actividades antropogénicas, estos elementos fueron fabricados y utilizados y se mantienen en aplicaciones que lo contienen o han sido contaminados por contacto o mezcla hacia otros equipos o aplicaciones con las que tuvieron contacto. Su eliminación también es definitiva ya que no se regenera, salvo que vuelva a tener contacto con elementos contaminados, es por ello que el país debe tomar medidas viables y aplicar tecnologías probadas para acabar con esta sustancia tóxica de manera más efectiva.

En este contexto, el inventario de PCB constituye un proceso fundamental para realizar una Gestión Ambientalmente Racional (GAR) de los PCB dentro de cualquier organización, a fin de lograr al 2028, su eliminación total.

Siendo el primer paso para la eliminación de PCB, la elaboración del inventario de existencias y residuos contaminados con PCB.

Es preciso indicar, que La presente guía alcanza métodos y procedimientos que vienen siendo utilizados en el país y en América Latina de manera que cumplan con los requisitos de efectividad técnica y económica deseable para fines de un inventario.



En este punto es pertinente señalar que el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes -COP- señala en el inciso a) de la Parte II (Bifenilos Policlorados) del Anexo A (eliminación), que cada Parte¹ deberá:

"a) Con respecto a la eliminación del uso de los bifenilos policlorados 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 bifenilos policlorados 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 bifenilos policlorados y volúmenes superiores a los 5 litros;*
- iii) Esforzarse por identificar y retirar de uso todo equipo que contenga más de un 0,005% de bifenilos policlorados y volúmenes superiores a 0,05 litros";*

Del mismo modo, acorde con lo establecido en el inciso e) de la Parte II del Anexo A se deberá realizar esfuerzos decididos para lograr una gestión ambientalmente racional de desechos de los líquidos que contengan bifenilos policlorados y de los equipos contaminados con bifenilos policlorados con un contenido superior al 0,005%, de conformidad con el párrafo 1 del artículo 6, tan pronto como sea posible pero a más tardar en 2028, con sujeción al examen que haga la Conferencia de las Partes.

De otro lado, el artículo 85 del Reglamento para la Protección Ambiental de las Actividades Eléctricas (en adelante, RPAAE), aprobado por Decreto Supremo N° 014-2019-EM 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 Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB) que contenga la identificación, inventario y cronograma de eliminación ambientalmente racional de los fluidos, residuos o instalaciones que contengan o estén contaminados con esta sustancia; asimismo, 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.

Para el caso del Inventario de PCB será necesaria la identificación de PCB en el 100% de equipos (transformadores y condensadores) que mantienen las empresas del subsector electricidad. La información que formará parte del inventario deberá provenir de cualquiera de las siguientes fuentes:

- En caso de equipos nuevos: Certificado del proveedor amparado en informes de descarte (análisis colorimétrico) o análisis cromatográfico, de ser necesario.
- En caso de equipos en uso, desuso, dados de baja y/o desechados: Informe de resultados de descarte (análisis colorimétrico) y/o análisis cromatográfico, de ser necesario.



¹ Perú es país Parte del Convenio de Estocolmo al haberlo firmado y ratificado mediante D.S. N° 067 2005-RE

Por lo tanto, la presente guía otorgará las pautas para lograr un Inventario de PCB confiable y que permita la eliminación de los PCB presentes en estas fuentes, de manera más adecuada y viable en el país.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo General

El objetivo de la presente guía es otorgar al Titular de la actividad eléctrica los lineamientos necesarios que les permitan levantar información ordenada, clasificada y confiable para contar con un Inventario de Existencias (equipos en uso, desuso, dados de baja y/o desechados) y Residuos Contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB).

1.1.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos de la presente guía son:

- Proponer una base de datos de existencias (equipos en uso, desuso, dados de baja y/o desechados) y residuos contaminados para la recopilación de información específica de las probables fuentes de PCB.
- Proponer una base de datos de los equipos libres de PCB que contengan o hayan contenido fluidos aislantes en estado líquido.
- Identificar los métodos disponibles para la identificación de PCB.
- Establecer los procedimientos para la extracción de muestras, su manejo y cadena de custodia que aseguren resultados confiables.
- Proponer el mecanismo de reporte de resultados.

De esta manera será posible conocer con mayor precisión:

- Las existencias y residuos contaminados que son, contienen o están contaminados con PCB (transformadores, condensadores, etc.).
- Las características técnicas de las existencias y residuos contaminados con PCB.
- La concentración de PCB que está presente en la matriz.
- La localización geográfica de las existencias y residuos contaminados con PCB.
- La situación en la que se encuentra la eliminación de PCB, de acuerdo al Plan de Gestión Ambiental de PCB (PGAPCB).

1.2 ALCANCE

La presente Guía se aplica a todas las actividades del subsector electricidad (generación, transmisión y distribución) que utilicen equipos y dispositivos en los cuales se podrían haber usado PCB en su funcionamiento.

1.3 MARCO REGULATORIO

La gestión ambientalmente racional de los PCB, así como de sustancias químicas y residuos peligrosos se sustenta en las siguientes normas:



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 presente política ha sido formulada sobre la base del análisis de la situación ambiental del país, tomando en cuenta las políticas implícitas y lineamientos que sustentaron la elaboración de planes y estrategias nacionales en materias como diversidad biológica, bosques, cambio climático, residuos sólidos, saneamiento, sustancias químicas, entre otros. Asimismo, incluye los resultados del proceso de consulta pública descentralizado efectuado por el Ministerio del Ambiente.

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 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.

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 generador, 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 Legislativo. 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, se rescata que esta norma incluye los residuos de aceites y solventes industriales.

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 para 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 los Contaminantes Orgánicos Persistentes -COP

Mediante Decreto Supremo N° 067-2005-RE se ratificó el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), estableciendo en su artículo 6 que los países deben adoptar 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, se elaboró el contenido del 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

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 (como sucede en el caso de los PCB). Bajo este marco, la autoridad ha establecido los procedimientos administrativos para la exportación de PCB con fines netamente de eliminación.



1.4 DEFINICIONES

Concentración permitida de PCB. Es la concentración mayor a 2 ppm y menor a 50 ppm en aceites dieléctricos y líquidos o mayor o igual a 0,4 µg/100 cm² y menor a 10 µg/100 cm² para superficies no porosas.

Decloración. Proceso químico de sustitución selectiva de los átomos de cloro por hidrógeno en las moléculas de PCB para reducir su concentración o eliminación total y sus propiedades tóxicas.

Descarte de PCB. Procedimiento de identificación de cloro como indicador de posible presencia de PCB en existencias o residuos. Puede realizarse por métodos colorimétricos o por medición electroquímica en líquidos, suelos y superficies no porosas.

Descontaminación. Conjunto de operaciones que permite que los equipos, objetos, materiales o líquidos contaminados por PCB se puedan reutilizar, reciclar o destruir en instalaciones seguras y puedan incluso sustituirse; y está referido al proceso completo por el cual se reemplazan los PCB por líquidos similares que no contengan PCB.

Disposición final. Operaciones para disponer los residuos que contienen o estén contaminados con PCB en forma permanente, sanitaria y segura, como última etapa de su gestión ambientalmente racional.

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 sean, contengan o estén contaminadas con PCB, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización y reducir los riesgos para la salud humana y el ambiente.

Equipos dados de baja y/o equipos desechados. Equipos que 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, rechazarlos o entregarlos.

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

Equipos en desuso. Aquellos equipos que habiendo sido utilizados, en la actualidad no están conectados a ninguna red eléctrica o no están en funcionamiento (pueden estar en mantenimiento o almacenados), pero se tiene prevista su utilización futura.

Existencias. Equipos en uso, desuso, dados de baja y/o desechado utilizados directa o indirectamente en una actividad antrópica pasibles de ser, contener o estar contaminado con PCB, tales como transformadores eléctricos, condensadores eléctricos (utilizados generalmente en grupos llamados bancos de condensadores), interruptores, reguladores, reconectores u otros dispositivos diseñados y fabricados para operar utilizando como fluidos dieléctricos el PCB.



Existencias o residuos libres de PCB. Aquellos que no presentan PCB o su concentración es menor a 2 ppm o 0,4 µg/100 cm², según sean líquidos o superficies no porosas.

Existencias o residuos con presencia permitida de PCB. Aquellos que contienen PCB en una concentración mayor o igual a 2 ppm o mayor o igual a 0,4 µg/100 cm² y menor a 50 ppm o igual a 10 µg/100 cm², según sean líquidos o superficies no porosas.

Existencias o residuos contaminados con PCB por encima de la concentración permitida. Aquellos que contienen PCB en una concentración mayor o igual a 50 ppm o mayor o igual a 10 µg/100 cm² para superficies no porosas. Estas Existencias o Residuos deben ser tratadas o eliminadas según el Plan de Gestión Ambiental de PCB.

Existencias o residuos PCB. Aquellos que contienen PCB o su concentración es mayor o igual a 5000 ppm o mayor o igual a 1000 µg/100 cm², para superficies no porosas.

Gestión Ambientalmente Racional (GAR). Acciones técnicas, financieras, administrativas, educativas y de planeamiento; relacionadas con la identificación, manipulación, comercialización, almacenamiento, transporte, seguimiento y monitoreo, incluyendo las etapas de uso y fin de la vida útil de las existencias y residuos con PCB, con el fin de evitar su liberación, así como promover su manejo y eliminación ambientalmente racional, enmarcadas en principios de prevención, precaución y minimización de riesgos, entre otros, procurando la eficiencia técnica y económica de los procesos.

Inventario de PCB. Proceso de registro de datos de existencias y residuos contaminados, que mediante los procesos de descarte y/o análisis cromatográfico se ha determinado que son, contienen o están contaminados con PCB.

ppm. Partes por millón (10⁻⁶); equivalencia: 1 ppm = 0,0001%, 1 ppm = mg/kg.

Análisis cuantitativo. Es el ensayo analítico cromatográfico utilizado para la determinación y cuantificación de la presencia de PCB y medición de su concentración en diferentes matrices, entre las cuales puede considerarse el aceite dieléctrico. Determina la concentración de PCB en partes por millón (ppm).

Análisis semicuantitativo. Es el ensayo analítico electroquímico de barrido (screening) utilizado para medir la concentración de iones cloruro, y por ende la posible presencia de PCB, en partes por millón en aceite dieléctrico. Determina la concentración de iones de cloruro en partes por millón (ppm).

Análisis cualitativo. Es el ensayo analítico colorimétrico de barrido (screening) utilizado para medir la presencia de iones cloruro, y por ende la posible presencia de PCB. Puede dar resultados positivos (presencia de iones de cloruro) o negativos (ausencia de iones de cloruro)

Residuo con PCB: son aquellos residuos de los fluidos aislantes en estado líquido (aceites dieléctricos) contaminados con PCB (concentraciones iguales o superiores a las



50 ppm de PCB), los cuales fueron drenados de las existencias (equipos en uso, desuso, dados de baja y/o desechados) contaminadas con PCB y que se encuentran almacenados en cilindros u otro tipo de contenedor.

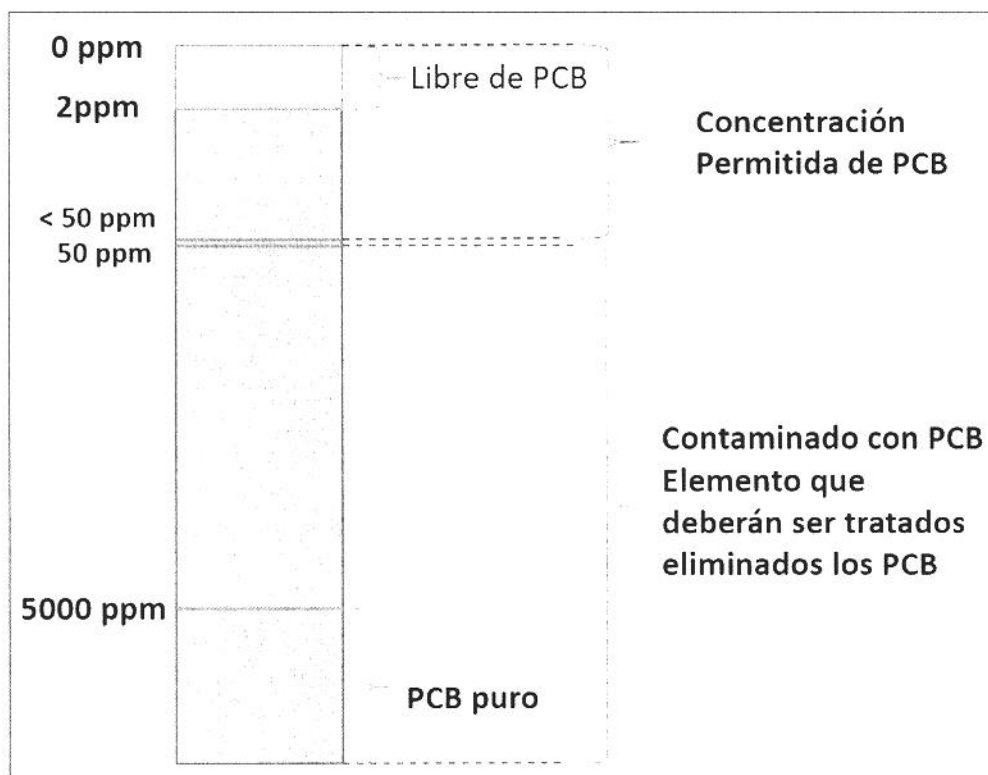
Superficies no porosas. Superficies lisas en las que se puede aplicar un hisopado (recolección de muestra mediante un hisopo) con la finalidad de descartar y analizar la presencia de PCB (ejemplo: las superficies metálicas).

1.5 MANEJO AMBIENTALMENTE ADECUADO DE PCB

El marco legal vigente estipula que el Titular debe tomar acciones que permitan la prevención del daño a la salud humana y a la contaminación ambiental por la liberación de PCB.

Con esta finalidad, se debe tomar como referencia el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes -COP (ratificado por Decreto Supremo N° 067-2005-RE) para que se logre una gestión ambientalmente racional de los desechos líquidos y de las existencias contaminadas con PCB con un contenido o concentración igual o mayor que 50 ppm. Al respecto, todo elemento que contenga PCB en cualquier concentración detectable por el análisis cromatográfico se considera contaminado con PCB. Asimismo, aquellos que estén por debajo de la concentración antes referida, podrán ser manejados como cualquier material o residuo peligroso, mientras que los que estén por encima de la concentración máxima permitida serán tratados de una manera ambientalmente adecuada, con la finalidad que se elimine la presencia del tóxico, procurando estar libre de PCB o por lo menos en el rango de los valores permitidos.

Figura N° 1: Concentración de PCB en aceite dieléctrico



Algunos alcances que se deben cumplir de para el sector electricidad son:

- El Titular debe aplicar procedimientos y contar con infraestructura que asegure el adecuado manejo de materiales y sustancias peligrosas.
- El almacenamiento o las áreas donde se realiza el mantenimiento de existencias deberá ser impermeabilizada, señalizada y con un sistema de contención.
- Se debe asegurar la mitigación de impacto al suelo por contaminación debido al vertimiento o fugas de aceite dieléctrico con PCB de existencias, cilindros y otros aparatos que se hallen almacenados.
- Llevar a cabo la disposición final o descontaminación de las existencias o residuos estén contaminados con PCB.
- Elaborar un Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB) que incluya las actividades necesarias para la prevención ambiental; así como también la progresiva eliminación de PCB en los equipos, componentes o infraestructura utilizadas en el desarrollo de las actividades eléctricas que contengan o estén contaminados con PCB o que tengan aceite dieléctrico con PCB en una concentración mayor o igual a 50 ppm o 10 µg/cm² para superficies no porosas.

En este contexto las autoridades ambientales y de fiscalización competentes deben:

- Evaluar y aprobar el PGAPCB del Titular del subsector electricidad verificando que se cumplan con los requisitos técnicos y legales adecuados para cumplir con los compromisos del Estado en el marco del Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes.
- Supervisar el cumplimiento de lo dispuesto en la normativa y compromisos asumidos en el PGAPCB, a través del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).
- Velar por el cumplimiento de la prohibición de la importación, comercialización, distribución y uso de sustancias que contengan Bifenilos Policlorados (PCB) en el ámbito de las actividades eléctricas.

Con la finalidad de lograr los objetivos de protección de las personas y el medio ambiente a través de la eliminación de PCB, corresponde al Titular del subsector eléctrico realizar una Gestión Ambientalmente Racional (GAR) de los PCB teniendo en cuenta las siguientes acciones prioritarias:

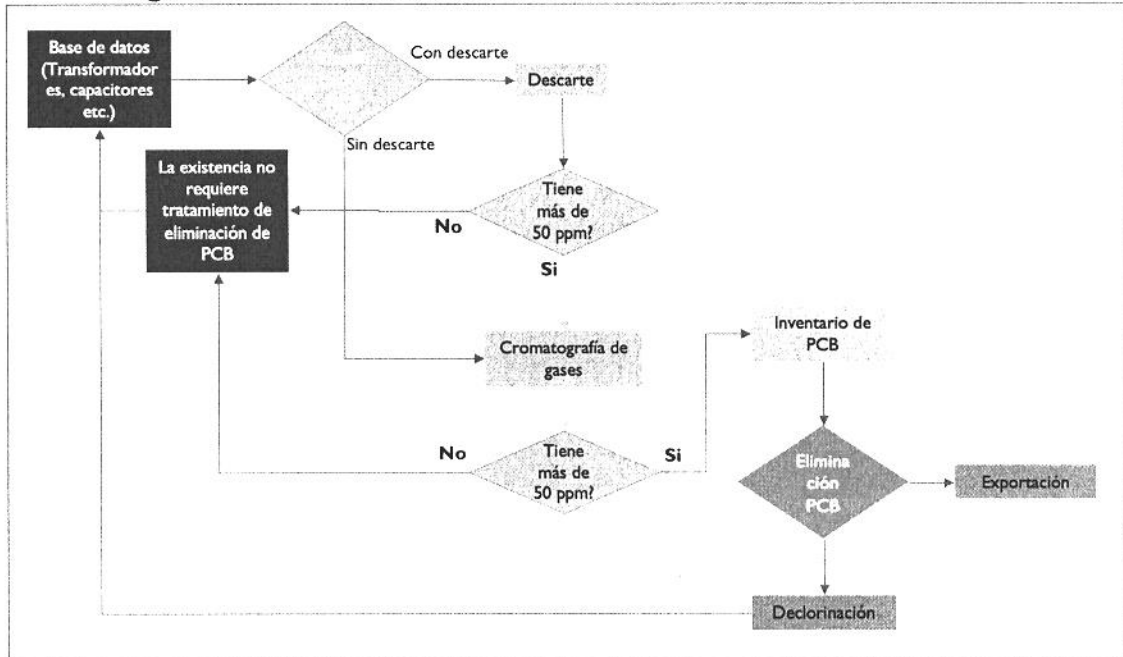
- **Inventario:** información sistematizada y completa de las fuentes con PCB (existencias y otras aplicaciones). Con esta información se logrará establecer metas para su eliminación y reducir los riesgos que significan los PCB para el Titular.
- **Manejo:** las existencias con PCB deben ser manipuladas, transportadas y almacenadas de manera segura para evitar liberaciones accidentales.
- **Retiro:** las existencias y otras fuentes identificadas contaminadas con PCB por encima de la concentración permitida, deben ser retiradas de uso, reemplazadas para evitar la exposición y contaminación, almacenadas de ser necesario; teniendo en cuenta los plazos que establece el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (2025).
- **Disposición:** identificar y aplicar la tecnología de eliminación de PCB (con recuperación o sin recuperación) más adecuada para el Titular.

En relación al objetivo de esta guía, se debe tener en cuenta que las actividades que se esperan desarrollar son parte de la Gestión Ambiental de PCB que permitirá la



identificación de PCB para realizar la eliminación del mismo, como se puede ver en la siguiente figura:

Figura N° 2: Actividades del inventario y eliminación de PCB



Las actividades que se describen en esta guía se complementan con las detalladas en los procedimientos de la Guía metodológica para la elaboración de los planes de gestión ambiental de PCB, que permitirán un manejo adecuadamente racional de las existencias como son:

- Uso y manipulación de existencias que contienen PCB por encima de la concentración permitida.
- Revisión y control de existencias y residuos con PCB por encima de la concentración permitida².
- Adquisición de material y equipos libres de PCB y contratación de servicios de mantenimiento.
- Manejo de PCB por encima de la concentración permitida durante la operación y mantenimiento de existencias.
- Manipulación y transporte de existencias y residuos con PCB por encima de la concentración permitida.

Durante la aplicación de los procesos de identificación y eliminación de PCB se pueden generar residuos contaminados con PCB como trapos, envases, maderas y otros materiales utilizados en su gestión (atención de una contingencia o emergencia, mantenimiento de existencias con PCB, retrolleado, decloración, etc.), éstos deberán ser almacenados y manejados de acuerdo a lo que señale su Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos No Municipales.

² Para el caso de los equipos almacenados a los que se les haya realizado un descarte de PCB y que se encuentren libres o dentro de la concentración permitida de PCB, y que posteriormente se les realice un mantenimiento deberá realizarse nuevamente el descarte de PCB u otro análisis de laboratorio para determinar la contaminación cruzada en el mantenimiento.

2 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE PCB

La metodología que ha logrado resultados en el país por contar con las técnicas para generar mayor confiabilidad en los resultados del inventario de PCB pasa por las siguientes actividades:

- Elaboración de una Base de Datos de probables fuentes de PCB en existencias (equipos en uso, desuso, dados de baja y/o desechados) con la información adecuada para su identificación.
- Extracción de muestras
- Manejo de muestras y cadena de custodia
- Identificación de PCB (descarte de PCB y/o análisis cromatográfico).
- Etiquetado de Existencias y Residuos
- Reporte de resultados y mantenimiento del Inventario de PCB

Para llevar a cabo el inventario será necesaria la asignación de personas que tendrán bajo su responsabilidad estas actividades que al menos deberá constar de:

- Un responsable que representará a la empresa para esta obligación, que puede ser la persona encargada de la Gestión Ambiental Interna o aquella que el Titular designe.
- Personal técnico para la extracción de muestras y descarte de PCB con equipos de campo que, como no se trata de una muestra ambiental puede ser ejecutada por técnicos capacitados de la misma empresa o terceros.
- El personal técnico que coordine la realización del análisis cromatográfico de PCB en la misma muestra que dio resultado positivo al descarte, el cual deberá ser hecho por un laboratorio que esté acreditado ante INACAL.

2.1 BASE DE DATOS DE EXISTENCIAS Y RESIDUO CON PCB

Para el control y reporte del inventario de PCB se deberán utilizar bases de datos en las cuales se deben consignar todas las existencias (equipos en uso, desuso, dados de baja y/o desechados) e instalaciones con la información técnica, geográfica de ubicación y procedimientos aplicados a la muestra que permita conocer la gestión sobre esta existencia hasta la eliminación de PCB en caso hubiera.

Se recomienda que por sus características debe tener dos bases de datos, una para equipos en uso y desuso, y, otra para equipos dados de baja y/o desechados.

Los datos deberán llenarse teniendo en cuenta la letra inicial con mayúscula y el resto minúsculas, a fin de evitar duplicidad que podría darse al consignar las palabras, como si estuvieran sólo con mayúsculas o minúsculas.

2.1.1 Registro de Existencias con PCB en uso y desuso

Los equipos que forma parte de la base de datos para gestión de los PCB deberán consignar la información siguiendo la estructura con los siguientes campos:



Tabla N° 1: Estructura de la Base de Datos para registro de equipos en uso y desuso

Número	Campo
1	Nombre del Titular
2	Actividad (G, T, D)
3	Tipo de equipo (fuente)
4	Tipo de Subestación (SA, SS, SC, AL, TA)
5	Código de Sub-Estación
6	Ubicación del equipo (Dirección exacta con Coordenadas UTM-WGS84)
7	Calle, Avenida, etc., Distrito/Urb. / AA.
8	Provincia
9	Departamento
10	Estado actual (*) En Servicio /Mantenimiento/ Residuo/Reserva
11	Número de Serie**
12	Fabricante **
13	Año de Fabricación**
14	País de Origen**
15	Potencia (kVA)
16	Peso aceite (kg)
17	Peso bruto (kg)
18	¿Tiene descarte de PCB?, (SI ir a "U", NO ir a "AF")
19	Resultado de descarte de PCB (+ o -)
20	¿Tiene Análisis cromatográfico? (SI ir a "W", NO ir a "AF")
21	Laboratorio que hizo el análisis
22	AROCLOR 1242 mg/kg
23	AROCLOR 1254 mg/kg
24	AROCLOR 1260 mg/kg
25	Sumatoria de Arocloros mg/kg
26	¿Se realizó la eliminación del PCB? (SI ir a "AC", NO ir a "AF")
27	Proceso utilizado para la eliminación de PCB
28	Fecha del proceso de eliminación del PCB
29	Disposición o destino del equipo luego de la eliminación de PCB
30	Observaciones

** En los casos que no exista placa o sea ilegible, se deberá considerar los datos del inventario patrimonial.

2.1.1.1 Descripción de los campos

Nombre del Titular

En este campo se registra el nombre del Titular de concesión o autorización en el marco del Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas.

Actividad del Titular

En este campo se deberá señalar la actividad del Titular de acuerdo a la concesión o autorización obtenida en el MINEM (G = Generación, T = Trasmisión o D = Distribución).



Tipo de equipo (fuente) que se registra

Se debe señalar el tipo de equipo que corresponde el registro (puede ser Transformador o Condensadores). En caso de no corresponder a las opciones señaladas deberá utilizar el campo de "Otros equipos"; e indicar el tipo de equipo que corresponde en la celda de observaciones.

Tipo de subestación o instalación en la que se encuentra

En esta casilla seleccionar donde está operando el equipo, si se trata de:

- Subestación Aérea: SA
- Subestación subterránea: SS
- Subestación de Caseta: SC
- Almacén: AL (puede ser en reserva o como residuo)
- Taller: TA (cuando el equipo se encuentra en mantenimiento)

Código de la subestación en la que se encuentra instalado el equipo

En este campo se registra el código de la subestación en la que está operando el equipo. Si no está en alguna subestación indicar "ND" que significa, No Disponible".

Ubicación geográfica actual del equipo (Dirección exacta con Coordenadas UTM-WGS84).

Corresponde a la ubicación física del equipo en el sistema de generación, transmisión o distribución del Titular.

Distrito

Consiguar el distrito, urbanización o asentamiento humano en el cual está ubicado el equipo a la fecha de ingresar estos datos.

Provincia

Consiguar la provincia en la cual está ubicado el equipo a la fecha de ingresar estos datos.

Departamento

Consiguar el departamento en el cual está ubicado el equipo a la fecha de ingresar estos datos.

Estado actual del equipo

Consiguar el estado actual del equipo:

- En Servicio (cuando está en uso)
- Mantenimiento
- Reserva



Número de Serie

Registrar el número de serie que se consigna en la placa del equipo. Éste es un número único que designa el fabricante para identificar al equipo, sin embargo, en los casos en que no exista placa o sea ilegible, se deberá asignar un número de identificación único (puede ser el número de inventario patrimonial).

Fabricante

Se debe consignar el nombre de la empresa fabricante del equipo. Para evitar diferentes denominaciones se deberá utilizar el nombre oficial del Registro Único del Contribuyente, si se trata de una empresa nacional.

Año de Fabricación

Registrar la fecha de fabricación del equipo, consignado en la placa del mismo.

País de Origen

Consignar el país de origen de fabricación del equipo.

Potencia

Registrar la potencia de diseño del equipo que se consigna en la placa de fabricación (si se refiere a un transformador será en kVA, si es capacitor en kVAr).

Peso del fluido o del aceite (kg)

Peso del fluido utilizado para la refrigeración y aislamiento de los equipos (peso del aceite dieléctrico u otro que corresponda a estas funciones).

Peso bruto (kg)

Consignar el peso total del equipo. Este debería coincidir con el resultado de la suma del "Peso seco del equipo + Peso del Fluido/aceite".

¿Tiene descarte de PCB?, (SI/NO)

Se debe indicar si el equipo ha sido sometido a un descarte de PCB.

Resultado de descarte de PCB

Consignar el resultado del descarte

- (+): Positivo: Implica la presencia de cloro en concentración mayor a 50 ppm que debe confirmarse mediante análisis cromatográfico.
- (-): Negativo: No hay presencia de cloro por lo tanto no hay presencia de PCB.

¿Tiene análisis cromatográfico?

Consignar (Sí) si ha sido sometido a análisis cromatográfico. Este análisis se realiza a las muestras que hayan salido positivas en el descarte para confirmar y medir la concentración de PCB. También se debe consignar si el equipo ha sido sometido a



análisis cromatográfico sin pasar por la etapa de descarte, en cuyo caso se consignará "NO" en la casilla correspondiente a "¿Tiene descarte de PCB?".

Laboratorio que hizo el análisis

En este casillero se debe consignar el nombre del laboratorio que realizó el análisis (se debe verificar que este laboratorio cuente con el método de ensayo acreditado por el INACAL u otro organismo de acreditación internacional reconocido por el INACAL)

AROCLOR 1242 mg/kg

En este campo se debe consignar el valor conseguido de concentración con el Aroclor 1242 mg/kg. Este campo es obligatorio si se cuenta con análisis cromatográfico.

AROCLOR 1254 mg/kg

En este campo se debe consignar el valor conseguido de concentración con el Aroclor 1254 mg/kg. Este campo es obligatorio si se cuenta con análisis cromatográfico.

AROCLOR 1260 mg/kg

En este campo se debe consignar el valor conseguido de concentración con el Aroclor 1260 mg/kg. Este campo es obligatorio si se cuenta con análisis cromatográfico.

Sumatoria de Arocloros mg/kg

En este campo se debe consignar la sumatoria o el valor total de concentración de PCB logrado con el análisis cromatográfico.

¿Se realizó la eliminación del PCB?

En este campo se debe señalar si el equipo ha sido sometido a un proceso de eliminación de PCB. Sí o No (en el caso de no haberse sometido a proceso de eliminación no llenar las celdas restantes)

Proceso utilizado para la eliminación de PCB

Indicar el proceso utilizado para la eliminación de PCB.

Fecha del proceso de eliminación del PCB

Indicar la fecha de la eliminación de PCB.

Disposición o destino del equipo luego de la eliminación de PCB

Indicar el destino que se dio al equipo luego de la eliminación de PCB.

Observaciones

Este espacio es el que puede utilizar el Titular para incluir cualquier otra información que a su criterio ayude a identificar el equipo, su condición o situación. Se puede incluir fotografías del equipo o placa del mismo.



En caso de no contar con información por reportar o no es legible seleccionar la opción "ND" (No disponible).

2.1.2 Registro de existencias dados de baja y/o desechados y residuos con PCB

Los equipos dados de baja y/o desechados y residuos con PCB que forman parte de la base de datos para gestión de PCB deberán consignar la información siguiendo la estructura con los siguientes campos:

Tabla N° 2: Estructura de la Base de Datos para registro de existencias dados de baja y/o desechados y residuos con PCB

Número	Campo
1	Nombre del Titular
2	Actividad (G, T, D)
3	Especificar el tipo de residuo
4	Ubicación del equipo dado de baja y/o desechado (Dirección exacta con coordenadas UTM-WGS84)
5	Distrito/Urb. AH.
6	Provincia
7	Departamento
8	Fabricante
9	País de Origen
10	Fecha de Almacenamiento
11	Tamaño del contenedor (largo, ancho y altura)
12	Número de Contenedores
13	Volumen (m ³)
14	Peso (kg)
15	¿Tiene descarte de PCB? (SI ir a "Q", NO ir a "AB")
16	Resultado de descarte de PCB (+ o -)
17	¿Tiene Análisis cromatográfico? (SI ir a "S", NO ir a "AB")
18	Laboratorio que hizo el análisis
19	AROCLOR 1242 mg/kg
20	AROCLOR 1254 mg/kg
21	AROCLOR 1260 mg/kg
22	Sumatoria de Arocloros mg/kg
23	¿Se realizó la eliminación del PCB? (SI ir a "Y", NO ir a "AB")
24	Proceso utilizado para la eliminación de PCB
25	Fecha del proceso de eliminación del PCB
26	Disposición o destino del equipo dado de baja y/o desechado luego de la eliminación de PCB
27	Observaciones

2.1.2.1 Descripción de los campos

Nombre del Titular

Se registra el nombre del titular de concesión o autorización en el marco del Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas



Actividad del Titular

En este campo se deberá señalar la actividad del Titular de acuerdo a la Concesión o Autorización obtenida en el MINEM (G = Generación, T = Trasmisión o D = Distribución).

Especificar el tipo de residuo

Identificar el material del cual está constituida la existencia dado de baja y/o desechado.

Ubicación de la existencia dado de baja y/o desechado o residuo con PCB (Dirección exacta)

Corresponde a la ubicación física de la existencia en condición de equipo dado de baja y/o desechado en el sistema de generación, transmisión o distribución del Titular o del residuo.

Distrito

Consignar el distrito, urbanización o asentamiento humano en el cual está ubicada la existencia considerada como equipo dado de baja y/o desechado o residuo con PCB a la fecha de ingresar estos datos.

Provincia

Consignar la provincia en la cual está ubicado la existencia considerada como equipo dado de baja y/o desechado o residuo con PCB a la fecha de ingresar estos datos.

Departamento

Consignar el departamento en el cual está ubicado la existencia considerada como equipo dado de baja y/o desechado o residuo con PCB a la fecha de ingresar estos datos.

Fabricante

Se debe consignar el nombre de la empresa fabricante del equipo que ahora es considerado como equipo dado de baja y/o desechado. Para evitar diferentes denominaciones se deberá utilizar su nombre oficial del Registro Único del Contribuyente, si se trata de una empresa nacional. En caso se trate de otro tipo de residuo, colocar ND (No disponible).

País de Origen

Consignar el país de origen de fabricación de la existencia considerada como equipo dado de baja y/o desechado y residuo con PCB.

Fecha de Almacenamiento

Indicar la fecha que en la cual se ha realizado el almacenamiento temporal de la existencia dado de baja y/o desechado o residuo con PCB.



Tamaño del contenedor (m)

Se debe consignar las dimensiones (m) del contenedor o de la existencia en condición de residuo, en caso de no tenerlo corresponderá al tamaño del objeto. Se ingresará datos de largo, ancho y altura.

Número de Contenedores

En los cuales la existencia (equipos dados de baja) esté compuesto por varios contenedores o embalajes, indicar el número de ellos que configuran el lote. Se supone que solamente se pueden agrupar existencias (equipos dados de baja) que corresponden al mismo lote de materiales o características técnicas.

Volumen (m³)

Indicar el volumen del contenedor o existencia (equipos dados de baja) en m³.

Peso (kg)

Indicar el peso del equipo dado de baja y/o desechado o del contenedor, en kg. En los casos de existencias dados de baja y/o desechados o varios contenedores, indicar el peso de una unidad.

¿Tiene descarte de PCB?, (SI/NO)

Se debe indicar si la existencia en condición de equipo dado de baja y/o desechado o residuo con PCB ha sido sometido a un descarte de PCB.

Resultado de descarte de PCB

Consignar el resultado del descarte

- (+): Positivo
- (-): Negativo

¿Tiene Análisis cromatográfico?

Consignar (SÍ) si ha sido sometido a análisis cromatográfico. Este análisis se realiza a las muestras de los aceites dieléctricos de las existencias en condición de equipos dados de baja y/o desechados o residuos con PCB que hayan salido Positivos en el descarte para confirmar y medir la concentración de PCB. También se debe consignar si a existencia o residuo con PCB ha sido sometido a análisis cromatográfico sin pasar por la etapa de descarte, en cuyo caso se consignará NO en la casilla correspondiente a "¿Tiene descarte de PCB?".

Laboratorio que hizo el análisis

En este casillero se debe consignar el nombre del laboratorio que realizó el análisis (se debe verificar que este laboratorio cuente con el método de ensayo acreditado por el INACAL).



AROCLOR 1242 mg/kg

En este campo se debe consignar el valor conseguido de concentración con el Aroclor 1242 mg/kg. Este campo es obligatorio si se cuenta con análisis cromatográfico.

AROCLOR 1254 mg/kg

En este campo se debe consignar el valor conseguido de concentración con el Aroclor 1254 mg/kg. Este campo es obligatorio si se cuenta con análisis cromatográfico.

AROCLOR 1260 mg/kg

En este campo se debe consignar el valor conseguido de concentración con el Aroclor 1260 mg/kg. Este campo es obligatorio si se cuenta con análisis cromatográfico.

Sumatoria de Arocloros mg/kg

En este campo se debe consignar la sumatoria o el valor total de concentración de PCB logrado con el análisis cromatográfico.

¿Se realizó la eliminación del PCB?

En este campo se debe señalar si la existencia (dado de baja y/o desechado) o residuo con PCB ha sido sometida a un proceso de eliminación de PCB. Sí o No (en el caso de no haberse sometido a proceso de eliminación no llenar las celdas restantes).

Proceso utilizado para la eliminación de PCB

Indicar el proceso utilizado para la eliminación de PCB.

Fecha del proceso de eliminación del PCB

Indicar la fecha de la eliminación de PCB.

Disposición o destino del equipo dado de baja y/o desechado u otro tipo de residuo luego de la eliminación de PCB

Indicar el destino que se dio a la existencia o residuo con PCB en condición de equipo dado de baja y/o desechado luego de la eliminación de PCB.

Observaciones

Este espacio es el que puede utilizar el Titular para incluir cualquier otra información que a su criterio ayude a identificar a la existencia en condición de equipo dado de baja y/o desechado o residuo con PCB. Se puede incluir fotografía del equipo o placa de éste.



2.2 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS

2.2.1 Aceite dieléctrico

La extracción de muestras de aceite para identificación de PCB se realiza generalmente de las existencias que lo contienen; como transformadores y condensadores, pero también de contenedores de almacenamiento como cilindros.

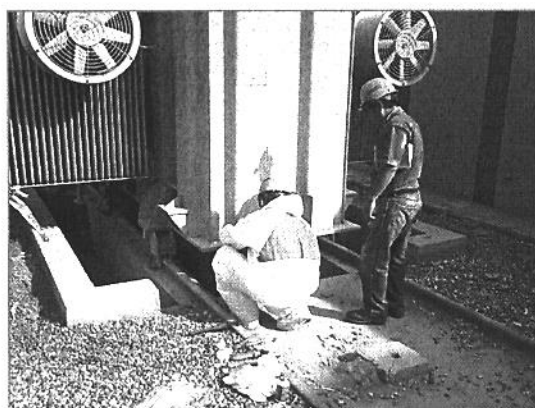
En ambos casos, las medidas a considerar son las mismas y deberán tener en cuenta lo siguiente:



- Verificar el acceso a través de la válvula de drenaje inferior o tapa superior según sea el caso.
- Verificar las condiciones del equipo o contenedor que eviten la pérdida de aceite contaminando suelos o piso de la infraestructura.
- Contar con los materiales y herramientas necesarias y medidas de seguridad.

2.2.1.1 Materiales y herramientas

El operador que tome la muestra deberá tener todos los materiales, herramientas y elementos de protección personal y para contención y mitigación de los derrames que puedan producirse.



- Frasco de vidrio de 50 mL para la toma de muestra.
- Formato de toma de datos y cadena de custodia
- Herramientas, llaves de boca, inglesa y/o de tubo stillson para retiro de tapones en válvulas o grifos.
- Pipeta de plástico para toma de muestra (en casos de extraer el líquido directamente de la cuba del transformador).
- Casco de protección.
- Lentes de protección.
- Guantes de nitrilo (Ansell Edmont 37-185 o similar).
- Mameluco descartable de protección personal tipo Tyvek.
- Máscara de protección para gases orgánicos.
- Batea metálica para contener derrames involuntarios.
- Cinta teflón.
- Solvente dieléctrico para limpieza de herramientas (1 litro).
- Guantes dieléctricos, de acuerdo al voltaje presente en la subestación.
- Zapatos de seguridad dieléctricos.

- Rollo de papel o material absorbente para contener pequeños derrames.
- Envase donde recolectar purga de grifos.
- Bolsas de plástico rojo para residuos de waype o trapos con aceite dieléctrico.
- Material de señalización para aislar el ambiente de trabajo.
- Kit de contención de derrames de aceite.

2.2.1.2 Toma de muestra

La toma de muestras de aceite en los transformadores se realiza ya sea de la válvula de drenaje que se encuentra en la parte inferior del equipo o de la parte superior quitando la tapa de acceso (en los casos en los cuales no es posible extraer de la tapa inferior).

A continuación, se describen las pautas, en ambos casos, el personal que realizará la toma deberá contar con todos los equipos de protección personal como son overol, casco, lentes, máscara con cartuchos para material particulado y vapores orgánicos, guantes y otros según el riesgo que se presente:

Desde la válvula de extracción inferior

En el caso de transformadores con válvula de extracción inferior se puede extraer la muestra con el equipo energizado o con el equipo desconectado. Es recomendable realizar esta operación con el equipo de transformación fuera de servicio o desenergizado. En ambos casos, se debe proceder de la siguiente manera:

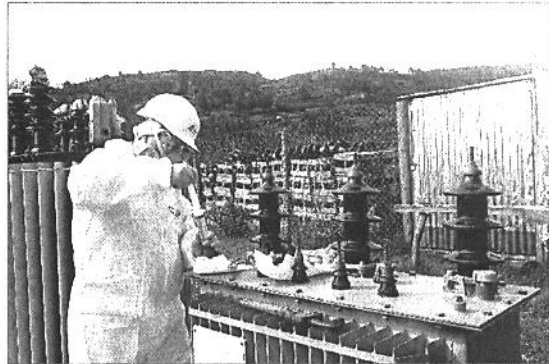
- Identificar en el transformador, la válvula que presente las mejores condiciones para la toma de la muestra (por lo general en la parte inferior).
- Adherir la etiqueta en el frasco y tomar información técnica del equipo y llenar la Cadena de Custodia respectiva.
- Colocar un recipiente o bandeja en la parte inferior de la válvula para prevenir una contaminación del piso en caso de derrame.
- Disponer de los materiales de respuesta a emergencias cerca de la zona de trabajo para su uso en casos que se produzcan derrames (Kit de contingencia).
- Utilizando las herramientas de trabajo, abrir suavemente la válvula del transformador hasta que se note que comienza a fluir el aceite.
- Dejar correr un pequeño chorro inicial antes de tomar la muestra en sí.
- Colocar en la boca de la válvula el frasco donde se tomará la muestra de aceite dieléctrico (50 mL). Si fuera necesario se deberá colocar un acople para controlar el flujo de aceite.
- Cerrar muy bien la válvula del transformador y verificar que no se produzca ningún derrame, limpiándolo con una franela desechable.
- Verificar que se deje el área de trabajo limpia y libre de residuos (en caso de ensuciamiento se deberá utilizar sustancias desengrasantes).

Transformadores sin válvula de extracción inferior

En el caso de transformadores que no cuenten con válvula de extracción inferior se debe proceder de la siguiente manera:



- Identificar en el transformador la válvula o tapa superior que presente las mejores condiciones para la toma de la muestra.
- Verificar las condiciones del transformador utilizando las herramientas correctamente, retirar la tapa superior del transformador;
- Realizar el etiquetado y toma de información técnica del equipo y llenado de la cadena de custodia respectiva.
- Colocar un recipiente o bandeja en la parte inferior del área de operación para prevenir una contaminación del piso en caso de derrame.
- Disponer de los materiales de respuesta a emergencias cerca de la zona de trabajo para su uso en casos que se produzcan derrames.
- Utilizando una pipeta se tomará la muestra de aceite dieléctrico (50 mL) y se depositará en el frasco previamente dispuesto, cerrar herméticamente el frasco y adherir la etiqueta y toma de información del equipo.
- Cerrar muy bien la válvula del transformador o la tapa extraída verificando que no se produzca ningún derrame, limpiándolo con una franela desechable.
- Verificar que se deje el área de trabajo limpia y libre de residuos (en caso de ensuciamiento se deberá utilizar sustancias desengrasantes).



La cantidad de muestra que se requiere es de no más de 100 g.

2.2.2 Superficies no porosas

La toma la muestra para la identificación de PCB en las superficies no porosas se hace con la técnica del hisopado, la cual consiste en recoger una muestra de la superficie a analizar con una gasa remojada en un solvente, de manera que se impregne el elemento que contiene el PCB que luego será sometida a detección.

2.2.2.1 Materiales

- 10 mL de hexano cromatográfico
- Gasa (10 cm x 10 cm)
- Pinza descartable
- Molde descartable de toma de muestra de 1000 cm², (equivalente a un cuadrado de 31,6 cm por lado)
- Frasco de vidrio con boca ancha para almacenar la gasa impregnada con la muestra (100 mL)
- Formato de toma de datos y cadena de custodia
- Casco de protección.
- Lentes de protección.
- Guantes de nitrilo (Ansell Edmont 37-185 o similar).
- Mameluco descartable de protección personal tipo Tyvek.
- Máscara de protección para gases orgánicos.
- Solvente dieléctrico para limpieza de herramientas (1 litro).

- Zapatos de seguridad dieléctricos.
- Rollo de papel o material absorbente para contener pequeños derrames.
- Bolsas de plástico negro para residuos de waype o trapos con aceite dieléctrico.
- Material de señalización para aislar el ambiente de trabajo.

2.3 MANEJO DE MUESTRAS Y CADENA DE CUSTODIA

2.3.1 Cadena de Custodia para muestra de aceite dieléctrico

Luego de extraída la muestra y verificar que está herméticamente cerrada, se deberá tomar las siguientes consideraciones:

- Las muestras de aceite no requieren ser refrigeradas.
- Los frascos deben ser etiquetados con la información de las muestras, equipo de procedencia y registrado en la base de datos de equipos y cadena de custodia correspondiente.
- Para el transporte de muestras se deberá utilizar contenedores rígidos y debidamente protegidos para evitar su ruptura o derrame de líquido.

Para el etiquetado de la muestra se puede utilizar la siguiente codificación:

2.3.2 Codificación de muestras

COD/CIU/SUP/XXX

Donde:

- COD: Código del Titular (por ejemplo: ELS = Electrosur, ELN= Electronorte S.A., etc.)
- CIU: Iniciales de la ciudad donde se realizó el muestreo
- SUP: Iniciales del supervisor responsable del proceso de identificación de PCB.
- XXX: N° Correlativo de la muestra (Ej.: 004)

2.3.3 Embalaje

- Los frascos con las muestras deben estar bien embalados y protegidos con burbupack y en lo posible dentro una bolsa de plástico de cerrado hermético.
- El cooler debe indicar: FRÁGIL

2.3.4 Información adicional

- Fotos del proceso de muestreo para los informes de resultados.

Figura N° 3: Etiqueta del frasco para muestra de aceite

EQUIPO MUESTREADO PARA DETECCIÓN DE PCB	
Código de muestra:	_____
Marca:	_____
N° Serie:	_____
Fecha:	_____ Hora: _____
Responsable:	_____



Figura N° 4: Frasco con etiqueta de muestra





Figura N° 5: Muestra de un formato de cadena de custodia (Digesa, 2019)

PERÚ Ministerio de Salud		LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL				SOLICITUD DE ENSAYO ACETES DIELECTRICOS					
		Las Américas N° 350, Urb. San Eugenio Linza Correo electrónico: lmar@minsa.gob.pe Teléfono: 112 444436									
DATOS DEL SOLICITANTE	SOLICITANTE					TELÉFONO					
	DIRECCIÓN					FAX					
	CONTACTO					CORREO e					
DATOS DEL MUESTREO	MOTIVO					FIRMA					
	RESPONSABLE (S) DEL MUESTREO										
	LUGAR DE MUESTREO			LOCALIDAD/DISTRITO		DEPARTAMENTO					
DATOS DE LAS MUESTRAS	N°	Código Laboratorio	Código muestra	Fecha muestreo	N° Unidades de Muestra	Volumen de muestra (mL)	Bifenilos policlorados (PCB) como arrocesores DIGESA AQ/PE 11. Determinación de PCB en aceites dieléctricos (calidad) con referencia al ASTM D4059 - 09(2012)	Observaciones	REVISIÓN DE LA SOLICITUD DE ENSAYO (Uso laboratorio DIGESA)		
									a) Causa de no Aceptación		
									b) Capacidad y Recursos disponibles		
									c) Observaciones		
									d) Entrega del Informe de Ensayo Fecha Aprox. Destino DSA <input type="checkbox"/>		
										AUTORIZACIÓN DE ENSAYO (USO DIGESA)	
									Firma y sello	Fecha Hora	
	Total de muestras										
	CUSTODIA DE LAS MUESTRAS	Entregado por		Fecha	Código		Recepción de muestras en el laboratorio. (Uso del Laboratorio)				
Código		Código		Muestras:		Observaciones:					
Firma y fecha		Firma y fecha		Iniciadas <input type="checkbox"/>							
Código		Código		Finalizadas <input type="checkbox"/>							
Firma y fecha		Firma y fecha		Nombre							Firma

2.4 IDENTIFICACIÓN DE PCB

2.4.1 Descarte de PCB

Para el descarte se usarán los métodos reconocidos internacionalmente, tales como: US EPA SW-846 - Method 9079 (aceite) y Method 9078 (suelos), respectivamente. Como quiera que estos métodos son de campo, pueden ser realizados en sitio, y por técnicos del mismo Titular o terceros contratados para ello y capacitados adecuadamente. Con ello se asegura:

- Reducir el riesgo de contaminación al no ser necesario el transporte del total de muestras a laboratorio sino solamente los que hayan dado resultados positivos (se estima que deben ser alrededor del 10,3%) (Proyecto GF/PER/10/001 "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados (PCB)", 2017).
- Reducir el costo del inventario de PCB.
- Promover la participación de los trabajadores de las empresas en la gestión de los PCB y por lo tanto internalización de las medidas de seguridad y prevención de contaminación por PCB.
- Capacitar a trabajadores de las empresas para realizar el descarte como medida correctiva antes de intervenir algún transformador o sitio sospechoso de estar contaminado por PCB.

El descarte de PCB se puede considerar como el primer tamizado de muestras que pueden contener PCB, este proceso se realiza mediante dos tipos de procedimientos:

- Métodos colorimétricos a través de la detección de elementos clorinados que de manera indirecta determina que la muestra puede contener PCB.
- Métodos con medición potenciométrica que detecta también elementos clorinados y determina la medición electroquímica para determinar la concentración en la matriz.

Los procedimientos de descarte tienen como principio la eliminación de los PCB mediante el sodio metálico, liberando los iones de cloro que luego son sometidos a lectura mediante un electrodo (lectura electroquímica) o tamizado con mercurio en una medida que corresponde a 50 ppm y luego es sometido a un proceso colorimétrico para determinar el exceso de cloro que determinaría la presencia de PCB.

A continuación, se hace una descripción breve de los procedimientos en diferentes matrices. En el Anexo, se alcanza a modo referencia, el procedimiento específico de análisis de descarte de manera referencial, que son los que se han estado aplicando en el país.

2.4.1.1 Aceite dieléctrico

Las muestras de aceite dieléctrico pueden ser procesadas mediante un kit de descarte de PCB, que tiene la finalidad de detectar el cloro en la



muestra y, de esta manera, determinar la posibilidad de una contaminación con PCB.

Mediante este proceso, si la muestra no presenta cloro, se asegura que no existe PCB (se recuerda que los PCB se fabricaron introduciendo cloro en la molécula de cadenas de hidrocarburos).

Por otro lado, cabe la posibilidad de obtener falsos positivos, ya que las muestras podrían contener cloro procedente de otras fuentes, como: pinturas cloradas, uso de solventes clorados, ambientes marinos, etc.

En todo caso, las muestras con resultados positivos de descarte (colorimétricos) y los resultados por 50 ppm o más (lectura electroquímica), deberán ser analizadas en el laboratorio por cromatografía de gases para confirmación y medición de la concentración de PCB.

2.4.1.2 Superficies no porosas y agua

Para el caso de descarte de PCB en superficies no porosas y agua, se cuentan con métodos de detección de PCB indirectamente a través de la presencia de cloro con lectura electroquímica y que, como los casos anteriores, se pueden presentar resultados falsos positivos.

Al igual que en los casos anteriores también, las muestras con resultados con 50 ppm o más deberán ser analizadas por cromatografía de gases para confirmar la presencia de PCB en estas matrices.

2.4.2 Análisis Cromatográfico

El análisis cromatográfico se deberá realizar a todas las muestras que en el descarte de PCB hayan dado resultado positivo, para ello se utilizará la misma muestra que se utilizó en la prueba de descarte (para esto se deberá utilizar frascos de vidrio ámbar para evitar interferencias en este proceso). La finalidad de este análisis es confirmar el resultado del descarte y determinar que no se trate de un falso positivo y principalmente para conocer la concentración de PCB que se encuentra en la matriz.

Para este análisis se usarán las versiones actualizadas de las normas ASTM D4059-00-2005 y ASTM D6160-98; y deberá ser realizado por un laboratorio que tenga el método de ensayo para PCB acreditado por INACAL.

Con este procedimiento se determinará la concentración de PCB como arocloros en la matriz (aceite dieléctrico, suelos, agua o superficies no porosas), utilizando columnas capilares tubulares abiertas con detectores por captura de electrones, determinando la presencia y cuantificación de la concentración de al menos los siguientes arocloros y la suma total de PCB en la muestra, ya que una gran mayoría de PCB fueron elaborados utilizando estos arocloros como los aceites dieléctricos con Askarel que fueron de varios tipos (A, B, C, D etc.) que contenían hasta 60% de aroclor 1260, 70% del aroclor 1254 y 100% de aroclor 1242 o el Pyranol con 60% de aroclor 1260, interteen con 70% de aroclor 1254 (Crime, 1988) como también los aceites dieléctricos Clophen que contenía los arocloros 1242, 1248, 1254 y 1260 (fabricado por Bayer, GFR),



Phenoclor que contenía los arocloros 1242, 1254 y 1260 (fabricado por Caffaro, Italia), Fenclor que contenía los arocloros 1242, 1254 y 1260 (fabricado por Prodelec, Francia) (Erickson, 1986)

Componente	Nº de Registro CAS
Aroclor 1242	53469-21-9
Aroclor 1248	12672-29-6
Aroclor 1254	11097-69-1

2.5 ETIQUETADO DE EXISTENCIAS Y RESIDUOS

Una vez realizado el descarte y/o el análisis confirmatorio de PCB, las existencias o residuos deberán ser etiquetadas o señalizadas (Ministerio de Salud, 2016) con la información pertinente al estado del bien respecto al PCB. Para ello se deberá utilizar las siguientes etiquetas, asegurándose que sean lo suficientemente resistentes al clima para perdurar por el mayor tiempo posible.

Figura N° 6: Etiqueta para existencias y residuos contaminados con más de 50 ppm de PCB

Nombre del Titular
ATENCION
EQUIPO CONTAMINADO CON PCB (BIFENILO POLICLORADO)
ESTE EQUIPO REQUIERE DE TRATAMIENTO ESPECIAL Y MANEJO DE ACUERDO AL PLAN DE GESTION AMBIENTAL DE PCB DEL TITULAR
La regulación lo considera como contaminante ambiental y de serio riesgo para la salud
En caso de accidente, derrame u otra contingencia con este equipo comunicarse a la empresa propietaria del equipo o al cuerpo general de bomberos
Concentración de PCB > a 50 ppm
Fecha de análisis:
Año: 11 – 12 – 13 – 14 – 15 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21 –
Mes: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12
Día: 1 – 2 – 3

1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 0

Empresa evaluadora:

Esta etiqueta deberá tener un tamaño de A5

Figura N° 7: Etiqueta de existencias y residuos no contaminados con PCB o libre de PCB

Nombre del Titular

**EQUIPO LIBRE DE PCB
(BIFENILO POLICLORADO)**

En caso de accidente, derrame u otra contingencia con este equipo comunicarse a la empresa propietaria del equipo o al cuerpo general de bomberos

Fecha de análisis:

Año: 11 - 12 - 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20 - 21 -

Mes: 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12

Día: 1 - 2 - 3

1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 0

Empresa evaluadora:

Esta etiqueta deberá ser al menos de un tamaño de 15,25 cm de lado

2.6 REPORTE DE RESULTADOS Y MANTENIMIENTO DEL INVENTARIO DE PCB

Los reportes de los resultados de las pruebas de campo y las de laboratorio deberán ser elaborados por los responsables de llevar a cabo el procedimiento y firmados por un profesional colegiado y habilitado. Para pruebas de campo, puede ser un especialista en temas ambientales, con experiencia en la materia.

En las pruebas de descarte de campo, deberán listarse los equipos analizados con los resultados obtenidos y una fotografía del resultado cuando se trate de pruebas colorimétricas o de medición electroquímica.



Para el caso de los análisis de cromatografía, deberán consignarse los resultados de concentración de cada aroclor y la sumatoria del conjunto adjuntando el cromatograma respectivo.

El informe de inventario de PCB deberá contener al menos, la siguiente estructura:

Presentación

1. Resumen Ejecutivo

1.1 Generalidades (se realizará una breve descripción de las instalaciones de la empresa)

1.2 Inventarios ejecutados antes del 2020

2 Organización y responsables del inventario

3 Resultados del Inventario

3.1 Existencias y residuos inventariados

En este acápite se detallará el número de muestras procesadas, resultados y tablas de acuerdo a la potencia, marca, país de procedencia, fecha de fabricación, etc.

3.2 Existencias con resultados positivos y con presencia de PCB

4 Conclusiones

5. Anexos



3 ANEXOS




3.1 Descarte de PCB mediante kit de lectura colorimétrica


3.1.1 Descarte de PCB en aceite dieléctrico

El tiempo de la prueba es de aproximadamente 10 minutos. Todos los reactivos están contenidos en ampollas con las cantidades precisas para obtener resultados esperados. Regularmente la presentación de los kits es en concentraciones fijas de 20, 50 y 500 ppm.

En este caso, cuando la sustancia indicadora toma un color púrpura, se puede asegurar que el líquido contiene menos concentración de PCB respecto al nivel seleccionado del Kit (20, 50, o 500 ppm).


Los componentes necesarios para el descarte de PCB en aceite dieléctrico son:

1	Tubo N° 1 – Un tubo de ensayo de plástico, de tapa negra con válvula dispensadora, contiene una ampolla incolora con una marca azul (inferior) y una ampolla gris (superior).	
2	Tubo N° 2 – Un tubo de ensayo de tapa blanca, conteniendo 7 mL de una solución buffer, una ampolla incolora con una marca blanca (inferior) y una ampolla verde roja (superior).	
3	Una pipeta de plástico desechable.	

4	<p>Una ampolla de vidrio protegida en un tubo de cartón que se utiliza para la disposición final del residuo de la muestra, que tiene la finalidad de neutralizar el mercurio que se utiliza para limitar la presencia de iones de cloro libres por encima del máximo nivel permitido (20, 50, o 500 ppm).</p>	
---	--	---


El procedimiento se muestra a continuación:

Descarte de PCB en Aceite dieléctrico



Toma de 5 ml de aceite en la muestra.

Preparación de la muestra – Se retira la tapa negra del tubo N° 1. Luego, haciendo uso de la pipeta desechable se transfiere 5 mL de la muestra de aceite hasta la muesca que tiene el tubo de tapa negra para asegurar que son 5 mL, luego cierre bien el tubo.




Añadir 0.2 ml de anhídrido acético en un tubo N° 1.

Convertir a una ampolla en un tubo N° 1 (2 U).

Reacción de eliminación de PCB – esta operación se hace quebrando la ampolla que tiene la marca azul o inferior comprimiendo el tubo a través de las paredes del mismo ya que es de plástico flexible. A continuación, agite vigorosamente la mezcla durante 10 segundos.


Luego, quiebre la ampolla gris del tubo N° 1 o la ampolla superior para luego agitar bien durante un minuto de manera intermitente teniendo un descanso cada 10 segundos para que los reactivos reaccionen adecuadamente



Añadir 0.2 ml de Mercurio


Extracción – Transfiera la solución extractora del tubo N° 2 (tapa blanca) en el tubo N° 1 con la muestra en proceso. Cierre el tubo N° 1 y agite vigorosamente por 10 s. Esta reacción exotérmica, tendrá elevación de temperatura y presión. Liberar esta presión, repita esta operación por 2 min y hasta que no haya presión interior. Nótese que la solución que es grisácea se tornará lechosa.

Luego, coloque el tubo N° 1 bien cerrado con la tapa hacia abajo en una superficie plana con la finalidad de propiciar la separación de la solución orgánica (aceite) por un periodo de 2 minutos de la solución acuosa. Si el aceite queda por debajo de la solución acuosa, el aceite es PCB puro (Askarel). Si el aceite se encuentra sobre la fase acuosa continúe con el test.




Se extrae 5 ml de la solución

Análisis – Se debe levantar el tubo N° 1 invertido como está y con cuidado transferir 5 mL de la solución acuosa a través de la válvula al tubo N° 2 de tapa blanca. Tener cuidado para no introducir ninguna gota de aceite.




Añadir 0.1 ml de Ioduro de Cálculo + $\text{N}^{\circ} 11$.

Luego, quiebre la ampolla incolora inferior y agite durante 10 segundos.




Añadir 0.25 ml de Nitrato de Mercurio

Seguidamente, quiebre la ampolla de color superior y agite durante 10 segundos



Observación de resultados – El color resultante compare con la tabla de colores, si la solución es púrpura, azul o morado, el aceite contiene menos de 50 ppm de PCB. Si se torna de un color amarillo o incoloro, el aceite podría tener más de 50 ppm de PCB. Es un resultado positivo y se debe proceder al análisis confirmatorio de cromatografía gaseosa.



En el paso de separación, si el aceite está en el fondo en lugar de quedar por encima de la solución (como se muestra la figura), no continúe con el test. Lo que está por analizar es prácticamente PCB puro (askarel). La fase de askarel puede tener un color amarillo o ser incoloro. Si las dos fases fuesen incoloras también indicará la presencia de askarel puro y en este caso el test se debe parar inmediatamente, pues podrá dar resultados falsos

3.2 Método de descarte de PCB con determinación de concentración por lectura electroquímica

3.2.1 Preparación de la muestra

3.2.1.1 Aceite dieléctrico

La finalidad de este procedimiento es lograr que los elementos orgánico-clorados (PCB) sean químicamente convertidos en iones de cloro que luego deben ser leídos por un electrodo, cuantificando de esta manera la concentración de PCB en la muestra. Para la preparación de la muestra se deben seguir los siguientes pasos:

- Quite la tapa del tubo negro y agregue aceite hasta la línea de 5 mL usando una pipeta del polietileno. Reponga la tapa en el tubo ajustándola firmemente.

Figura N° 8: Primera etapa de análisis



- A continuación, rompa la ampolla inferior en el tubo presionándola a través de las paredes del tubo de plástico, sacudiéndolo luego por 10 segundos.
- Luego, rompa la ampolla (gris) superior en el tubo y sacuda el tubo vigorosamente por un minuto reposando cada 10 segundos permitiendo que la reacción se produzca adecuadamente. En este paso, se estaría eliminando los PCB con la reacción con el sodio metálico.
- Utilizando una pipeta de 5 mL, se agrega cinco mililitros de una solución extractora al tubo donde se está preparando la muestra (tapa negra). Cierre la tapa con seguridad y sacuda vigorosamente hasta que desaparezca la espuma y el color oscuro. Esta reacción es exotérmica y por lo tanto se calentará levemente, es necesario liberar la presión del tubo con cuidado destapando parcialmente el dispensador mientras que sostiene el tubo en posición vertical. Presione el tubo levemente mientras ajusta la tapa y sacuda el tubo vigorosamente por 20 segundos más. Ventear otra vez, y cerrar la tapa.
- Colocar el tubo al revés parándolo sobre su tapa, manténgala en esta posición por dos minutos con la finalidad de facilitar la separación de fases, aceite y fase acuosa con iones de cloro que deberán ser medidos mediante un electrodo.

- Tomar el vial de vidrio de 20 mL, al cual se debe colocar el embudo con filtro de polietileno de 20 mL. En este vial se debe transferir la sustancia acuosa que quedó en la base del tubo que reposó sobre su tapa.
- Colocar el tubo de tapa negra directamente sobre el embudo y abra el dispensador (tal como se puede ver en la siguiente figura); transfiera la solución cuidadosamente exprimiendo los lados del tubo hasta que aparezca la primera gota del aceite (retire el tubo antes que el aceite pase al vial).
- Etiquete el vial con el código de la muestra para su registro.
- El vial con la solución así preparada está listo para su lectura con el electrodo del equipo de medición electroquímica (con el equipo Analyzer L2000DX).

Figura N° 9: Extracción de solución acuosa con iones de cloro para su medición electroquímica

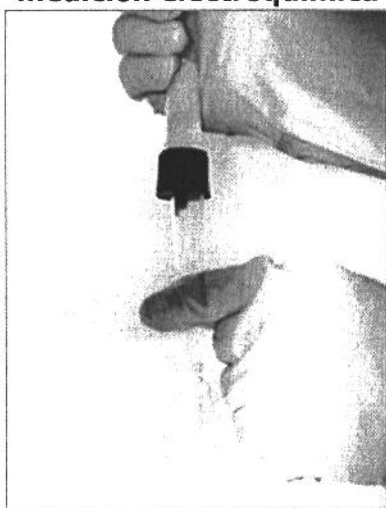


Figura N° 10: Analyzer L2000DX de Dexsil®



4 Bibliografía

Crime, J.-P. (1988). *Hazards, Decontamination, and Replacement of PCB, A comprehensive Guide*. New York & London: Plenum Press.

DIGESA <http://www.digesa.minsa.gob.pe/LAB/muestras.asp>

Erickson, M. D. (1986). *Analytical Chemistry of PCB*. USA.

Ministerio de Salud. (14 de Julio de 2016). *Resolución Ministerial N° 490-2016/MINSA* .- Disponen la prepublicación del proyecto de decreto supremo que aprueba el Reglamento para la Gestión Sanitaria y Ambiental de los Bifenilos Policlorados en el portal institucional del MINSA. Obtenido de <http://sial.minam.gob.pe/eldorado/normas/disponen-prepublicacion-proyecto-decreto-supremo-que-aprueba-reglamento>

Ministerio del Medio Ambiente del Perú. (2017). *Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (DS N° 014-2017-MINAM)*.

Proyecto GF/PER/10/001 "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de Bifenilos Policlorados (PCB)". (2017). *Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PCB*. Lima.





PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE BIFENILOS POLICLORADOS (PGAPCB)

Julio 2020



Contenido

I. Introducción	5
1.1. Objetivo.....	7
1.2. Alcance.....	7
1.3. Marco regulatorio	7
1.4. Definiciones	11
II. Instrucciones para el uso de la guía	13
III. ¿Qué es un Plan de Gestión Ambiental de PCB?	13
3.1. Alineamiento del PGAPCB.....	14
3.2. Principios para la elaboración del PGAPCB.....	14
3.3. Ciclo de vida de los PCB	15
3.4. Evaluación de riesgos.....	16
IV. Elaboración del Plan de Gestión Ambiental de PCB	20
1. Datos Generales	23
2. Antecedentes	23
3. Descripción de las Instalaciones	24
4. Diagnóstico Situacional de la Gestión de PCB.....	25
5. Gestión Ambiental De PCB.....	26
6. Cronograma, Presupuesto y Responsables	37
7. Plan de Contingencias	41
Anexo 1: Materiales que contienen PCB.....	43
Anexo 2: Uso y manipulación de equipos que contienen PCB.....	46
Anexo 3: Revisión y control de equipos e instalaciones conteniendo PCB.....	51
Anexo 4: Manipulación y transporte de equipos con PCB.....	54
Anexo 5: Almacenamiento de equipos con PCB.....	64
Anexo 6: Adquisición de material y equipos libres de PCB y contratación de servicios de mantenimiento	68
Anexo 7: Manejo de PCB durante la operación y mantenimiento de equipos.....	72
Anexo 8: Tecnologías para la eliminación ambientalmente racional de PCB.....	90
Anexo 9: Resumen de las experiencias nacionales de eliminación de PCB.....	104
Anexo 10: Plan de emergencias y contingencias.....	110
Bibliografía.....	114



LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Actividades más relevantes del Ciclo de vida de los equipos que contienen aceites dieléctricos.....	15
Figura N° 2: Disposiciones del Convenio de Estocolmo.....	20
Figura N° 3: Toma de datos de la placa.....	26
Figura N° 4: Toma de muestra	27
Figura N° 5: Muestra etiquetada	27
Figura N° 6: Descarte con kit de campo.....	27
Figura N° 7: Preparación de la muestra en laboratorio	27
Figura N° 8: Cromatógrafo	27
Figura N° 9: Etiqueta en equipo muestreado.....	28
Figura N° 10: Etiqueta en equipo contaminado con PCB - PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA	28
Figura N° 11: Metodología para las decisiones sobre la disposición final	35
Figura N° 12: Transformadores de subestaciones presentan pérdidas y manchas de aceite tanto en equipos como en la instalación.....	53
Figura N° 13: Transformadores en almacén muestran pérdidas por válvulas y juntas.....	53
Figura N° 14: Sistema para la puesta a tierra para transformadores.....	55
Figura N° 15: Bloqueo y etiquetado de un interruptor.....	55
Figura N° 16: Movimiento de residuos de PCB en una instalación.....	58
Figura N° 17: Pictogramas adheridos a los equipos.....	58
Figura N° 18: Señalización utilizada en el transporte de PCB	60
Figura N° 19: Cilindros NNUU conteniendo aceite con PCB listo para ser transportado hacia el Puerto	62
Figura N° 20: Equipos listos para ser transportados.....	62
Figura N° 21: Contenedor acondicionado para transportar PCB.....	63
Figura N° 22: Contenedor sellado con la carga de PCB para ser embarcado.....	63
Figura N° 23: Área de almacenamiento de PCB dentro del almacén de residuos peligrosos	67
Figura N° 24: Almacenamiento de equipos con PCB.....	67
Figura N° 25: Partes del transformador	73
Figura N° 26: Reacción de Wurtz	104
Figura N° 27: Reactor y tanques de precipitación	105
Figura N° 28: Esquema del retrolenado	107
Figura N° 29: Equipo utilizado para el proceso de retrolenado	107
Figura N° 30: Reacción química de dechlorinación en base a Hidróxido de Potasio ...	108
Figura N° 31: Diagrama del proceso de dechlorinación	108
Figura N° 32: Dechlorinadora de la empresa TREDI S.A.....	109

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).....	17
Tabla N° 2: Procesos de lavado y descontaminación de transformadores.....	33
Tabla N° 3: Comparación de procesos relevantes para la destrucción de pcb	34
Tabla N° 4: Tipos de embalaje para PCB	56
Tabla N° 5: Relación de equipos y materiales que se fabricaron con PCB.....	69



Tabla N° 6: Partidas arancelarias sensibles de contener PCB	69
Tabla N° 7: Frecuencia de actividades de revisión de los transformadores	78
Tabla N° 8: Resumen de riesgos de la operación de equipos con PCB	83
Tabla N° 9: Tecnologías de Eliminación de PCB	91

ACRONIMOS

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
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 los Contaminantes Orgánicos Persistentes
SEIA	Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
SENACE Sostenibles	Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles



GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS PLANES DE GESTIÓN AMBIENTAL DE BIFENILOS POLICLORADOS

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 ser usados 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.

Justamente 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 tiene la propiedad de bioacumularse; asimismo, debido a sus propiedades de toxicidad, tiene la capacidad de producir algún tipo de cáncer y puede moverse a grandes distancias, por lo que es necesario tomar acciones para eliminar su uso y gestionarlo de manera ambientalmente racional.

En efecto, estudios epidemiológicos y toxicológicos, así como evidencias obtenidas de personas expuestas a los PCB, señalan que estos pueden producir 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.

Ante ello, el Perú firmó y ratificó el 2005, el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes², el mismo, que establece en su artículo 3 que los países deben adoptar medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la producción y utilización intencionales.

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 puérperas de las regiones de La Libertad, Ucayali y Tacna (25,93 ng/g, 19,82 ng/g y 18,63 ng/g respectivamente)³, que, si bien no son altas

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



concentraciones, muestran que los PCB están en el ambiente y llegaron al organismo de estas madres.

El numeral 6.1 del artículo 6 del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes establece que con el fin de garantizar que las existencias que consistan o que contengan productos químicos incluidos en el Anexo A, 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 Parte⁴ elaborará estrategias apropiadas para:

- Determinar, 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.
- Adoptar 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

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.

En ese contexto y teniendo en cuenta la Quinta Disposición Complementaria Final del RPAAE, el MINEM, previa opinión del Ministerio del Ambiente (en adelante, MINAM) deberá aprobar la Guía Metodológica para el Inventario de Existencias y Residuos para la identificación de PCB, así como para la elaboración de los Planes de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (PGAPCB) aplicables a la actividad eléctrica.



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

1.1. Objetivo

Orientar a las empresas eléctricas 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 presente política ha sido formulada sobre la base del análisis de la situación ambiental del país, tomando en cuenta las políticas implícitas y lineamientos que sustentaron la elaboración de planes y estrategias nacionales en materias como diversidad biológica, bosques, cambio climático, residuos sólidos, saneamiento,



sustancias químicas, entre otros. Asimismo, incluye los resultados del proceso de consulta pública descentralizado efectuado por el Ministerio del Ambiente.

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 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.

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 generador, 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 Legislativo. 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, se rescata que esta norma incluye los residuos de aceites y solventes industriales.

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 para 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 los Contaminantes Orgánicos Persistentes -COP

Mediante Decreto Supremo N° 067-2005-RE se ratificó el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), estableciendo en su artículo 6 que los países deben adoptar 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, se elaboró el contenido del 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

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 (como sucede en el caso de los PCB). 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: Entidad pública encargada de la evaluación y, de corresponder, de la aprobación de los Estudios Ambientales e Instrumentos de Gestión Ambiental Complementarios relacionados con las actividades eléctricas.

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 dados de baja y/o equipos desechados. Aquellos equipos que 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 o rechazarlos.

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



- 1.4.8 Equipos en desuso.** Aquellos equipos que, habiendo sido utilizados, en la actualidad no están conectados a ninguna red eléctrica y/o no están en funcionamiento (pueden estar en mantenimiento o almacenados), pero se tiene prevista su utilización futura.
- 1.4.9 Existencias:** Equipos en uso, desuso, dados de baja y/o desechado utilizados directa o indirectamente en una actividad antrópica pasibles de ser, contener o estar contaminado con PCB, tales como transformadores eléctricos, condensadores eléctricos (utilizados generalmente en grupos llamados bancos de condensadores), interruptores, reguladores, reconectores u otros dispositivos diseñados y fabricados para operar utilizando como fluidos dieléctricos el PCB.
- 1.4.10 Existencias con PCB:** Los equipos que se deben considerar como PCB, independientemente de su estado de uso, desuso o desecho, son aquellos que hayan contenido o contengan fluidos dieléctricos en estado líquido en concentraciones iguales y/o superiores a 50 ppm de PCB.
- 1.4.11 Mejores prácticas ambientales:** Es la aplicación de la combinación más adecuada de medidas y estrategias de control ambiental.
- 1.4.12 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.*
- 1.4.13 Plan de Acción de PCB:** Plan que forma parte del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre los 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.
- 1.4.14 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.
- 1.4.15 Residuo con PCB:** Son aquellos residuos de los fluidos aislantes en estado líquido (aceites dieléctricos) contaminados con PCB (concentraciones iguales o superiores a las 50 ppm de PCB), los cuales fueron drenados de las existencias (equipos en uso, desuso, dados de baja y/o desechados)



contaminadas con PCB y que se encuentran almacenados en cilindros u otro tipo de contenedor.

1.4.16 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).

1.4.17 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.

1.4.18 Transformador. Equipo utilizado para aumentar o reducir la tensión. Los transformadores que contienen PCB normalmente se instalan en plantas o edificios en los que se distribuye electricidad.

II. Instrucciones para el uso de la guía

- 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.
- 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.
- La estructura del PGAPCB se ha planteado teniendo en cuenta las normas del sector, así como el marco general de la gestión ambiental.
- 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), 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). 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 los PGAPCB del Titular contribuirán 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 en las existencias identificadas, serán usadas, manipuladas en condiciones óptimas, 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:

- 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
- 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.
- 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.

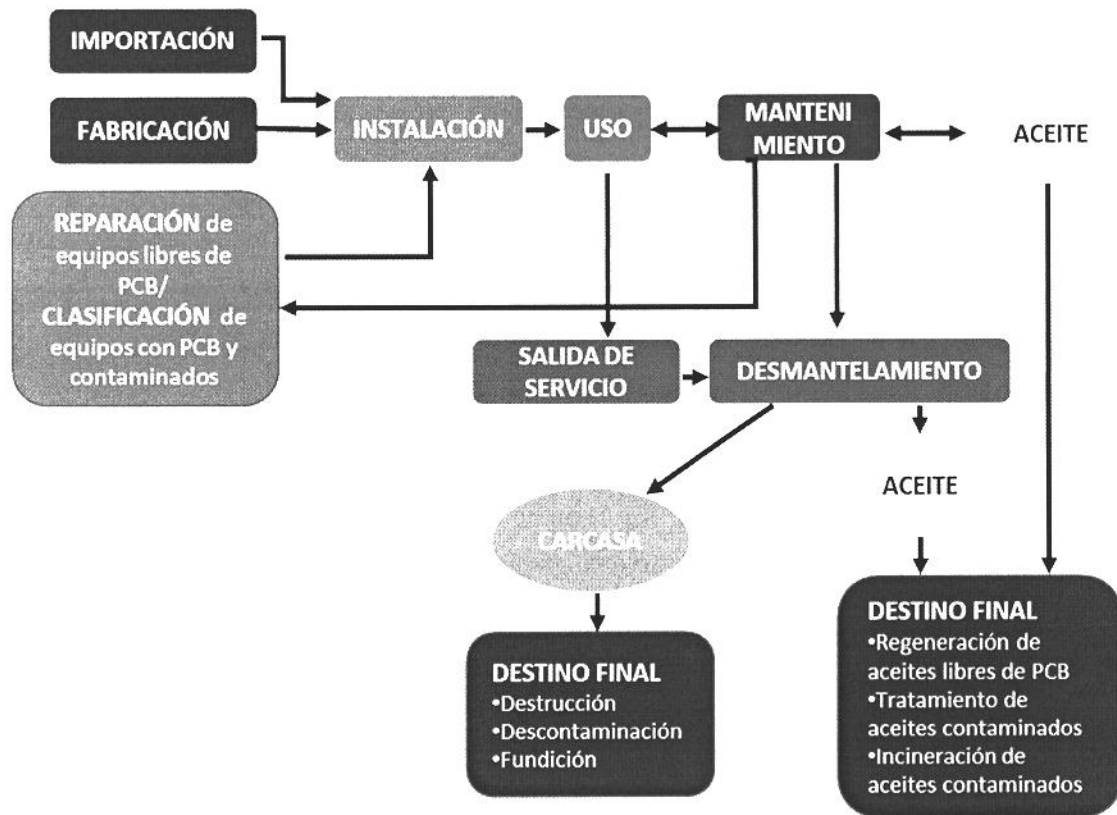
3.3. Ciclo de vida de los PCB

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

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

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:

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"> • Prohibir la importación de aceites y equipos con PCB (Autoridades). • 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"> • Prohibir la utilización de aceite dieléctrico con PCB en la fabricación de equipos (Autoridades).



ACTIVIDAD	RIESGO ASOCIADO	ACCIONES A TOMAR
Uso	<p>Si el equipo no está en buenas condiciones (viejo o mal mantenido), puede tener pérdidas del aceite dieléctrico, produciendo contaminación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibir la reparación de equipos con PCB sin una previa descontaminación de estos (Autoridades). • Utilizar aceite dieléctrico libre de PCB en la fabricación de equipos nuevos (empresas que fabrican transformadores, condensadores). • Verificar el contenido de PCB en los aceites dieléctricos antes de reparar los equipos (empresas que prestan servicio de mantenimiento). • Imponer la obligatoriedad de llevar un registro de equipos que contengan PCB (Autoridades). • Identificar y registrar todos los equipos que se tienen en uso (colocando etiquetas que señalen si contiene PCB o está libre de PCB) (Titular). • Establecer medidas de control y condiciones de seguridad para la utilización de equipos que contienen PCB hasta su salida de servicio (Titular).
Mantenimiento	<p>Las técnicas de secado y/o desencubado⁶ 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</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 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).

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
	de PCB	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibir la reutilización del aceite con PCB (autoridad). • Prohibir la comercialización del aceite usado con PCB (autoridad). • Utilizar aceite libre de PCB en la reposición de aceite dieléctrico (talleres de mantenimiento). • Realizar análisis del aceite dieléctrico de los equipos que ingresan al taller de mantenimiento para prevenir la contaminación cruzada (talleres de mantenimiento). • Realizar análisis del aceite dieléctrico del equipo previa a la entrega de este, verificando que el mismo está libre de PCB (talleres de mantenimiento).
Destino final del equipo (carcasa)	<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso a hornos de fundición puede generar emisiones gaseosas con PCB, dioxinas y furanos • Ingreso a sistemas de tratamiento y/o destrucción inadecuados, no amigables con el ambiente, puede generar contaminación de las aguas, suelos y aire • Comercialización de equipos con PCB para su reutilización 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de equipos contaminados con PCB y equipos libres de PCB (Titular). • Ingreso de equipos a sistemas de recuperación de los materiales, previa descontaminación del mismo (Titular). • Exportar equipos con PCB para su tratamiento y/o destrucción de Acuerdo al Convenio de Basilea (Titular). • Prohibir la comercialización de equipos con PCB y de aceites con PCB (Autoridad).
Destino final del aceite	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación de las aguas y el suelo por vertido incontrolado de 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un tratamiento de descontaminación del aceite con una tecnología ambientalmente adecuada ya aprobada por las

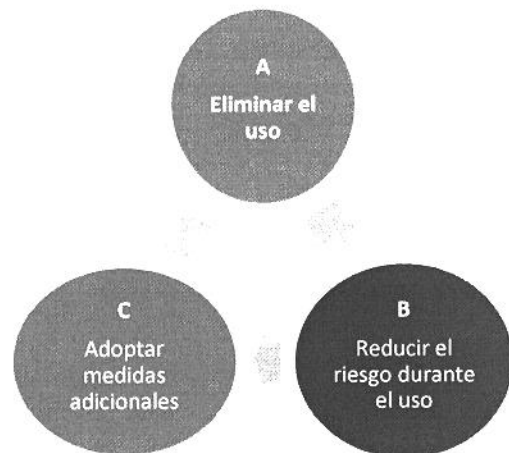


ACTIVIDAD	RIESGO ASOCIADO	ACCIONES A TOMAR
	aceite	autoridades (Titular).
	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación del aire mal funcionamiento del incinerador o quema a cielo abierto Comercialización de aceite con PCB para su reutilización 	<ul style="list-style-type: none"> Exportar el aceite con PCB para su tratamiento y/o destrucción de acuerdo al Convenio de Basilea (Titular). 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 su PGAPCB.



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;

**Figura N° 2: Disposiciones del
Convenio de Estocolmo**



- 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

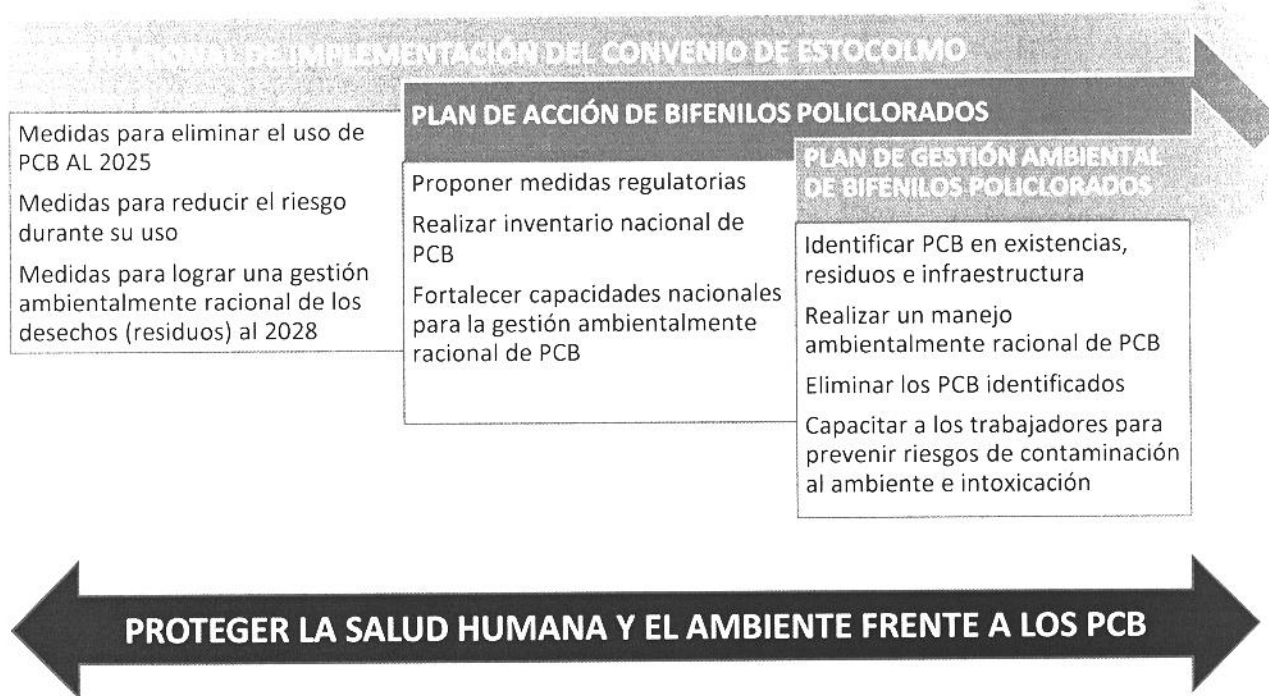


en existencias y residuos en los plazos establecidos en el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes.

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 los 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 se logrará con la ejecución de sus 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 los 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 de la empresa consultora* (persona jurídica) inscrita en el Registro Nacional de Consultoras Ambientales del SENACE y de los profesionales especialistas colegiados y habilitados que han elaborado el PGAPCB (los cuales deben contar con capacitación y experiencia en la elaboración de instrumentos de gestión ambiental y en la gestión de los PCB).

2. ANTECEDENTES

Se debe 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), entre otros establecidos en el RPAAE.

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 por la autoridad 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 los 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

UTM⁷ (WGS8-84)

Área donde se desarrolla la actividad (m²
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 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 existencias).

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. 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 las actividades de capacitación del personal técnico en gestión ambientalmente racional de PCB son pertinentes de indicar.

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:

- Informes de realización de la detección de PCB mediante el uso de kits
- Informes de ensayo del laboratorio químico de los análisis cromatográficos
- Informes de inventarios de PCB realizados en el Titular
- Documentos de eliminación de residuos PCB mediante incineración
- Certificados/constancias de descontaminación de los equipos
- Informes de habilitación de los almacenes (reportes gráficos)
- Informes de capacitaciones sobre PCB brindadas a los trabajadores del Titular
- Certificados 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:

- Elaborar sus bases de datos para el registro de las "probables fuentes 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.

- Extracción de muestras de los aceites dieléctricos, y de suelos o superficies no porosas, con los correspondientes protocolos para el manejo de muestras y cuidado de la cadena de custodia.
- Identificar las existencias y/o fuentes con PCB, procediendo con un descarte mediante el uso de kits y análisis cromatográficos confirmatorios (de los resultados positivos); o solicitando directamente el análisis cromatográfico a



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

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

- Etiquetar las existencias y residuos identificados como 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

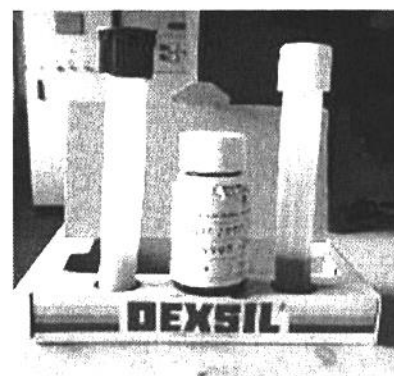


Figura N° 6: Descarte con kit de
campo
PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA

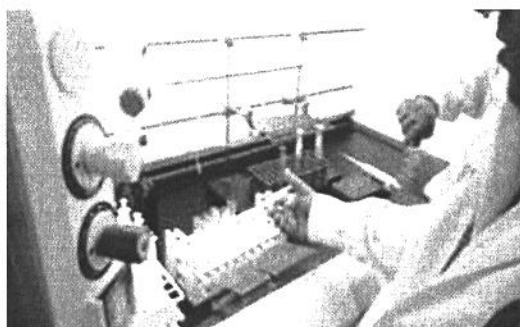


Figura N° 7: Preparación de la muestra en laboratorio
PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA

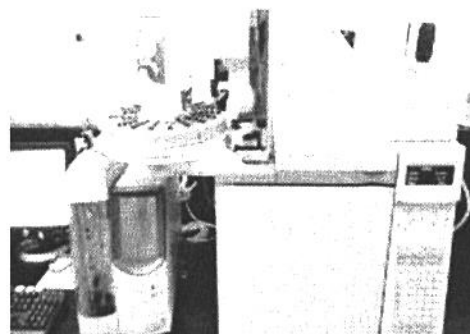


Figura N° 8: Cromatógrafo
PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA



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, incluyendo laboratorios de calibración (que utilizan ISO / IEC 17025), laboratorios de ensayos (que utilizan ISO / IEC 17025), laboratorios clínicos (que utilizan ISO 15189) y organismos de inspección (que utilizan ISO / IEC 17020).

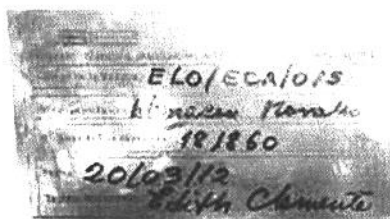


Figura Nº 9: Etiqueta en equipo muestreado
PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA

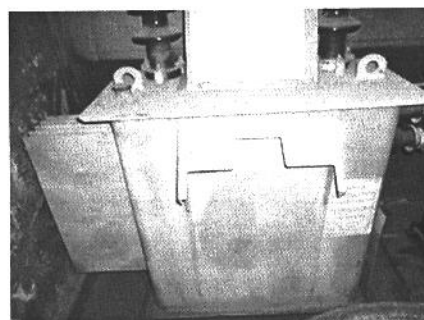


Figura Nº 10: Etiqueta en equipo contaminado con
PCB - PROYECTO PCB UNIDO/DIGESA

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). 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:

- 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 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.

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, de modo tal que no haya una exposición ocupacional ni 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. 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.

- 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.

- 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.

- 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.

- 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 retirarlos de uso (cuando están operativos), a fin de tener controlado el riesgo en un ambiente seguro. Al respecto, este ambiente debe ser el almacén temporal, dado que las existencias como residuos con PCB deberán ser eliminados a más tardar el 2028.

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.

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:

Indicadores de seguimiento de los avances en el inventario:

- Indicador de avance en el descarte de PCB
$$D(\text{PCB}) = (\text{número de equipos con descarte de PCB} / \# \text{ total de equipos}) * 100$$
- Indicador de equipos (sean existencias o residuos) contaminados
$$C(\text{PCB})_n = (\text{número de equipos con PCB} \geq 50 \text{ ppm} / \# \text{ total de equipos}) * 100$$
- Indicador de peso de equipos contaminados con PCB
$$C(\text{PCB})_{\text{kg}} = (\text{Peso de equipos con PCB} \geq 50 \text{ ppm} / \text{peso total de los equipos}) * 100$$
- 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

- Indicador de equipos contaminados con PCB eliminados

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.



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

- Indicador de peso de equipos contaminados con PCB eliminados

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

- Indicador de peso de aceite dieléctrico contaminado con PCB eliminados

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

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:

- **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.
- **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 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, que tanto la parte metálica como el aceite 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.

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

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.



Rellenado o retrofilling (retrollenado)	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 ₂)	Residuos sólidos y líquidos, suelos contaminados
Declorinación química	Sistema de flujo continuo operando a baja temperatura y presión	Uso de catalizadores, hidrógeno, sodio	Baja eficiencia de destrucción Costo elevado	Aceite contaminado con PCB
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

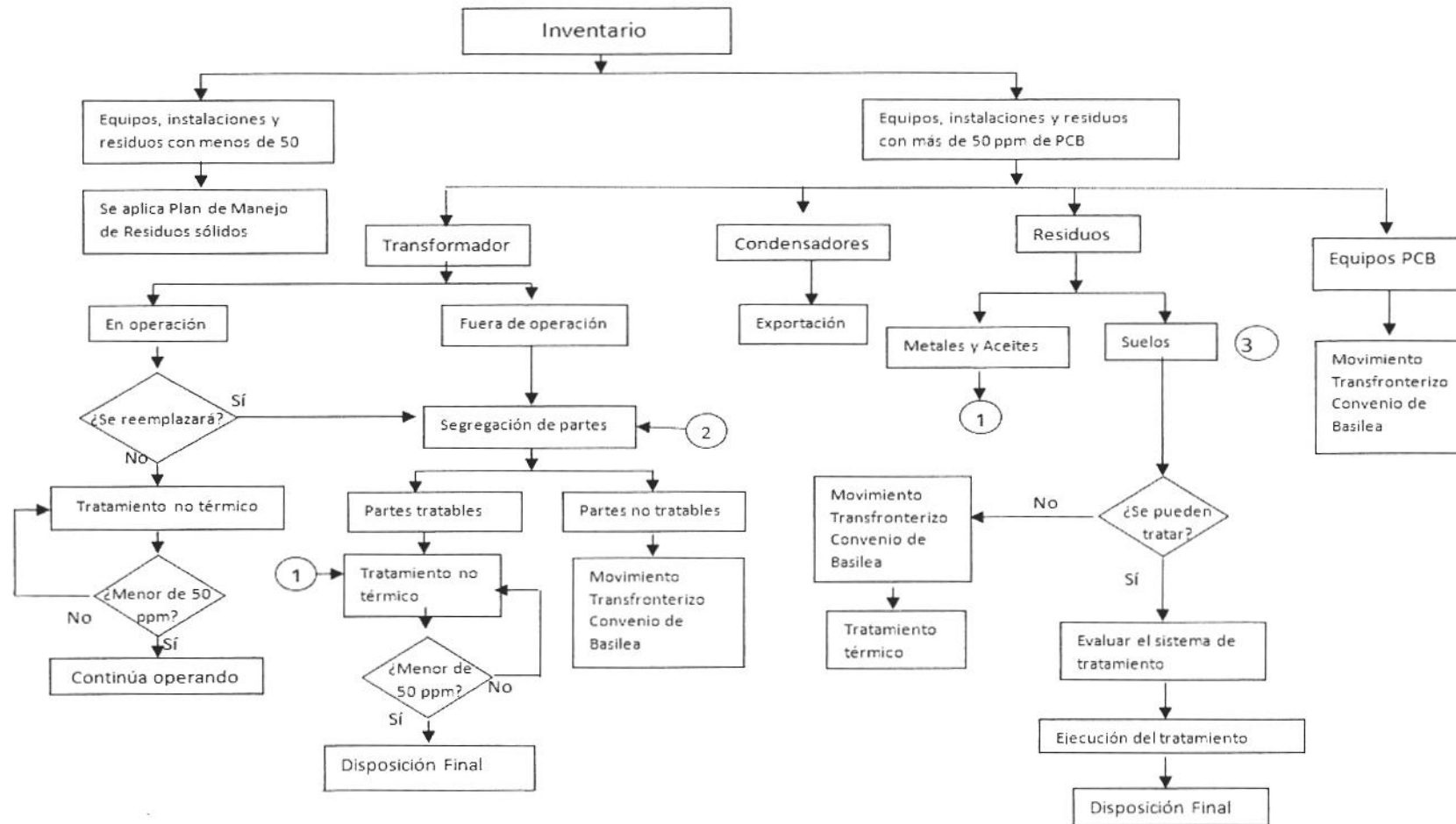
Los aspectos que se deben tener en cuenta en la toma de decisiones son los referidos a la tecnología y su accesibilidad.

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:

- Revisión de los resultados del inventario
- Evaluación técnico-económica de las alternativas de eliminación
- Diseño de la estrategia de eliminación
- 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
- 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).

- Revisión de los resultados del inventario. Es muy importante tener el inventario de fuentes (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.
- 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.
- 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.



- 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
- Reporte a la autoridad de la disposición final de residuos y de descontaminación de equipos. Los resultados de la eliminación de PCB en existencias deberán ser reportados ante las autoridades competentes 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 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:

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

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.

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).





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
• 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.																				■
• 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		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
• 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		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
• 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								■												



CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	2020				2021				2022				2023				2024			
4.3. Diseño de la estrategia de eliminación																				
4.4. Contratación de los servicios para la eliminación de PCB																				
• Actualizar periódicamente el inventario de PCB																				
5.1. Actualización del inventario de PCB																				

PRESUPUESTO Y RESPONSABLES

Actividades	2020				Presupuesto	Responsables
• 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						
• 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						
• 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						
• 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						
• 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

El Titular normalmente ya cuenta con un Plan de Contingencias, por lo que debe hacer una revisión y actualización, introduciendo el tema de los riesgos de PCB. Quienes no tuvieran un plan deben elaborar uno tomando como referencia el Anexo 10 (Plan de emergencias y contingencias) de la presente Guía.



**ANEXOS DE LA
GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DEL PGAPCB**



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:

- Extracción de los átomos de cloro de las moléculas de PCB y reutilización del aceite ("descloración" o dechlorinación); o,
- 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:

- 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.

- 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.
- Proveer de material absorbente y elementos de contención de derrames de volumen suficiente.
- Colocar los equipos sobre bateas o bandejas de contención con capacidad suficiente, de tal forma de recolectar los líquidos que puedan derramarse.
- 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.
- 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.
- 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 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:



- 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.
- 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).
- No se debe permitir, en ningún caso, que el personal fume en el área donde se esté manipulando material con PCB.
- 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:
 - 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.
 - 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.
 - En caso de ingestión, enjuagarse la boca varias veces con agua limpia, tomar agua, y solicitar atención médica.
 - 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 descendiente. 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.

- Aislar el lugar del evento, evitando que se acerquen personas que no sean las autorizadas.
- 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.
- Impedir que los fluidos derramados alcancen a los sistemas de alcantarillado, fuentes de aguas superficiales y campos de cultivo.
- En cuanto sea posible, debe notificarse al jefe superior u otro responsable de las instalaciones.
- 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.
- 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.
- Las superficies expuestas y contaminadas con los líquidos derramados deben descontaminarse con estopas impregnadas con un solvente eficiente, como el tricloroetano.
- 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:

- Eliminar la presencia de aceite libre en suelos o bateas (bandejas) de contención.
- Eliminar la presencia de aceite impregnado en suelo o material poroso.
- Eliminar pérdidas visibles de aceite en juntas de tapa, visores o aisladores.
- Evitar pérdida o goteo o indicios de pérdidas en válvulas.
- Verificar que no haya pérdida en otra parte de los equipos.
- Verificar si hay disminución de nivel de aceite en visores.
- Verificar el resecamiento de juntas sin pérdida visible.
- Chequear el buen estado de la señalización.
- Acceso restringido a las instalaciones, ya sea por encontrarse el equipo en uso o bien en depósito aislado de PCB.
- Estanqueidad de las bateas de contención de equipos fuera de uso.
- Elementos en buen estado para el control de derrames imprevistos.
- Elementos de lucha contra incendios en buen estado y debidamente actualizados.
- 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 generar la afectación de las instalaciones, y llevar a la generación de un pasivo ambiental por contaminación de elementos constructivos, paredes, pisos, y eventualmente daños ambientales a los recursos naturales 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.

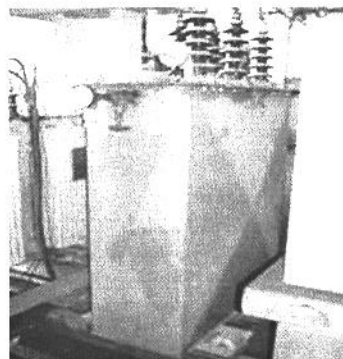
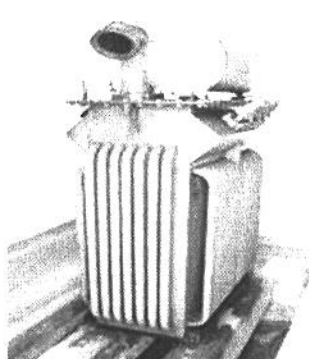


Figura N° 12: Transformadores de subestaciones presentan pérdidas y manchas de aceite tanto en equipos como en la instalación

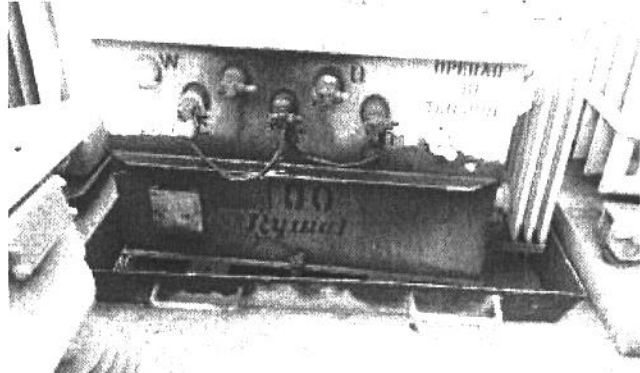


Figura N° 13: Transformadores en almacén muestran pérdidas por válvulas y juntas

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 (decloración) 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

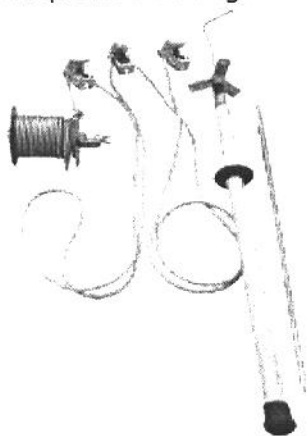


Figura N° 14: Sistema para la puesta a tierra para transformadores

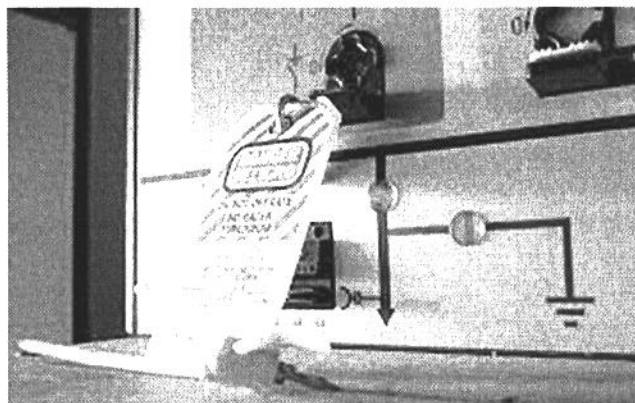


Figura N° 15: Bloqueo y etiquetado de un interruptor

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 Nº 4: Tipos de embalaje para PCB

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

Líquidos de PCB

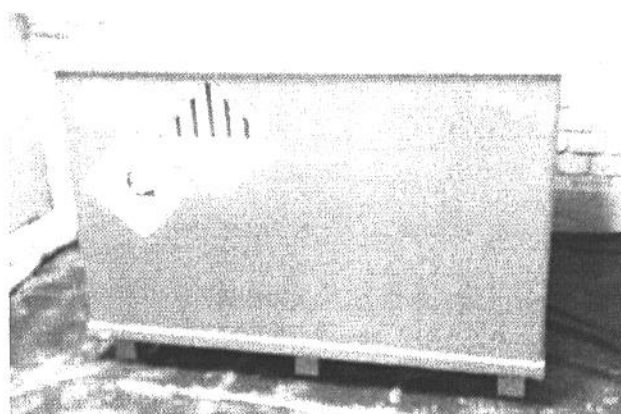
Barriles/tambores cerrados tipo ONU con carcasa metálica absorbente



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

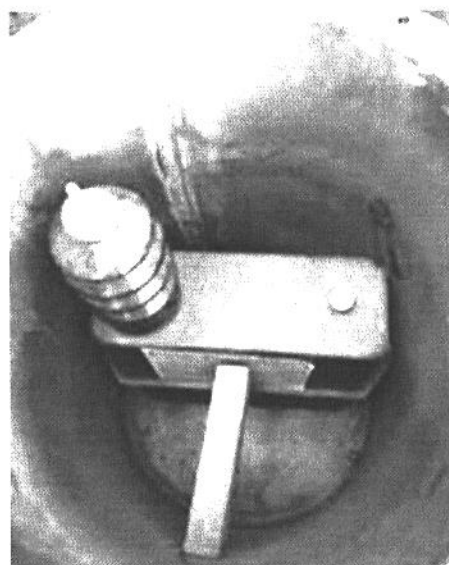
Sólidos de PCB

Barriles/tambores abiertos en la parte superior, con tapa removible. Para el transporte transfronterizo se sellan y colocan sobre pallets dentro del contenedor



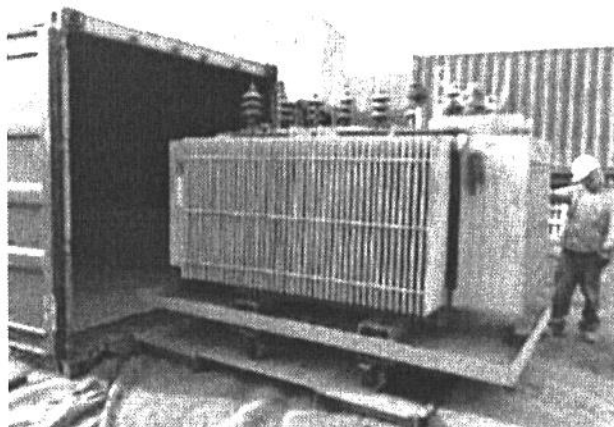
Condensadores / capacitores o balastos

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 absorbente 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.



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

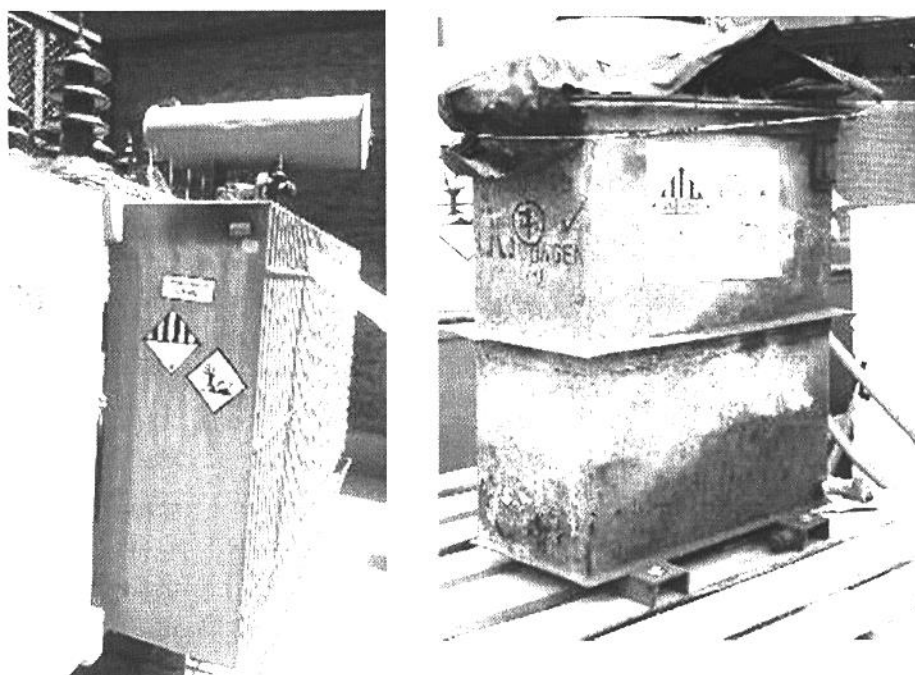


Figura N° 17: Pictogramas adheridos a los equipos



Transporte

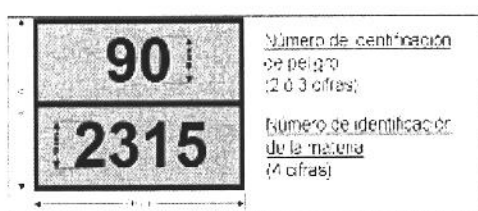
Se entiende por transporte a todo movimiento de equipos con PCB fuera del sitio donde se encuentra instalado, debiendo transitar por caminos públicos o privados pertenecientes o no al poseedor del equipo o contenedor de PCB. Este transporte en el ámbito nacional puede deberse a:

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.

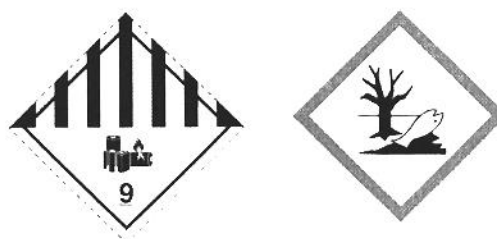
En el último caso, por tratarse de una carga ya preparada para exportación, también se deben prever los requisitos necesarios para transporte marítimo, y tramitar los permisos para el movimiento transfronterizo en el marco del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de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

- Verificar que cuenten con la vestimenta y equipos de protección personal adecuados, los cuales debe utilizar durante el transporte
- Revisar el Plan de contingencias que presente la empresa de servicios
- 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
- 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.

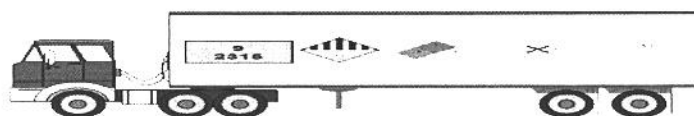


Figura N° 18: Señalización utilizada en el transporte de PCB



Transporte transfronterizo

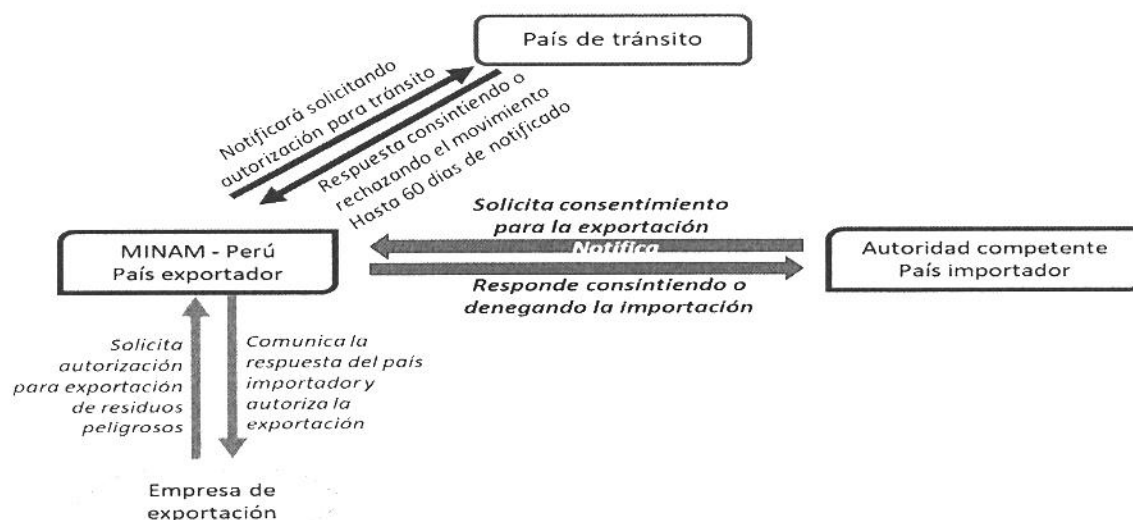
Este transporte se realizará sólo con fines de eliminación ambientalmente racional de los PCB, y cuando no exista en el país tecnología para la destrucción. Actualmente, las exportaciones de PCB se realizan con fines de incineración y los trámites establecidos en la normatividad nacional se basan en 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: Cilindros NNUU conteniendo aceite con PCB listo para ser transportado hacia el Puerto

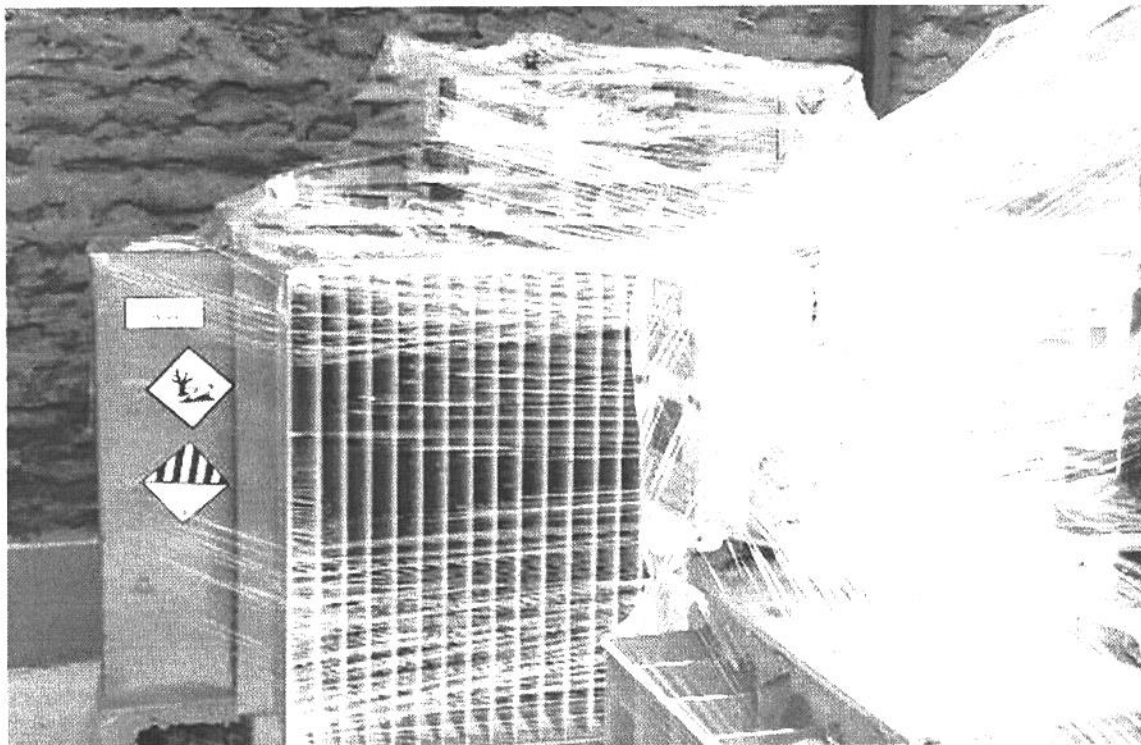
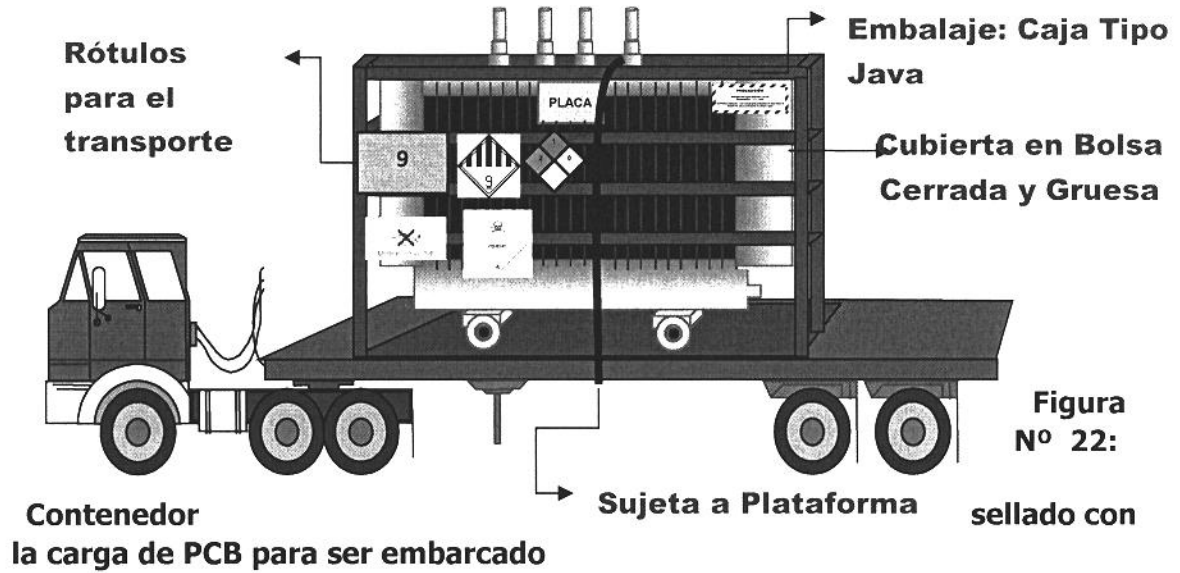


Figura N° 20: Equipos listos para ser transportados

Figura N° 21: Contenedor acondicionado para transportar PCB



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.

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 tengan residuos mezclando sólidos y líquidos se deberán separar en recipientes de acero resistentes a golpes, anticorrosivos y estar cerrados 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 cilindros NU y el equipo almacenado dentro 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:

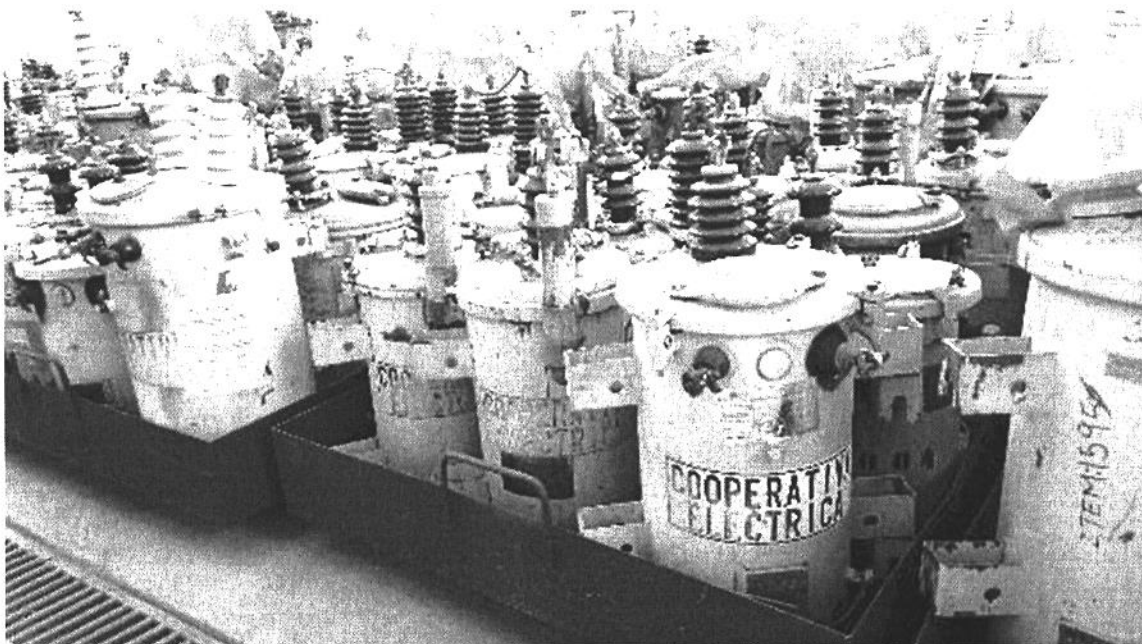
- Situar los equipos y materiales sobre parihuelas de apoyo y sujetarlos a las mismas de manera apropiada
- Asegurar buena ventilación que no permita la concentración de gases o vapores derivados del aceite dieléctrico con PCB.
- De requerirse ventilación mecánica, se asegurará que el aire derivado de la ventilación de este lugar no llegue a otros, donde vivan o trabajen personas.
- No se debe almacenar combustibles dentro de 10 m a la redonda del almacén
- Estar dotado de un sistema de protección contra incendio para atacar fuegos de tipo químico y eléctrico principalmente.
- Acceso restringido a personal autorizado, el cual deberá usar equipos de protección personal, contar con un directorio con los números telefónicos de emergencia, etc.
- 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.
- 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:

- Transformadores
- Condensadores
- Aceite dieléctrico
- Líquido Hidráulico

Deben contar con certificado "Libre de PCB"; en caso no contarán 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:

- Incorporar en los términos de referencia la obligación del vendedor de presentar un certificado de "libre de PCB"
- 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

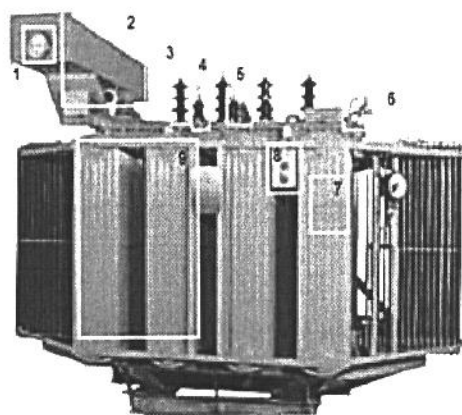
Las partes más importantes del transformador que requieren de atención durante las actividades de operación y mantenimiento son las siguientes:

- 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 carcargas 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.
- Desecador: 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 transformador¹⁴



1. *Indicador de nivel.*
2. *Depósito de expansión.*
3. *Pasa-tapas de entrada.*
4. *Pasa-tapas de salida.*
5. *Mando conmutador.*
6. *Grifo de llenado.*
7. *Radiadores de refrigeración.*
8. *Placa de características.*

Partes que componen el transformador sumergido en aceite con depósito de expansión.

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.

¹⁴ <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 ANSI 15, 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

¹⁵ 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



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 16 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.

¹⁶ 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 N° 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

Durante las actividades de operación de equipos con PCB los principales riesgos que se presentan son las que se realizan con relación a la operación misma de los equipos, aunque esto no involucre maniobras o cambios de las condiciones de su operación, este riesgo corresponde a un alto riesgo con impactos severos en el parámetro en estudio. Las actividades de limpieza de aisladores también constituyen una actividad de alto riesgo ambiental, para el factor suelo debido a la severidad de contaminación que representa la contaminación de suelos con sustancias contaminadas 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 fugas, que es la principal causa de contaminación de suelos
- La toma de muestra de aceite dieléctrico, por el riesgo de derrames de líquido que representa
- 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 recurso agua, se puede presentar un agravante en cuanto a la posible contaminación con PCB y es el hecho que la magnitud de su contaminación puede ser muy grande por la extensión que puede alcanzar, peor aun cuando se trate de contaminación de 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. Las actividades que incrementen la temperatura de los transformadores, la toma 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 a la posibilidad de derrame del líquido y filtración hasta alcanzar 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 presentan un riesgo alto de contaminación a los trabajadores de la empresa de servicio con incidencia en los factores de salud y seguridad.

Estos riesgos se presentan durante las actividades de mantenimiento del aceite aislante, mantenimiento e inspección de las empaquetaduras, inspección del aislamiento de los bujes y reparación de núcleo, 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, 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

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

Factores	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 y población
Salud y seguridad	Contaminación de la población y trabajadores

Las actividades que producen estos riesgos 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

- 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 sensibilidad, 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.
- 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 PCB¹⁷.
- El Titular deberá disponer de un juego de herramientas que solamente será utilizada cuando sea necesario intervenir un equipo, 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.
- 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.
- 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.
- Durante las actividades de limpieza de los bujes, se deberá utilizar fluidos y accesorios que deberán ser dispuestos adecuadamente.
- 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).
- 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.
- Después de las actividades de mantenimiento o maniobra de campo, se deberá asegurar la limpieza de todo líquido derramado con paños, papel o absorbentes.
- Se deberá aplicar el triple enjuague de las superficies contaminadas con un disolvente como keroseno para eliminar todo PCB residual.



¹⁷ El Titular deberá disponer de un almacén debidamente acondicionado para equipos y elementos contaminados con PCB con concentraciones iguales o mayores de 50 ppm.

- 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

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

- 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.
- 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.
- 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 PCB¹⁸.
 - 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.

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.



- 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.
- Se debe contar con un kit completo de control de derrames, incendios y emergencias médicas.
- Contar con un Plan de Contingencias específico para accidentes con sustancias y materiales con PCB.
- 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.
- 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.
- Después de las actividades de mantenimiento o maniobra de campo, se deberá asegurar la limpieza de todo líquido derramado con paños, papel o absorbentes.
- Se deberá aplicar el triple enjuague de las superficies contaminadas con un disolvente como keroseno para eliminar todo 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 PCB¹⁹

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	Soil, water and aqueous solutions.	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



¹⁹ 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 balastos 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 retrolleado y dechlorinación 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 dechlorinación.

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:

- D9 Tratamiento fisicoquímico;
- D10 Incineración en la tierra;
- R1 Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía.
- R3 Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se usen como disolventes, pero restringidas a la conversión de desechos a gas;
- 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 descendan 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 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 hidroclicórico.

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/volúmenes 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:

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

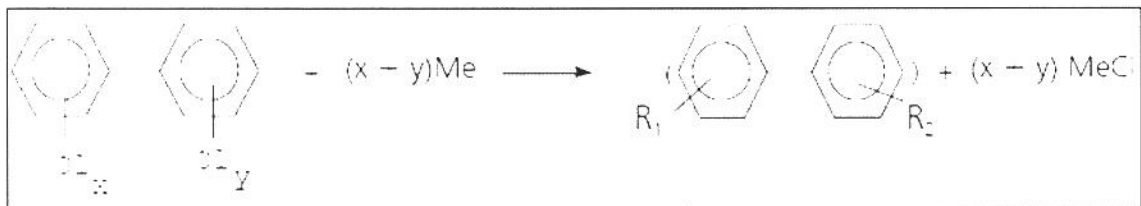
El Proyecto "Mejores Prácticas para el Manejo de PCB en el Sector Minero" ejecutado por el Ministerio del Ambiente, el Centro Regional de Basilea para América del Sur (CBRAS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) entre el 2011 y 2014, realizó un inventario de PCB en 8 empresas mineras, habiendo tomado 674 muestras, a las cuales se aplicaron descarte 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 decloración 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 decloración, 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 rellenos con aceite dieléctrico nuevo para seguir funcionando. El proceso se describe a continuación:

Decloración con Sodio Metálico

Cuando se emplea sodio metálico para declorinar 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.



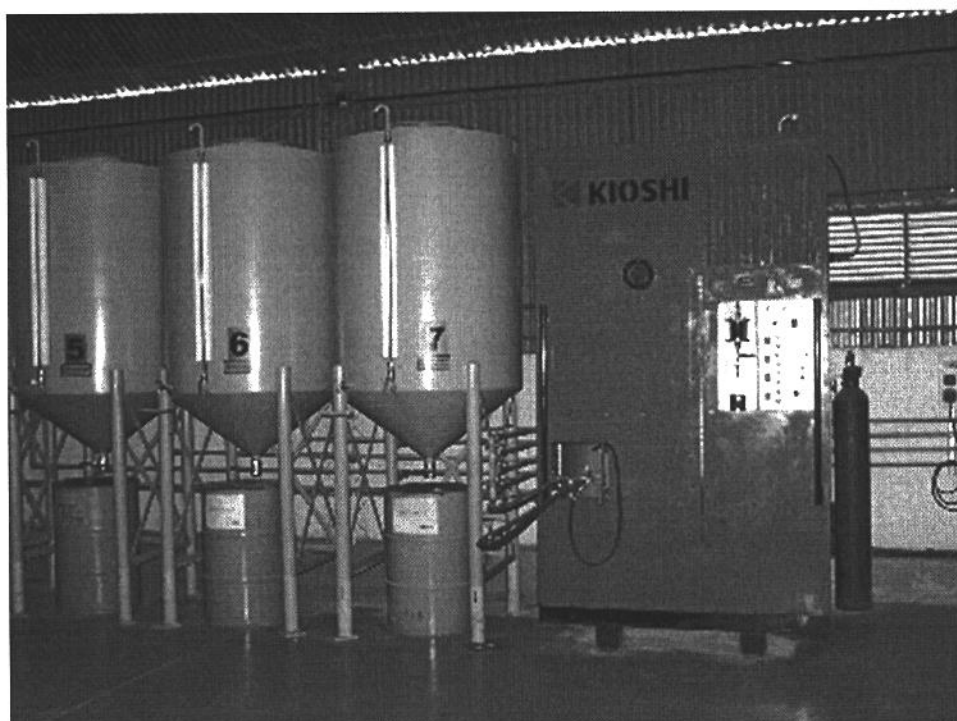
El proceso en el reactor se realiza a 200 mm Hg de presión y 85° C en batch estándar de 1000 litros.

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 dechlorinación y los tanques donde se deja reposar el aceite descontaminado, para que los productos de la dechlorinación 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 dechlorinación. 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:

- Vaciado del aceite dieléctrico con PCB
- 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:

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



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

Figura N° 28: Esquema del retrolleado

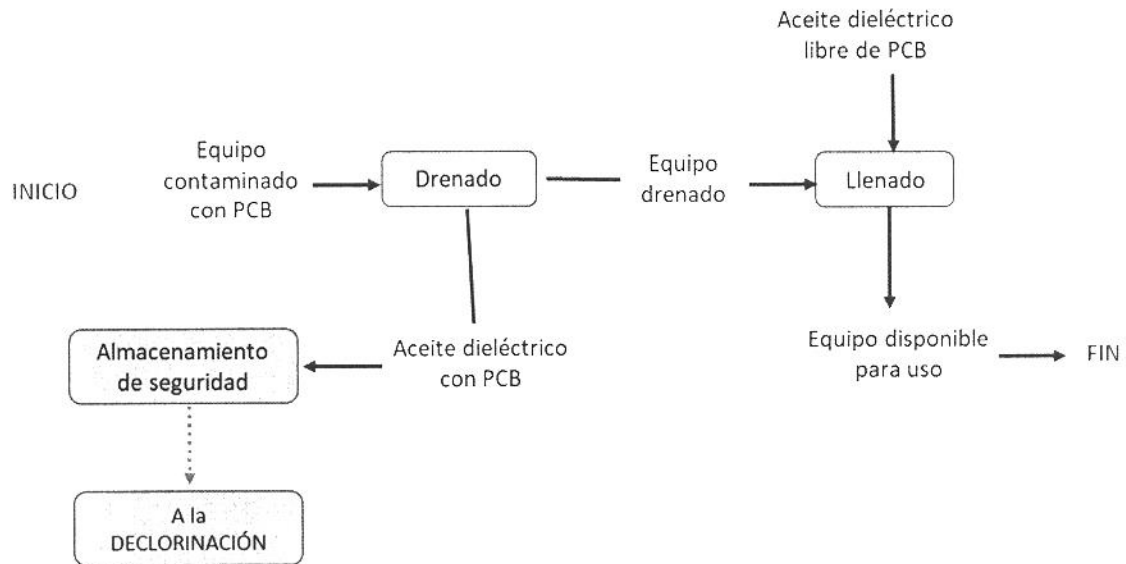


Figura N° 29: Equipo utilizado para el proceso de retrolleado

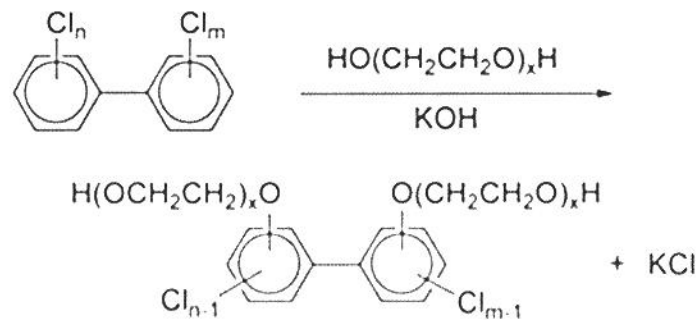


Declorinación con Potasio

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:

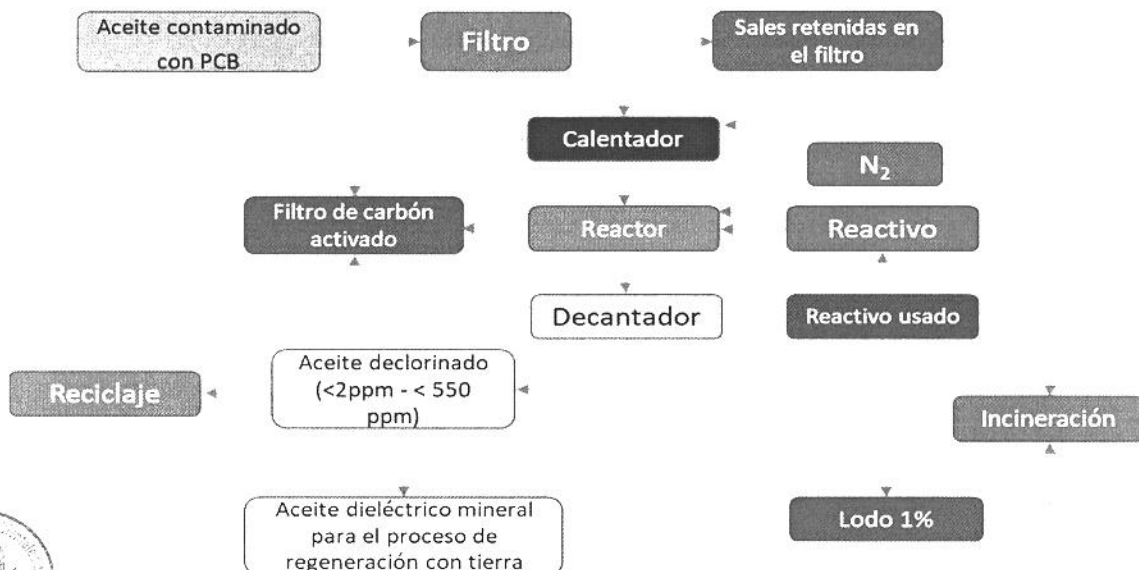
Figura N° 30: Reacción química de declorinación en base a Hidróxido de Potasio



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:

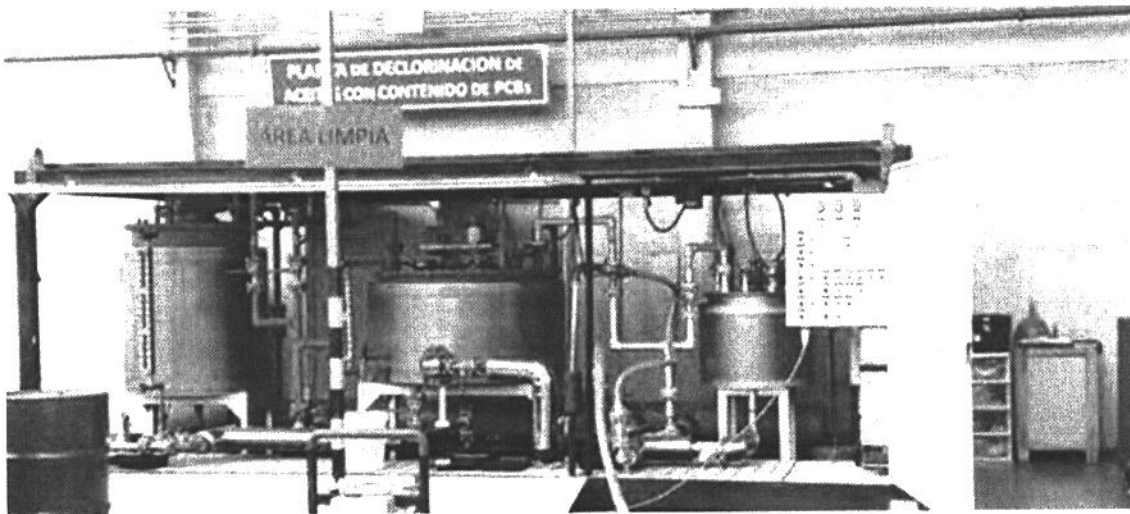
Figura N° 31: Diagrama del proceso de declorinación



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:

- La determinación de todos los peligros, riesgos y casos de accidente probables;
- La determinación de las normas locales, nacionales, regionales e internacionales a las que han de sujetarse los planes para hacer frente a situaciones de emergencia;
- La planificación para situaciones de emergencia previstas y las posibles medidas para hacerles frente;
- La actualización del inventario físico del almacén o ambiente donde se tengan existencias o residuos con PCB;
- La capacitación del personal en las actividades necesarias para hacer frente a situaciones de emergencia, tales como ejercicios simulados y primeros auxilios;
- 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;
- 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;
- 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;
- 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;
- 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;
- 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;



- 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.

- Cercar la zona e impedir el acceso a toda persona ajena a las tareas.
- 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.
- 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.
- 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).
- Proveer de extintores clase B en cantidad suficiente de acuerdo a la cantidad de fluido que sea transportado.
- 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:

- Baldes de 10 a 20 litros.
- Trapos y/o esponjas para absorción.
- Material absorbente mineral.
- Tambores o contenedores con tapa hermética para acumular los residuos sólidos que sean generados.
- Tambores o contenedores para acumular residuos líquidos recolectados.
- Equipo de protección para los trabajadores,
- 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 realice actividades que pueda generar exposición al PCB deberá contar con los equipos de Protección Personal adecuados para la tarea, entre los que se pueden citar (una descripción detallada de estos implementos ver el numeral 1.4.2 de la Guía):

- Traje Tyvek
- Guantes dieléctricos, de acuerdo al voltaje presente en la subestación
- Anteojos de seguridad
- Guantes de nitrilo, preferentemente descartables.
- Máscara
- Casco
- Zapatos de seguridad, preferentemente dieléctricos.

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:

- Riesgo Eléctrico.
- Riesgos generales de seguridad e higiene.
- Manipulación de PCB.
- 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

